Geoinstitut

Radna organizacija za geološka, geofizička i rudarska istraživanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, istražno bušenje, inženjersku geologiju i hidrogeologiju.

RADOVI

KNJIGA 18. (ZA 1984.) BEOGRAD 1985.

REDAKCIJSKI ODBOR

Vera Ćebić
Mladen Ignjatijević
Nadežda Krstić
Milan Obrenović
Veljko Omaljev
Panta Radulović
Slobodan Vukašinović

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Veljko Omaljev

TEHNIČKI UREDNIK I REDAKTOR

Radomir J. Milosavljević

REPUBLIČKA ZAJEDNICA NAUKE SRBIJE UČESTVOVALA JE U TROŠKOVIMA IZDAVANJA OVOG BROJA ČASOPISA »RADOVI GEOINSTITUTA«.

IZDAVAČ (EDITOR): »GEOINSTITUT«, ROVINJSKA 12, BEOGRAD, (JUGOSLAVIJA)

TIRAŽ: 500 PRIMERAKA

Štampa: SRBOŠTAMPA, Dobračina 6—8, Beograd

1985.

SADRŽAJ — CONTENTS

		Strana Page
1.	Veljko Omaljev: Izrada metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina, prva faza, u razmeri 1 : 200.000	7
	Veljko Omaljev: Preparation of the metalogenetic map of Serbia proper, the first stage, on a scale of 1 : 200.000	37
2.	Slobodan Vukašinović: Osvrt na izradu metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina	39
	Slobodan Vukašinović: Review of the preparation of the metalogenic and prognostic map of SR Serbia without a Provinces	43
3.	Slobodan Vukašinović: 25 godina aeromagnetometrije u Jugoslaviji	45
	Slobodan Vukašinović: 25 Years of the airborne magnetic method in Yugoslavia	50
4.	Velizar Štrumberger: Problematika analiziranja uranovih minerala pomoću mikrosonde	51
	Velizar Štrumberger: Problems corcerning the analysis of Uranium minerals with the microprobe	71
5.	Милорад Арсенијевић: Проучавање појаве калаја и волфрама у рудоносним структурама оловноцинковог лежишта Бабе (Космај)	73
	Милорад Арсенијевић: Олово и вольфрам в свиньцовоцинковом месторождению Бабе (Космај, Сербия)	93
6.	Nikola Trifunović: Prilog tumačenju geneze magnezita i hromita u ultramafitskim kompleksima (Kopaonika i Golije) u miocenskim sedimentima (Baljevački i Rvatski basen)	95
	Nikola Trifunović: Contribution to the interpretation of magnesite and chromite genesis in ultramafite rocks of Kopaonik and Golija mountains and in miocene sediments of Baljevac and Rvati basins	99
7.	Vladan Simić i Stanislav Višić: Geofizička ispitivanja u procesu geoloških istraživanja mineralnih sirovina	101
	V. Simić and S. Višić: Geophysical investigations in the proces of geological exploration of mineral raw materials	106
8.	Veljko Omaljev: Statistička analiza petrohemijsko-geohemijskih karakteristika dacita Mačkatice	107
	Veljko Omaljev: The statistical analysis of petrochemical-geochemical characteristics of dacite of Mačkatica	136
9.	Bude Radulović: Istraživanje olova i cinka i potencijalne mogućnosti u okolini Raške	141
	B. Radulović: Exploration of lead-zinc deposits and potential possibility at the Raška visinity	146

10. Slobodan Vukašinović: Selekcija rudno (po oolitskim ležištima) perspektivnih terena na području T. Veles — Ržanovo prema podacima aeromagnetskih ispitivanja — — — — — — — — — — — 147

Slobodan Vukašinović: Selection of ore — promising fields (oölithic deposits) in the Titov Veles — Ržanovo region according to data of airmagnetic investigation — — — — — — — — — — — — 150

11. Radule Popović: Sulfidne i oksidne mineralizacije kod Padališta — Gostivar (zapadna Makedonija) — — — — — — — — — 151

Radule Popović: Sulphide and oxide mineralizations near Padalište (Gostivar — Western Macedonia) — — — — — — — — — 162

12. Branislav Krstić i Ljubinka Maslarević: Donjokarbonski turbiditi Belave (gornji deo Kučajsko-Zvonačkog fliša istočne Srbije) — — — 163

Branislav Krstić and Ljubinka Maslarević: Lower carboniferous turbidites of the Belave mountain — — — — — — — — — 166

13. Nadežda Nevenić: Prilog poznavanju strukturno-teksturnih karakteristika rude »Borske reke« sa posebnim osvrtom na distribuciju zlata i srebra u vezi sa oplemenjivanjem — — — — — — — — — — 167

Nadežda Nevenić: Enclosure to studying of structured ore characteristics of "the Bor river" with a special review to gold and silver distribution in connection with tempering — — — — — — — — — 176

14. Radule Popović: Neki novi podaci o oolitskim rudama gvožđa Šumadije 179

Radule Popović: Certaines données nouvelles concernant les minérais de fer oolitigues de la Choumadie (Serbie) — — — — — — — 181

15. Milan Milojević i Ratko Radoičić: Rezultati geolektričnih ispitivanja majdana ukrasnog kamena Hreša — — — — — — — — 183

Milan Milojević and Ratko Radoičić: Results of the geoelectrical investigation ornamental stone mine Hreša — — — — — — — 195

16. Nadežda Krstić: Nove vrste kvartarnih ostrakoda iz Vojvodine — — 197

Nadežda Krstić: New specia of the Quaternary ostracodes from Vojvodina 203

17. Milan Milojević: Radiometrijski kalibracioni etaloni — potreba za njihovom izgradnjom kod nas i postupak izrade — — — — — — — 207

Milan Milojević: Calibration facilities for gamma — ray spectrometers and their construction — — — — — — — — — — 217

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Veljko Omaljev

UDK 553 (497.11)
Stručni rad

IZRADA METALOGENETSKE KARTE SR SRBIJE BEZ POKRAJINA, PRVA FAZA, U RAZMERI 1:200.000

(sa 2 slike i 8 tabela)

Ključne reči: metalogenija, Srbija

Ovaj rad predstavlja nastavak analize situacija i stanja koja su pratila izradu metalogenetske karte Srbije bez pokrajina, prva faza (ovo je treći rad).

U prvom radu je izložena analiza izrade metalogenetske i prognozne karte Srbije, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele. U drugom radu autor je izložio koncepciju osnovnih geoloških istraživanja rudnih rejona Srbije, druge etape (faze). U ovom, trećem radu, ukratko se prikazuje Tumač metalogenetske karte Srbije razmere 1:200.000, a sa ovim završavamo izlaganje metalogenetske problematike nakon završetka prve faze (etape) osnovnih geoloških istraživanja.

Ubeđenje je autora da je neophodna svestrana analiza rezultata osnovnih geoloških istraživanja prve faze (etape) kroz rasprave, referate i diskusije. Međutim, činjenica je da dve godine nakon završetka pomenute metalogenetske karte nema aktivnosti (sem mojih izlaganja) na analiziranju i raspravljanju metalogenetske problematike u Srbiji. Sakupljeni su i sređeni metalogenetski podaci koji su dobijeni u posleratnoj geološkoj aktivnosti u Srbiji, te su sada stvoreni najneophodniji uslovi za svestrana metalogenetska izučavanja čvrstih mineralnih sirovina. Bila bi nepopraviva šteta da ovi podaci ne budu korišćeni u praksi, odnosno da se ne preduzimaju organizovane aktivnosti da se metalogenetski podaci što bolje i svestranije iskoriste.

Ostaje obaveza autora da nastavi započeta izučavanja rudnih objekata koji se nalaze u dokumentaciji metalogenetske karte Srbije prve faze, ali ostaje činjenica da ova pojedinačna aktivnost nije dovoljna za ovako obimnu problematiku izučavanja čvrstih mineralnih sirovina.

UVOD

Izradom metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina prve faze, u razmeri 1:200.000 (sa tumačem) praktično je završena prva faza (etapa) osnovnih geoloških istraživanja. Ova karta je predata investitoru (Republičkoj SIZ za geološka istraživanja — Beograd) 28. decembra 1982. godine od strane izvođača: SOUR Geozavod — RO Institut za istraživanje mineralnih sirovina — Beograd i RO Geoinstitut — OOUR Istraživanje mineralnih sirovina, inženjerska i hidrogeologija — Beograd.

Autori Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina razmere 1:200.000 i Tumača su: V e l i b o r V a n đ e l i A l e k s a n d r a M a r i ć

Adresa autora: Geoinstitut, Rovinjska ul. br. 12, Beograd.

iz Geozavoda — RO IMS i Veljko Omaljev iz Geoinstituta — OOUR IMSIH.

Najveći deo teksta Tumača napisao je V. Vanđel, a koji se odnosi na poglavlja: »Razvoj metalogenije Srbije u prostoru i vremenu«, »Opšte metalogenetske karakteristike«, »Metalogenetsko rejoniranje« i »Kratak pregled orudnjenja i mineralizacija u okviru odgovarajućih metalogenetskih zona-oblasti i provincija«. Manji deo teksta Tumača napisao je V. Omaljev (u okviru odgovarajućih poglavlja), a koji se odnosi na »opšte metalogenetske karakteristike nuklearnih mineralnih sirovina, zatim mineralizacija i orudnjenja bakra u ofiolitskom kompleksu, kao i mineralizacija i orudnjenja olova i cinka na Kopaoniku i Šumadiji«; kao i tekst poglavlja: »Dokumentovanost starosti magmatskih stena podacima geohronoloških ispitivanja«. Aleksandra Marić je napisala delove teksta koji se odnose na konkretna ležišta i rudne pojave čvrstih mineralnih sirovina u rudnim rejonima Srbije.

Kao prilog Tumaču izrađen je »Registar rudnih pojava i ležišta« od strane A. Marić (metalične i nemetalične mineralne sirovine) i V. Omaljeva (nuklearne i druge mineralne sirovine).

Metalogenetska karta Srbije razmere 1:200.000 je izrađena na kompletu od 17 listova topografske karte zvanične griničke podele (dvobojna topografska karta — izohipse i reke), Izdanje Vojno-geografskog instituta u Beogradu.

Kao geološka podloga ovoj metalogenetskoj karti poslužila je Geološka karta Srbije razmere 1:200.000 grupe autora (1981).

Tehnički saradnici na izradi Metalogenetske karte Srbije razmere 1:200.000 bili su: Dobrila Antonijević i Ljiljana Milosavljević iz Geozavoda — RO IMS i Jelka Simić iz Geoinstituta — OOUR IMSIH.

U ovom radu je prikazana izrada ove metalogenetske karte; izneti su najneophodniji podaci izrade koji su korisni za shvatanje procesa izrade i problematike sa kojom su se sretali izvođači ove metalogenetske karte. Najveći deo teksta posvećen je prikazu Tumača metalogenetske karte Srbije razmere 1:200.000. U ovom Tumaču je izložena metalogenetska problematika teritorije Srbije bez pokrajina na 149 stranica. Literatura je svedena na najmanju moguću meru, navedeno je samo 53 naslova koji su neposredno u vezi sa problematikom koja je u Tumaču izložena. U Registru rudnih pojava i ležišta sređeni su osnovni podaci o vrsti mineralne sirovine, nazivu rudne pojave ili ležišta, genetskom tipu i metalogenetskoj pripadnosti — za 1961 rudni objekat (rudna pojava i ležište) metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina. Ovako veliki obim Tumača i Registra nije bilo moguće prikazati u ovoj publikaciji na potpun način, već je to urađeno na pregledan način da se izloži celina metalogenetske problematike čvrstih mineralnih sirovina u Srbiji. Podaci o rudnim pojavama i ležištima (u ovom radu) su izloženi statistički (po listovima razmere 1:200.000), radi bolje preglednosti i shvatanja celine ove veoma raznovrstne materije, koja predstavlja konkretan rezultat celokupne geološke aktivnosti na izučavanju mineralnih sirovina na teritoriji Srbije bez pokrajina.

Napominjem da je u ovom radu dat samo prikaz Metalogenetske karte Srbije bez pokrajina u razmeri 1:200.000, onako kako je to autor poglavlja Tumača V e l i b o r V a n đ e l napisao; i to: »Razvoj metalogenije Srbije u prostoru i vremenu«, »Opšte metalogenetske karakteristike« i »Metalogenetsko rejoniranje«. Pri tome je originalni tekst često citiran, tako da nema dileme da li su misli autora verno prikazane. Moj komentar se svodi na prikaz metalogenetske problematike i nije kritička analiza. Moja nadgradnja Tumača se ogleda u »Statističkom pregledu rudnih pojava i ležišta«, koja je urađena na osnovu podataka sređenih u »Registru rudnih pojava i ležišta« Tumača (A. M a r i ć i V. O m a l j e v), a statistički pregled ne postoji u tekstu Tumača.

Zahvalan sam koleginicama: M i l e n i Ž i v a n o v i ć na pomoći u statističkom sređivanju rudnih pojava i ležišta po listovima i J e l k i S i m i ć na izradi crteža.

PROJEKAT IZRADE METALOGENETSKE KARTE

U »Projektu metalogenetskih ispitivanja u 1981. godini« predložena je »Izrada metalogenetske karte Srbije u razmeri 1:200.000 sa Tumačem«.

»Već poodavno se oseća potreba za jedinstvenom metalogenetskom kartom teritorije Srbije u razmeri 1:200.000, kojoj bi sintetički bio odslikan nivo poznavanja zakonomernosti nastanka i razmeštaja u prostoru i vremenu njenih orudnjenja i mineralizacija odnosno produkata metalogenetskih epoha, i kojom bi bila data najprirodnija metalogenetska rejonizacija. Ta potreba je inače, podjednako i praktične i naučne prirode« — kaže se u Projektu.

Osnova za izradu ove metalogenetske karte je prirodno metalogenetska i prognozna karta Srbije po listovima razmere 1:100.000. Pri tome je predloženo da nova metalogenetska karta razmere 1:200.000 ne bude samo kompilacija metalogenetske karte razmere 1:100.000, već se predlaže da se izvrši reinterpretacija celokupnog metalogenetskog materijala. Pri tome su predložene konkretne obaveze, i to:

1) »Geološka podloga karte imaće obavezno formacioni karakter, jer to je opšte prihvaćeno u svetu za metalogenetske karte ove i sitnijih razmera«.

2) »Podaci regionalnih geofizičkih ispitivanja, u prvom redu geomagnetskih i gravimetrijskih, naći će odraza u interpretaciji i prikazu strukturno-tektonske građe Srbije a takođe i metalogenetske rejonizacije«.

3) »Ono što je rečeno za podatke regionalnih geofizičkih ispitivanja važi i za satelitske snimke i skanograme«.

4) »Biće učinjen pokušaj da orudnjenja i mineralizacije budu predstavljene rudnim formacijama«.

5) »U metalogenetskoj rejonizaciji biće primenjeni principi koje je formulisala grupa naučnih radnika IGEM-a AN SSSR na čelu sa E. S. Šatalovom«.

Prirodna je obaveza da uz ovu metalogenetsku kartu ide Tumač sa Registrom rudnih pojava i ležišta.

Veoma je značajan predlog da je »Potrebno da metalogenetska karta dobije vizu od šire stručne javnosti i zato bi bilo dobro da ona bude predmet javnog razmatranja«. Međutim, do toga nije došlo i pored nastojanja stručnih službi investitora da se organizuje javna diskusija o ovoj metalogenetskoj karti. Vreme prolazi, a najverovatnije zbog prevelike zauzetosti geološkog auditorijuma sada nema (koliko mi je poznato) konkretnih pokušaja da se organizuje pomenuta javna diskusija. Vreme nam nije u tome saveznik, svi podaci i sva rešenja zastarevaju, a to se svakako odnosi i na ovu metalogenetsku kartu. Sumnjam da se sada može organizovati javna diskusija o Metalogenetskoj karti prve faze na potrebnoj stručnoj i naučnoj visini, vreme kao neumitni faktor čini svoje u smislu prevazilaženja svih rezultata i svih rešenja.

Velika je šteta što u Projektu nije bilo predviđeno da se Metalogenetska karta razmere 1:200.000 štampa. Usmene primedbe autora ovog rada su bile povoljno primljene, dobio sam utisak da će ova metalogenetska karta biti štampana. Međutim, sada nemam taj utisak; najverovatnije da ne postoje konkretni planovi da se Metalogenetska karta razmere 1:200.000 štampa. U dilemi sam da li takvu akciju treba uopšte pokrenuti.

U Projektu je bilo predviđeno da izrada ove metalogenetske karte Srbije traje dve godine. Međutim, ugovorom sa investitorom od 12. juna 1981. godine predviđen je rok izrade do kraja 1982. godine, a to je iznosilo manje od 19 meseci izrade. Metalogenetska karta Srbije razmere 1:200.000 je završena u predviđenom roku.

Potrebno je napomenuti da preuzete obaveze u izloženim tačkama nisu ispunjene iz razloga što stvarno nisu bili ostvareni uslovi da se one mogu u tako kratkom roku ostvariti. Bilo je poznato da mi ne raspolažemo geološkom kartom Srbije u razmeri izrade koja ima formacioni karakter i zato ovakva obaveza pred investitorom nije ni mogla biti predmet ugovora. Takođe se znalo da nije ostvarena zajednička geološko-geofizička interpretacija tektonske građe Srbije. Moglo se predpostaviti da pokušaj definisanja rudnih formacija predstavlja složeni posao za koji je potrebno daleko više vremena, ne uzimajući u obzir nepostojanje konkretnog iskustva u vezi sa rudnim formacijama. Predpostavljam da se izdvajanje rudnih formacija ne može nezavisno izvršiti od definisanja (izdvajanja) geoloških formacija, to je svakako poseban kompleks problema koji je predviđen da se rešava u drugoj etapi osnovnih geoloških istraživanja (V. O m a l j e v, 1984).

IZRADA METALOGENETSKE KARTE I TUMAČA

Izrada Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina u razmeri 1:200.000 bila je predviđena Programskim zadatkom investitora od 25. marta 1974. godine, kao završetak izrade metalogenetske i prognozne karte Srbije, prva faza. Cilj izrade ove karte je objedinjavanje svih metalogenetskih karata razmere 1:100.000 u sitnijoj razmeri, uz celovit prikaz stepena metalogenetske izučenosti teritorije Srbije koji je postignut nakon završetka prve faze osnovnih geoloških istraživanja.

Shodno »Projektu metalogenetskih ispitivanja u 1981. godini«, Metalogenetska karta u razmeri 1:200.000 nije samo kompilacija metalogenet-

skih karata po listovima razmere 1:100.000, bez obzira što su ove metalogenetske karte bile njena osnova. Izvršena je reinterpretacija mineragenetskih elemenata, a takođe je izvršena nova metalogenetska rejonizacija koja predstavlja konačnu metalogenetsku rejonizaciju nakon završetka prve faze (etape) osnovnih geoloških istraživanja u Srbiji.

Poznato je da u vreme izrade ove metalogenetske karte (1981/82. godine) nismo raspolagali sa specijalnom geološkom kartom formacionog karaktera koja bi poslužila kao geološka podloga Metalogenetske karte razmere 1:200.000. Takođe je poznato da se takva karta nije mogla izraditi iz materijala Osnovne geološke karte, bez obzira na vreme izrade (a koje je bilo veoma kratko u našem slučaju). Zbog toga je ocenjeno da za geološku osnovu metalogenetskoj karti može uspešno da posluži Geološka karta SR Srbije razmere 1:200.000 grupe autora (1981), a koja takođe predstavlja završnu interpretaciju Osnovne geološke karte. Ova litostratigrafska karta je u potpunosti zadovoljavala kao geološka osnova Metalogenetskoj karti, jer je i ona rezultat stepena geološke izučenosti teritorije Srbije, koji je postignut u prvoj fazi (etapi) osnovnih geoloških istraživanja.

Zahvaljujući činjenici da je postojala Geološka karta teritorije Srbije po listovima razmere 1:200.000 umnogome je olakšana izrada geološke podloge našoj metalogenetskoj karti. Pri kompilaciji pomenute geološke karte vršilo se samo najnužnije uopštavanje, inače je ostala u potpunosti fizionomija geološko-strukturne građe teritorije Srbije na izrađenoj geološkoj podlozi na 17 listova Metalogenetske karte razmere 1:200.000. Na taj način su izbegnute mnogobrojne teškoće koje bi postojale da se geološka podloga metalogenetske karte kompilirala sa listova razmere 1:100.000 pariske podele, na kojima je izrađena Metalogenetska i prognozna karta prve faze.

Princip izrade ove završne verzije Metalogenetske karte prve faze ostao je nepromenjen, što je i jedino logično rešenje. Pri tome se maksimalno sprovodila rešenja predviđena Uputstvom za izradu metalogenetskih i prognoznih karata u razmerama 1:50.000 i 1:100.000, koji je 1975. godine izradila grupa naučnih i stručnih radnika Geozavoda i Geoinstituta (V. O m a l j e v, 1983). Odstupanja od rešenja datih u pomenutom Uputstvu su proizilazila iz ranije učinjenih odstupanja koja su učinjena prilikom izrade listova Metalogenetske i prognozne karte u razmeri 1:100.000.

Metalogenetska karta u razmeri 1:200.000 ima karakter pregledne karte te su na nju nanošeni samo neposredni mineragenetski elementi kao glavni metalogenetski sadržaj. Neposredni mineragenetski elementi su rudne pojave i ležišta čvrstih mineralnih sirovina.

Vrsta čvrsth mineralnih sirovina rudnih objekata (rudne pojave i ležišta) su označene simbolima, po Uputstvu: za metalične mineralne sirovine to su simboli hemijskih elemenata, a za nemetalične mineralne sirovine to su početna slova (mala slova) njihovih naziva (npr. az — azbest, m — mermer, mg — magnezit, gl — glina).

U okviru svake vrste čvrstih mineralnih sirovina, uz simbol ide redni broj rudne pojave ili ležišta, npr. Fe-17, Cr-85, ba-5, q-2, cs-8, gl-10, mg-24, itd., što je usaglašeno sa evidencijom rudnih pojava i ležišta čvrstih mineralnih sirovina datih u Registru kao prilogu Tumača metalogenetske karte razmere 1:200.000.

Uslovni znaci genetskih tipova orudnjenja rudnih objekata su na karti dati po Uputstvu, sem u slučaju kada takvi znaci nisu bili predviđeni, kao u slučaju poligenog i rasipnog tipa koji su prikazani novim uslovnim znacima. Pri tome su izostavljene dopune ovih uslovnih znakova, a koja se po Uputstvu odnose na okolne stene, na temperaturu i dubinu stvaranja, kao i na vezu orudnjenja sa tektonskim elementima.

Geološka starost orudnjenja rudnih objekata, odnosna njihova pripadnost metalogenetskih epoha stvaranja, date su bojama unutar uslovnog znaka po genetskom tipu orudnjenja.

Ležišta čvrstih mineralnih sirovina za razliku od rudnih pojava data su uslovnim znacima većih dimenzija.

U legendi Metalogenetske karte razmere 1:200.000 dati su svi detalji koji se normalno odnose na geološki sastav, geološku starost i strukturnu građu teritorije Srbije; na uslovne znake i simbole orudnjenja rudnih objekata čvrstih mineralnih sirovina, kao i na metalogenetsko rejoniranje.

Uzimajući u obzir svu složenost izrade metalogenetske karte rečeno je sledeće: »Poštujući uobičajeni karakter jedne metalogenetske karte sitnije razmere, u njemu (Tumaču, prim. autora) je izbegnuta sva polemika, prema tome on predstavlja shvatanje metalogenije teritorije Srbije bez pokrajina autora i saradnika«.

Dalje se kaže: »Kompletni spiskovi objavljenih i fondovskih materijala, relevantnih za poimanje metalogenije Srbije dati su u svakom tumaču metalogenetske i prognozne karte po listovima u razmeri 1:100.000. Zbog toga je u tumaču metalogenetske karte u razmeri 1:200.000 dat samo spisak onih objavljenih i fondovskih materijala kojima je direktno tretirana metalogenija pojedinih mineralnih sirovina ili pojedinih metalogenetskih epoha ili rudonosnih prostora na teritoriji Srbije bez pokrajina«.

U daljem tekstu ovog rada iznosim rezultate metalogenetskih izučavanja koji su izloženi u Tumaču ove metalogenetske karte. Dalje izlažemo statistiku raspodele rudnih objekata po listovima metalogenetske karte, a koji su dati u Registru rudnih pojava i ležišta (kao prilogu Tumača).

Ovaj rad ne iscrpljuje mogućnosti izučavanja metalogenije Srbije preko registrovanih rudnih pojava i ležišta čvrstih mineralnih sirovina, on predstavlja samo početak pomenutih izučavanja. Takođe nismo bili u mogućnosti da analiziramo neka neslaganja koja postoje između Registra i same metalogenetske karte, jer za takvu analizu je potrebno mnogo vremena, odnosno rada; što prevazilazi momentalne mogućnosti autora ovog rada.

Razvoj metalogenije Srbije u prostoru i vremenu

»Pisati danas o razvoju metalogenije bilo koga područja u prostoru i vremenu, pogotovo ako to treba da bude tekst u okviru tumača jedne metalogenetske karte sitnije razmere, nije ni malo zahvalan čin. Razlog je vrlo dobro poznat — doskora opšteprihvaćena geosinklinalna teorija razvoja zemljine kore i sa njom organski povezana tumačenja procesa koji su doveli do obrazovanja i razmeštaja orudnjenja i mineralizacija u prostoru i vremenu osporena je u mnogim svojim postavkama opravdano, a teorija koja zadobija sve više pristalica — tektonika ploča, nije zasad u

stanju da pruži ni iz daleka zadovoljavajuća objašnjenja najznačajnijih ključnih pitanja metalogenije. Da je nastala jedna takva fluidna situacija i u pogledu tumačenja razvoja metalogenije Jugoslavije, pa prema tome i teritorije o kojoj je ovde reč, pokazali su dovoljno iscrpno S. Janković i M. Petković (1974)«; kaže se u Tumaču (V. Vanđel, i dr., 1982).

U takvoj situaciji autor ovog dela Tumača se odlučio da se drži nespornih činjenica prilikom izlaganja ove složene metalogenetske materije. Pri tome se navodi: »Srećna je okolnost da su na teritoriji Srbije bez pokrajina praktično nepoznate pojave endogenih orudnjenja i mineralizacija na prostorima bez prisustva magmatskih stena«. Takođe se navodi da postoje nesporne činjenice u vezi sa nastankom egzogenih orudnjenja i mineralizacija, dok je nešto manje sigurnih podataka kada se radi o pojavama orudnjenja i mineralizacija metamorfogenog porekla. Slično važi i za orudnjenja vezana za kore raspadanja, što se tiče geološkog vremena njihovog postanka.

Orudnjenja i mineralizacije endogenog porekla su daleko najvažnije na teritoriji Srbije i zato je u ovom poglavlju Tumača najveći značaj dat tektonsko-magmatskim pokretima i ciklusima.

»Razvoj endogene metalogenije na teritoriji Srbije bez pokrajina predodredilo je više tektonsko-magmatskih pokreta. Među njima tercijarni tektonsko-magmatski pokreti zauzimaju čelno mesto, a sledeći po značaju je gornjokredni za koji se sve do najnovijih vremena uzimalo da je delom gornjokredni a delom tercijarni (zbog čega je nazivan gornjokredno-tercijarni). Osim ovog poslednjeg još su dva tektonsko-magmatska pokreta mezozoika dala svoj doprinos razvoju endogene metalogenije Srbije bez pokrajina: srednjotrijarski i srednjogornjojurski. Faktori u razvoju endogene metalogenije Srbije bili su tektonsko-magmatski pokreti u starijem i mlađem paleozoiku od kojih su oni iz drugog razdoblja ostavili veći trag. Za ocenu značaja prepaleozojskih (proterozojskih) tektonsko-magmatskih pokreta za razvoj metalogenije predmetnog područja ima zasad malo elemenata« — kaže se u Tumaču.

Tektonsko-magmatski pokreti proterozojske starosti sigurno su se odigravali (prema raspoloživim podacima) u okviru Srpsko-makedonske mase i Karpato-balkanida. Nije bilo utvrđeno koliko je ovih pokreta bilo, niti su neki od njih geohronološki datirani, niti je bilo utvrđeno koje su sve magmatske asocijacije bile za njih karakteristične.

Za sada je utvrđeno da su za magmatizam proterozojske starosti karakteristične stene dijabaz-gabroidnog sastava, dok su pojave granitoidnih stena sasvim ograničene po broju pojava. Sve poznate mineralizacije i orudnjenja koja se vezuju za proterozojski magmatizam vezane su za zelene stene, tj. za metamorfisane stene dijabaz-gabroidnog sastava. To su pretežno pojave piritsko-halkopiritskih impregnacija, kao i siromašna hematitsko-magnetitska orudnjenja gornjeproterozojske starosti.

Veoma se malo zna o nastanku mineralizacija i orudnjenja egzogenog porekla u proterozoiku, zasada su identifikovane neke male pojave magnetita i grafita koja su sada metamorfogenog porekla.

Tektonsko-magmatski pokreti starije-paleozojske starosti su značajniji od prethodnih. Ovi pokreti su bili najsnažniji na prostoru današnjih Karpato-balkanida, a podređeni su na prostoru Srpsko-makedonske mase.

Redosled ovih pokreta nije rekonstruisan u zadovoljavajućem stepenu, za asocijacije karakterističnih magmatskih stena nisu uspostavljeni odnosi po geološkoj starosti. Na prostoru Karpato-balkanida prisutne su asocijacije bazičnih, ultrabazičih i granitoidnih stena. Efuzivnu faciju čine stene spilit-dijabaz-keratofirske formacije istočne Srbije, a sa njom u vezi su pojave metaličnih mineralnih sirovina.

Gabrovi su predstavnici intruzivnog bazičnog magmatizma, a značajne su dve velike mase ovih stena: delijovanska i zaglavačka. Za ove stene su genetski vezana titano-magnetitska orudnjenja i mineralizacije magmatske geneze. Mala zastupljenost pojava serpentinisanih ultrabazičnih stena mogu se shvatiti kao produkti magmatske diferencijacije primarno bazične magme.

Granitoidne stene starije paleozojske starosti se nalaze na Staroj Planini u vidu nekoliko masiva, dok se manje mase nalaze na drugim lokalnostima. U nekima od ovih granitoida (Janja) ima pojava orudnjenja i mineralizacija urana, za koje nije utvrđena genetska veza sa samim granitoidima.

Na prostoru Srpsko-makedonske mase preovlađuju efuzivne facije bazičnog magmatizma nad intruzivnim, koje su takođe predstavljene stenama dijabaz-spilit-keratofirskom asocijacijom (metadijabazi i metaspiliti).

Veće mase granitoidnih stena starije paleozojske starosti su zastupljene na više lokalnosti (masivi Vlajne, Božice, Doganice, Juhora, itd.). Karakteristične su široke zone granitizacije sa pojavama pegmatitskih tela i hibridnih stena sa očuvanim reliktima metabazita.

Karakteristično je da su do sada poznate relativno malobrojna orudnjenja i mineralizacije čvrstih mineralnih sirovina vezanih za starijepaleozojski magmatizam. Za stene dijabaz-spilit-keratofirsku formaciju vezuju se masivnopiritska orudnjenja. Pegmatitska tela su jedino značajna pojava čvrstih mineralnih sirovina vezana za granitoidni magmatizam ove starosti.

Od egzogenih orudnjenja i mineralizacija značajne su pojave šamozitsko-sideritskog orudnjenja u Istočnoj Srbiji, dok se u Jugoistočnoj Srbiji formiraju orudnjenja fosforita.

Tektonsko-magmatski pokreti mlađe-paleozojske starosti su imali najveći intenzitet u Karpato-balkanidima, dok je njihov intenzitet u Srpsko-makedonskoj masi slabiji. Ovaj magmatizam se karakteriše kiselijim produktima, uz skoro potpuno odsustvo bazičnih predstavnika. U Istočnoj Srbiji se sada stvaraju veći granitoidni masivi (brnjički, neresnički, gornjanski, ravnobučjanski, itd.). Ovi granitoidi pripadaju kalko-alkalnoj seriji, a po sastavu to su kvarcmonconiti (granitmonconiti) i granodioriti biotit-amfibolskog tipa. Ostale vrste stena se javljaju u vidu malih masa i predstavljaju produkte magmatske diferencijacije. Prema oskudnim geohronološkim podacima, neki masivi imaju karbonsku, a neki permsku starost. Jedna od karakteristika je mala zastupljenost žičnih predstavnika, uključujući i pegmatite i aplite. Brojne pojave orudnjenja i mineralizacije vezane su za ovaj magmatizam, od kojih se ističu zlatonosne kvarcne žice.

U Srpsko-makedonskoj masi najveći je bujanovački granitoidni pluton mlađepaleozojske starosti, dok se javljaju i manje granitoidne mase na drugim lokalnostima. Bujanovački masiv izgrađuju raznovrstne granitoidne stene, uz učešće žičnih predstavnika. Pet malih masiva Krajkovca vero-

vatno predstavljaju apikalne delove jednog većeg granitoidnog masiva. Skromne pojave šelitske i kasiteritske mineralizacije su vezane za granitoide Bujanovca, a ležišta i rudne pojave nemetaličnih mineralnih sirovina (feldspat, liskuni) su vezane za pegmatite.

Jedini mogući predstavnici magmatskih stena mlađepaleozojske starosti u unutrašnjim Dinaridima su granitoidi Čemerna (kojima nije utvrđena geološka starost u pouzdanim metodama).

U mlađem paleozoiku su bili relativno povoljni uslovi za stvaranje kamenih ugljeva u Karpato-balkanidima (permokarbon). Ostale vrste čvrstih mineralnih sirovina nemaju značajnije predstavnike postale u mlađem paleozoiku. Pojave mermera u unutrašnjim Dinaridima se mogu vezati za mlađi paleozoik, oni se javljaju kao sočiva u okviru metamorfisanih sedimenata karbonske starosti.

U mezozojsko vreme odigrala su se tri značajna tektonsko-magmatska pokreta i to u srednjem trijasu, u srednjoj i gornjoj juri i u gornjoj kredi.

U unutrašnjim Dinaridima za vreme srednjeg trijasa odigravao se intenzivan vulkanizam, kada su stvarani porfiriti sa piroklastitima (porfirit-rožnačka formacija). Ovi porfiriti su po sastavu piroksenski (augit) andeziti i pripadaju trahi-andezitskoj formaciji vulkanita. Često se nalaze u serijama sa marinskim sedimentima, što ukazuje na submarinski (i subvulkanski) karakter stvaranja, a u predelu Čadinja su prisutne i stene intruzivne facije. Za ove stene se vezuju sulfidna orudnjenja olova-cinka i bakra vulkanogeno-sedimentne geneze.

Magmatske stene ofiolitskog kompleksa srednje i gornje jurske starosti su veoma značajan geološki član unutrašnjih Dinarida. Ofiolitski kompleks se javlja kao spilit-dijabaz-keratofirska formacija i ultramafitski kompleks. Stene ofiolitskog kompleksa su veoma rasprostranjene u Srbiji.

Spilit-dijabaz-keratofirska asocijacija u okviru dijabaz-rožnačke formacije je praćena manjim intruzijama gabrova i plagiogranita, za koje se predpostavlja da su normalni diferencijati osnovne bazaltne magme. Dijabazi se javljaju u gornjem delu ovog kompleksa, dok su gabrovi u njihovoj podini. Poznati su i prelazni gabro-dijabaz tipovi stena. Nastanak pillow-lava ukazuje na submarinske uslove stvaranja, koje su po sastavu dijabazi, spiliti i varioliti.

Serpentinisani peridotiti predstavljaju ultramafitski kompleks u kojima preovlađuju harcburgiti, dok su lerzoliti i verliti malo zastupljeni. Pojava gabrova i dijabaza u ovim ultramafitima se objašnjava magmatskom diferencijacijom. Nekada prisutne kontaktno metamorfne pojave ukazuju na intruzivni karakter ovih masiva.

Pojave bakrovih orudnjenja su genetski vezana za vulkanite dijabaznog sastava, a dok se u ultramafitima nalaze hromitska orudnjenja magmatskog porekla. Orudnjenja i mineralizacije magnezita su takođe vezana za ultramafite.

U Karpato-balkanidima u vremenu gornje krede odvija se intenzivan magmatizam, koji je po svojim osnovnim karakteristikama specifičan. Dominantni produkti su vulkaniti andezitskog sastava (timacit). U timočkoj eruptivnoj oblasti vulkaniti imaju sinklinalan položaj: stariji vulkaniti se

nalaze na krilima sinklinale, a mlađi na njenom dnu. Vulkanska delatnost je počela u cenomanu, a završila se pre mastrihta. Tokom senona došlo je do intruzija hipoabisalnog karaktera. Intruzivne stene su različitih vrsta; to su kvarcdioriti, dioriti, granodioriti, monconiti, sijenogabrovi i gabrovi. Ove intruzivne stene najčešće probijaju vulkanite I i II faze, a javljaju se obično po longitudinalnim razlomima. Javljaju se u obliku tela različitih veličina, od malih dajkova pa do štokova površine više desetaka kvadratnih kilometara.

Orudnjenja i mineralizacije bakra genetski su vezana za ovaj magmatizam, što je njegova osnovna metalogenetska karakteristika.

U Srpsko-makedonskoj masi nema magmatizma kredne starosti, sem izuzetka pojave metamorfisanih gabrova na Jastrepcu.

U toku mezozoika došlo je do formiranja mnogobrojnih ležišta i pojava čvrstih mineralnih sirovina u egzogenim uslovima stvaranja. To su: kameni ugljevi lijaske starosti, oolitska orudnjenja gvožđa, boksiti i ugljevi kredne starosti i mnoge vrste nemetaličnih mineralnih sirovina (krečnjaci, dolomiti, ukrasni kamen, itd.).

U tercijarno vreme odigrali su se najznačajniji tektonsko-magmatski pokreti na teritoriji Srbije. Neosporno je da je bilo više faza magmatizma u vezi sa fazama tektonskih pokreta u okviru alpske orogeneze. Intenzitet magmatizma dostiže maksimum za vreme miocena, a posle ovog maksimuma dolazi do smirivanja magmatizma sve do njegovog zamiranja pri kraju pliocena.

Predpostavljena paleogena starost vulkansko-intruzivnog kompleksa stena u vezi sa Ridanjsko-krepoljinskom razlomnom zonom nije neosporna, a može se desiti da je ovaj kompleks magmatskih stena postao u gornjoj kredi. Ovaj magmatizam ima granodioritski karakter, a glavni predstavnici su andeziti i daciti.

Na području jugoistočne Srbije u paleogeno vreme došlo je do stvaranja nekoliko granitoidnih plutona, od kojih je najveći pluton Surdulice. Značajne mase piroklastita su sedimentovane u pčinjskom basenu, koji se nalazi u bazi sedimenata eocenske starosti.

Magmatizam neogene starosti je zahvatio najveću površinu u Srbiji bez pokrajina, oko 2/5 njene teritorije. Magmatske stene su razvijene po celoj Srpsko-makedonskoj masi, Vardarskoj zoni, a zahvataju u delove unutrašnjih Dinarida. One imaju u osnovi granodioritski karakter, a stvarane su kao efuzivne (sa subvulkanskim) i intruzivne stene. Može se smatrati da je ovaj magmatizam bio jedinstvenog vremena trajanja na celoj zahvaćenoj površini, a njegova aktivnost se odigravala u nekoliko magmatskih faza. Početak magmatskih pokreta bio je već krajem oligocena, dok se glavna aktivnost odigrala za vreme miocena, dostigavši maksimum u donjem i srednjem miocenu.

Vulkanska aktivnost se odigrala u dve izrazite vulkanske faze, koje se razlikuju ne samo po vremenu stvaranja, već se razlikuju i po vrstama vulkanskih stena. Starija, I vulkanska faza je počela u gornjem oligocenu (Lecki masiv), a glavna aktivnost je bila (verovatno) u donjem miocenu. Stvarane su velike mase vulkanita i njihovih piroklastita dacito-andezitskog sastava. Druga faza vulkanske aktivnosti sledi neposredno za prvom,

a ona daje stene kvarlatitskog i latitskog sastava. Tvorevine druge faze vulkanske delatnosti u Srbiji su po masi podređene u odnosu na prvu fazu. Vreme aktivnosti II vulkanske faze je najverovatnije bilo u srednjem miocenu.

Vreme intruzija granodioritske magme nije uvek bilo dovoljno jasno utvrđeno, ali se smatra da glavna intruzivna delatnost nastaje posle II faze vulkanske aktivnosti. Vreme stvaranja odgovara takođe srednjem miocenu, ali ima podataka geohronološkog datiranja koja vreme stvaranja intruzivnih plutona određuju na početak donjeg miocena (Boranja). Najveći plutonski masivi neogenog magmatizma su: Cer, Bukulja, Boranja, Željin i Kopaonik, a razvijene su i mnoge manje mase (Brajkovac, Golija, Kopaonik).

Mnogobrojne rudne pojave i ležišta metaličnih mineralnih sirovina genetski je vezana za magmatizam tercijarne starosti, gde dominira magmatizam neogene starosti. Najznačajnija su orudnjenja olova i cinka, a slede orudnjenja antimona, bakra, srebra, bizmuta, gvožđa, zlata i druga.

Egzogeni procesi u toku tercijara su doveli do akumulacija mnogobrojnih čvrstih mineralnih sirovina. Po značaju se svakako izdvaja ugalj na prvom mestu, a zatim dolaze ostale nemetalične mineralne sirovine (gline, peskovi, magnezit, krečnjak, i ostala).

U kvartarno vreme nema tektonsko-magmatskih pokreta. Obrazovanje akumulacija čvrstih mineralnih sirovina odvija se u egzogenim uslovima. Sada se stvaraju rasipna ležišta sa korisnim mineralima (zlato, kasiterit, šelit, titanovi minerali, i ostalo).

Geohronološko datiranje najvažnijih geoloških događaja (magmatizam, metasomatoza, metamorfizam) nije bilo sistematski sprovedeno prilikom izrade Osnovne geološke karte, a ovaj nedostatak nije mogao biti prevaziđen prilikom izrade Metalogenetske karte. Sem nesistematičnosti, i mali obim geohronoloških ispitivanja magmatskih stena onemogućava kompletan uvid u geološku hronologiju magmatskih ciklusa i faza. Sada dostupni podaci su veoma heterogeni, a može se smatrati da je karakter ovih podataka »tačkaste« prirode, tako da nema statističku pouzdanost koju ovakvi podaci moraju imati. Podaci o geohronologiji konkretnih magmatskih kompleksa su često veoma heterogeni i u izvesnoj meri protivrečni.

Najstarije granitoidne stene geohronološki datirane se nalaze u Karpato-balkanidima i one pripadaju hercinskom magmatskom ciklusu. Po metodi Rb/Sr svi ovi granitoidi su mlađepaleozojske starosti (karbon, perm), dok po metodi K/Ar neki granitoidi imaju devonsku starost (Ravno Bučje).

U okviru alpskog magmatskog ciklusa (trijas — kvartar) geohronološki su jasno odvojene (po starosti) dve faze intruzivno-efuzivnog magmatizma. Te dve faze se veoma razlikuju po nizu geoloških obeležja, tako da su i ranije bile jasno odvojene (po starosti) geološkim metodama datiranja.

Starija faza magmatske delatnosti razvijena je u Karpato-balkanidima (Timočka eruptivna oblast). Sam početak ovog magmatizma je bio krajem donje krede, a poslednji događaji padaju na početak tercijara. Glavna masa ovih magmatskih stena je datirana u vreme gornje krede, što je njihova glavna geološka osobenost. Sa tim u vezi je i njihova metalogenetska specijalizacija na bakar.

Mlađa faza alpskog magmatskog ciklusa je geohronološki datirana kao neogena. Istina, početak ovog magmatizma je u paleogenu (najčešće oligocenu), ali glavna i predominantna faza je geohronološki datirana na prelazu iz oligocena u miocen, i u donji miocen. Ova faza alpskog magmatskog ciklusa, koja se može determinisati i kao neogenski magmatski podciklus, je predominantna u odnosu na sve ostale magmatske cikluse u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj zoni, što se naročito odražava na stvaranje orudnjenja čvrstih mineralnih sirovina. Glavna metalogenetska specijalizacija neogenog magmatizma je olovo i cink, pa zatim antimon; dok je bakar podređen. Pripadnost većine granitoidnih masiva neogenom magmatizmu bazira na geohronološkom datiranju (npr. Cer i Bukulja), što je zaokružilo sliku obima ovog magmatizma.

Opšte metalogenetske karakteristike

»Na teritoriji Srbije bez pokrajina poznata su endogena orudnjenja i mineralizacije koje pripadaju metalogenetskim epohama proterozoika, starijeg paleozoika, mlađeg paleozoika, mezozoika i tercijara. Ovakva periodizacija razvoja endogene metalogenije je uslovljena nivoom današnjeg poznavanja vremena nastanka ovih orudnjenja i mineralizacija« — kaže se u Tumaču (V. V a n đ e l, i dr., 1982).

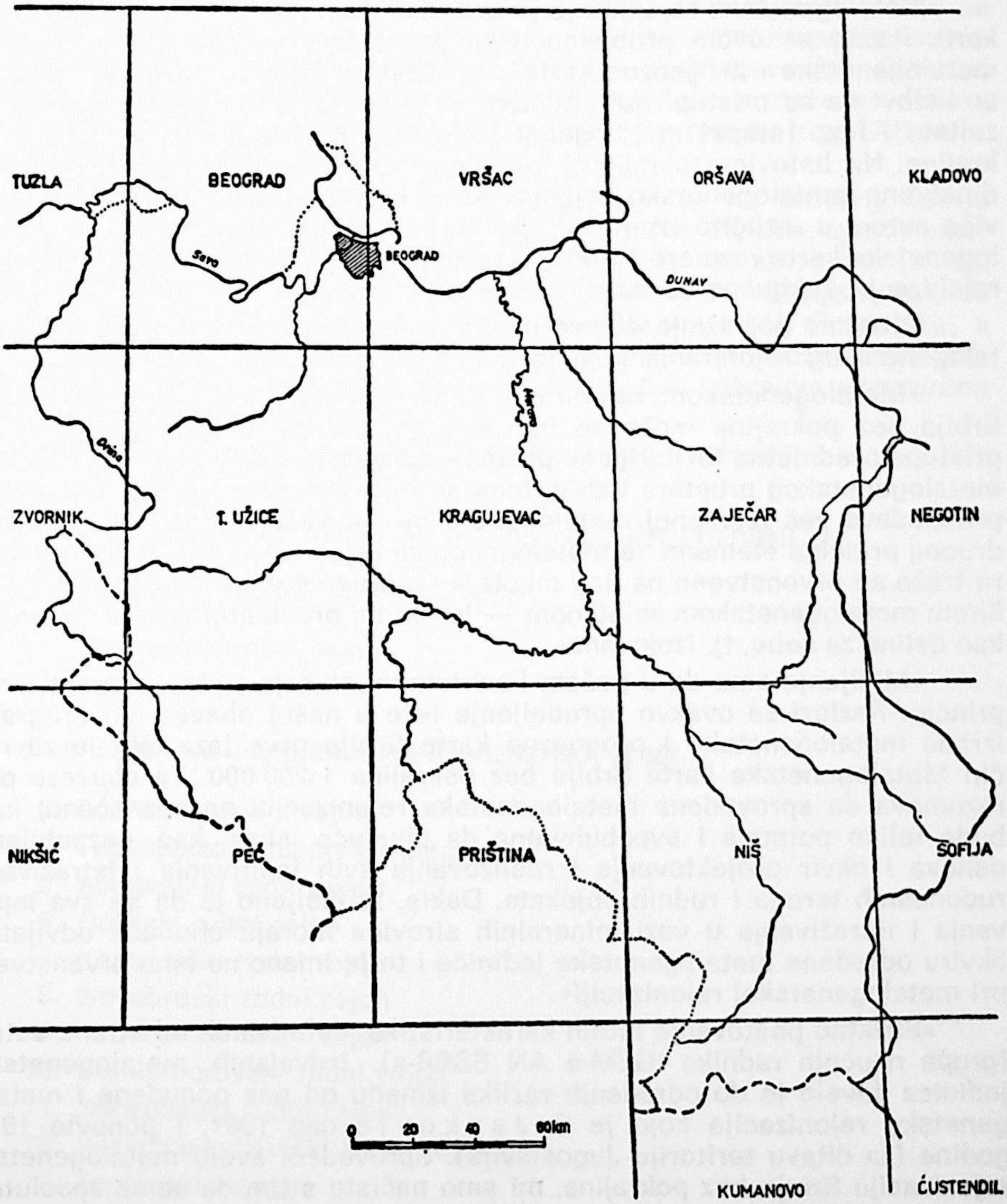
»Raspoloživi podaci nas zasada primoravaju da prva tri izdvojena vremenska razdoblja — proterozoik, stariji paleozoik i mlađi paleozoik tretiramo kao jedinstvene metalogenetske epohe, za razliku od razdoblja mezozoika i tercijara. U mezozoiku se jasno izdvajaju tri metalogenetske epohe: srednjetrijaska, srednje-gornjejurska i gornjekredna, a u tercijaru paleogena i neogena. Razdoblje kvartara je, prirodno, zasebna metalogenetska epoha (za tvorevine egzogenog porekla)« — nastavlja se u Tumaču.

Kao što se vidi, prvi autor Tumača se odlučio da metalogenetske epohe stvaranja čvrstih mineralnih sirovina u Srbiji izdvoji po hronostratigrafskom principu, s tim da geološko vreme trajanja metalogenetske epohe je sve kraće ukoliko se približavamo savremenom dobu. Cela prekambrija ima samo jednu metalogenetsku epohu — proterozojsku, a ceo paleozoik podeljen je na dve metalogenetske epohe — stariju i mlađu paleozojsku. Mezozoik je podeljen na tri metalogenetske epohe: trijasku, jursku i krednu. Ceo tercijar predstavlja jednu metalogenetsku epohu, a bilo bi poželjno da se nastavilo po istom principu podele, pa da u tercijarno vreme imamo dve metalogenetske epohe (paleogenu i neogenu, koje se u tekstu Tumača povremeno spominju, ali ova podela nije sprovedena u Registru).

»Produkti tercijarnih metalogenetskih epoha, a među njima u prvom redu neogenske metalogenetske epohe, razvijeni su u odnosu na produkte ostalih metalogenetskih epoha na daleko najvećem prostoru i predstavljeni su najmnogobrojnijim vrstama mineralnih sirovina, najvećim brojem pojava orudnjenja i mineralizacija i najvećim brojem rudnih koncentracija ekonomske vrednosti. Sledeće mesto po značaju zauzimaju produkti mezozojskih metalogenetskih epoha od kojih produkti gornjokredne metalogenetske epohe imaju najveću ekonomsku vrednost. Redosled po značaju produkata ostalih metalogenetskih epoha je sledeći: najpre dođu produkti mlađepaleozojske, pa starijepaleozojske i na kraju proterozojske. Međutim, kada su u pitanju ove tri metalogenetske epohe ponajpre su moguće promene u oceni vrednosti njihovih produkata na bazi daljih istraživanja. Endogenih orudnje-

nja i mineralizacija nema kao produkata kvartarne metalogenetske epohe pa bi njeno poređenje sa ostalim epohama bilo neprimerno« — kaže se u Tumaču.

U Tumaču se dalje navodi »Što se tiče produkata egzogenih metalogenija, ekonomski najznačajniji i po vrstama najraznolikiji među njima su tvorevine tercijara pa potom mezozoika. Produkti starijih vremenskih razdoblja su vrlo malo ispitivani, što na žalost važi i za produkte kvartara i zato je neuputno upoređivati ih sa produktima prethodna dva vremenska razdoblja«.



Sl. 1 — Pregled karta SR Srbije bez pokrajina, listovi razmere 1:200.000
Fig. 1 — Index map of SR Serbia proper, 1:200.000 sheets.

U Tumaču se dalje daje pregled metalogenetskih karakteristika svake metalogenetske epohe stvaranja čvrstih mineralnih sirovina na teritoriji SR Srbije bez pokrajina, što je umnogome preopširno za ovaj rad.

Pregled raspodele po listovima Metalogenetske karte (sl. 1) rudnih pojava i ležišta čvrstih mineralnih sirovina, a koja su stvarana u određenim metalogenetskim epohama, dat je u tabelama 3 i 4.

Metalogenetsko rejoniranje

Metalogenetsko rejoniranje je svakako bitan elemenat metalogenetske karte i zato se ovom problemu uvek posvećuje najveća pažnja. Izradom metalogenetske i prognozne karte po listovima razmere 1:100.000 stvoreni su uslovi da se pristupi definitivnom metalogenetskom rejoniranju kao rezultatu I faze (etape) metalogenetskih izučavanja teritorije Srbije bez pokrajina. Na listovima pomenute metalogenetske karte nije sprovedeno jedinstveno metalogenetsko rejoniranje, s obzirom da je ovu kartu radilo više autora u različito vreme (V. O m a l j e v, 1983). Zato je u okviru Metalogenetske karte razmere 1:200.000 sprovedeno jedinstveno metalogenetsko rejoniranje, zaključno sa izdvajanjem rudnih rejona.

Citiramo najvažnije delove izlaganja autora (V. V a n đ e l a) ovog metalogenetskog rejoniranja koje je dato u Tumaču kao obrazloženje.

»Metalogenetskom rejoniranju jednog takvog prostora kao što je Srbija bez pokrajina može se bar dvojako pristupiti. Kod jednog od tih pristupa predmetna teritorija se posmatra prevashodno kao deo nekog šireg metalogenetskog prostora i zbog toga se njeno metalogenetsko rejoniranje prilagođava već izvršenoj metalogenetskoj rejonizaciji šireg prostora. Kod drugog principa elementi za metalogenetsko rejoniranje predmetnog prostora traže se prvenstveno na licu mesta — u drugom planu je povezivanje sa širom metalogenetskom zaleđinom — jer se taj predmetni prostor posmatra kao celina za sebe, tj. izolovano«.

»Mišljenja smo da u našem konkretnom slučaju treba primeniti drugi princip. Razlozi za ovakvo opredeljenje leže u našoj obavezi po Programu izrade metalogenetske i prognozne karte Srbije prva faza, čiji je završni čin Metalogenetska karta Srbije bez pokrajina 1:200.000. Ta obaveza podrazumeva da sprovedena metalogenetska rejonizacija na naznačenoj karti bude toliko potpuna i sveobuhvatna da ubuduće služi kao nezaobilazna osnova i okvir projektovanja i realizovanja svih ispitivanja i istraživanja rudonosnih terena i rudnih objekata. Dakle, zamišljeno je da se sva ispitivanja i istraživanja u vezi mineralnih sirovina moraju ubuduće odvijati u okviru određene metalogenetske jedinice i to je imano na umu prvenstveno pri metalogenetskoj rejonizaciji«.

»Striktno poštovanje bitnih karakteristika, definisanih od strane autora (grupa naučnih radnika IGEM-a AN SSSR-a), izdvajanih metalogenetskih jedinica dovelo je do određenih razlika između od nas ponuđene i metalogenetske rejonizacije koju je S. J a n k o v i ć dao 1967. i ponovio 1974. godine (za čitavu teritoriju Jugoslavije). Sprovodeći svoju metalogenetsku rejonizaciju Srbije bez pokrajina, mi smo načisto s tim da nema apsolutnih kriterijuma za taj važan elemenat jedne metalogenetske karte i zato smo spremni da pred jačim argumentima prihvatimo bolja rešenja«.

Na Metalogenetskoj karti Srbije bez pokrajina razmere 1:200.000 izdvojene su dve metalogenetske provincije (sl. 2): (A) Dinarsko-rodopska i (B) Karpato-balkanska. Granica između ovih metalogenetskih jedinica prolazi zapadnim obodom pojasa zelenih kristalastih stena, od Golupca na Dunavu do planine Ruja na granici sa Bugarskom.

»Prostori Dinarida i Rodopa (uključujući tu i Srpsko-makedonsku masu) su objedinjeni kao (A) Dinarsko-rodopska metalogenetska provincija prvenstveno zbog toga što su u njima obema neogenska orudnjenja dominantna i po površini (kompaktnoj) na kojoj su razvijena i po broju rudnih pojava i ležišta i njihovoj ekonomskoj vrednosti« — kaže se u Tumaču. Dalje se navodi: »I sama kategorija metalogenetske jedinice »metalogenetska provincija« jedva da zadovoljava u pogledu površine objedinjavanjem Dinarida i Rodopa. Dinarsko-rodopska metalogenetska provincija proteže se dalje u pravcu zapada (Bosna i Hercegovina, Crna Gora) i u pravcu juga (Albanija, Makedonija, Bugarska)«.

Dinarsko-rodopska metalogenetska provincija se na teritoriji Srbije deli na dve metalogenetske zone: (I) Dinarska i (II) Srpsko-makedonska; a ove dve metalogenetske zone se dalje dele na 15 rudnih rejona (sl. 2). Karpatsko-balkanska metalogenetska provincija na teritoriji Srbije se takođe deli na dve metalogenetske zone: (III) Istočno-srpska i (IV) Balkanska; a ove dve metalogenetske zone su podeljene na 10 rudnih rejona. Ovim metalogenetskim rejoniranjem na teritoriji SR Srbije bez pokrajina okonturena su 25 rudnih rejona (sl. 2).

Kratak prikaz ove metalogenetske rejonizacije je sledeći:

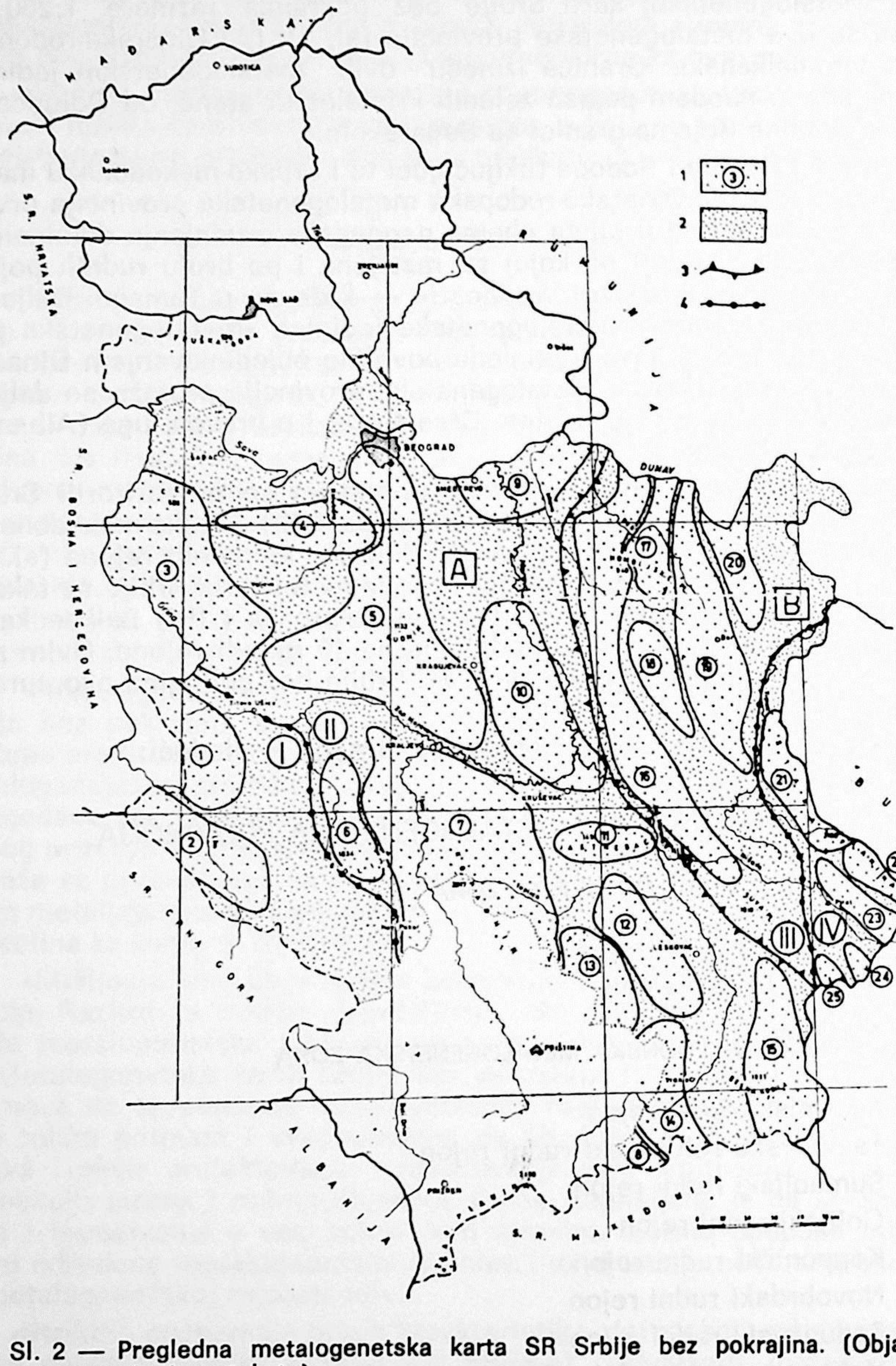
A. DINARSKO-RODOPSKA METALOGENETSKA PROVINCIJA

I. DINARSKA METALOGENETSKA ZONA

1. Zlatiborski rudni rejon
2. Polimski rudni rejon

II. SRPSKO-MAKEDONSKA METALOGENETSKA ZONA

3. Podrinjski rudni rejon
4. Tamnavsko-kolubarski rudni rejon
5. Šumadijski rudni rejon
6. Golijski rudni rejon
7. Kopaonički rudni rejon
8. Novobrdski rudni rejon
9. Podunavski rudni rejon
10. Velikomoravski rudni rejon
11. Jastrebački rudni rejon
12. Pasjačko-kukavički rudni rejon
13. Lecki rudni rejon
14. Bujanovački rudni rejon
15. Besnokobilsko-osogovski rudni rejon



Sl. 2 — Pregledna metalogenetska karta SR Srbije bez pokrajina. (Objašnjenja u tekstu).
1 — rudni rejon; 2 — nerejonirani deo teritorije Srbije; 3 — granica metalogenetskih provincija; 4 — granica metalogenetskih zona.

Fig. 2 — Index metallogenetic map of SR Serbia proper (explanation in the text).
1 — ore regions; 2 — undivided part of the Serbia territory; 3 — boundary of metallogenetic provinces; 4 — boundary of metallogenetic zones.

B. KARPATSKO-BALKANSKA METALOGENETSKA PROVINCIJA

III. ISTOČNO-SRPSKA METALOGENETSKA ZONA

16. Ridanjsko-krepoljinski rudni rejon
17. Brnjičko-neresnički rudni rejon
18. Kučajski rudni rejon
19. Timočki rudni rejon
20. Gornjanski rudni rejon

IV. BALKANSKA METALOGENETSKA ZONA

21. Knjaževački rudni rejon
22. Srebrnoglavski rudni rejon
23. Visočko-vidlički rudni rejon
24. Rujski rudni rejon
25. Donjonevljanski rudni rejon

Oznake metalogenetskih jedinica, uključujući i redne brojeve rudnih rejona, dati su na sl. 2, gde je crtežom predstavljena metalogenetska rejonizacija u okviru Metalogenetske karte Srbije razmere 1:200.000.

Znatan deo površine teritorije Srbije nije obuhvaćen rudnim rejonima (sl. 2), a to je nerejonirani deo po rudnim rejonima u okviru metalogenetskih jedinica višega reda (metalogenetskih provincija i zona).

U Tumaču ove metalogenetske karte dat je kratak pregled orudnjenja i mineralizacija po izdvojenim metalogenetskim jedinicama, zaključno sa rudnim rejonima. Ova materija prevazilazi namenu ovog rada i zato je ona izostavljena.

Metalogenetska rejonizacija u formi rudnih rejona predstavlja rezultat metalogenetskih izučavanja teritorije Srbije postignut u prvoj fazi (etapi) osnovnih geoloških istraživanja. Istovremeno ova metalogenetska rejonizacija predstavlja bazu za sprovođenje druge etape osnovnih geoloških istraživanja sa metalogenetskom orijentacijom, koja se sprovode po ovim rudnim rejonima. Autor je ranije izložio svoje koncepcije ovih daljih istraživanja (V. O m a l j e v, 1984a, 1984b), po rudnim rejonima. Ostaje kao nerešeno pitanje dalje istraživanje nerejoniranih delova teritorije Srbije (van rudnih rejona), jer se u ovom nerejoniranom delu nalaze rudne pojave čvrstih mineralnih sirovina (uključujući i neke rudne pojave urana u Istočnoj Srbiji).

Statistički pregled rudnih pojava i ležišta

U Registru rudnih pojava i ležišta, koji je prilog Tumaču Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina razmere 1:200.000, dat je pregled rudnih pojava i ležašta čvrstih mineralnih sirovina. Ovaj pregled je izložen po vrstama metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina, počev od gvožđa pa zaključno sa uranom. Na taj način je ostvarena potpuna preglednost u pogledu vrsta čvrstih mineralnih sirovina, koje su sređene po rednom broju (za svaku vrstu mineralne sirovine počinje se od rednog broja jedan). Redni broj rudne pojave ili ležišta po vrstama mineralnih sirovina dat je na Meta-

logenetskoj karti uz simbol vrste, kako je to već ranije objašnjeno (npr. Fe-115, Pb-Zn-99, kuk-8, mg-12. itd.).

Rudne pojave i ležišta čvrstih mineralnih sirovina su sređene po listovima razmere 1:200.000 zvanične topografske podele po Griniču (sl. 1), tako da je u tom pogledu ostvarena puna preglednost u Registru. Međutim, sada tek dolazi do izražaja nesrećna okolnost da je metalogenetska i prognozna karta rađena po listovima prevaziđene i napuštene topografske podele po Parizu (listovi razmere 1:100.000), tako da se ne može ostvariti preglednost veze ove Metalogenetske karte (razmere 1:200.000) sa njenom osnovom (razmere 1:100.000). Na taj način je onemogućena veza između ovih verzija metalogenetske karte prve faze izrade, što je svakako veoma ozbiljan nedostatak (koji se uopšte ne može prevazići). Tako se ova Metalogenetska karta razmere 1:200.000 mora posmatrati autonomno, kao da je samo ona rađena u okviru I faze izrade.

Na svakom listu razmere 1:200.000 nalaze se delovi od 6 listova razmere 1:100.000; umesto da se na njoj nalaze cela 4 lista (ili cela 6 lista podele po kojoj je rađena Osnovna geološka karta). Da bi se ostvarila veza između listova ove dve razmere moralo bi se izvršiti prekrajanje listova metalogenetske karte razmere 1:100.000, što bi iziskivalo veoma mnogo posla jer bi se morali preraditi i Registri rudnih pojava i ležišta svakog lista. Bilo bi korisno da se izvrši ovaj posao, ali to se može ostvariti samo zahtevom investitora (po ugovoru posla).

Za svaku vrstu mineralne sirovine dati su sledeći podaci u Registru: list razmere 1:200.000 (po kome su sređene vrste mineralnih sirovina), redni broj, naziv rudne pojave ili ležišta, genetski tip orudnjenja ili mineralizacije i pripadnost metalogenetskoj epohi stvaranja rudnog objekta, odnosno njegovog orudnjenja ili mineralizacije. Po prirodi stvari nije mogla biti ostvarena dovoljna preglednost po pripadnosti metalogenetskoj epohi stvaranja i genetskom tipu orudnjenja. Ako bi želeli da se ostvari sređenost rudnih objekata i po ovim vrlo važnim metalogenetskim osobinama bilo bi potrebno da se urade još dve iste takve tabele, odnosno pregleda gde bi se ovi podaci sredili po njima. Bilo bi veoma korisno da se ostvari i ovakav pregled, što bi takođe mogao da bude predmet narednih izučavanja.

Postoji jedan veliki nedostatak u Registru, a to je da nisu posebno odvojena ili markirana rudna ležišta čvrstih mineralnih sirovina od rudnih pojava. Iz Registra se ne vidi koji rudni objekti su rudna ležišta, da bi se to utvrdilo mora se konsultovati Metalogenetska karta, što tehnički nije ni malo jednostavno. Pokušaj da se to uradi nije uspeo, jer evidencija po metalogenetskoj karti nije u skladu sa evidencijom po Registrima rudnih pojava i ležišta pojedinih listova razmere 1:100.000. Bilo bi potrebno pregledati celokupnu dokumentaciju metalogenetske karte po listovima razmera 1:100.000 i 1:200.000 da bi se tačno utvrdio broj rudnih ležišta čvrstih mineralnih sirovina. Takav obim posla uveliko prevazilazi mogućnosti autora ovog rada, a to se može ostvariti kao ugovoreni zadatak uz dalja metalogenetska izučavanja.

Poseban je problem ostvarenja evidencije rudnih objekata po rudnim rejonima na celoj teritoriji Srbije bez pokrajina. Bilo bi neophodno izraditi Registre rudnih pojava i ležišta čvrstih mineralnih sirovina po rudnim rejonima, a to znači izrada 25 Registra (uz poseban Registar za nerejonirani

deo po rudnim rejonima). Autor smatra da je neophodno ostvariti jedan ovakav pregled rudnih objekata po rudnim rejonima u Srbiji, jer bi to bio konkretan inventar postignutih rezultata u istraživanju čvrstih mineralnih sirovina uopšte. Na taj način bi postigli potpunu preglednost u pogledu ekzaktnih podataka o čvrstim mineralnim sirovinama po rudnim rejonima, što je od naročitog značaja budući da će se aktivnost narednih regionalnih istraživanja uglavnom odvijati po rudnim rejonima.

U ovom radu dajemo raspodelu rudnih objekata čvrstih mineralnih sirovina po listovima razmere 1:200.000, u različitim kombinacijama. Kao i u prethodnom slučaju (V. O m a l j e v, 1983) razdvajamo metalične i nemetalične mineralne sirovine, bez posebnog izdvajanja energetskih mineralnih sirovina. Fosilna goriva (ugalj i uljni škriljci) su pripojena nemetaličnim, a uran je pripojen metaličnim mineralnim sirovinama.

Tabela 1 — Broj rudnih objekata registrovanih u metalogenetskim kartama razmera 1:100.000 i 1:200.000.

Razmera	Rudne pojave i ležišta					
	Metala		Nemetala		Ukupno	
	broj	%	broj	%	broj	%
1:100.000	1.773	67,06	871	32,94	2.644	100,00
1:200.000	1.345	68,58	616	31,42	1.961	100,00
Mineralne pojave	428	62,66	255	37,34	683	100,00
1:100.000	1.773	100,00	871	100,00	2.644	100,00
1:200.000	1.345	75,86	616	70,72	1.961	74,17
Mineralne pojave	428	24,14	255	29,28	683	25,83

Prilikom izrade Metalogenetske karte razmere 1:200.000 odbačene su 683 rudne pojave po evidenciji karte 1:100.000, a ove odbačene rudne pojave predstavljaju u stvari mineralne pojave čvrstih mineralnih sirovina, koje učestvuju u ukupnom broju sa 25,83%. Odbačeno je 428 rudnih pojava metaličnih mineralnih sirovina, a ove mineralne pojave učestvuju u ukupnom broju (1.773 — V. O m a l j e v, 1983) sa 24,14%. Takođe je odbačeno 255 rudnih pojava nemetaličnih mineralnih sirovina (tabela 1), a ove mineralne pojave učestvuju sa 29,28% u ukupnom broju (871).

Neznatno su poremećeni odnosi učestvovanja rudnih pojava i ležišta nakon ovih eliminacija mineralnih pojava (tabela 1), jer je odbačeno relativno neznatno više mineralnih pojava nemetaličnih mineralnih sirovina.

Znatan broj rudnih ležišta je tom prilikom »degradiran« na status rudne pojave, ali za ove operacije nemamo sređenu statistiku (za ovo sređivanje je potreban pregled celokupne dokumentacije metalogenetske karte prve faze izrade — 1:100.000 i 1:200.000).

Tabela 2 — Raspodela rudnih pojava i ležišta čvrstih mineralnih sirovina po listovima metalogenetske karte razmere 1:200.000.

List 1:200.000	Metalične mineralne sirovine		Nemetalične mineralne sirovine		Čvrste mineralne sirovine	
	broj	%	broj	%	broj	%
1. Tuzla	35	1,79	2	0,10	37	1,89
2. Beograd	32	1,63	5	0,26	37	1,89
3. Vršac	6	0,30	9	0,46	15	0,76
4. Oršava	60	3,06	1	0,05	61	3,11
5. Kladovo	1	0,05	—		1	0,05
6. Zvornik	129	6,58	11	0,56	140	7,14
7. T. Užice	196	9,99	199	10,15	395	20,14
8. Kragujevac	84	4,28	80	4,08	164	8,36
9. Zaječar	302	15,40	101	5,15	403	20,55
10. Negotin	1	0,05	—		1	0,05
11. Nikšić	1	0,05	2	0,10	3	0,15
12. Peć	59	3,01	14	0,71	73	3,72
13. Priština	184	9,39	42	2,14	226	11,53
14. Niš	141	7,19	114	5,81	255	13,00
15. Sofija	31	1,58	7	0,36	38	1,94
16. Kumanovo	81	4,13	26	1,33	107	5,46
17. Ćustendil	2	0,10	3	0,16	5	0,26
Ukupno:	1.345	68,58	616	31,42	1.961	100,00

Na tabeli 2 je data apsolutna i relativna (u funkciji ukupnog broja podataka) frekvencija raspodele rudnih pojava i ležišta metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina, koje su evidentirane u Registru tumača metalogenetske karte razmere 1:200.000, po listovima zvanične topografske podele Vojno geografskog instituta.

Maksimalan broj rudnih pojava i ležišta metala je na listu Zaječar, a takođe je na ovom listu i maksimalan broj rudnih objekata. Po broju rudnih objekata metaličnih mineralnih sirovina još se ističu listovi Zvornik, Titovo Užice, Priština i Niš. Minimalan broj podataka na nekim listovima dolazi zbog malih površina koje na njih pada od teritorije Srbije bez pokrajina (sl. 1). Po rudnim objektima nemetaličnih mineralnih sirovina (tabela 2) ističu se listovi Titovo Užice, Zaječar i Niš, dok na dva lista uopšte nema nemetaličnih mineralnih sirovina koje bi bile evidentirane.

Već smo u prošlom radu (V. O m a l j e v, 1983) komentarisali situaciju nedovoljnog usmerenja metalogenetskih izučavanja na nemetalične mineralne sirovine. Kada bi bile evidentirane sve pojave i ležišta koje su bile predmet istraživanja ili eksploatacije (uzimajući u obzir peskove i ciglarske gline) broj rudnih objekata nemetaličnih mineralnih sirovina svakako bi premašio broj metaličnih mineralnih sirovina. Zato je potrebno uložiti više napora kod evidentiranja svih rudnih objekata koje su predmet interesovanja industrije i građevinarstva.

Tabela 3 — Raspodela rudnih pojava i ležišta (metalogenetska epoha stvaranja) metaličnih mineralnih sirovina, po listovima razmere 1:200.000.

Redni broj	List 1:200.000	Metalogentska epoha stvaranja									Ukupno	
		Proterozojska	Starijepaleozojska	Mlađe paleozojska	Trijaska	Jurska	Kredna	Tercijarna	Kvartarna	Neutvrđena i nejasna	broj	%
1	Tuzla	—	—	—	—	—	—	16	19	—	35	2,60
2	Beograd	—	—	—	—	—	11	12	7	2	32	2,38
3	Vršac	—	—	—	—	—	—	3	—	3	6	0,45
4	Oršava	—	6	41	—	3	7	2	1	—	60	4,46
5	Kladovo	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	0,07
6	Zvornik	—	2	2	10	3	1	109	—	2	129	9,59
7	T. Užice	—	—	—	3	136	1	51	5	—	196	14,57
8	Kragujevac	4	3	6	—	9	15	39	8	—	84	6,25
9	Zaječar	18	22	52	1	5	168	25	10	1	302	22,45
10	Negotin	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,07
11	Nikšić	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	0,07
12	Peć	—	—	—	11	12	—	36	—	—	59	4,39
13	Priština	3	—	2	—	31	—	146	2	—	184	13,68
14	Niš	16	5	1	—	1	6	108	4	—	141	10,48
15	Sofija	—	1	5	4	11	9	—	1	—	31	2,31
16	Kumanovo	—	3	7	—	9	—	60	2	—	81	6,02
17	Ćustendil	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	0,15
Ukupno (broj)		42	42	116	29	221	218	609	60	8	1345	99,00
%		3,12	3,12	8,63	2,16	16,43	16,21	45,28	4,46	0,59		100,00

Tabela 4 — Raspodela rudnih pojava i ležišta (metalogenetska epoha stvaranja) nemetaličnih mineralnih sirovina, po listovima razmere 1:200.000.

Redni broj	List 1:200.000	Metalogentska epoha stvaranja									Ukupno	
		Proterozojska	Starije paleozojska	Mlađe-paleozojska	Trijaska	Jurska	Kredna	Tercijarna	Kvartarna	Neutvrđena i nejasna	broj	%
1	Tuzla	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	0,32
2	Beograd	—	—	—	—	—	2	3	—	—	5	0,81
3	Vršac	—	—	—	—	—	3	6	—	—	9	1,46
4	Oršava	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	0,16
5	Kladovo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Zvornik	—	—	1	—	—	3	7	—	—	11	1,79
7	T. Užice	—	—	6	6	—	10	176	—	1	199	32,30
8	Kragujevac	1	18	10	—	2	—	49	—	—	80	12,99
9	Zaječar	—	4	48	—	4	9	35	—	1	101	16,40
10	Negotin	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	Nikšić	—	—	—	1	—	—	1	—	—	2	0,32
12	Peć	—	—	1	4	1	—	8	—	—	14	2,27
13	Priština	1	—	—	2	—	—	39	—	—	42	6,82
14	Niš	6	15	45	—	1	4	43	—	—	114	18,51
15	Sofija	—	—	3	—	3	—	1	—	—	7	1,14
16	Kumanovo	2	8	9	—	—	3	4	—	—	26	4,22
17	Ćustendil	—	2	1	—	—	—	—	—	—	3	0,49
Ukupno (broj)		10	47	124	13	11	34	375	—	2	616	100,00
%		1,62	7,63	20,13	2,11	1,79	5,52	60,88		0,32		100,00

Tabela 5 — Raspodela rudnih pojava i ležišta (genetski tip stvaranja) metaličnih mineralnih sirovina, po listovima razmere 1:200.000

Redni broj	List 1:200.000	Genetski tip stvaranja rudnih pojava i ležišta														Ukupno	
		Magmatski	Pegmatitski	Grajzenski	Skarnovski	Skarnovsko-hidrotermalni	Hidrotermalni	Vulkanogeno-hidrotermalni	Vulkanogeno-sedimentni	Sedimentni	Kora raspadanja	Rasipni	Metamorfogeni	Poligeni	Nejasni	broj	%
1	Tuzla	—	4	5	—	—	11	—	—	6	—	19	—	—	—	35	2,60
2	Beograd	—	1	1	—	—	11	—	—	12	—	7	—	—	—	32	2,38
3	Vršac	—	—	3	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	6	0,45
4	Oršava	—	1	—	2	—	46	6	—	4	—	1	—	—	—	60	4,46
5	Kladovo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	0,07
6	Zvornik	1	—	—	21	—	90	12	—	3	—	—	2	—	—	129	9,59
7	T. Užice	91	—	—	—	—	36	43	5	5	6	5	—	3	2	196	14,57
8	Kragujevac	3	—	—	4	—	23	5	3	22	9	8	4	1	2	84	6,25
9	Zaječar	7	2	—	16	8	216	22	3	16	—	10	1	—	1	302	22,45
10	Negotin	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	0,07
11	Nikšić	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	0,07
12	Peć	—	—	—	2	—	29	18	5	—	4	—	—	—	1	59	4,39
13	Priština	20	—	1	13	—	127	10	—	—	6	2	5	—	—	184	13,68
14	Niš	—	—	—	1	—	108	—	1	10	—	4	17	—	—	141	10,48
15	Sofija	1	—	—	—	—	14	—	—	15	—	1	—	—	—	31	2,31
16	Kumanovo	9	—	—	2	—	64	—	—	1	—	2	3	—	—	81	6,02
17	Ćustendil	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	2	0,15
Ukupno (broj)		132	8	10	61	8	769	117	17	95	25	60	33	4	6	1.345	99,99
%		9,81	0,60	0,74	4,54	0,60	57,17	8,70	1,26	7,06	1,86	4,46	2,45	0,30	0,45		100,00

Tabela 6 — Raspodela rudnih pojava i ležišta (genetski tip stvaranja) nemetaličnih mineralnih sirovina, po listovima razmere 1:200.000.

Redni broj	List 1:200.000	Genetski tip stvaranja: Magmatski	Pegmatitski	Grajzenski	Skarnovski	Skarnovsko-hidrotermalni	Hidrotermalni	Vulkanogeno-hidrotermalni	Vulaknogeno-sedimentni	Sedimentni	Kora raspadanja	Rasipni	Metamorfogeni	Poligeni	Nejasni	Ukupno broj	Ukupno %
1	Tuzla	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	0,32
2	Beograd	—	—	—	—	—	1	—	—	4	—	—	—	—	—	5	0,81
3	Vršac	—	—	—	—	—	—	—	—	8	1	—	—	—	—	9	1,46
4	Oršava	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,16
5	Kladovo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	Zvornik	—	—	—	—	—	5	—	—	5	—	—	1	—	—	11	1,79
7	T. Užice	—	—	—	—	—	23	—	—	63	107	—	6	—	—	199	32,30
8	Kragujevac	—	15	—	1	—	10	1	—	31	14	—	8	—	—	80	12,99
9	Zaječar	—	3	—	—	—	46	—	—	51	—	—	1	—	—	101	16,40
10	Negotin	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	Nikšić	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	0,32
12	Peć	—	—	—	—	—	1	2	—	7	3	—	1	—	—	14	2,27
13	Priština	—	—	—	4	—	17	1	1	11	7	—	1	—	—	42	6,82
14	Niš	—	50	—	—	—	10	—	14	29	—	—	11	—	—	114	18,51
15	Sofija	—	—	—	—	—	1	—	—	6	—	—	—	—	—	7	1,14
16	Kumanovo	—	9	—	—	—	6	—	—	5	—	—	6	—	—	26	4,22
17	Ćustendil	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0,49
Ukupno (broj)		—	77	—	5	—	124	4	15	224	132	—	35	—	—	616	100,00
%			12,51		0,81		20,13	0,64	2,44	36,36	21,43		5,68				100,00

U tabeli 3 data je frekvencija broja rudnih pojava i ležišta metaličnih mineralnih sirovina po obeležju pripadnosti metalogenetskim epohama stvaranja, u funkciji listova razmere 1:200.000. Dominiraju rudne pojave i ležišta stvarani u tercijarno vreme (45,28%), a koje su naročito brojne (preko 100) na listovima: Zvornik, Priština i Niš. Još se ističu jurska i kredna metalogenetska epoha stvaranja orudnjenja i mineralizacija; rudne pojave i ležišta stvarane u jursko vreme naročito su brojne na listu Titovo Užice, a oni rudni objekti čija su orudnjenja i mineralizacije stvarane u kredno vreme naročito su brojne na listu Zaječar. Još su relativno brojna orudnjenja i mineralizacije stvarane u vreme mlađeg paleozoika, gde dominiraju one na listovima Oršava i Zaječar. Broj rudnih objekata čije su mineralizacije i orudnjenja stvarani u proterozojskom, starijepaleozojskom i trijaskom vremenu je podređen. Rudne pojave i ležišta stvarani u kvartarno vreme su relativno brojne (60), a ističu se one na listovima Tuzla i Zaječar.

Brojnost rudnih pojava i ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina stvaranih u tercijarno vreme (tabela 4) je još izrazitija, jer ova metalogenetska epoha stvaranja učestvuje sa 60,88% u ukupnom broju podataka (616). Blizu polovina od ovog broja (375) nemetaličnih mineralnih sirovina stvaranih i tercijarno vreme nalaze se na listu Titovo Užice. Još se ističe mlađepaleozojska metalogenetska epoha stvaranja nemetaličnih mineralnih sirovina, a ostale su sasvim podređenog značaja. Naročito je interesantno da nema ni jedne evidentirane nemetalične mineralne sirovine stvarane u kvartarno vreme, a znamo da mora biti ovih sirovina koje se eksploatišu (naročito ciglarska zemlja, koja nije evidentirana u Registru).

Frekvencija po listovima broja rudnih pojava metaličnih mineralnih sirovina po obeležju genetskog tipa stvaranja orudnjenja i mineralizacija data je u tabeli 5. Apsolutno preovlađuje hidrotermalni tip stvaranja orudnjenja i mineralizacija (57,17%), bez obzira što su posebno odvojeni skarnovsko-hidrotermalni tip (0,60%) i vulkanogeno-hidrotermalni tip (8,70%). Rudne pojave i ležišta metala hidrotermalne geneze dominiraju na listu Zaječar, a ističu se po broju listovi Priština, Niš i Zvornik. Rudne pojave i ležišta vulkanogeno-hidrotermalne geneze su najbrojnije na listu Titovo Užice. Od ostalih genetskih tipova ističe se magmatski genetski tip stvaranja, koji u ukupnom broju učestvuje sa 9,81%, a najbrojniji je na listu Titovo Užice. Sedimentni tip stvaranja orudnjenja i mineralizacija metala je relativno skroman, učestvuje samo sa 7,06% u ukupnom broju podataka (1.345). Od ostalih genetskih tipova mogu se zapaziti skarnovski (4,54%), rasipni (4,46%) i metamorfogeni (2,45%) genetski tip, dok su ostali genetski tipovi sasvim podređenog učešća u broju podataka metaličnih mineralnih sirovina.

Rudne pojave i ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina sedimentnog genetskog tipa najbrojnije su (224) i imaju visoko učešće od 36,36% (tabela 6), a najviše ih ima na listovima Titovo Užice i Zaječar. Slede rudne pojave i ležišta nemetala postale u kori raspadanja (21,43%), a sličnu zastupljenost imaju i nemetali hidroterminalne geneze (20,13%). Od ostalih genetskih tipova najzastupljeniji je pegmatitski tip (12,51%), zatim slede nemetali metamorfogene geneze (5,68%); dok su ostali genetski tipovi malo zastupljeni. Neki genetski tipovi uopšte nisu zastupljeni kod rudnih pojava i ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina (magmatski, grajzenski, rasipni, itd.).

Tabela 7 — Raspodela rudnih pojava i ležišta metaličnih mineralnih sirovina, po listovima razmere 1:200.000.

Redni broj	List 1:200.000	Fe	Cr	Mn	W	Pb	Pb-Zn	Cu	Sb	As	Ni (Fe, Co)	Hg	Mo	Ti	Li Be	Sn (Nb, Ta)	Au	As Ni Co Cu Bi	U	Ukupno broj	Ukupno %
1	Tuzla	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	22	—	—	4	35	2,60
2	Beograd	—	—	—	—	—	9	—	—	—	11	2	—	—	1	9	—	—	—	32	2,38
3	Vršac	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3	—	—	—	6	0,45
4	Oršava	4	—	1	1	—	7	33	—	3	—	—	—	—	—	—	11	—	—	60	4,46
5	Kladovo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	0,07
6	Zvornik	18	1	—	4	6	29	11	57	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	129	9,59
7	T. Užice	2	91	5	3	2	—	42	22	—	6	7	—	—	—	6	—	—	10	196	14,57
8	Kragujevac	13	—	3	—	—	11	6	5	—	27	—	—	2	—	—	10	1	6	84	6,25
9	Zaječar	34	2	5	1	—	7	206	—	—	—	—	—	1	—	—	39	—	7	302	22,45
10	Negotin	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,07
11	Nikšić	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,07
12	Peć	3	—	4	5	—	24	18	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	1	59	4,39
13	Priština	16	20	—	5	—	20	41	5	—	6	1	2	—	—	—	6	2	—	184	13,68
14	Niš	18	—	1	4	—	62	—	9	—	—	—	16	—	—	—	13	—	18	141	10,48
15	Sofija	11	—	—	—	—	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	12	31	2,31
16	Kumanovo	5	9	—	16	—	37	5	2	2	—	—	—	—	—	1	2	—	2	81	6,02
17	Ćustendil	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	0,15
Ukupno (broj)		124	123	20	44	8	268	366	100	5	55	15	18	3	5	41	87	3	60	1.345	99,00
%		9,22	9,15	1,49	3,27	0,59	19,93	27,21	7,43	0,37	4,09	1,12	1,34	0,22	0,37	3,05	6,47	0,22	4,46		100,00

Frekvencija po listovima broja rudnih pojava i ležišta pojedinih metala data je na tabeli 7. Ukupno je evidentirano 18 vrsta metaličnih mineralnih sirovina; neka su monometalna, neka su bimetalna, a izuzetno su to polimetalna. Naravno da je ovo uprošćena slika vrsta metaličnih mineralnih sirovina, jer se uz vodeći metal (ili metale) najčešće može naći prateći metali, koji su detaljnije obrađeni (evidentirani) na pasošima koji sačinjavaju Registre rudnih pojava i ležišta listova metalogenetske i prognozne karte u razmeri 1:100.000.

Najviše su zastupljena orudnjenja i mineralizacije bakra, koje čine 27,21% od ukupnog broja evidentiranih rudnih pojava i ležišta metaličnih mineralnih sirovina. Drugo mesto po zastupljenosti nose rudne pojave i ležišta olova i cinka, čija je zastupljenost 19,93%. Na treće mesto dolaze rudne pojave i ležišta gvožđa (9,22%), a sledi na četvrto mesto hrom sa učešćem 9,15%. Rudne pojave i ležišta antimona dolaze na 5. mesto, sa učešćem od 7,43%, a na 6. mestu se nalazi zlato sa učešćem 6,47%. Redosled ostalih metaličnih mineralnih sirovina (koje učestvuju sa više od 1% u broju podataka) je sledeći: uran (4,46%), nikal (4,09%), volfram (3,27%), kalaj (3,05%), mangan (1,49%), molibden (1,34%) i živa sa učešćem od 1,12% u ukupnom broju rudnih pojava i ležišta metala (1.345). Ostalih pet vrsta metaličnih mineralnih sirovina (olovo, arsen, titan, litijum-berilijum i petoelementna asocijacija — As, Ni, Co, Cu, Bi) simbolično učestvuju u ukupnom broju metaličnih mineralnih sirovina, manje od jedan procenat učešća (tabela 7).

Na listu Zaječar nalazi se preko 1/5 ukupnog broja rudnih pojava i ležišta metaličnih mineralnih sirovina, a učešće bakra je predominantno. Znatno zaostaju rudne pojave i ležišta zlata i gvožđa, dok se rudni objekti ostalih metala javljaju u malom broju. Na drugom mestu po učešću (14,57%) se nalazi list Titovo Užice, na kome dominiraju rudne pojave i ležišta hroma, zatim bakra i antimona, dok drugi metali su podređenog učešća. Na trećem mestu po učešću (13,68%) se nalazi list Priština, gde su najbrojniji rudni objekti olova i cinka, zatim bakra, gvožđa i hroma, dok se rudne pojave i ležišta drugih metala javljaju sporadično. List Niš sa učešćem od 10,48% u broju podataka dolazi na 4. mesto, na njemu ima najviše rudnih pojava i ležišta olova i cinka, a znatno manje gvožđa, urana, molibdena i zlata — dok se ostali metali javljaju podređeno. Zatim sledi list Zvornik sa učešćem 9,59%, na kome ima najviše rudnih pojava i ležišta antimona, a slede mu olovo i cink, a zatim gvožđe i bakar (ostali metali su podređeni). Na ostalim listovima (tabela 7) broj rudnih objekata metaličnih mineralnih sirovina brzo opada ispod stotine, a na njima nema izrazitih akumulacija rudnih pojava i ležišta metala. Posle listova Kragujevac (6,25%) i Kumanovo (6,02%) učešće u broju rudnih objekata brzo opada ispod 5%.

Frekvencija po listovima broja rudnih pojava i ležišta pojedinih vrsta nemetaličnih mineralnih sirovina prikazana je na tabeli 8. Ukupno je evidentirano 32 vrste nemetaličnih mineralnih sirovina, od kojih su dve vrste fosilnih goriva. Već smo ranije napomenuli da na teritoriji Srbije ima znatno više vrsta nemetaličnih mineralnih sirovina, koja nisu evidentirana; a takođe nisu evidentirane sve rudne pojave obrađivanih vrsta nemetaličnih mineralnih sirovina. Najverovatnije je da odbačene rudne pojave nemetaličnih mineralnih sirovina (255 — tabela 1), koje sada tretiramo kao mineralne

Tabela 8 — Raspodela rudnih pojava I ležišta nemetaličnih mineral

Redni broj	List 1:200.000	vs volastonit	gr granat	fd feldspat	az azbest	q kvarc (kvarcit)	tk talk	ba barit	fl fluorit	kc kalcit	al alunit	pdk poludragi kamen	tf tuf	ph fosforit	gf grafit	kš krovni škriljac	m mermer
1	Tuzla	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Beograd	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Vršac	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
4	Oršava	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Kladovo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Zvornik	—	—	—	—	—	—	1	4	—	—	—	—	—	—	—	1
7	T. Užice	—	—	—	—	14	3	2	5	—	—	—	—	—	—	1	5
8	Kragujevac	1	—	15	3	8	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	5
9	Zaječar	—	—	3	—	34	—	12	—	—	—	—	—	1	—	—	—
10	Negotin	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	Nikšić	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	Peć	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	3
13	Priština	2	2	—	11	—	5	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—
14	Niš	—	—	50	1	7	3	—	—	1	—	8	6	4	3	—	2
15	Sofija	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	Kumanovo	—	—	9	2	4	—	—	—	—	—	—	—	4	2	—	—
17	Ćustendil	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno (broj)		3	2	77	18	71	11	19	10	1	1	10	6	11	6	1	17
%		0,49	0,32	12,50	2,92	11,53	1,79	3,09	1,62	0,16	0,16	1,62	0,97	1,79	0,97	0,16	2,76 —

pojave, možemo smatrati punovrednim rudnim pojavama nemetala, što bi trebalo proveriti na pasošima u Registrima metalogenetske i prognozne karte po listovima u razmeri 1:100.000. Broj rudnih pojava i ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina, koje sada evidentiramo, nije veliki (tabela 8) i znatno zaostaje za brojem pojava metaličnih mineralnih sirovina.

Najviše su zastupljene rudne pojave i ležišta magnezita, čije je učešće u ukupnom broju 23,86%; a ovih rudnih objekata ima najviše na listu Titovo Užice, dok znatno zaostaju listovi Kragujevac i Priština. Na 2. mesto dolaze feldspati (12,51% učešća), čije rudne pojave i ležišta su najbrojnija na listu Niš, a zaostaju listovi Kragujevac i Kumanovo. Na 3. mestu su rudne pojave i ležišta kvarca (kvarcita), čije učešće je 11,53%, a najviše ih ima na listovima Zaječar i Titovo Užice, dok zaostaju listovi Kragujevac i Niš. Na 4. mestu po broju rudnih objekata su ugljevi, čije je učešće u ukupnom broju rudnih objekata 8,44% (tabela 8); najviše ih je na listu Zaječar, a slede listovi Kragujevac, Sofija, Titovo Užice i Priština, dok ostali listovi zaostaju. Na 5. mestu su pojave glina, sa učešćem od 6,98%; a najviše ih ima na listu Titovo Užice, a zaostaju po broju pojava listovi Kragujevac, Zaječar i Niš. Na 6. mesto dolaze rudne pojave i ležišta uljnih (bituminoznih)

nih sirovina, po listovima razmere 1:200.000

kuk		kd	d	klnd	bx	gp	cs	pq	dt	gl	mg	klg kld	ok	bš		Ukupno broj	Ukupno %
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	0,32
—	—	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	5	0,81
—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	4	9	1,46
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	11	1,79
2	—	—	1	5	6	1	2	4	2	17	121	2	—	1	5	199	32,30
2	1	—	—	1	—	2	—	2	—	8	13	1	1	6	8	80	12,99
4	1	—	—	3	—	—	4	3	—	6	—	—	—	10	20	101	16,40
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	0,32
—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	1	14	2,27
—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	9	—	—	1	5	42	6,82
1	2	1	—	—	—	—	3	—	—	6	—	—	—	14	2	114	18,51
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	7	1,14
—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	2	—	26	4,22
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0,49
10	7	2	3	12	9	3	15	9	2	43	147	3	1	34	52	616	100,00
	1,14		0,49		1,46		2,44		0,32		23,86		0,16		8,44		
1,62		0,32		1,95		0,49		1,46		6,98		0,49		5,52			100,00

škriljaca sa učešćem od 5,52%; najviše pojava je na listovima Niš i Zaječar, a zaostaje list Kragujevac. Sledeće vrste nemetaličnih mineralnih sirovina imaju učešće manje od 5%, a to su: barit, (3,09%), azbest (2,92%), mermer (2,76%) i cementne sirovine (2,44%). Devet vrsta nemetaličnih mineralnih sirovina (krečnjak, fosforit, talk, fluorit, poludragi kamen, ukrasni kamen, boksit, kvarcni pesak i travertin, oniks i bigar) imaju učešće od 1 do 2% u ukupnom broju rudnih objekata nemetala, a 13 vrsta nemetala imaju učešće manje od 1%.

Na listu Titovo Užice ima najviše rudnih pojava i ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina (199), sa učešćem od 32,30% u ukupnom broju; a ovom broju najviše doprinose pojave magnezita. Na drugom mestu je list Niš, sa učešćem od 18,51%, a ovom učešću najviše doprinose pojave feldspata. Na trećem mestu je list Zaječar (koji je prvi po učešću pojava metala) sa učešćem od 16,40%, bez izrazite akumulacije pojave jedne vrste nemetala — najviše je pojava azbesta (34) i ugljeva (20), a slede barit (12), uljni škriljci (10) i ostali nemetali (tabela 8). Na četvrtom mestu je list Kragujevac sa učešćem od 12,99% u ukupnom broju pojava nemetala, najviše je pojava feldspata (15) i magnezita (13), a slede pojave još 16 vrsta nemetaličnih mineralnih sirovina. Na petom mestu je list Priština sa učešćem

od 6,82%, najviše je pojava azbesta (11) i magnezita (9), a slede pojave još 11 vrsta nemetala. Na šestom mestu po učešću (4,22%) je list Kumanovo, a slede listovi Zvornik (1,79%), Vršac (1,46%) i Sofija (1,14%). Učešće ostalih listova je simbolično (manje od 1%), na njihovoj teritoriji ima malo pojava nemetaličnih mineralnih sirovina.

ZAKLJUČAK

Izradom Metalogenetske karte teritorije SR Srbije bez pokrajina razmere 1:200.000 praktično je završena prva faza (etapa) osnovnih geoloških istraživanja u Srbiji.

Stepen geološke istraženosti cele teritorije SR Srbije bez pokrajina ne odgovara propisanom stepenu istraženosti za prvu etapu osnovnih geoloških istraživanja, što je mnogo puta napominjano. Zato u buduće treba očekivati aktivnosti u osnovnim geološkim istraživanjima koja odgovaraju prvoj etapi za pojedine mineralne sirovine na pojedinim manjim teritorijama. Ostala je obaveza istraživača i investitora da se kroz drugu etapu osnovnih geoloških istraživanja (sa metalogenetskom orijentacijom — V. O m a l j e v, 1984a, 1984b) prevaziđe manjkavost prve etape, ali samo za teritorije rudnih rejona (ostaje otvoren problem nerejoniranog dela teritorije).

Metalogenetskim izučavanjem izdvojeno je osam metalogenetskih epoha stvaranja čvrstih mineralnih sirovina, i to: proterozojska, starije paleozojska, mlađe paleozojska, trijaska, jurska, kredna, tercijarna i kvartarna.

Izdvojeno je 13 genetskih tipova stvaranja čvrstih mineralnih sirovina, i to: magmatski, pegmatitiski, grajzenski, skarnovski, skarnovsko-hidrotermalni, hidrotermalni, vulkanogeno-hidrotermalni, vulkanogeno-sedimentni, sedimentni, kora raspadanja, rasipni, metamorfogeni i poligeni.

Metalogenetskim rejoniranjem izdvojene su dve metalogenetske provincije sa po dve metalogenetske zone (ukupno 4 zone), u kojima je izdvojeno 25 rudnih rejona, koji zahvataju više od polovine površine SR Srbije bez pokrajina.

U Registru rudnih pojava i ležišta evidentirano je 1.345 metaličnih i 616 nemetaličnih mineralnih sirovina, što iznosi ukupno 1.961 rudni objekat.

Predato za štampu 28. VI 1984. Recenzent Vladimir Sarić

LITERATURA

1. D i v l j a n, M., D o l i ć, D., Đ o r đ e v i ć, M., F i l i p o v i ć, I., K r s t i ć, B., P a v l o v i ć, Z., R a k i ć, M. i V e s e l i n o v i ć, M., 1981: Tumač za geološku kartu SR Srbije 1:200.000. RO Geološki institut, Beograd. Fond stručne dokumentacije Republičke SIZ za geološka istraživanja, Beograd.
2. J a n k o v i ć, S., 1967: Metalogenetske epohe i rudonosna područja Jugoslavije. Beograd.
3. J a n k o v i ć, S., 1974: Metalogenetske provincije Jugoslavije u prostoru i vremenu. Metalogenija i koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije, Beograd.
4. J a n k o v i ć, S. i P e t k o v i ć, M., 1974: Metalogenija i koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije (u istoimenoj knjizi). Beograd.
5. O m a l j e v, V., 1983: Izrada metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina I faze, po listovima razmere 1:100.000. Radovi Geoinstituta, knjiga 16, Beograd.

6. O m a l j e v, V., 1984a: Osnovna geološka istraživanja u rudnim rejonima SR Srbije bez pokrajina, druga faza (etapa). Radovi Geoinstituta, knjiga 17, Beograd.

7. O m a l j e v, V., 1984b: Metalogenetska istraživanja u rudnim rejonima Srbije. Tehnika, RGM br. 5/84, Beograd.

8. V a n đ e l, V. i O m a l j e v, V., 1982: Osvrt na metalogenetsku i prognoznu kartu SR Srbije bez pokrajina po listovima u razmeri 1:100.000. Zbornik radova, knjiga II, X jubilarni kongres geologa Jugoslavije, Budva.

9. V a n đ e l, V., O m a l j e v, V., i Marić, A., 1982: Tumač metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina razmere 1:200.000. Fondovi stručne dokumentacije: Republičke SIZ za geološka istraživanja, Geozavoda (RO IMS) i Geoinstituta, Beograd.

Summary

PREPARATION OF THE METALOGENETIC MAP OF SERBIA PROPER, THE FIRST STAGE, ON A SCALE OF 1:200.000

by

Veljko Omaljev

Key words: metallogeny, Serbia

With the completion of the first phase metallogenetic map of SR Serbia proper, on a scale of 1:200.000 (with Report) practically was terminated also the firs stage of basic geological investigation.

The results of metallogenetic investigation, shown in this paper are presented in more details in the Report. The basic data on types of raw mineral materials, which are shown on the metallogenetic map are arranged in the Register of ore occurrences and deposits.

The metallogenetic map of Serbia on a scale of 1:200.000 has the character of synoptic map. For the basic of the metallogenetic map was used the geological map of Serbia on a scale of 1:200.000 completed by a group of authors (1981) as a finalversion of the Primary geological map. The ore occurrences and deposits of mineral raw materials (exluding oil and gas) are plotted on the geological basis in the form of conditional symbols which denote a genetic type of the ore deposition and mineralization. The belongings to a metallogenetic epoch of ore deposition and mineralization are marked by the colomn of conditional symbol. The type of mineral raw materials is denoted by symbol: symbols of chemical element are used for metals, and for industrial minerals the first letters (small ones) of their names. In the Register of ore occurrences and deposits a catalogue for every kind of mineral raw material was prepared according to their successive number which accompanies the symbol of ore occurrence or deposit on the metallogenetic map (as example, Fe-71, Cr-45, Pb-Zn-168, ba-5, cs-8, gl-10, mg-24, etc.).

The geochronological dating of the most important geological events (magmatizm, metasomatizm, metamorphizm) was not systematically carried out during the preparation of the Preliminary geological map, and this shortcoming was unavoidable in the preparation of the metallogenetic map.

The metallogenetic epochs of the ore deposits creations and mineralization are separated on chronographic principle, so that the lasting time of a metallogenetic epoch is becaming more shorter. The whole Precambrium is placed within one metallogenetic epoch — Proterozoic, and the Palaeozoic is divided into two metallogenetic epoch — Older Palaeozoic and Younger Palaeozoic. The Mesozoic is divided into three metallogenetic epoch: Triassic, Jurassic and Cretaceous. The whole Tertiar is placed within one metallogenetic epoch, but in the text of the Report two are mentioned: Palaeogene and Neogene. The Quaternary is the youngest metallogenic epoch of creation of placer occurrences and deposits.

Thirteen genetic types of ore deposition and mineralization are separated as follows: magmatic, pegmatitic, greisen, skarn, skarn-hydrothermal, hydrothermal, volcanic-hydrothermal, volcanic-sedimentary, sedimentary, weathering crust, placers, metamorphic and polygenetic.

By the metallogenetic territory arrangements two metallogenetic provinces are separated and each of them is further subdivided into two metallogenetic epochs: (A) Dinarides-Rodopian metallogenetic province includes: (I) Dinaride metallogenetic zone, and (II) Serbian-macedonian metallogenetic zone; and (B) Karpatian-Balkan metallogenetic province includes: (III) Eastern Serbian metallogenetic zone, and (IV) Balkan metallogenetic zone.

In the territory of Serbia 25 ore regions are separated; 15 in Dinarides-Rodopian metallogenetic province, an 10 in Karpatian-Balkan metallogenetic province (fig. 2).

In the Register of ore occurrences and deposits are noted 1,345 metallic and 616 non-metallic ore occurrences and deposits; i.e. a total of 1,961 ore objects.

The distribution of ore objects is presented in the tables on 1:200.000 sheets of the official topographic division (fig. 1) and according to their belongings to the metallogenetic epoch of creation (Tables 3 and 4) genetic type of ore deposition and mineralization (Tables 5 and 6), a types of metallic (Table 7) and non-metallic (Table 8) raw materials.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Slobodan Vukašinović

UDK 553 (497.11)
Pregledni rad

OSVRT NA IZRADU METALOGENETSKE I PROGNOZNE KARTE SR SRBIJE BEZ POKRAJINA

Izradu Metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina pratile su određene objektivne teškoće, ali i subjektivne slabosti koje su predmet ovog članka.

Kao delimičan učesnik — saradnik u izradi Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina, u razmeri 1:100.000, imao sam prilike da se upoznam sa okolnostima oko izrade ove i prognozne karte 1:100.000, kao i Metalogenetske karte 1:200.000, da steknem određene utiske po pitanju organizacije, metodologije rada i kvaliteta tih karata, stepena njihove nadgradnje u odnosu na ono što se pre toga poznavalo. V. Omaljev je u objavljenim člancima »Izrada Metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina I. faze, po listovima razmere 1:100.000« (Radovi knj. 16, 1983.) i »Izrada Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina, I. faza, u razmeri 1:200.000« (Radovi, knj. 18, 1985. — u ovoj knjizi), povodom završetka izrade pomenutih karata, izneo svoje viđenje, » . . . pokušaj analize situacija i stanja koja su pratila izradu metalogenetske i prognozne karte . . .«. Sadržina ovih članaka i u njima izrečeni poziv na stručnu i naučnu raspravu, uz već stečene lične utiske, podstakli su me da se odazovem pozivu i javno iznesem svoje mišljenje o ovoj problematici.

Iz pomenutog prvog rada Omaljeva može se saznati sledeće:

— Metalogenetska i prognozna karta rađene su po Uputstvu koje nije zvanično usvojeno;

— Pre izrade Metalogenetske karte nije izvršena »usaglašenost interpretacija geotektonske strukture izučavane teritorije Srbije, na bazi geoloških i geofizičkih podataka« (str. 50);

— Izrada Metalogenetske i prognozne karte se najčešće obavljala uz ostale zadatke; izvođači uglavnom nisu uspeli da formiraju stalne timove; angažovani stručnjaci su pretežno radili svoj list bez adekvatne saradnje sa ostalim specijalistima, nosiocima susednih listova, uz nejednake kriterijume (str. 52/53);

— ». . . da je dolazilo do razlika u shvatanjima pojedinih autora, tako da se granice i nazivi rudnih rejona i rudnih polja nedovoljno poklapaju ili se uopšte ne produžavaju, nekad i kod istog autora na dva susedna lista. . .« (str. 58);

Adresa autora: Geoinstitut, Rovinjska ul. br. 12, Beograd.

Iz drugog rada Omaljeva saznajemo:

— »Ubeđenje je autora da je neophodna svestrana analiza rezultata osnovnih geoloških istraživanja I faze (etape) kroz rasprave, referate i diskusije« (str. 1);

— Da u projektu izrade Metalogenetske karte 1:200.000 stoji, pored ostalog: »Podaci regionalnih geofizičkih ispitivanja, u prvom redu geomagnetskih i gravimetrijskih, naći će odraza u interpretaciji i prikazu strukturno-tektonske građe Srbije a takođe i metalogenetske rejonizacije« (str. 3);

— Da je dat značajan predlog »... da Metalogenetska karta dobije vizu od šire stručne javnosti i zato bi bilo dobro da ona bude predmet javnog razmatranja« (str. 4);

— Da Omaljev izražava žaljenje što Metalogenetska karta 1:200.000 nije štampana, i pored toga što se »... znalo da nije ostvarena zajednička geološka-geofizička interpretacija tektonske karte Srbije« (str. 4);

— Za izradu Metalogenetske karte 1:200.000, po listovima 1:100.000, »... izvršena je reinterpretacija minerogenetskih elemenata, a takođe je izvršena nova metalogenetska rejonizacija koja predstavlja konačnu metalogenetsku rejonizaciju nakon završetka I faze (etape) osnovnih geoloških istraživanja u SR Srbiji« (str. 5);

Iz navedenog se prilično dobro može sagledati kako se odvijala izrada dotičnih karata, uz naglasak da do »odraza« rezultata geofizičkih ispitivanja uopšte nije došlo, kako u Metalogenetskoj i prognoznoj karti 1:100.000 tako isto i kasnije u Metalogenetskoj karti 1:200.000. Mogle bi se navesti i mnoge druge pojedinosti, koje bi takođe ilustrovale organizaciju i metodologiju izrade ovih karata. Međutim, dovoljno je da ovome dodamo još jednu činjenicu pa da javnost stekne pravi utisak o kakvom se kvalitetu karata radi, o svrsishodnosti i racionalnosti utrošenih društvenih sredstava, o stepenu nadgradnje i upotrebljivosti ovih karata u kontekstu postojećih podataka, na osnovu kojih su trebale biti izrađene.

Neverovatno je, ali istinito, da se u izradi Metalogenetske i prognozne karte, u kojima se uobičajeno ogleda sinteza svih stečenih saznanja i neizbežni timski rad, nije ni jedan jedini put sastao tim stručnjaka (!), koji su bili zaduženi za pojedine discipline — vrste istraživanja. U tom smislu nije ni bilo nastojanja, da se tim — »orkestar« bar jednom sastane pod »dirigentskom palicom« nosioca ukupnog zadatka — projekta (V. Vanđela). Pokušaji, sugestije iz »baze« da se to ostvari, nisu uspeli. Pa zar je onda moguće, bez timskog rada, usaglašavanja kriterijuma, diskusija — razmene mišljenja, konfrontacije shvatanja zasnovanih po različitoj metodologiji, doći do sintetskog prožimanja svih raspoloživih relevantnih podataka i izrade kvalitetnih karata? Pa naravno da nije moguće. Svako je davao »svoj« materijal (karte, tekst) i to je »heftano«, a nosioci posla su smatrali uputnim da finalna interpretacija — »sinteza« ostane samo na onome što proističe iz njihove metodologije, njihovih saznanja. Pošto u delu koji bi trebao predstavljati sintezu, geofizičari nisu uopšte učestvovali, jasno je da ovi podaci nisu ni inkorporirani, što u ostalom priznaju i kreatori Metalogenetske i prognozne karte. Istina, oni žale što nije prethodno izvršena zajednička geološko-geofizička interpretacija, ali kako su uopšte mogli krenuti dalje bez nje? Da li je finansijska strana bila važnija? Trebalo je tražiti načina da se zajednička interpretacija ostvari, jer bez nje ne može uslediti ni izrada jednostavnijih karata. Pri svemu ovome začuđuje da se kao autori

Metalogenetske i prognozne karte 1:100.000 »velikodušno« ubrajaju usputni saradnici, da bi valjda bio uverljiviji »timski« rad. To pogotovu ne mogu biti geofizičari, od kojih je, uz karte, tražena samo metodologija rada i (pretpostavljeni) uzročnici anomalija po listovima 1:100.000, uz napomenu da će potpunija interpretacija i sinteza sa ostalim podacima kasnije uslediti. Kasnije su, za izradu Metalogenetske karte 1:200.000, traženi samo svodni prikazi osnovnih rezultata, za svaku primenjivanu geofizičku metodu ponaosob, ali predati radovi nisu čak ni u literaturi pomenuti (ostali su u privatnom vlasništvu nosioca projekta).

Izrada geološko-strukturnih, metalogenetskih i prognoznih karata samo na bazi opservacija površine terena trebala bi i u nas biti davna prošlost. Treća dimenzija je od bitnog značaja, a tu su podaci geofizičkih istraživanja nezamenjivi. Kad je reč o mineralnim sirovinama, vitalnom pitanju za našu zajednicu, nije nepoznato da se nalazimo u vremenu kada se osnovna pažnja mora posvetiti istraživanju skrivenih rudnih ležišta, u kojima geofizička ispitivanja imaju prevashodnu ulogu.

Da ukažem kolika se jednostranost, a time i kvalitet, Metalogenetske i prognozne karte može očekivati navešću dva primera. Neka mi ne bude zamereno što će primeri biti vezani za aeromagnetske podatke, ali prirodno rezultati ostvareni na bazi ovih podataka su meni najbliži.

Prvi primer odnosi se na Šumadiju, posebno na prostor Kosmaj — Barajevo. Na bazi aeromagnetskih podataka izvršena je geološko-strukturna rejonizacija i selekcija potencijalno rudno perspektivnih terena, ove znatnim delom prekrivene teritorije. Ustanovljene su osnovne razlomne strukture i prostori sa verovatno postojećim prekrivenim magmatitima, dakle elementi relevantni za metalogenetska izučavanja, naročito sa aspekta skrivenih rudnih ležišta. Iako geološke implikacije aeromagnetskih podataka nisu izrečene — ostale samo u okviru izveštaja, već su u različitim prilikama i objavljene (5, 6),* one nisu našle odraza na Metalogenetskoj i prognoznoj karti!?. Svakako nije u pitanju subjektivna ocena rezultata aeromagnetskih ispitivanja, jer su oni dosta pre izrade ovih karata bili u osnovi verifikovani.

Drugi primer vezan je za prostor Golije, tzv. golijski rudni rejon, čiju metalogenetsku okosnicu predstavlja u osnovi prekriveni intruziv, sa manjim apikalnim delovima. Minimalni prostor intruziva je nesumnjivo aeromagnetski definisan, u granicama one mase koja se karakteriše određenom magnetičnošću (7). Nije jasno zašto je ovo saznanje ostalo neiskorišćeno u sagledavanju granica rudnog rejona i potencijalno rudonosnog terena, koje su inače označene kao veoma diskutabilne. U kom bi stepenu interesantnosti (atraktivnosti) trebalo biti saznanje, pa da iole privuče pažnju, ako ne ono koje se tiče prekrivenog intruziva?

Samo na bazi aeromagnetskih podataka mogli bi se navesti još brojni primeri. Uostalom, na osnovu aeromagnetskih podataka, izvršena je selekcija potencijalno rudno perspektivnih terena za celu Srbiju. A šta reći ako

---

* Ovi radovi su navedeni i u (dopunskom) spisku literature Tumača za list Beograd. Osnovni spisak literature dao je Geozavod, čiji su saradnici autori suštinskog teksta o metalogeniji, a dopunski spisak priložio je Geoinstitut, za radove svojih saradnika! Čak nije bilo vremena ni da se zajednički sačini spisak literature, a kamoli da se izvrši razmena stečenih saznanja, koja eto i kada su objavljena teško prelaze granice matičnih institucija, kao da niko nije obavezan da i »tuđe« rezultate poznaje.

se nabrajanje proširi na saznanja zasnovana na drugim geofizičkim podacima, pa i geološkim disciplinama van užeg stručnog profila kreatora Metalogenetske i prognozne karte? Neizbežan je utisak da se sa geofizičkim podacima — kartama samo »maše« da bi se steklo uverenje da su eto i one bile razmatrane, da su autori savremenih shvatanja po pitanju primene geofizike. Nesumnjivo, pojedinci su dali sebi velika prava, šire stručne i naučne kompetencije, da uvažavaju samo »svoje« podatke, ostale ignorišu ili ne poznaju/ne čitaju. Prave kontrole i recenzije nije na žalost bilo. Za ovo krivicu snosi i Investitor (SIZ za geološka istraživanja), čija je prvobitna dobra zamisao očito vulgarizovana. Da li je u ovakvoj situaciji za žaljenje, kako piše Omaljev, što Metalogenetska karta Srbije 1:200.000 nije štampana? Svakako da nije, troškovi su bar nešto manji. Očito, mora se ići na »popravni«, na izradu prave sinteze — Metalogenetske i prognozne karte, ali naravno ne za dodatni novac. Dakle, treba početi od parcijalnih materijala koji su, nadam se, na nivou.

Na izrađenim metalogenetskim i prognoznim kartama ne sme se ostati, niti se smeju dozvoliti već ispoljene špekulacije zasnovane na njima, plasiranje svojih radova kroz tzv. dopunska istraživanja, istraživanja II faze, što je posebno došlo do izražaja u Projektima istraživanja rudnih rejona Golije i Šumadije, koji su zbog toga od recenzenata (S. Jankovića i S. Karamate) i komisije SIZ-a za geološka istraživanja dobili negativnu ocenu. Uvodi se i šablonski operiše sa nekih pet faza istraživanja bitno neusaglašavajućim metalogenetskim osobenostima pojedinih prostora, vrstama i načinu pojavljivanja mineralnih sirovina) koje još niko nije verifikovao. Predlažu se obimni radovi. Stiče se utisak da je osnovno zapošljavanje vlastitih kapaciteta. Nastoji se da se na svim izdvojenim rudnim rejonima (v. sl. 2. u navedenom radu Omaljeva u ovoj knjizi) izvedu takva ispitivanja koja ni najbogatije zemlje sveta sebi ne mogu dozvoliti. Ako se ovome dodaju i međuprostori, koje zbog »neodređenosti« (nerejoniranja) i relativno male površine u odnosu na bliske rudne rejone takođe treba istražiti, dolazi se do apsurda da praktično čitavu teritoriju Srbije treba pokriti određenim (mahom geološkim) ispitivanjima velike detaljnosti, kao da je zaista u celini intere-santna i maltene »terra incognita«.

Nadam se da se iz izloženog može jasno sagledati kako se radilo i šta se takvim radom moglo postići, u tako važnoj problematici kao što je izrada Metalogenetske i prognozne karte. Iz »postignutog« je proistekla i predlaže se »uputna« metodologija daljih osnovnih geoloških istraživanja u SR Srbiji (bez pokrajina), koja je nesumnjivo prevashodno orijentisana na obezbeđivanje poslova. Međutim, za isti novac, koji bi bio na celishodne zadatke usmeren i racionalno iskorišćen, postigli bi se daleko uspešniji rezultati, bilo bi bolje ne samo društvu već i svim geološkim organizacijama, kao i svakom njenom saradniku. Samo, adekvatno usmeravanje i racionalno trošenje sredstava, postizanje optimalnih rezultata, teško je ostvariti bez prethodne integracije geološke službe Srbije, pa i šire.

Predato za štampu 6. XI 1984.

Recenzent prof. dr Slobodan Janković

1. Omaljev V., 1983: Izrada Metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina I. faze, po listovima razmere 1:100.000. Radovi Geoinstituta, knj. 16, Beograd.
2. Omaljev V., 1984.: Izrada Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina, I. faza, u razmeri 1:200.000. U ovoj knjizi.
3. Vanđel V. i dr. 1982.: Projekat — Dopunska osnovna geološka istraživanja na celoj teritoriji i u rudnim rejonima Srbije bez pokrajina. FSD republičke SIZ za geološka istraživanja, Beograd.
4. Vanđel V., i dr. 1982.: Tumač Metalogenetske karte SR Srbije bez pokrajina, razmere 1:200.000. Ibid.
5. Vukašinović S., 1970.: Neki novi podaci o geološko-strukturnom sklopu Šumadije (na bazi rezultata aeromagnetskih ispitivanja). VII Kongres geologa SFRJ, Zagreb.
6. Vukašinović S., 1973.: Interpretacija aeromagnetske anomalije Kosmaj — Barajevo. Radovi Geoinstituta, sv. 8, Beograd.
7. Vukašinović S., 1977.: Geostrukturni sklop i rudno perspektivni tereni Zapadne Srbije kroz podatke aeromagnetskih ispitivanja. Zapisnici SGD, Beograd.

Summary

Review of the preparation of the metallogenic and prognostic map of SR Serbia without sa Provinces

by

Slobodan Vukašinović

The preparation of the metallogenic and prognostic map of Serbia has been followed by certain objective difficulties. Subjective wearnesses in the organization and methodology of their preparation are the subject of this paper.

RADOVI Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
PROCEEDINGS of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Slobodan Vukašinović

UDK 550.3
Pregledni rad

25 GODINA AEROMAGNETOMETRIJE U JUGOSLAVIJI

Godine 1960. počela je primena aeromagnetske metode u Jugoslaviji. Sa većim ili manjim intenzitetom ona se primenjuje i dalje, tako da se 1985. godine (kada izlazi ova knjiga Radova) navršava 25 godina njene primene, odnosno proslavlja »Srebrni jubilej« aeromagnetometrije u Jugoslaviji. Desetogodišnjica je obeležena prigodnim člankom (Radovi, knj. 6, 1969), a povodom 30-godišnjice postojanja Geoinstituta prikazan je razvojni put i osnovni rezultati dobijeni primenom ove metode u nas, u dotadašnjem osamnaestogodišnjem periodu (Radovi, knj. 12, 1978). Proteklo razdoblje od 7 godina je svakako kratko da bi se tretirala ista tematika. Međutim, činjenica je da bar na neki način treba obeležiti »Srebrni jubilej« metode koja je nesumnjivo dala vidan doprinos poznavanju geologije naše zemlje. Ranije izneto biće ukratko pomenuto, dopunjeno onim što karakteriše zadnje sedmogodišnje razdoblje i ukupno protekli 25 godišnji rad i rezultate rada, uz pogled na perspektivu dalje primene aeromagnetometrije u nas.

Prva aeromagnetska ispitivanja u Jugoslaviji (1960.) izvršena su u cilju istraživanja ruda gvožđa u Makedoniji. Kasnije su se ispitivanja proširila i na geološko-strukturne zadatke, a tako i na istraživanje drugih mineralnih sirovina, u različitim delovima Jugoslavije, a 1968/69. i u Iranu. S obzirom na tehničku opremljenost, metodologiju i shvatanje potrebe, čitav 25-to godišnji period primene aeromagnetometrije delimo na dva razdoblja — do 1972. godine i posle, do danas.

U razdoblju 1960—1972. aeromagnetska ispitivanja vršena su uređajima sa kojima je bilo moguće registrovati samo anomalije višeg intenziteta, preko nekoliko desetina nT. Ukupno je ispitano 182.237 km maršruta, na prostoru površine oko 78.000 km². U priličnom delu ovog razdoblja aeromagnetska metoda je usputno primenjivana, uz aeroradiometrijska istraživanja urana, zahvaljujući činjenici da je aparatura bila kombinovana. Vođena je teška borba da se aeromagnetska metoda uvede u praksu naših geoloških istraživanja, potkrepljivana rezultatima dobijenim u drugim zemljama, a ubrzo i rezultatima koje smo sami postigli (otkrivanje dva ležišta gvožđa i dr.). Teškoće u primeni aeromagnetske metode su delom poticale od slabih finansijskih mogućnosti, ali pretežno uslovljene stavovima pojedinih institucija koje su osporavale njenu vrednost, iz neopravdanog straha da će doći do smanjenja njihovih usluga (posledice su bile upravo obrnute — uslovljena je veća angažovanost istraživačkih organizacija).

Adresa autora: Geoinstitut, Rovinjska ul. br. 12, Beograd.

Od 1972. godine izvode se visokoprecizna aeromagnetska ispitivanja, posle nabavke veoma osetljivih uređaja (protonskog aeromagnetometra osetljivosti 0,1 nT, akvizišn sistema i dr.), čiji podaci po tačnosti praktično zadovoljavaju maksimalne zahteve primenjene geologije. Preko podataka ovih ispitivanja omogućeno je ispoljavanje i takvih geoloških formacija i struktura koje su se do skora tretirale kao praktično nemagnetične. Time je proširena mogućnost primene aeromagnetske metode na različite zadatke geoloških istraživanja, strukturnog i prospekcionog karaktera, počevši od faze regionalnih ispitivanja čitave državne teritorije pa do detaljnih ispitivanja pojedinih oblasti (metalogenetskih, naftonosnih). Zaključno sa 1977. godinom, u periodu koji je pokriven prethodnom publikacijom, visokopreciz-na aeromagnetska ispitivanja su izvršena na 54.710 km maršruta, na prostoru površine oko 83.000 km^2. Može se reći da je zainteresovanost za ovim ispitivanjima bila prilično velika, posebno u SR Srbiji (sa SA pokrajinama), čija je teritorija većim delom bila prekrivena regionalnim ispitivanjima (pri međumaršrutnom rastojanju od 2 km). U svakom slučaju teškoće slične onim iz prethodnog perioda nisu bile prisutne.

U poslednjih 7 godina, zaključno sa 1984. godinom, visokoprecizna ispitivanja su izvršena na 82.000 km maršruta, na prostoru površine oko 60.000 km^2. U ovom periodu završena su regionalna ispitivanja teritorije SR Srbije. Pored toga u SR Srbiji su vršena i detaljna (međumaršrutno odstojanje 500 ili 250 m) aeromagnetska ispitivanja u cilju istraživanja ležišta gvožđa, olova, cinka, boksita, hromita i geotermalne energije. Van SR Srbije izvođena su i detaljna istraživanja (međumaršrutno odstojanje 250 m): ruda gvožđa u zapadnoj Makedoniji, sanskom paleozoiku i na Prosari, hromita na prostoru Raduše i boksita na području Vlasenice, Hercegovine i Obrovca. Osim navedenog, kompletirana su i aeromagnetska ispitivanja (započeta 1972. g.) duž profila dubokog seizmičkog sondiranja, koji u pravcu SI — JZ presecaju državnu teritoriju. Mada ukupan obim ispitivanja u ovom periodu nije nezadovoljavajući, ipak postojale su određene teškoće u obezbeđivanju aeromagnetskih poslova. Ovde pre svega podrazumevamo proširenje regionalnih aeromagnetskih ispitivanja na druge Republike, u cilju izrade aeromagnetske karte Jugoslavije u celini.

U ranije objavljenim prigodnim člancima navedeni su osnovni postignuti rezultati i dat je spisak objavljenih radova, gde se može naći detaljan prikaz ostvarenih rezultata, zaključno sa 1977. godinom. U poslednjih 7 godina dobijeni su takođe značajni rezultati, koji se ogledaju u selekciji rudnoperspektivnih terena i u rešavanju određene geološko-strukturne problematike. Detaljan prikaz postignutih rezultata u ovom periodu može se naći u objavljenim radovima (v. spisak literature).

Iz prednjeg se vidi da su od 1960. do 1984. g., zaključno, dakle za 25 godina rada, aeromagnetska ispitivanja izvršena na ukupno 320.000 km maršruta (uključujući i 23.000 km u Iranu), u proseku oko 13.000 km godišnje. Za naše prilike izvršeni obim radova nije mali, ali po svetskim merilima ni veliki. Da nije bilo nepotrebnih teškoća, a s obzirom na geološku građu naše zemlje, odnosno geološku problematiku koja se primenom ove metode može rešavati, obim je mogao biti i dosta veći. U prilog intenzivnije primene aeromagnetske metode svedoče svakako do sada postignuti rezultati. Imajući u vidu da brojne potencijalno perspektivne aeromagnetske anomalije još nisu proverene, naročito one ustanovljene visokopreciznim

ispitivanjima (60-tih godina provera je vršena uz aeromagnetska merenja), opravdano je očekivati da će doprinos aeromagnetskih podataka biti daleko veći, kako u pogledu otkrivanja novih rudnih ležišta, tako isto i po pitanju geološko-strukturnog poznavanja naše zemlje. Na žalost, i pored svega, ima još uvek i onih koji umanjuju ili čak u potpunosti ignorišu rezultate aeromagnetskih ispitivanja. Npr. tvrdi se da se o ležištima otkrivenim na bazi aeromagnetskih podataka već nešto ranije znalo, iako se u literaturi ne mogu naći baš nikakvi podaci. Brojne potencijalno perspektivne anomalije u pogledu rudnih ležišta i geotermalne energije ostaju neproverene. Uočena veza između magnetsko-geoloških struktura i većine seizmički aktivnih terena, tj. mogućnost odredbe odgovarajućih potencijalno labilnih terena, takođe se od pozvanih uporno previđa, što je sa društvenog aspekta posebno neodgovorno. Ima i drugih primera, ali nije prilika da se sada o ovome raspravlja.

Na kraju ukratko o perspektivi aeromagnetometrije u Jugoslaviji. Po našem mišljenju ona je dobra. Nastojali smo i nastojimo, da se regionalnim aeromagnetskim ispitivanjima prekrije čitava teritorija SFRJ, po jedinstvenim metodološko-tehničkim kriterijumima, da svaki prostor lista OGK 1:100.000 ima i aeromagnetsku kartu (oleatu), kako bi se u određenom stepenu dobila i treća dimenzija geološko-strukturnog sklopa terena i da minerogena područja budu detaljno aerogeofizički ispitana. Po pitanju regionalnih ispitivanja izrađeni su odgovarajući Projekti, od kojih je realizovan samo onaj za teritoriju SR Srbije. Savezni geološki zavod je preduzeo odgovarajuće korake da dođe do međurepubličkog dogovora o realizaciji ostalih projekata i izrade aeromagnetske karte Jugoslavije u celini. U vezi sa tim zakazan je i održan sastanak merodavnih republičkih faktora. Pozivu se nisu odazvali svi, uglavnom sa obrazloženjem da takvi radovi nisu obuhvaćeni tekućim srednjoročnim planom (1981. — 1985.) i da dogovaranje može uslediti tek po donošenju novog srednjoročnog plana, dok bi kod nekih (SR Hrvatska, SR Slovenija) realizacija projekata mogla početi i ranije. Svi su izgledi da će konačno doći do dogovora i da će regionalnim aeromagnetskim ispitivanjima biti obuhvaćena cela Jugoslavija. Ako se ovom dodaju i povoljni izgledi ponovnog izlaska na inostrano tržište, onda se može izreći da predstoji dobra perspektiva naše aeromagnetometrije.

*

Mada su imena zaslužnih, bivših i sadašnjih, višegodišnjih saradnika u aeromagnetskim ispitivanjima navedena u radu povodom 30-godišnjice Geoinstituta, »Srebrni jubilej« je prilika da ih se setimo, dodamo imena u međuvremenu novo prispelih saradnika i da im svima zahvalimo za ono što su svojim radom doprineli uspehu aeromagnetometrije u nas. To su: Milan Pešić — »Frenki«, koji je upravo pre 20 godina podlegao ranama zadobijenim vršeći dužnost navigatora — operatora, zatim Dragan Koprivica, Vitomir Kezunović, Milan Agbaba, Petar Jović, Milan Andrić, Živojin Krstić, Strahinja Kurdulija, Božica Pejnović, Žoržet Banović i Aleksandar Spasić.

Predato za štampu 22. X 1984. Recenzent Milan Petrović

LITERATURA

(Nastavak spiska objavljenih radova iniciranih aeromagnetskim podacima, u periodu posle 1977. godine; prvi deo spiska prikazan je u Radovima, knj. 12, 1978.).

39. Vukašinović S., 1978.: Razlomi, centri magmatske aktivnosti i rudno perspektivni tereni šireg područja Srebrenice, na bazi aeromagnetskih podataka. II Savetovanje o istraživanju olovo — cinkovih mineralizacija u Jugoslavij, Štip. Radovi Geoinstituta, knj. 13, 1979. Beograd.
40. Vukašinović S., 1978.: Geološko značenje aeromagnetskih podataka područja Homoljske planine — Severni Kučaj. Tehnika, br. 9, Beograd.
41. Vukašinović S., 1978.: O potrebi veće sistematičnosti i racionalnije metodologije u geološkim istraživanjima Jugoslavije, saglasno problematici, stepenu istraženosti i mogućnostima savremene tehnike. IX Kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
42. Vukašinović S., 1978.: Razvojni put i osnovni rezultati primene aeromagnetske metode u nas. Radovi Geoinstituta, knj. 12, Beograd.
43. Vukašinović S., 1978.: Geološka interpretacija anomalnog magnetnog polja šireg područja Kopaonik — Jastrebac. Ibid.
44. Popović R., Vukašinović S., 1978.: O rudnoj pojavi gvožđa na Gradini. Zapisnici SGD, Beograd.
45. Vukašinović S., 1978.: Prikaz i interpretacija aeromagnetske karte Fruške Gore. Ibid.
46. Vukašinović S., 1979.: Geostrukturna rejonizacija i selekcija rudno perspektivnih terena šireg područja Surduličkog granodioritskog masiva na osnovu visoko preciznih aeromagnetskih podataka. Radovi Geoinstituta, knj. 13, Beograd.
47. Vukašinović S., 1979.: Rasprostranjenje Timočke zone magmatita, stepen kontinuiteta magmatita ispod sedimentnog pokrivača i tereni gde se mogu očekivati skrivena rudna ležišta. Ibid.
48. Vukašinović S., 1979.: Prikaz i geološka interpretacija aeromagnetskih podataka područja Slavonskih planina. Zapisnici SGD, Beograd.
49. Vukašinović S., 1979.: Ridanjsko — krepoljinski razlom i magmatiti — potencijalno rudonosni tereni kroz anomalije geomagnetskog polja. Ibid.
50. Vukašinović S., 1979.: Korisnost aeromagnetskih karata uz listove OGK SFRJ na primeru lista Knjaževac. Ibid.
51. Vukašinović S., 1979.: Prilog poznavanju geološke građe JI Srbije na bazi podataka visokopreciznih aeromagnetskih ispitivanja. Zbornik radova Tehničkog fakulteta, vol. 15, br. XXII, Bor.
52. Vukašinović S., 1980.: Anomalno magnetsko polje, geostrukturni sklop i rudno perspektivni tereni SAP Kosova, prema podacima aeromagnetskih ispitivanja. Kërkime — Istraživanja, knj. 1, Akademija nauka i umetnosti Kosova, odelenje prirodnih nauka, Priština.
53. Vukašinović S., Dimitrijević M., 1980.: Aeromagnetska anomalija Bujanovca. Simpozijum LMGK, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
54. Vukašinović S., Mužijević R., 1980.: Osobenost konfiguracije i geostrukturno značenje geomagnetskog i gravitacionog polja u srebreničkom vulkanitskom masivu. Ibid.
55. Vukašinović S., 1980.: Prilog rešavanju natfno-geološke problematike Dravske depresije, na osnovu aeromagnetskih podataka. Radovi Geoinstituta, knj. 14, Beograd.
56. Vukašinović S., 1980: Rezultati visokopreciznih aeromagnetskih istraživanja ležišta gvožđa na području Tajmište — Kičevo — Demir Hisar. Ibid.
57. Vukašinović S., 1980.: Prostorni elementi i hromitonosni tereni ljubotenskog serpeentinskog masiva prema podacima aeromagnetskih ispitivanja. Zapisnici SGD, Beograd.

58. Vukašinović S., 1980/81.: Geološko-strukturni sklop i rudonosni tereni SI Srbije po podacima aeromagnetskih ispitivanja. Zbornik radova, vol. 17, br. 25, Bor.

59. Vukašinović S., 1981.: O građi Zemljine kore duž profila Debar — Delčevo prema podacima aeromagnetskih ispitivanja. Radovi Geoinstituta, knj. 15, Beograd.

60. Vukašinović S., 1981.: Osvrt na publicističku problematiku u geološkim naukama u nas. Ibid.

61. Vukašinović S., Sikošek B., 1981.: Contribution a la connaissance de la zone magmatique de Timok — Sredna gora on Yugoslavie, d'apres des donnees aeromagnetiques. The 12th congres Carpatho-Balkan Geological Association, Bukurest.

62. Vukašinović S., 1981.: Selekcija rudno (po oolitskim ležištima) perspektivnih terena na području T. Veles — Ržanovo prema podacima aeromagnetskih ispitivanja. Savetovanje o Fe — Ni lateritskim rudama u Jugoslaviji, Kavadarci.

63. Vukašinović S., 1981.: Rezultati aeromagnetskih ispitivanja građe Zemljine kore na potezu Đakovica — Stara planina. Zapisnici SGD, Beograd.

64. Vukašinović S., 1982.: Zemljina kora na potezu Pula — Maribor u svetlu aeromagnetskih podataka. Geologija, 25/2, Ljubljana.

65. Vukašinović S., Jančić T., R. Mužijević, 1982.: O geofizičkim istraživanjima ležišta gvožđa u Zapadnoj Makedoniji. Savetovanje Geofizičara Jugoslavije, Skoplje.

66. Vukašinović S., 1982.: Prilog istraživanju geotermalne energije i rudnih ležišta na širem području Gornjeg Milanovca, na bazi aeromagnetskih podataka. Radovi Geoinstituta, knj. 16, Beograd.

67. Vukašinović S., Banović Ž., 1982.: Rezultati aeromagnetskih istraživanja rudnih ležišta na području Golija — Stari Kolašin. Ibid.

68. Vukašinović S., 1983.: O metodologiji istraživanja skrivenih rudnih ležišta (Pb — Zn i dr.), od regionalnih do detaljnih, kroz metodologiju i rezultate istraživanja aeromagnetske anomalije Kosmaj — Barajevo. III Savetovanje o istraživanju olovo-cinkovnih mineralizacija u SFRJ, Srebrenica.

69. Vukašinović S., Trifunović N., 1983.: O rudnoj i geotermalnoj perspektivnosti baljevačkog miocenskog basena sa okolinom. Zapisnici SGD, Beograd.

70. Vukašinović S., 1983.: Rezultati aeromagnetskih istraživanja ležišta gvožđa na širem području sanskog paleozoika. Radovi Geoinstituta, knj. 17, Beograd.

71. Vukašinović S., 1983.: Aeromagnetski podaci i Zemljina kora na pravcu Dugi Otok — Koprivnica. Geološki Vjesnik, svezak 36, Zagreb.

72. Vukašinović S., 1984: Velika potencijalna perspektivnost područja Kosmaj — Barajevo u pogledu rudnih ležišta i geotermalne energije. Savetovanje o geološkim istraživanjima u privrednom i prostornom razvoju Beograda, Beograd.

73. Antonović A., Vukašinović S., 1984.: Planetary structures in Serbia, Yugoslavia, related magmatism and minerogenessis. 27 the IGC, Moskow.

Summary

25 YEARS OF THE AIRBORNE MAGNETIC METHOD IN YUGOSLAVIA

by

Slobodan Vukašinović

There is 25 years since airborne magnetic programs have been conducted in Yugoslavia. The application of this method began with the survey of iron deposits and later on these investigations covered geological-structural taskes as well as other mineral raw materials. The regional airborne magnetic survey (intermarchroutes distance of 2 km) is carried out covering the whole teritory of SR Serbia but it will be extended to other Republics, and detail (intermarchroutes distance od 500 or 200 km). Up to now the application of the airborne magnetic method has been considerably contributed to the knowledge of geology of Yugoslavia solving geologic — structural problems and to the selection of ore promising fields.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Velizar Štrumberger

UDK 553.12 (497.12)
Stručni rad

PROBLEMATIKA ANALIZIRANJA URANOVIH MINERALA POMOĆU MIKROSONDE

(sa 15 slika i 4 tabele)

Ključne reči; mikrosonda, uranovi minerali

U ovom radu je u najkraćim crtama prikazana problematika analiziranja uranovih minerala, iz ležišta Žirovski vrh, pomoću mikrosonde. Proučavanjem svih faktora koji imaju uticaj na tačnost analitskih podataka kao i na analitičku rezoluciju odredili smo optimalne uslove merenja. Analitička rezolucija iznosi cca 1,5 μm pri 15 kV i 5×10^{-8} A. Uticaj standarda i uslova merenja na stepen, korekcija pomoću ZAF metode je takođe preispitan. Metodologiju analiziranja smo na osnovu iskustva koja su stečena pri praktičnim merenjima, razdelili u tri osnovne faze: (1) Stabilizacije elektronike; (2) određivanje interesantnih mesta pomoću površinske i linijske analize; (3) precizno određivanje homogenosti.

1. UVOD

Mikroanaliza pomoću mikrosonde* predstavlja savremenu metodu koja omogućava kvantitativnu analizu mikrometarskih zapremina (cca 1—5 μm^3). Zbog ove osobine, metoda je našla veliku primenu u minerologiji pri određenju hemijskog sastava minerala, inkluzija, distribucije elemenata u mineralu, pri analizi koegsistentnih faza, itd.

Ispitivanja minerala urana iz ležišta Žirovski Vrh pomoću mikrosonde (K u r a t et al., 1977) prvi put su ukazala da pehblenda nije jedini uranov mineral. Ova istraživanja su pokazala da se u pojedinim delovima ležišta javljaju i silikati urana. Hemijski sastav ovih minerala varira od pehblende sa povišenim sadržajem SiO_2 preko kofinita do cele serije minerala sa visokim sadržajem SiO_2. Nasuprot ovome, rentgenska ispitivanja su pokazala samo prisustvo pehblende i kofinita. Pored ovoga, kod jednog broja uzoraka, rentgenska ispitivanja teške frakcije (sa preko 30% U_3O_8) nisu pokazala prisustvo uranovih minerala (Š t r u m b e r g e r, 1980). Bolje poznavanje mineralogije uranovih minerala na Žirovskom Vrhu pored fundamentalnog značaja ima i važnu ulogu za tehnologiju ekstrakcije urana. Laboratorijska ispitivanja (S t e r g a r š e k, 1981) na probama iz bušotina u severnom delu uranonosne zone ležišta (lokalnost Goli vrh) su pokazala, da je stepen ekstrakcije urana uz upotrebu istog postupka, niži nego za

---

* Elektronski mikroanalizator.

Adresa autora: Institut »Jožef Štefan«, Ljubljana, ul. Jamova br. 39.

centralni deo. Naknadna ispitivanja pomoću mikrosonde su pokazala da su u ovoj zoni uglavnom zastupljeni silikati urana (Štrumberger, 1983).

Zbog složenosti problematike ispitivanja uranovih minerala pomoću mikrosonde, u prvoj fazi smo pristupili razvoju same metode. Svrha teoretskih i praktičnih ispitivanja je bila da proučimo sve faktore koji imaju uticaj na tačnost dobijenih podataka kao i da odredimo optimalne uslove merenja.

Sama metodologija ispitivanja uranovih minerala pomoću mikrosonde, izložena u ovom radu bazira na iskustvima koja su stečena prilikom ispitivanja uranovih minerala sa Žirovskog vrha. Bez obzira na to, smatramo da se ova iskustva mogu preneti i na druga nalazišta urana u sedimentnim formacijama.

Sva ispitivanja su vršena pomoću mikrosonde firme Combridge Microscan M9, sa nuklearnog instituta Jožef Stefan u Ljubljani. Korektura mernih podataka je vršena ZAF metodom.

2. KOREKCIJSKE METODE

Pošto svrha rada nije obrada teorije korekture podataka, ovde će, samo u najkraćim crtama, biti prikazane ZAF i α faktor metode. Navedene metode su detaljno obrađene u mnogim delima (Goldstein, Yakowitz, 1977; Andersen, 1973). ZAF metoda bazira na korekciji intenziteta X zračenja na standardu i uzorku za tri osnovna efekta do kojih dolazi pri interakciji elektrona i X zračenja sa materijom, to su:

— korekcija za »Z« ili tkz. efekat srednjeg atomskog broja,
— korekcija za »A» ili apsorpciju X zračenja.
— korekcija za »F« ili fluorescentno X zračenje.

Uopštena formula za određivanje korigovane koncentracije analiziranog elementa je:

$$C = (ZAF) \cdot K \qquad (1)$$

$$K = Iu/Is \qquad (2)$$

gde je

C = koncentracija
Iu = intenzitet X zračenja na uzorku,
Is = intenzitet zračenja na standardu

Pošto svi fenomeni interakcije elektrona i X zračenja još uvek nisu dobro poznati, metoda se jednim delom bazira na aproksimacijama pojedinih efekata.

α metoda, poznatija kao Bence & Albee metoda (Bence, Albee, 1968), je empiriričkog karaktera i zasniva se na relaciji Ziebold-a i Ogilvie-a

$$\left(\frac{C}{1-C}\right)\left(\frac{1-K}{K}\right) = \alpha \qquad (3)$$

gde se α faktor određuju merenjem K na uzorku poznatog sastava. Osnovni nedostatak ove metode sastoji se u tome što je za određivanje željenih

α faktora potrebno analizirati veliki broj standarda. Zbog ovoga se α faktori najčešće dobijaju pomoću kompjuterskih programa za korekturu ZAF metodom i to računanjem »unazad«, gde se C postavi kao poznata vrednost iz koje se izračuna odgovarajuća K vrednost. α faktor se dobija iz (f.3). Osnovna prednost ove metode je u znatno kraćem postupku korekcije podataka. Treba imati u vidu, da ako se α faktori dobijaju računskim putem, ova metoda podleže istim greškama kao i ZAF metoda (A l b e e, R a y, 1970).

3. IZBOR STANDARDA

Standardi za analize pomoću mikrosonde moraju ispuniti više uslova: (1) da su hemijski i termički stabilni; (2) da su stabilni u uslovima visokog vakuma; (3) da poseduju visok stepen homogenosti. Poseban uslov koji moraju da ispunjavaju, a koji je u vezi sa korekturama, je da hemijski sastav standarda i njegov srednji atomski broj ($\overline{Z}$) moraju biti što sličniji sastavu uzorka koji analiziramo. Pošto u praksi ovo vrlo često nije moguće ostvariti, potrebno je koristiti standarde jednostavnijeg hemijskog sastava. Što su razlike u sastavu između uzorka i standarda veće, to su i ZAF korekcije veće a samim tim i tačnost rezultata manja. U tabeli 1 dati su hemijski sastavi minerala i njihov srednji atomski broj ($\overline{Z}$) koji se koriste kao standardi za analizu uranovih minerala. Kao što se vidi pojedini standardi po svom sastavu ili $\overline{Z}$ su još uvek daleko od zadovoljavajućeg.

4. IZBOR USLOVA MERENJA

4.1. U t i c a j u s l o v a m e r e n j a n a s t e p e n k o r e k c i j a

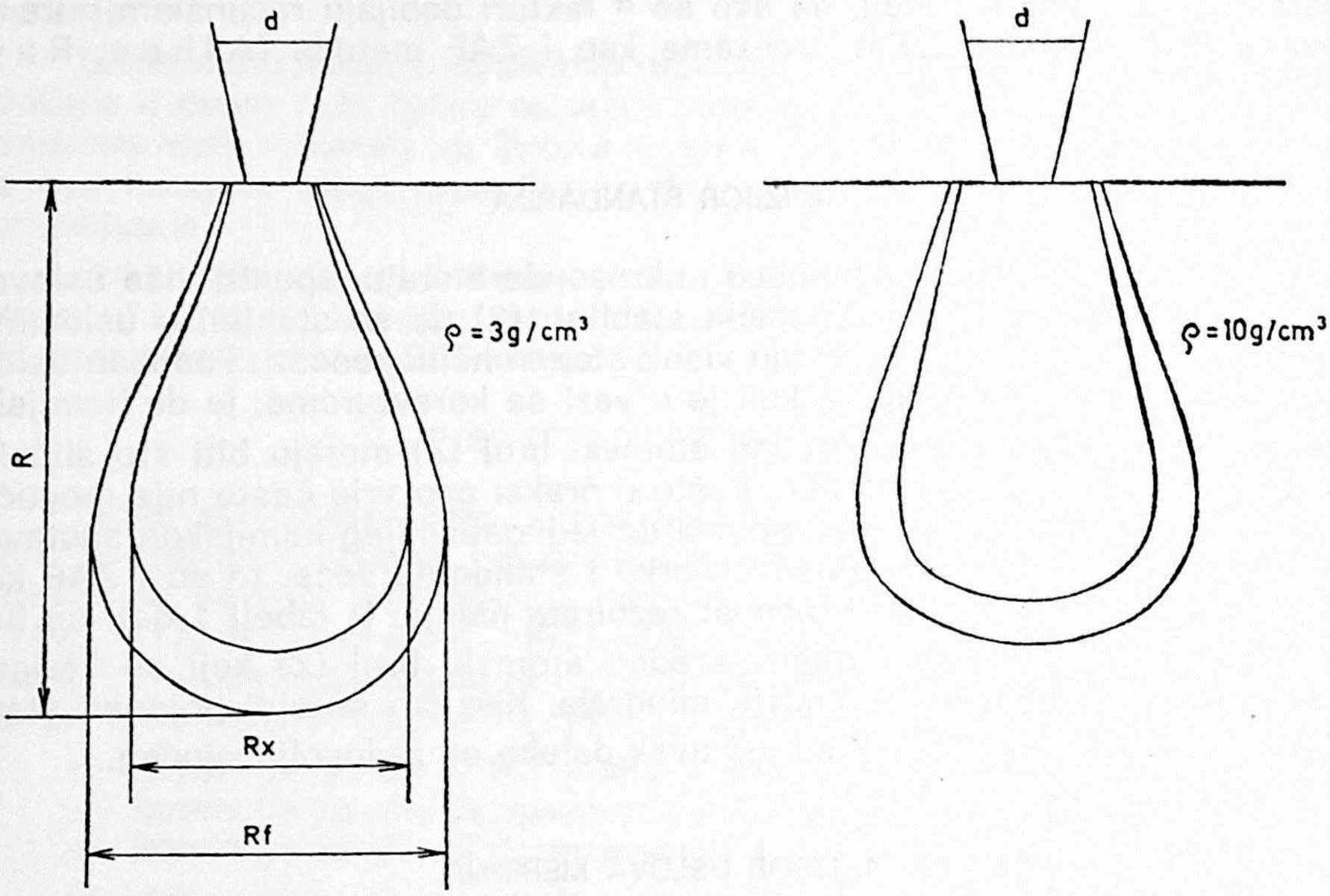
Pored razlike u hemijskom sastavu, na stepen korekcije igraju veliku ulogu i uslovi merenja, odnosno merni ugao (Ψ), radni napon (KV) i energija elektronskog snopa (μA). Pošto je stepen korekcije za obsorpciju (A) proporcionalan radnom naponu i obrnuto proporcionalan mernom uglu potrebno je koristiti što niži napon i viši ugao merenja. U slučaju da je faktor za stepen korekcije za standard ili uzorak manji od 0,7 (Y a k o w i t z, H e i n r i c h, 1977) potrebno je težiti ka upotrebi drugog radnog napona ili ugla merenja. Ovde treba napomenuti da merni ugao kod mikrosondi nije moguće menjati, odnosno svaki tip mikrosonde ima svoj standardni ugao (npr. ARL: 52,5°; JEOL: 45°; Microscan M9: 75°).

Stepen korekcije za srednji atomski broj ($\overline{Z}$) je proporcionalan razlici $\overline{Z}$ za standard i uzorak. Shodno tome, potrebno je koristiti standarde koji imaju $\overline{Z}$ blizak $\overline{Z}$ uzorka koji merimo.

Stepen korekcije za karakterističnu fluorescencu je obrnuto proporcionalan mernom uglu. Zbog toga je potrebno koristiti što niže uglove merenja (suprotno od uslova za A). No, pošto je ova korekcija manje značajna od ostalih preporučuje se upotreba viših uglova i nižih radnih napona (Y a k o w i t z, H e i n r i c h, 1977).

4.2. Analitička rezolucija

Pored uticaja na stepen korekcije, uslovi merenja imaju značajan uticaj i na analitičku rezoluciju, odnosno zapreminu uzorka koju analiziramo. Pod pojmom analizirana zapremina podrazumeva se zapremina iz koje se



Sl. 1. Oblik analizirane zapremine u zavisnosti od gustine materije
Fig. 1. Shape of the analized volume in dependance of density

može izmeriti cca 95% nastalog karakterističnog X zračenja. Analizirana zapremina je uopšteno kruškastog oblika i zavisi od gustine materije koja se analizira (slika 1).

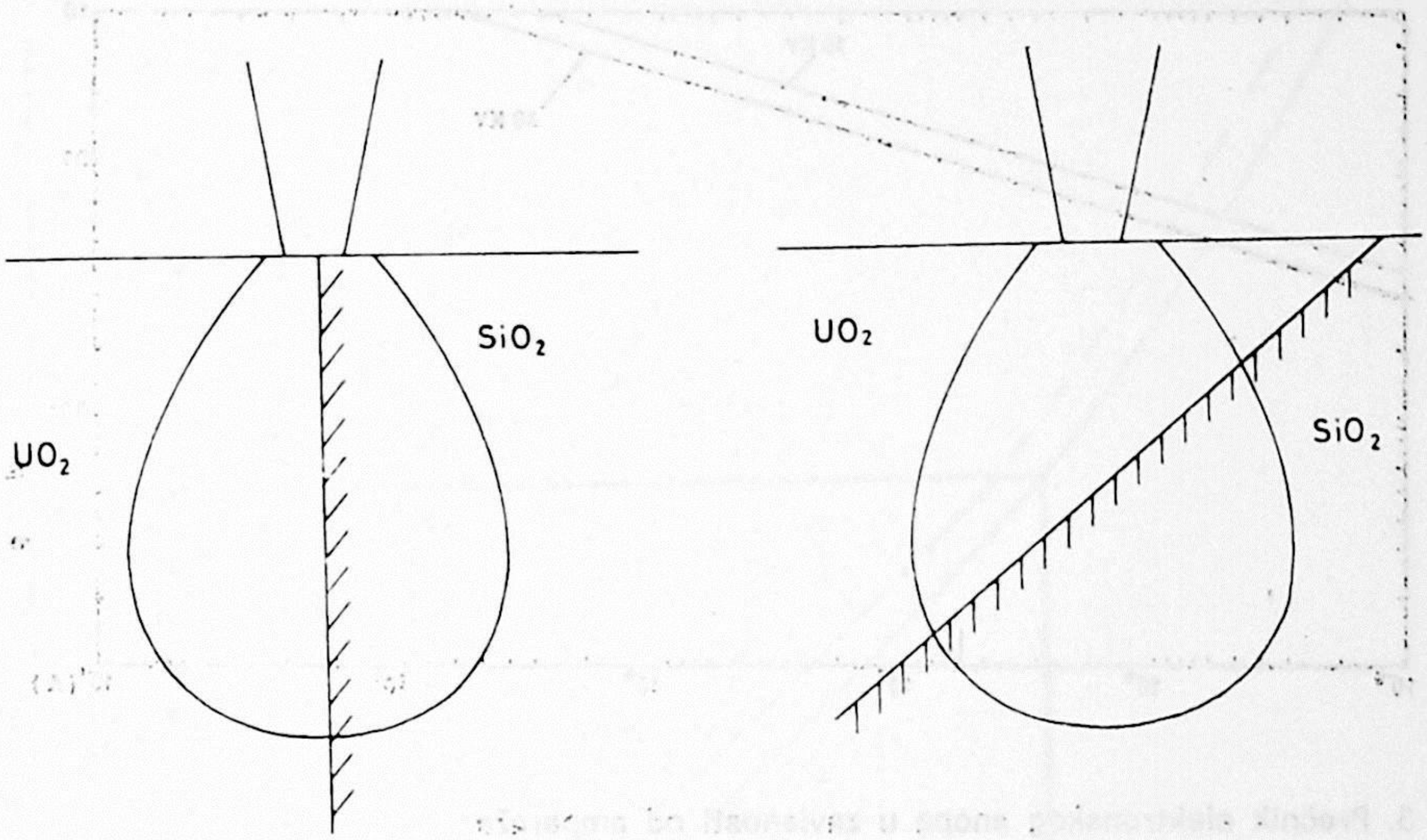
Tabela 1

Pregled standarda koji se

Element	Standard	Oznaka
U	Uraninit[1]	UOS
Th, Si, Ca	Thorit[4]	TOR
K	Adular[4]	ADU
Mg	Hromit[4]	CHR
Ba, Ti	$BaTiO^2_3$	BAT
Pb	Galenit[4]	GLT
Zr	Zr-Sc[3]	ZRS
Cu	Afakamit[4]	ATC
Cd	Cd	CD

Značaj ove problematike je prikazan shematski na slici 2.

Pomeranjem snopa (uticaj Rx) kao i promena dubine analiziranja (R) mogu se dobiti rezultati koji simuliraju uranove minerale sa različitim sadržajem UO_2 — SiO_2. Ovaj fenomen je od naročitog značaja kod mikrokristalastih i kriptokristalastih masa gde veličina zrna može biti manja od analitičke rezolucije. Da bi se ova pojava izbegla ili svela na minimum



Sl. 2. Uticaj analitičke rezolucije na rezultate analiza
Fig. 2. The influence of analitical resolution on analitical results

potrebno je analiziranu zapreminu svesti na minimum. Faktori koji utiču na rezoluciju su energija elektronskog snopa (u μA) i radni napon (u kV). Ova dva faktora utiču na prečnik elektronskog snopa (d) i dubinu do koje se vrši direktno pobuđivanje X zračenja (R). Poseban faktor pri određivanju analitičke rezolucije je pojava fluorescentnog X zračenja koje je u zavis-

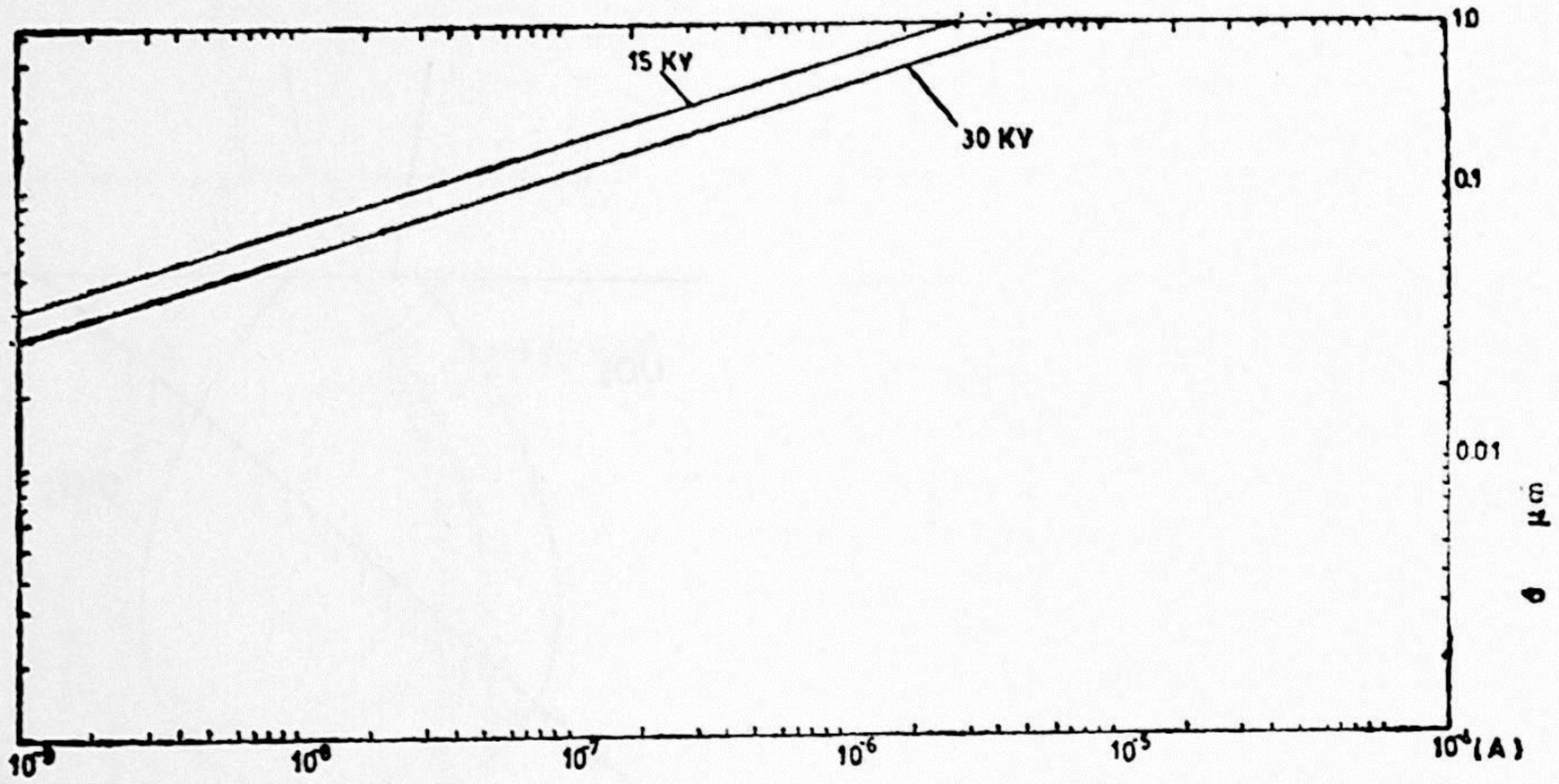
koriste za analizu U minerala

Z	Hemijski sastav (%)
82	U = 88,15; O = 11,85
67	Th = 67,33; Si = 9,21; U = 1,66; Ca = 1,22; O = 20,51
12	Si = 30,49; Al = 9,74; K = 12,54; Na = 0,97; O = 46,25
18	Cr = 25,22; Al = 7,67; Fe = 29,97; U = 0,12; Mg = 4,24; Ni = 0,11; O = 32,59
39	Ba = 58,88; Ti 20,54; O = 20,58
73	Pb = 86,2; S = 13,6
30	Zr = 66,31; Sc = 6,80; O = 26,89
22	Cu = 59,50; Cl = 16,62; H = 1,42; O = 22,46
48	Cd = 100%

1. Sintetički UO_2, dobijen sinterovanjem na visokoj temperaturi i pritisku
2. Sintetički $BaTiO_3$, dobijen iz oksalata i vakumskim sinterovanjem
3. Sintetički monokristal dobijen kristalizacijom
4. Prirodni minerali.

nosti od hemijskog sastava analizirane materije. Osnovni efekat fluorescentnog X zračenja jeste da je analizirani volumen (Rf) veći(slika1).

Za određivanje prečnika elektronskog snopa koristili smo Goldstein-ov (1981) postupak. Na slici 3 prikazana je zavisnost prečnika elektronskog snopa od energije.



Sl. 3. Prečnik elektronskog snopa u zavisnosti od amperaže
Fig. 3. Relation between probe curent and the size of the electron beam

Za određivanje dubine pobuđivanja X zračenja (R) korišćena je Andersen-Haslerova formula

$$R = 0.0064\ (Eo^{1.68} - Ec^{1.68})/\rho \qquad (4)$$

gde je — Eo: radni napon

— Ec: eksitacijski napon elektronske orbite elementa koji analiziramo

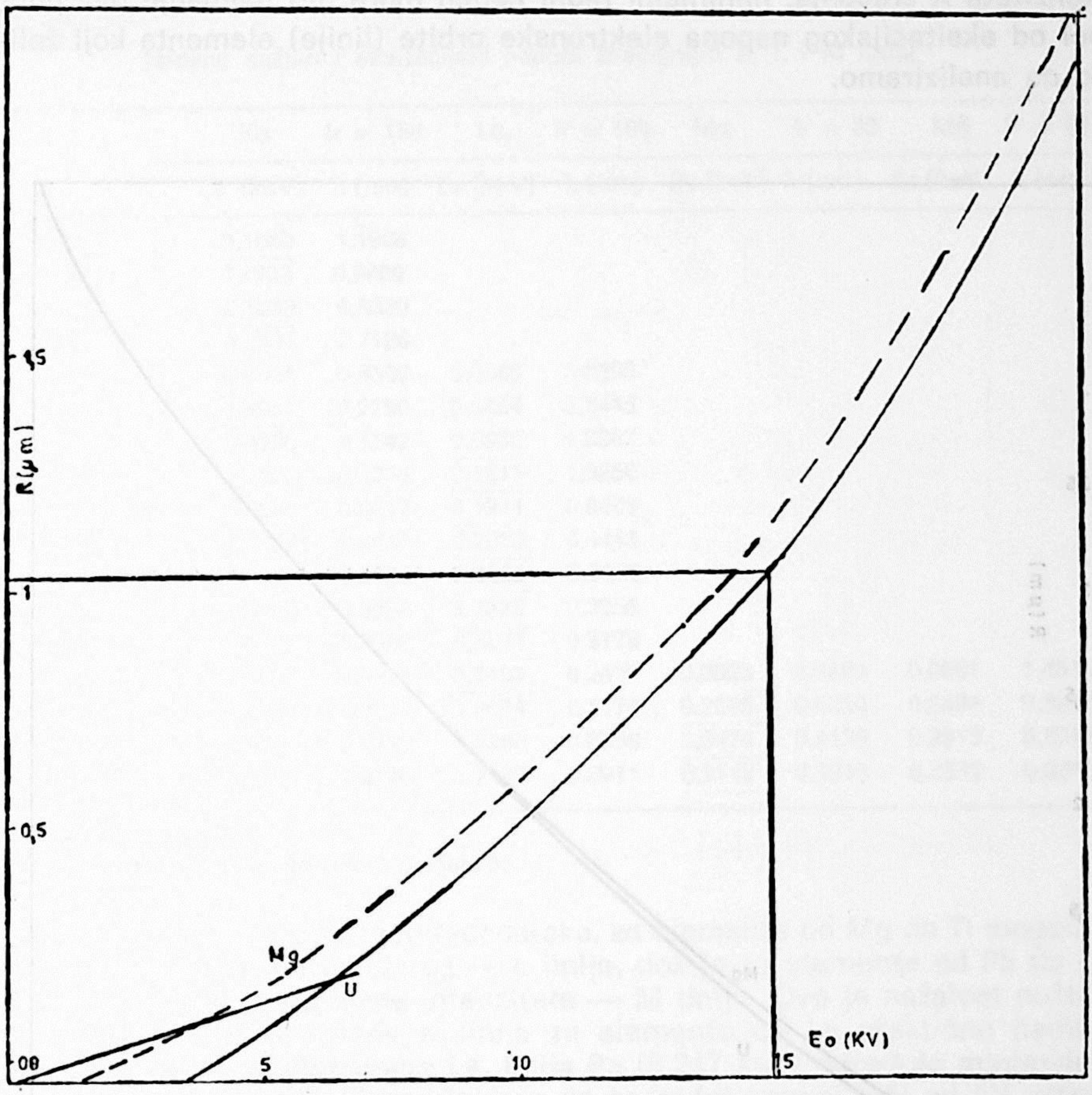
— ρ: gustina materije

Na slici 4 prikazan je domet pobuđivanja X zraka za U ($L\alpha_1$, Ec = = 3,712 keV)i Mg ($K\alpha_1$, Ec = 1,303 keV) u kofinitu (g = 5.2 gr/cm^3). Kao što se vidi Rx, nema istu vrednost za sve elemente zbog direktne zavisnosti od Ec.

Analitičku rezoluciju (Rx) smo određivali prema Casting-ovoj (1960) aproksimaciji (slika 5).

$$Rx = R + d \qquad (5)$$

Greška pri određivanju ovih vrednosti iznosi približno ± 20%.



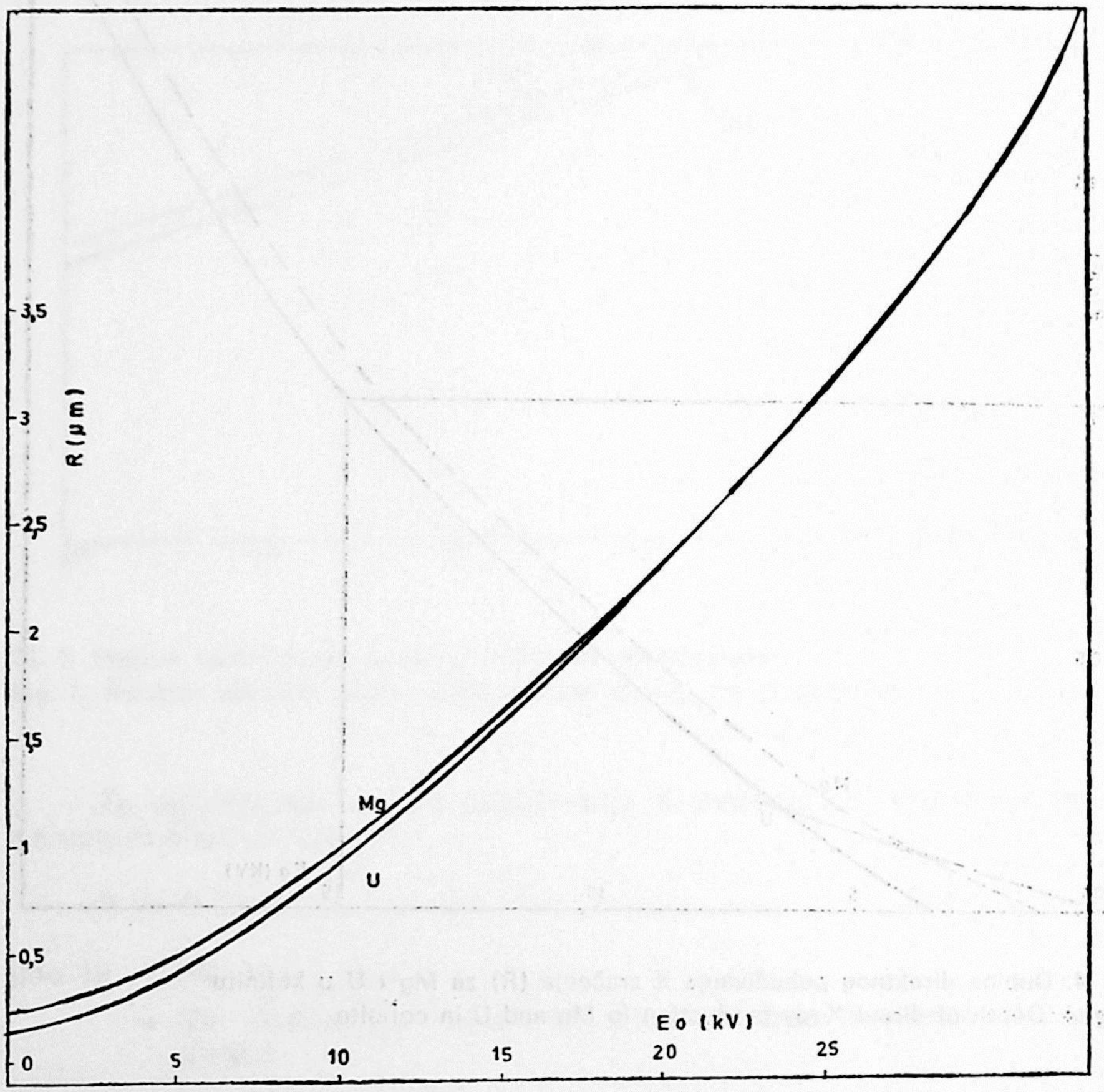
Sl. 4. Dubina direktnog pobuđivanja X zračenja (R) za Mg i U u kofinitu
Fig. 4. Depth of direct X-ray production fo Mg and U in cofinite

Napominjemo do pri određivanju Rx nije uzet u obzir i uticaj fluorescentnog zračenja.

4.3. Intenzitet X zračenja

Iz dosad izloženog jasno proizilazi da su najpovoljniji uslovi analiziranja pri niskoj energiji elektronskog snopa i niskom radnom naponu. Nažalost, pri ovome postoje dva osnovna ograničenja koja su vezana za energiju pobuđivanja karakterističnog X zračenja i željeni nivo intenziteta X zračenja. U cilju dobijanja statistički značajnog broja impulsa, odnosno

intenziteta X zračenja, minimalni radni napon mora biti najmanje dva puta veći od eksitacijskog napona elektronske orbite (linije) elementa koji želimo da analiziramo.



Sl. 5. Analitička rezolucija za Mg i U u kofinitu
Fig. 5. Analitical resolution for Mg and U in cofinite

Uprošćeno, intenzitet pobuđenog X zračenja zavisi od (1) radnog napona (analizirane zapremine) i (2) energije (elektronske gustine) elektronskog snopa.

U tabeli 2 su dati eksitacijski naponi, K, L i M linija za elemente koji mogu biti od značaja za analiziranje uranovih minerala.

Tabela 2

Talasne dužine i eksitacijski naponi značajnijih K, L i M linija

		Kα	Ir = 150	$L\alpha_1$	Ir = 100	$M\alpha_1$	Ir = 80	Mβ	Ir = 80
		Ec (keV)	λ (nm)	Ec (keV)	λ (nm)	Ec (keV)	λ (nm)	Ec (keV)	λ (nm)
Na	11	0,1080	1,1909						
Mg	12	0,1303	0,9889						
Al	13	0,1559	0,8339						
Si	14	0,1838	0,7126						
Ca	20	0,4038	0,3360	0,0349	3,6393				
Ti	22	0,4964	0,2750	0,0454	2,7445				
Cu		0,8980	0,1542	0,0933	1,3357				
Ge	32	1,1103	0,1256	0,1217	1,0256				
Sr	38	1,6016	0,0877	0,1941	0,6863				
Y	29	1,7037	0,0831	0,2079	0,6449				
Zr	40	1,7998	0,0788	0,2220	0,6070				
Cd	48	2,6712	0,0536	0,3538	0,3956				
Ba	56	3,7410	0,0387	0,5247	0,2776				
La	57	3,8931	0,6373	0,5489	0,2665	0,0823	0,4880	0,0801	1,4510
Pb	82	8,8001	0,0167	1,3044	0,1175	0,2586	0,5286	0,2484	0,5076
Th	90	10,963	0,0135	1,6296	0,0956	0,3474	0,4138	0,3313	0,3941
U	92	11,5591	0,0128	1,7163	0,0911	0,3712	0,3910	0,3533	0,3716

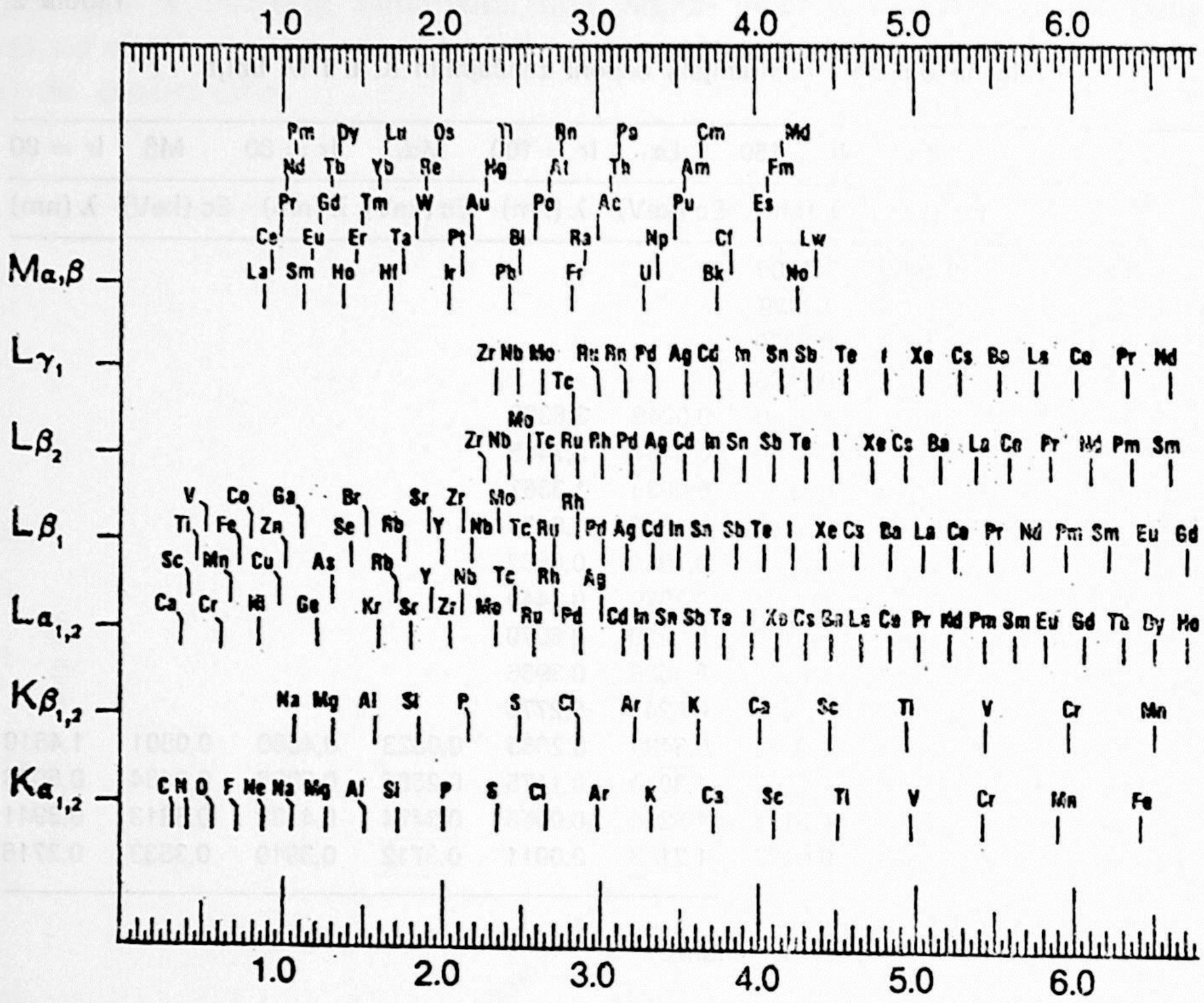
Ir = Relativni intenzitet
0,4964 — Linije koje se koriste za analize.

Kao što se vidi iz izloženih podataka, za elemente od Mg do Ti moguće je koristiti K linije; od Cu do La — L linije, dok je za elemente od Pb do U potrebno koristiti linije nižeg intenziteta — M linije. Ovo je nažalost nužan kompromis jer je korišćene K linija za elemente od La praktično nemoguće. Od navedenih elemenata $L\alpha_1$ linija Ba (5.247 keV) određuje minimalni radni napon od 10 keV. Napominjemo da se radni naponi niži od kV retko kad koriste.

4.4. Interference

Pored izbora linija na osnovu eksitacijskih napona potrebno je voditi računa i o preklapanju ili blizini linija različitih elemenata. Iz tabele br. 2 i slike br. 6 se vidi da su linije za Ba — $L\alpha_1$ i Ti-Kα vrlo bliske (0,0026 nm), kao i za K-Kα i U-Mβ (0,0028 nm).

Pošto je rezolucija rentgenskih sprektrometara reda veličine 0,0005 nm (pri talasnim dužinama od cca 0,25 nm), ovaj problem nije tako kritičan ali ipak može, u izvesnim slučajevima da dovede do pogrešne interpretacije podataka. Ova greška se može javiti u dva oblika: (1) određivanju elementa i ako nije prisutan (npr. K preko M linije urana) ili (2) zbrajanja intenziteta dveju linija što rezultuje u povišenom intenzitetu linije, odnosno koncentracije (npr. K-Kα + U-Mβ). Ova pojava je naročito izražena kod energetsko disperzivnih spektrometara (EDS), čija je rezolucija reda veličine 0,007 nm.



Sl. 6. Energije linija rentgenskog spektra (λ (nm) = 1,2398/E)
Fig. 6. Energies of the pricipal X-ray spectral lines

4.5. Statistička obrada podataka

Pošto emisija fotona X zračenja podleže Poisson-ovoj distribuciji, standardna devijacija, pri idealnim uslovima merenja, izmerenog broja impulsa s_i je ravna $N^{1/2}$, gde je N broj impulsa. Koeficijent varijacije, izražen u procentima, $c_i = (s_i/N) \times 100$. Pri statističkoj obradi podataka, odnosno određivanju standardne greške merenja (= standardnoj devijaciji) i relativne greške merenja — preciznosti (= koeficijentu varijacije), koristili smo sledeće relacije:

1. Za jedno merenje na standardu ili uzorku:

$$s_N = N^{1/2} \quad i \qquad (6)$$

$$P_N = (s_N/N) \times 100 \qquad (7)$$

s_N = standarda devijacija; P_N = preciznost; N = broj impulsa

2. Za određivanje preciznosti razmere izmerenih impulsa na standardu i uzorku:

$$P_r = (1/N_u + 1/N_s)^{1/2} \times 100 \qquad (8)$$

N_u = broj impulsa na uzorku, N_s = broj impulsa na standardu

3. Za seriju merenja

$$\bar{x} = (\Sigma x)/n \qquad (9)$$

$$s = \left(\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n-1}\right)^{1/2} \qquad (10)$$

$$P = (s/\bar{x}) \times 100 \qquad (11)$$

$\bar{x}$ = srednja vrednost
P = koeficijent varijacije
s = standardna devijacija
n = broj merenja

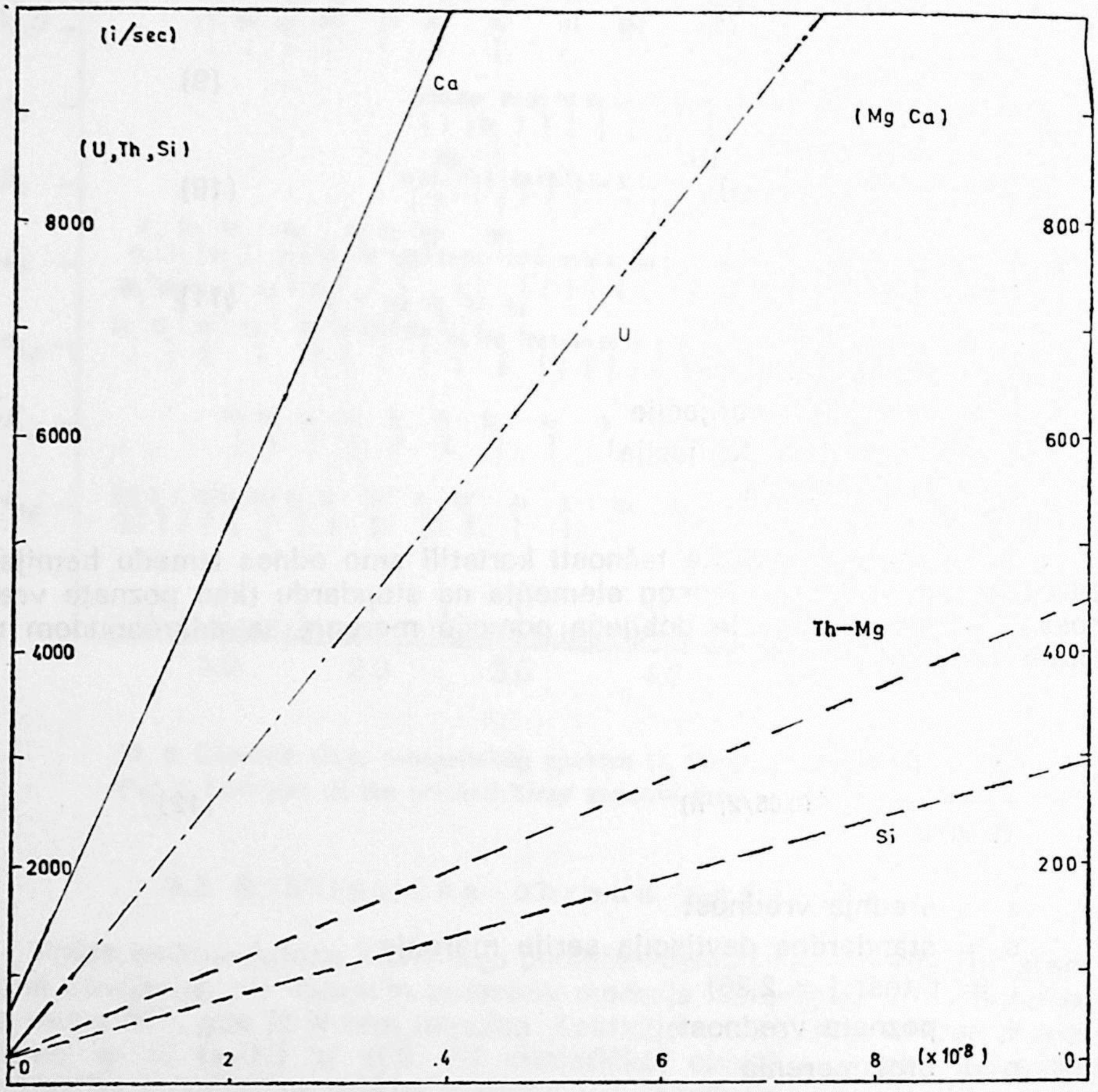
4. Za ocenu analitičke tačnosti koristili smo odnos između hemijski određene koncentracije jednog elementa na standardu (kao poznate vrednosti) i vrednosti koja je dobijena pomoću merenja sa mikrosondom na istom standardu.

$$\frac{\bar{x} - \mu}{(s/n)^{1/2}} \leq t_{(0,05/2;\ n)} \qquad (12)$$

$\bar{x}$ = srednja vrednost
s = standardna devijacija serije merenja
t = t test (= 2,26)
μ = poznata vrednost
n = broj merenja

Iz (f. 7) se vidi da je za preciznost od 1% potrebno izmeriti najmanje 10.000 impulsa. U praksi, pri merenjima u trajanju od 10 do 100 sec, pri dobro stabiliziranom instrumentu, stvarna standardna devijacija (s_s) je, zbog elektronske nestabilnosti instrumenta, oko dva puta veća od s_i (Liebhafsky et al. 1955). Jedino kad je vreme merenja kratko a instrument elektronski stabilan s_s se približava s_i. Ukrakto, za višu preciznost, pri realnim uslovima merenja, potrebno je težiti što jačem signalu i što kraćem vremenu merenja. Pošto je intenzitet signala proporcionalan energiji elektronskog snopa, potrebno je koristiti što više energije pri čemu su ograni-

čavajući faktori željena rezolucija i termička stabilnost uzorka i standarda. U slučajevima korišćenja visokih energija, može doći do jačeg zagrevanja i oštećenja uzorka i isparavanja pojedinih elemenata. Ovo je od naročitog značaja kod minerala sa OH grupom, Na i K. Ponavljanje većeg broja analiza u istoj tački, pri korišćenju visokih energija elektronskog snopa, pokazalo je da postepeno dolazi do opadanja sadržaja Na i K (Kurat, privatna komunikacija).



Sl. 7. Zavisnost intenziteta zračenja (I/s) u zavisnosti od energije snopa (μA)
Fig. 7. Relation between the X-ray intensita (I/s) and beam current (μA)

Na slici 7 je prikazana zavisnost broja impulsa od energije snopa u rasponu od 10^{-8} do 10^{-7} A. Ova oblast je izabrana jer omogućava optimalan odnos između rezolucije i intenziteta X zračenja (željene preciznosti). U tabeli 3 su date osnovne statističke vrednosti koje su dobijene na standardima (f. 6 — f. 11) za nekoliko elemenata pri energiji od 2×10^{-8} i 5×10^{-8} A. Kao što se vidi, preciznost je uglavnom bolja od 1%. Nažalost, upoređivanjem vrednosti za f. 2 i f. 9, vidi se da je realna preciznost znatno

niža od preciznosti jednog merenja. No, pri ovome treba uzeti u obzir i faktore koje je vrlo često teško ili nemoguće kontrolisati, a to su stepen ispoliranosti površine uzorka i dužina trajanja svih merenja. Vrednosti u kolonama f. 7 i f. 9 su dobijene merenjima u dužem vremenskom periodu.

5. PRAKTIČNA MERENJA

Samo analiziranje uranovih minerala se odvija u više međusobno povezanih faza:

1. Stabilizacija elektronike u trajanju od cca 1 sat.
2. Određivanje tačaka za analize.

Pošto se u ovoj fazi ne zahteva visoka stabilnost elektronike, određivanje tačaka za analizu, fotografiranje, i slično, mogu se izvoditi dok instrument još nije potpuno stabilizovan. Određivanje tačaka za analize vrši se pomoću površinske (»X-slike«) i linijske analize. Pri površinskoj analizi, gde analitička rezolucija nije kritična (obično se određuje za U i Si), se, zbog dobijanja jačeg signala, koriste energija i naponi veće vrednosti (30 kV i 10^{-7} A). Povećanja se kreću od 10^3 do 3×10^3.

Primeri statističke obrade rezultata

Tabela 3

Element	Standard	f. 6 S_N	f. 7 P_N (%)	f. 8 Pr (%)	f. 9 X	f. 10 s	f. 11 P (%)	f. 12
				2×10^{-8} A T = 10 sec				
U	UOS	162	0,62	1,00	25267***	704,3	2,79	0,30
Th	TOR	113,2	0,88	*	12817,2	656,92	5,13	0,68
Si	TOR	84,44	1,18	1,75 (6,09)**	712,72	23,36	3,28	0,72
Ca	TOR	68,56	1,46	2,81 (0,43)**	470,21	32,47	6,91	0,85
				5×10^{-8} A T = 10 sec				
U	UOS	77,78	0,13	0,27	60506,8	798,61	1,32	
Th	TOR	767,11	0,59	—	28210,3	1091,17	3,87	
Si	TOR	133,87	0,74	1,11	17920,7	360,21	2,01	
Ca	TOR	167,80	0,93	1,83	11619,6	465,94	4,01	

* sadržaj Th je ispod granice detekcije
** sadržaj (%) na uzorku
*** 10 merenja

Pri linijskoj analizi, gde je analitička rezolucija od većeg značaja, obično se koriste uslovi koji omogućavaju maksimalnu rezoluciju (10—15 kV; 10^{-8} — 10^{-9} A). Na osnovu ovih podataka određuju se zone koje su povoljne za analize.

Primer površinske i linijske analize su prikazani na slikama 9—15.

3. Određivanje homogenosti

Pošto su površinska i linijska analiza samo semikvantitativne prirode, potrebno je odrediti i homogenost same okoline tačke koja je određena sa analizu. Zbog uštede u vremenu, homogenost se određuje samo preko broja impulsa za U i Si. Na ovaj način merenja ukupno traju cca 2 min. Merenja se vrše u mreži 1 × 1 μm sa ukupno devet izmerenih tačaka, odnosno površine 4 μm^2.

Stepen homogenosti distribucije U i Si se određuje pomoću sledeće formule:

$$H = \pm C \left(\frac{t}{n^{1/2}}\right) \frac{Sc}{N} \qquad (13)$$

C = koncentracija elementa (uzima se kao konstanta),
n = broj merenja,
N = srednja vrednost svih merenja,
Sc = standardna devijacija,
t = t test.

Napominjemo da se isti postupak koristi i za određivanje homogenosti standarda s tom razlikom što je broj tačaka znatno veći (50—100).

Kao dozvoljeno odstupanje smo uzeli ± 5 C%.

U slučaju zadovoljavajuće homogenosti analiza se izvodi u centralnom delu polja.

6. OSTALI FAKTORI

Bez obzira na sve pripreme i pažnju da se odrede i postave optimalni uslovi snimanja još uvek ostaje cela serija faktora koje je vrlo teško regulisati ili nadzirati. Ovde navodimo samo neke od osnovnih.

6.1. Faktori vezani za hemizam uzorka i standarda

6.1.1. Oksidacija UO_2 u U_3O_8

Pomoću mikrosonde se može odrediti samo sadržaj metala urana a ne i sadržaj različitih oksida. Preračunavanje u željeni tip oksida se vrši na osnovu stehiometrijskih odnosa. Kao što je poznato, uraninit, a naročito pehblenda, mogu oksidirati u U_3O_8 tako da hemijski sastav odnosno sadržaj urana može biti veoma promenljiv. Preračunavanje u željeni oksid (obično UO_2) može biti izvor znatnih grešaka jer nije poznato do kog stepena je UO_2 oksidirao u U_3O_8. U tabeli 4 je prikazan stepen grešaka ako se U iz U_3O_8 (potpuna oksidacija) preračuna u UO_2.

Greška pri preračunavanju izmerenog sadržaja (iz U_3O_8) U u UO_2

Tabela 4

UO_2		U_3O_8
U = 88,15%		U = 84,80
O = 11,85%		O = 15,20
f = 1,1344		f = 1,1793
	82+ × 1,1793 =	96,70%
	82 × 1,1344 =	93,02%
	Greška	3,68%

+ 82% hipotetički sadržaj urana u obliku U_3O_8 (96,70%).

Pošto ova pojava može biti značajnijih razmera trenutno se vrše pokušaji da se na osnovu pomeranja pika i intenziteta α i β linija, u zavisnosti od valentnog stanja urana, barem približno odredi stepen oksidacije. Slična metoda se primenjuje kod određivanja odnosa FeO — Fe_2O_3 i MnO — — Mn_2O_3 (A l b e e, C h o d o s, 1970).

6.1.2. Minerali sa OH grupom

Pošto je određivanje sadržaja H odnosno OH grupe nemoguće pomoću mikrosonde, razlika do 100% se uzima kao sadržaj OH. Ovo takođe može biti izvor grešaka u slučaju kada nije analiziran neki element koji je prisutan u značajnijim količinama.

6.1.3. Pomeranje pika

Tačan položaj (talasna dužina) i oblik pika za jedan element su često u funkciji valentnog stanja ili tipa jedinjenja. Pošto se tačan položaj pika obično određuje na standardu, ova pojava može biti od značaja kada elementi u standardu nisu istog valentnog stanja ili u obliku istog jedinjenja kao u mineralu koji analiziramo. To praktično znači da se elemenat iz uzorka ne meri tačno na piku već levo ili desno od njega što ima za rezultat niže izmereni intenzitet X zračenja, odnosno koncentraciju. Ova pojava se može izbeći time što se i na samom uzorku, pre merenja intenziteta, vrši određivanje pika. Nažalost, zbog dugotrajnog postupka traženja pika ovaj postupak se obično ne koristi.

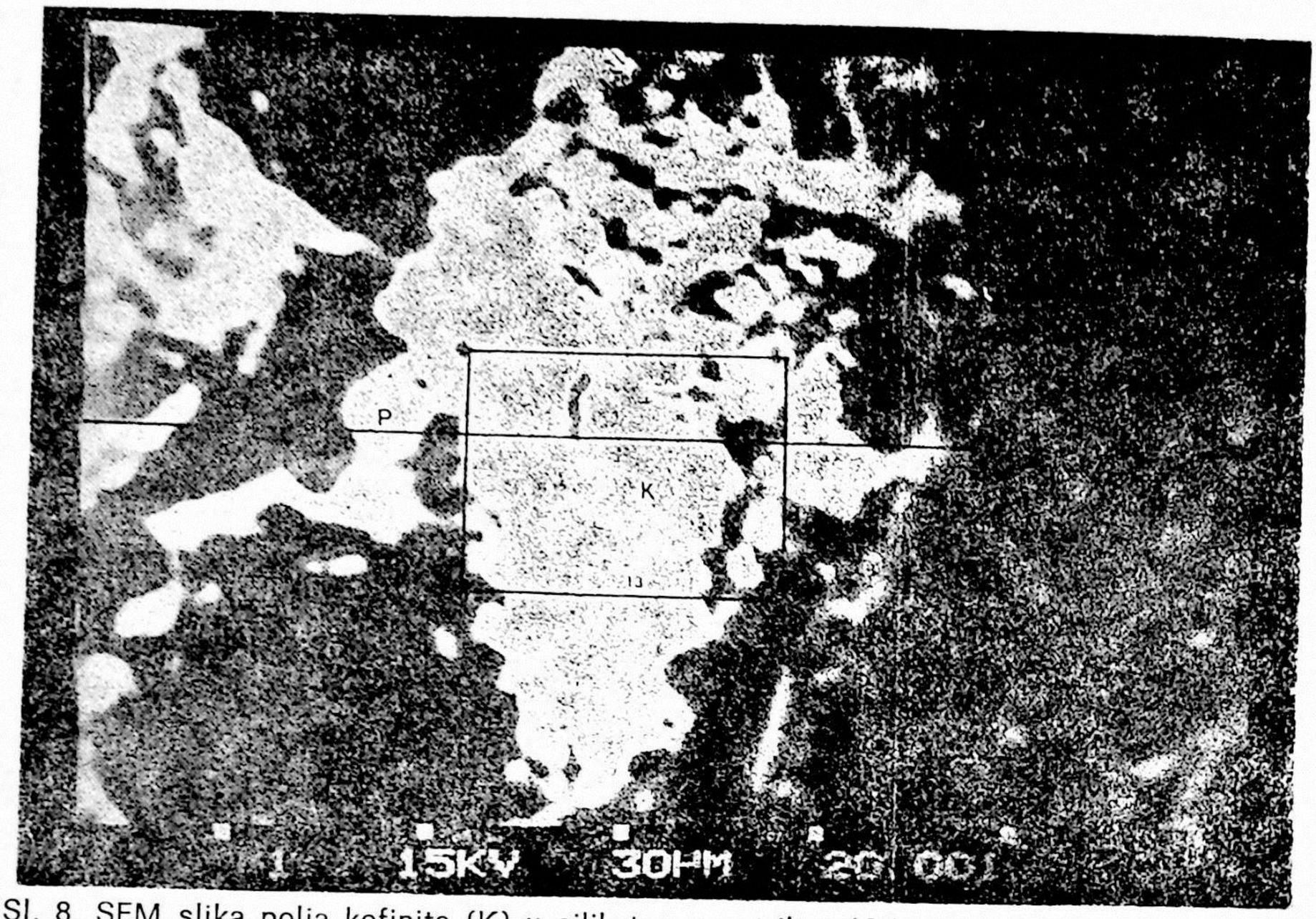
6.2. N e s t a b i l n o s t i i n s t r u m e n t a

6.2.1. Nestabilnosti elektronike

Nestabilnosti elektronike instrumenta koja su kratkotrajne prirode je praktično nemoguće registrovati ili kontrolisati. Pri merenjima ova pojava može imati značajan uticaj na preciznost izmerenog intenziteta.

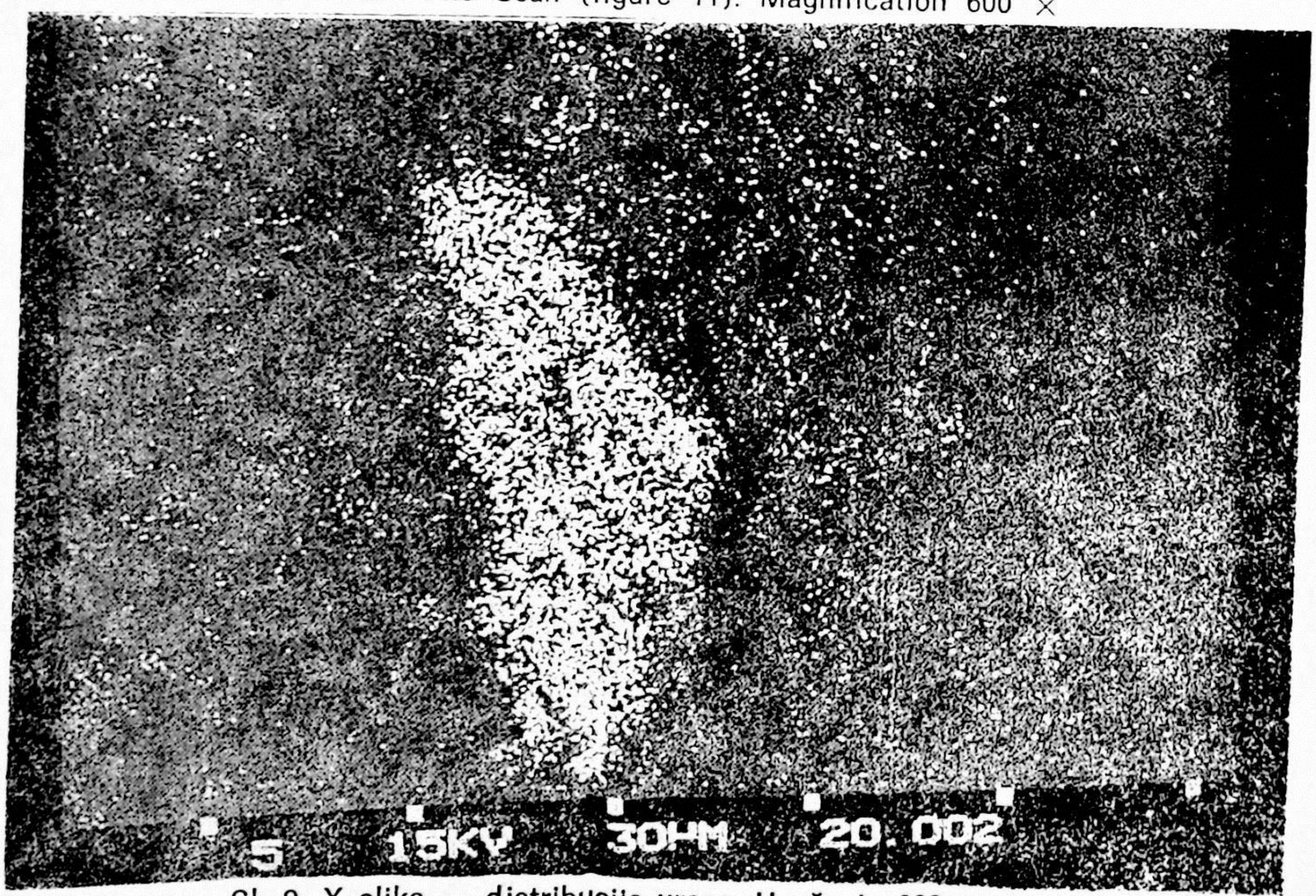
6.2.2. Mehaničke greške

Pri kompjuterskom vođenju spektrometara može doći do netačnog postavljanja spektrometra na željeni pik što opet ima rezultat niži intenzitet izmerenog X zračenja.



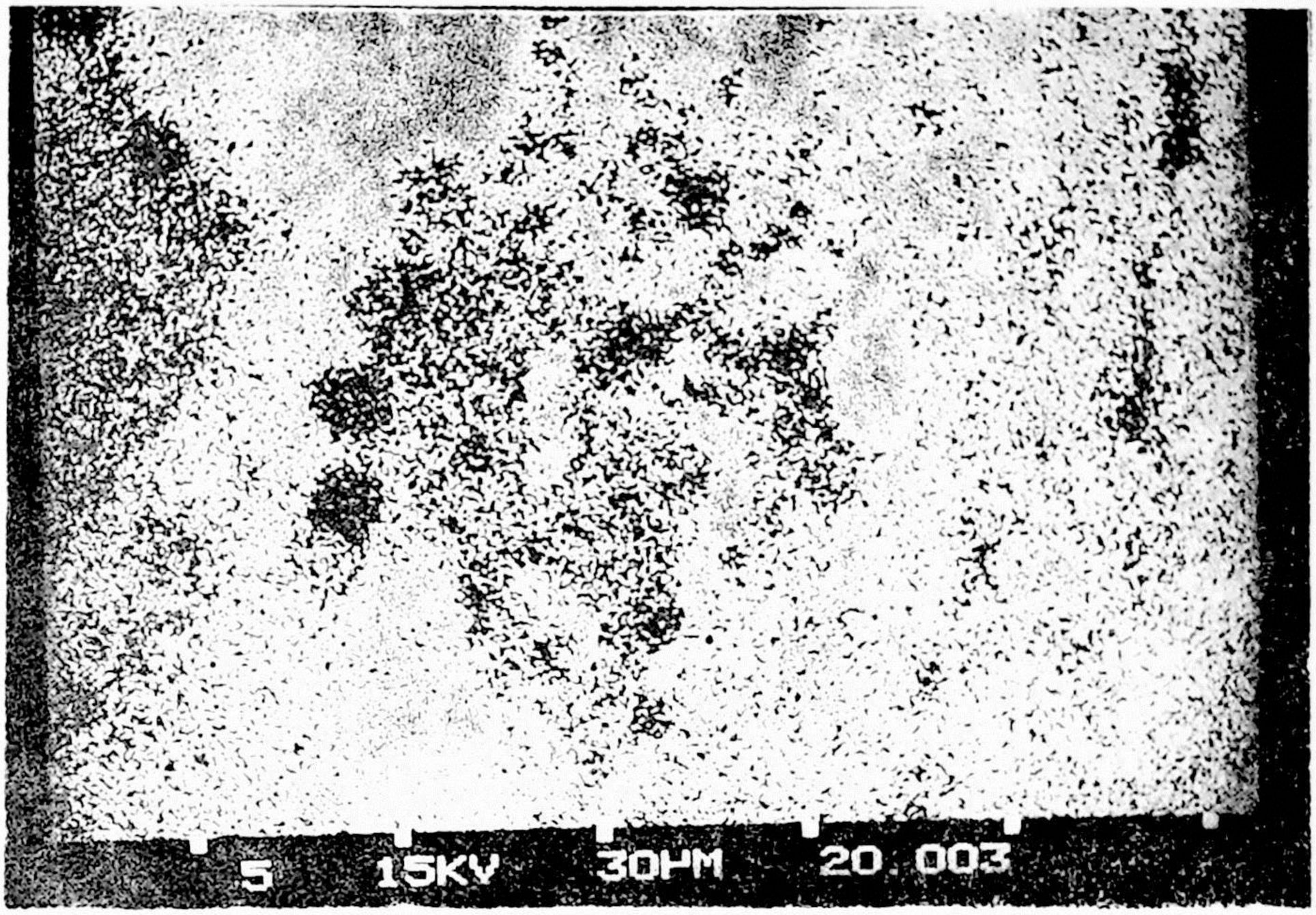
Sl. 8. SEM slika polja kofinita (K) u silikatnom matriksu (Q/crno) sa piritom (P). Crta označava mesto linijske analize (slika 11). Uvečanje 600 ×

Fig. 8. SEM of cofinite (K) in a silicate matrix (Q/black) with pyrite (P). Line indicates the position of the line scan (figure 11). Magnification 600 ×

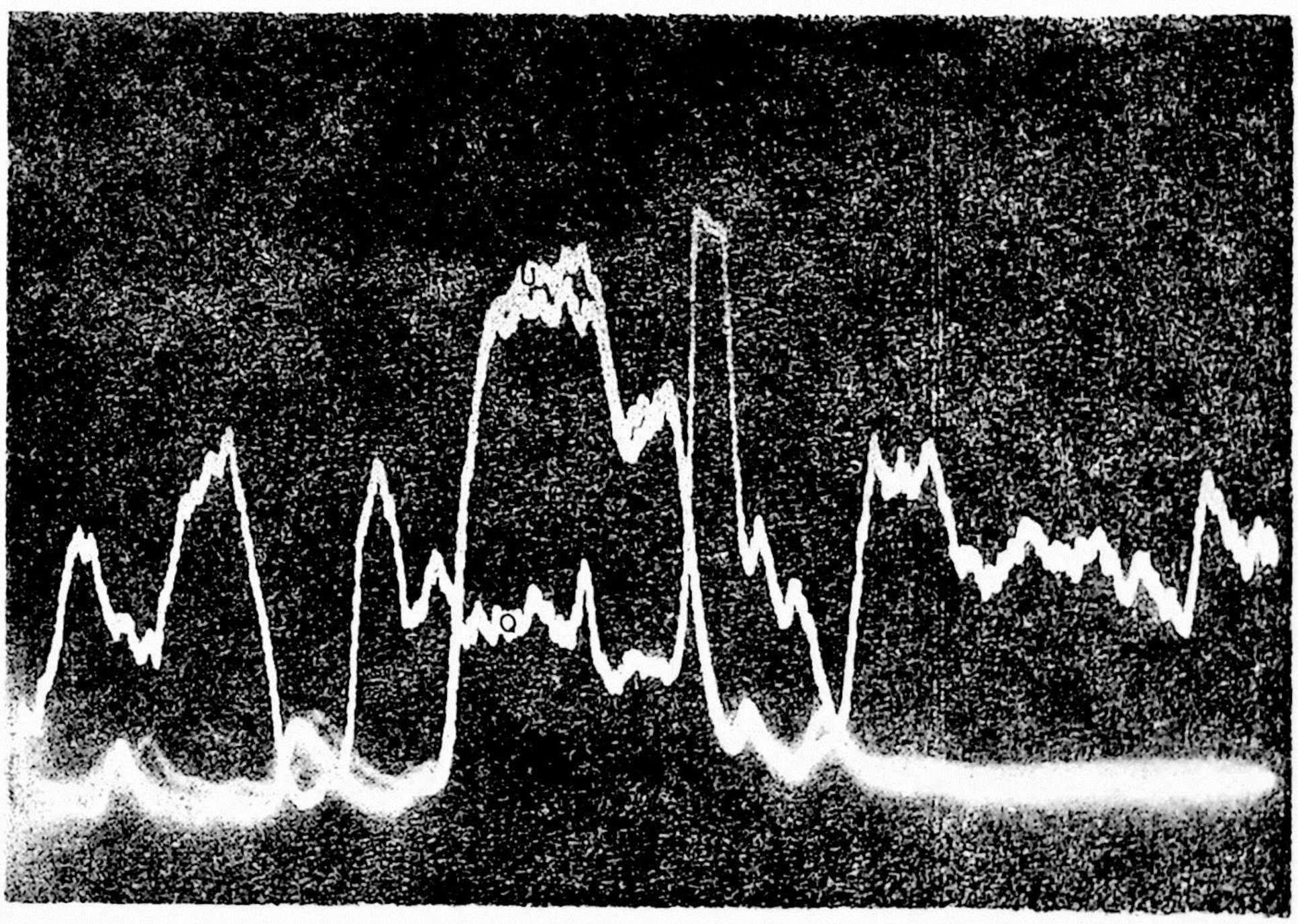


Sl. 9. X slika — distribucija urana. Uvečanje 600 ×

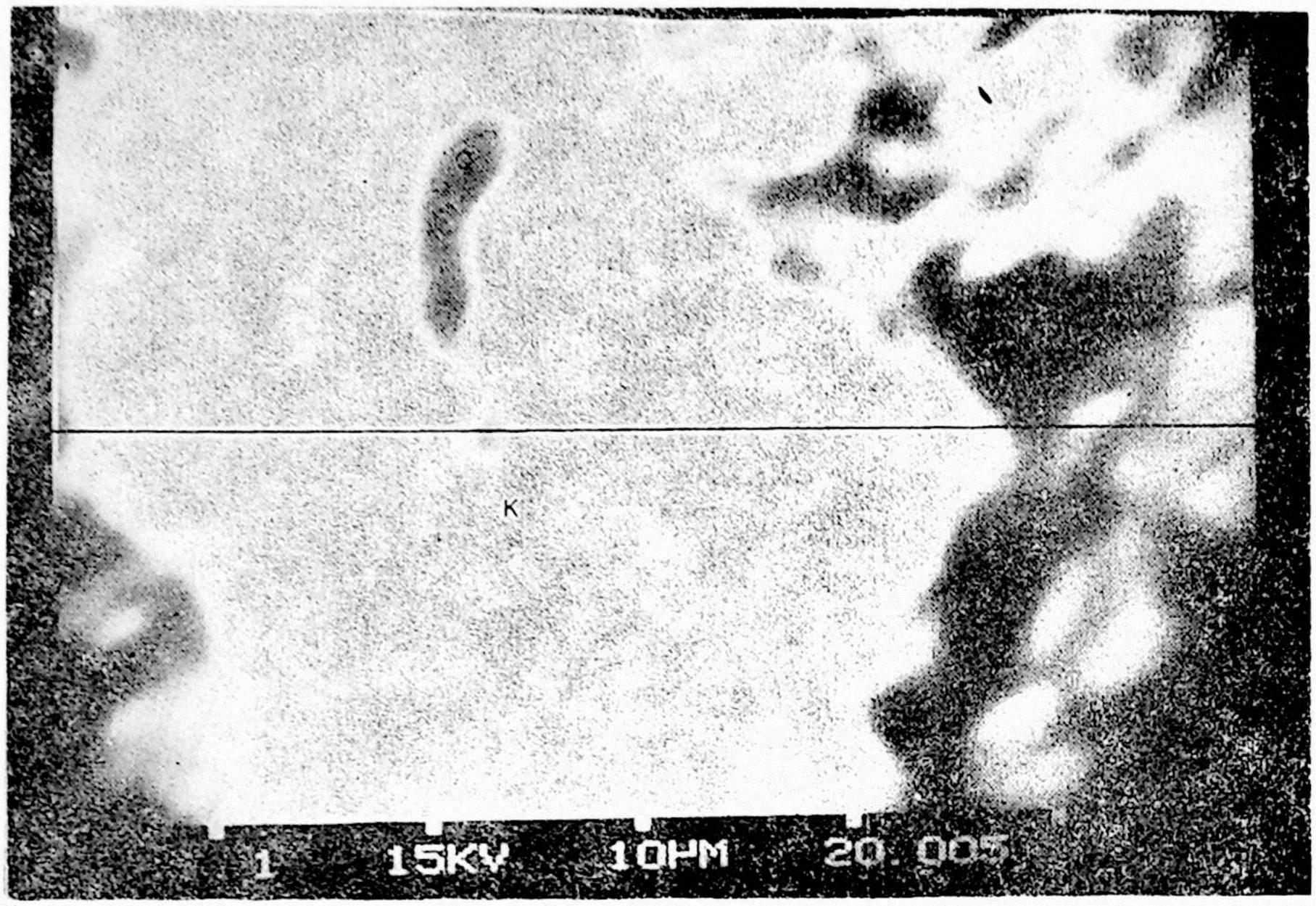
Fig. 9. X-ray area scan for uranium. Magnification 600 ×



Sl. 10. X slika — distribucija silicijuma. Uvečanje 600 ×
Fig. 10. X-ray area scan for silicium. Magnification 600 ×

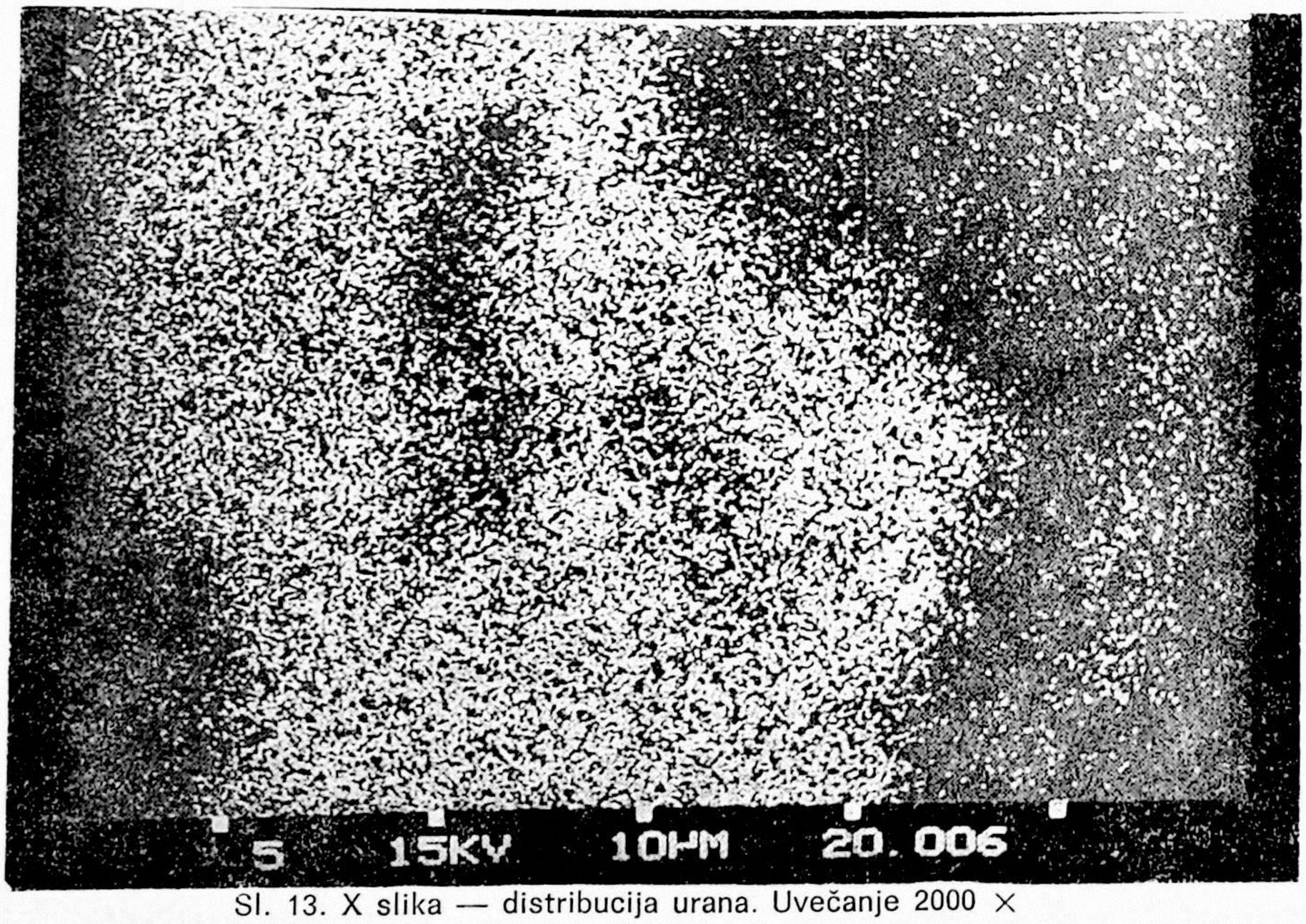


Sl. 11. Linijska analiza za U i Si. Uvečanje 600 ×
Fig. 11. Line scan for U and Si. Magnification 600 ×



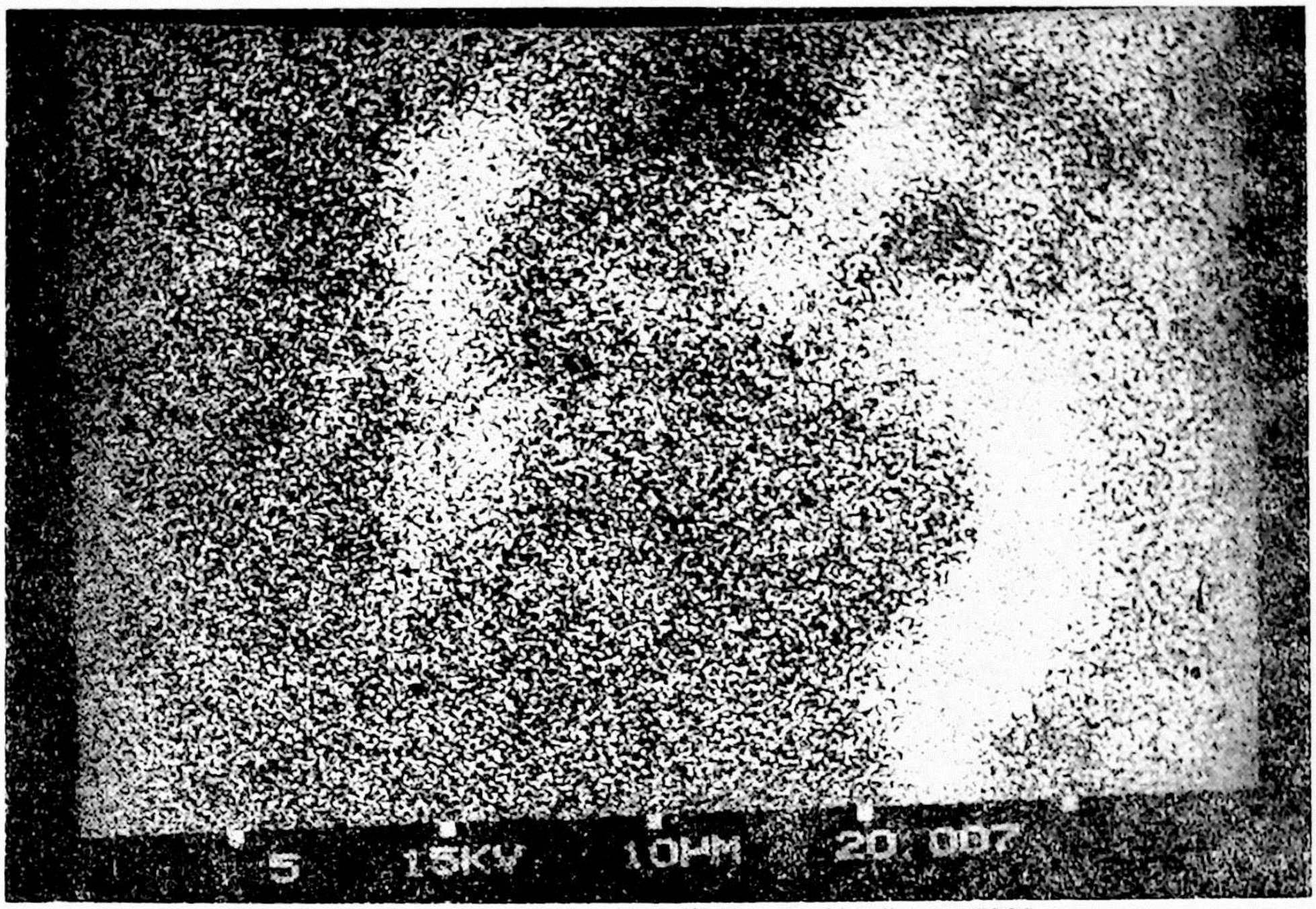
Sl. 12. SEM slika, detalj sa slike 8 (K — kofinit, Q/crno — silikatni matriks). Uvečanje 2000 ×
Crta označava mesto linijske analize. Uvečanje 2000 ×

Fig. 12. SEM, detail from figure 8 (K — kofinit, Q/black — silicate matrix). Magnification 2000 ×. Line indicates the position of the line scan (figure 15)

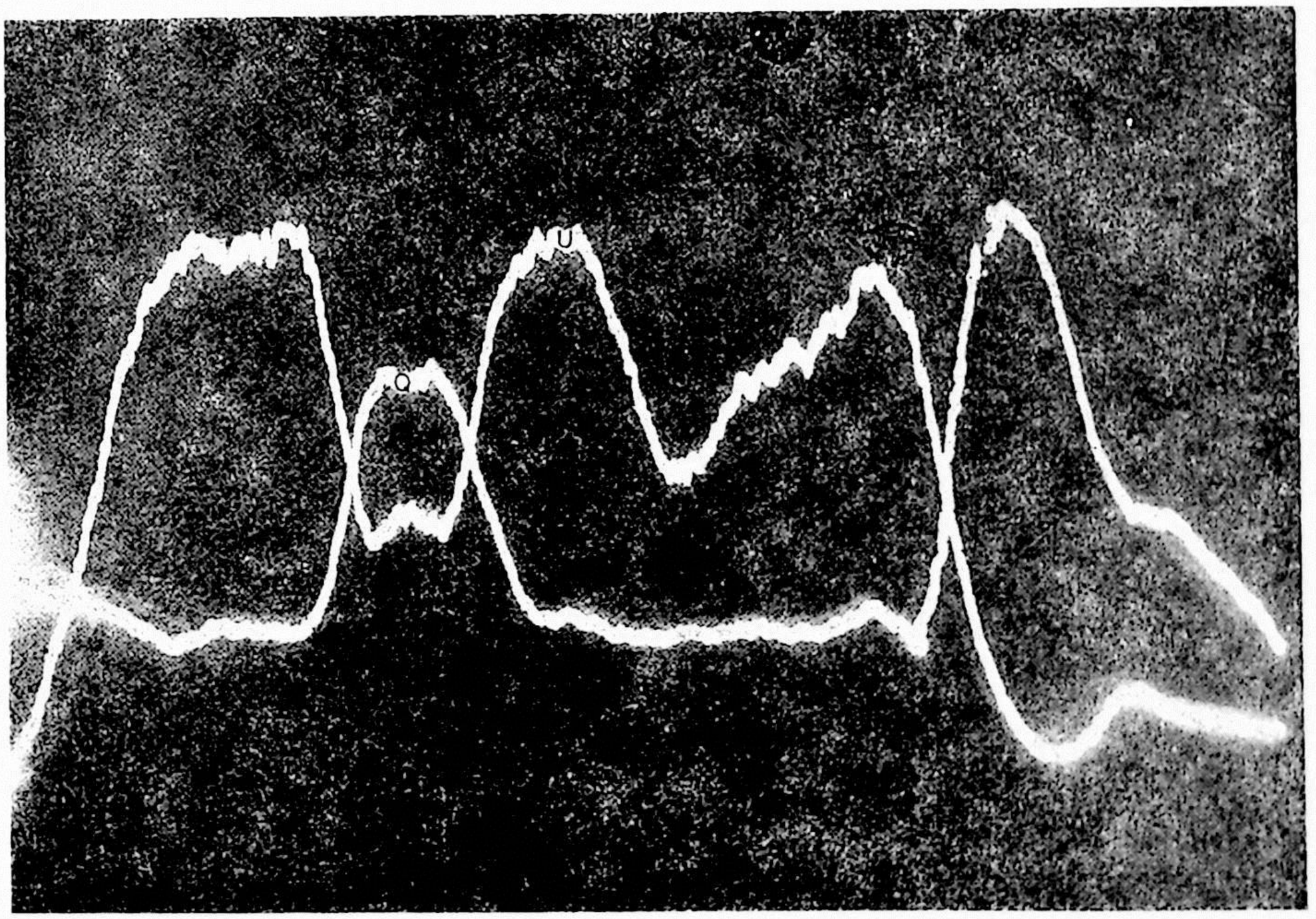


Sl. 13. X slika — distribucija urana. Uvečanje 2000 ×

Fig. 13. X-ray area scan for uranium. Magnification 2000 ×



Sl. 14. X slika — distribucija silicijuma. Uvečanje 2000 ×
Fig. 14. X-ray area scan for silicium. Magnification 2000 ×



Sl. 15. Linijska analiza za U i Si. Uvečanje 2000 ×
Fig. 15. Line scan for U and Si. Magnification 2000 ×.

7. ZAKLJUČAK

Proučavanjem svih faktora koji imaju uticaj na tačnost analitskih podataka kao i na analitičku rezoluciju odredili smo optimalne uslove merenja. Analitička rezolucija iznosi cca 1,5 μm pri 15 kV i 5×10^{-8} A. Samu metodologiju analiziranja smo odredili na osnovu iskustava koja su stečena pri praktičnim merenjima. Dobijeni rezultati ukazuju na ćinjenicu da je analitička rezolucija sasvim zadovoljavajuća tako da omogućava analiziranje pojedinačnih zrna, uz minimalni uticaj okolnih minerala. Ovi uslovi ujedno omogućavaju dobijanje zadovoljavajućeg intenziteta X zračenja u cilju postizanja željene preciznosti.

Standardi sa kojima raspolažemo za analizu Mg, Ba, Ti, Zr, Cu i Cd zbog velike razlike u $\overline{Z}$ ne odgovaraju u potpunosti našim potrebama. Nažalost, dobiti standarde sa visokim Z za navedene elemente je vrlo teško. Zbog ovoga je stepen korekcije za Z znatno veći a samim tim i tačnost rezultata niža. Standardi za U, Th, Ca i Si, odnosno standardi uranit i torit, u potpunosti odgovaraju, jedino da je sadržaj sa Th previsok. No, nadamo se da će i taj problem uskoro biti rešen.

Najznačajniji problem jeste odnos UO_2 — U_3O_8. Nažalost ispitivanja na ovom području još uvek nisu dala zadovoljavajuće rezultate, ali se nadamo da će i ovaj problem, barem delimično biti rešen tako da ćemo biti u mogućnosti da, semikvantitativno, odredimo odnos UO_2 — U_3O_8.

Predato za štampu 29. V 1984. Recenzent Dušan Radusinović

LITERATURA

1. Albee A., Chodos A., 1970: Semiquantitative electron Microprobe Determinations of Fe^{2+}/Fe^{3+} and $Mn^{2+}Mn^{3+}$ in Oxides and Silicates and its Application to Petrological problems. The American Mineralogist, Vol. 55, 1970.
2. Albee L., Ray L., 1970: Correction Factors for Electrone Probe Microanalysis of Silicates, Carbonates, Phosphates, and Sulfates. Analytical Chemistry, Vol. 42, No. 12, 1970.
3. Andersen C., (izdavač) 1973: Microprobe Analysis. John Wiley & Sons, New York.
4. Bence A., Albee A., 1968: Empirical Correction Factors for the Electron Microanalysis of Silicates and Oxides. The Jurnal of Geology, Vol. 76, No. 4.
5. Casting R., 1960: Electon Probe Microanalysis. Advances in Electronics and Electron Physiscs. Academic Press, New York.
6. Goldstein J., et al., 1981: Scanning Electon Microscopy and X-ray Microanalysis. Plenum Press, New York.
7. Goldstein J., Yakowitz H., (izdavač) 1977: Practical Scanning Electron Microscopy. Plenum Press, New York.
8. Kurat G., Simova F., Kracher A., 1977: Contribution to the Uranium Mineralogy of Some Sandstone Type Deposits of Central Europe. Advisory Group Meeting on Uranium Deposits in Africa, Lusaka, Zambia.
9. Liefbhasky et al. 1955 (u Goldstein, Yakowitz, 1977), str. 444.
10. Stergaršek A. et al., 1981: Tehnološko testiranje geoloških vzorcev uranove rude; u izveštaju Budkovič et. al. (1981): Geološko rudarske raziskave rudišča Žirovski vrh, Fond dokumentacije GZL.
11. Štrumberger V., 1980: Neobjavljeni rezultati.
12. Štrumberger V., 1983: Raziskave uranovih mineralov s pomoćju mikrosonde; u izveštaju Budkovič et al. (1983): Geološko-rudarske raziskave rudišča Žirovski vrh, Fond dokumentacije GZL.

Summary

PROBLEMS CONCERNING THE ANALYSIS OF URANIUM MINERALS WITH THE MICROPROBE

by

Velizar Štrumberger

Microprobe analysis of uranium minerals from the Žirovski vrh deposit have shown that, besides pitchblende and cofinite, a whole series of uranium silicates exist. Due to the extremely fine grained nature of the uranium minerals it was necessary to determine the optimum working conditions which enable a high analytical resolution and at the same time a sufficiant x-ray signal. On the basis of theoretical studies and practical measurements the following working conditions were determined: beam current 5×10^{-8} A at 15 kV, with an analytical resolution of approximately 1,5 μm. Standards for the analysis of U (uranninite), Th, Ca and Si (thorite) are, considering all ZAF corrections, suitable for this puorpose.

Standards for the analysis of Na, Mg, Al, Ba, Ti, Cd and Pb are still not satisfactory because of the large difference in the average atomic number ($\overline{Z}$) or content. The methodology of analysis is based on experiance which was gained during practical analytical work on samples from the Žirovski vrh deposit.

The whole procedure is divided into three phases: (1) stabilisation of electronics; (2) determination of places of interest with x-ray area scans and line analysis; (3) testing of homogenity with woint analysis, where the homogenity is determined only on the basis of x-ray intensities for uranium and silicium.

One of the main problems which still remain to be solved is the oxidation of UO_2 to U_3O_8. Calculation of UO_2 on the basis of the analysed uranium content, which is actually in the form of U_3O_8, can leed to considerable errors.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18. 1985, Belgrade.

Милорад Арсенијевић

УДК 553.2 (497.11)
Стручни рад

ПРОУЧАВАЊЕ ПОЈАВЕ КАЛАЈА И ВОЛФРАМА У РУДОНОСНИМ СТРУКТУРАМА ОЛОВНОЦИНКОВОГ ЛЕЖИШТА БАБЕ (КОСМАЈ)

(са 8 табела и 5 слика)

Кључне речи: калај, волфрам, геохемија, шелит, каситерит, грајзенизација.

Ова испитивања су захватила малу површину рудне зоне (4 бушотине), и зато су ограниченог домета. Основни резултат се састоји у посматрању расподеле Sn и W, раније запажених на површини, и у одређивању врсте минерала — каситерита и шелита у дубљим нивоима, као и њиховог положаја у парагенезама. Каситерит углавном припада грајзенизационим процесима а шелит прерудној фази са пиритом, арсенопиритом и пирхотином иза које наступа нова активност и одлагање Pb-Zn минерализација са сулфосолима и флуоритска фаза. Пулсација активности огњишта обележена је микротектонским дејствима на минералима одређених фаза чије пукотине запуњавају млађи минерали. По томе је вишефазност основна и позитивна особина дејства киселих магми карактеристичних за Шумадију са извесним геохемијским разликама парагенеза.

Лежишта олова и цинка Бабе познато је још из античког доба. Као почетак геолошких истраживања на овом лежишту може да се рачуна 1889. година и она са прекидима трају све до данас (7—16). Трагови бројних покушаја да се у рудном пољу открију „скривена" рудна тела виде се по многим зарушеним рударским радовима.

Новија комплексна испитивања и бушења изводе се од 1970—1974. године (8), али без виднијег резултата. Настављају се геолошка, геофизичка (9, 10), геохемијска (10), петролошка и минералошка испитивања (10) и изводе се дубинска бушења (12). Најзад, на основу свестране анализе дотадашњих геолошко-гесфизичких и геохемијских података (16) извршена је структурно-геолошко-геохемијска прогноза оптималних ужих простора (Парлози) на којима треба да се налазе „скривена" рудна тела. Дубинска бушења су потврдила присуство „скривених" рудних тела и до дубине 515 м., откривено је више рудоносних интервала (13, 14, 15, 16). На откривеној минерализацији од 1982. године врше се испитивања садржаја ретких и других елемената у рудама а посебно у сулфидним и другим минералима (7).

Досадашњи подаци указују (7) да се у рудној зони концентришу различити корисни елементи. У ове спадају и калај и волфрам (руде и

Адреса аутора: Геоинститут, Београд, Ровињска ул. бр. 12.

минерали), индијум (до 1200 g/t), кадмијум и местимично талијум у сфалериту (до 1200 g/t), сребро (до 2000 g/t) и бизмут (до 5000 g/t) у галениту или талијум у тетраедритско-тенатитској асоцијацији (до 1700 g/t). Међутим, овом приликом посебна пажња је посвећена појави калаја и волфрама у рудоносним структурама овога лежишта.

РАНИЈА САЗНАЊА О РАСПОРЕДУ КАЛАЈА И ВОЛФРАМА У РУДНОМ ПОЉУ

Појава калаја у површинском делу рудне зоне први пут је запажена при истраживањима у периоду 1970—1974. године (8). Нешто касније, на простору реке Прутен-Парлози-поток Аринањанац-Кошћански рид-Суводол-поток Целовац изводе се хидрогеохемијска и металометријска истраживања (10). Том приликом у примарним (стене) и секундарним ореолима дисперзије (глиновити талози-алувиони) запажен је висок степен неуједначености садржаја калаја и волфрама на површинском пресеку (10).

Садржаји калаја у стенама, односно у рудним узорцима, кретали су се од 10—250 g/t а волфрама до 800 g/t. Још у то време, присуство калаја је окарактерисано као типично за околне измењене стене — седименте и вулканите — и наглашено је да су „стене захваћене накнадним магматским процесима" а налажење таквих садржаја представља „знак одређене специјализације и засићености магматског заостатка" (10). Иако се Sn јављао у ореолу дисперзије Pb, Zn и Cu, није их пратио у свим случајевима, нарочито њихове аномалне садржаје.

С обзиром на могуће асоцијације калаја и бакра (станин) или калаја и других састојака (Pb и др.) у сулфидним парагенезама преко односа Cu/Sn првенствено се претпоставило присуство минерала калаја (10). Ови односи су се налазили у границама 0,5—30,0 показујући да станин није главни носилац калаја у рудној зони, већ неки други минерал овога елемента. Таква појава је изражена нарочито тамо где је однос Cu/Sn $< 1{,}0$. Тиме је изражена тврдња о присуству каситерита и приносу калаја у прерудном процесу, јер садржај овога метала независно расте од садржаја бакра. И заиста, нешто касније, појава каситерита је, иако недовољно сигурно, назначена у кварц-латиту, у површинском делу, ван сада посматраног простора (16).

Са друге стране, на основу нашег поређења, по садржају волфрама и сличности са другим лежиштима ове металогене зоне сматрало се да је вероватно реч о шелиту (10), али све до 1982. године није био доказан као минерал (7). Започетим истраживањем ретких и расејаних елемената, односно геохемијским проучавањем бушотина, пришло се ближем дефинисању присуства волфрама и калаја, посебно у скривеним рудним телима.

МЕТОДИКА ИСПИТИВАЊА

Подаци који се овде разматрају добијени су на материјалу прикупљеном у току бушења или на скраћеним језгрима (БК-9, БК-10 и БК-11) а такође и са раскопа. Највећи број осматрања је пореклом од узорака са развијеног нескраћеног профила (БК-12), док су неки узорци и са

старих халди. Овакви узорци су дробљени до 150—200 меша (рудни узорци) а електромагнетском сепарацијом и ручним магнетом издвајане су фракције или мономинерали у циљу посматрања понашања садржаја Sn и W или других микроелемената.

Одређивање садржаја калаја и волфрама вршено је спектрохемијском анализом са грешком ± 15—20% (7). Контрола присуства и садржаја W обављена је флуоресцентном методом, односно посматрањем распореда шелита, у разним врстама узорака (минерали и руде). Утврђивањем присуства шелита истовремено је одређен носилац волфрама у лежишту. Микроскопским методама, као и другим поступцима, изведена је идентификација минерала не само волфрама већ и калаја (7).

Од статистичких параметара коришћени су „r_1" — коефицијент корелације (линерни односи), „дф" — степени слободе, нивои поверења или грешке корелације — „r_2" (P005%) и „r_3" (P001%); N^1 — укупан број осматрања. Осим тога, као средине су употребљене $\bar{X}$-аритметичка и $\bar{\gamma}$ — геометријска средина и δ — средње геометријско одступање.

Под условима овакве методике пришло се проучавању распореда посматраних састојака првенствено у рудној минерализацији, затим у фракцијама или рудним минералима. Руда је смештена у седиментној серији и вулканитима чији је положај утврђен ранијим испитивањима (11—16).

ОПШТИ ПРЕГЛЕД ГЕОЛОШКОГ САСТАВА РУДОНОСНОГ ПРОСТОРА

Литолошки састав рудоносног простора је релативно једноставан. На ужем подручју присутни су горње кредни седименти, терцијарни вулканити и неогени седименти (8—16).

Формацију горњекредних седимената, туронско-сенонске старости и недовољно рашчлањену због нијансираних прелаза, чине карбонатно-кластични и ситнозрно-кластични седименти. У ове спадају алевролити, алевролитични лапорци, као највише заступљени, затим песковити лапорци и алевролити, пешчари различити по крупноћи зрна са постепеним прелазима или оштрим границама у нижим нивоима, као и кречњаци. Пешчари се јављају у виду прослојака у флишним седиментима или су јаче распрострањени, као на источном ободу Стеничке баре. Овде се срећу кварцни и силификовани пешчари а на Парлозима, где се такође врше ова осматрања, удружени су и са ситнозрним фацијама које садрже поред других састојака још одломке кварц-латита, алевролита и рожнаца.

Кречњаци су песковити и песковито-лапоровити (Парлози) а јављају се у облику сочива и прослојака у седиментима. У нижим нивоима серије бушењем су откривене наслаге кречњака и до 200 m дебљине (12—16).

Вулканске стене су представљене игнибритима риодацитског састава, риодацитима и бречама риолитског састава.

Игнимбрити, раније познати као риолити, налазе се у виду маса (Стеничке баре, Парлози). Спорне по називу, ове стене се још називају и кварц-латитским туфозним бречама.

Риодаците сматрају и кварц-латитима. Налазе се у облику пробоја, некада и до 1,5 km дужине (Стеничке баре, Свињчине) а дебљина им досеже и до 70 m. (12—14) пробијајући риолитско-бречасту масу (игнимбрити) или су то тање жице. Пробоји су старији од сарматских седимената а млађи од „риолитске-бречасте масе", неоспорно терцијарне старости.

Брече риодацитског састава су у контакту са риолитско-бречастом масом, риодацитским и риолитским пробојима а праћене су силификацијом. Распрострањене су на Стеничким барама (Свињчине) и Парлозима као контактна зона између риолитске масе и седиментне серије (пешчари).

Миоценски седименти (горњи миоцен) мање су заступљени у рудоносној зони него кредне формације (западно од Парлога) а чине их глинци, лапоровити пешчари, пескови и глине са жућкасто-црвенкастим тоновима. У речним токовима и на терасама развијени су квартарни седименти (шљункови, пескови и глине).

Промене на стенама — седиментима и вулканитима — веома јасно су изражене. Оне су, уопште узев, последица пнеуматолитско-контактно-метасоматских, хидротермалних и супергених процеса. Контактно-метасоматске промене се изражавају у стварању пироксенских корнита, биотитизацији, неофелдспатизацији (алкални фелдспат) и слабијој скарнизацији, као и турмалинизацији и силификацији. Хидротермалне промене стена се препознају преко силификације, серицитизације, пиритизације, карбонитизације, алунитизације, хлоритизације, јарозитизације и каолинизације, као и стварања корисне рудне материје. Супергени стадијум се одликује лимонитизацијом, стварањем манганских превлака и разарањем сулфидних и образовањем секундарних минерала.

С обзиром на ове процесе у лежишту је нађен велики број минерала (8—16). Од минерала су до сада, на површини и из дубљих нивоа, поред петрогених, утврђени флуорит, гранат, рутил, хематит, магнетит, апатит, сидерит, хромни спинел, јарозит, калцит, епидот, лимонит, кварц, церузит и псиломелан. Међу сулфидним минералима јављају се пирит (најчешћи), сфалерит, галенит, халкопирит, пирхотин, арсенопирит, маркасит, ковелин, борнит, тетраедрит, тенантит и станин а затим други као малахит, англезит, миметезит, пироморфит и барит.

Овако сложени и бројни процеси налазе оправдање још у ранијим тумачењима генезе литолошке средине. По тим подацима (11) утискивање „риолита" (игнимбрита) и пробоја риодацитског састава извршено је у двема фазама, у релативно кратком временском размаку. По неким ауторима (11) продуктивни сулфидни раствори везани су за жичну активност (11), пробоје риодацитског састава, док по другима (7, 10, 12—16) ова фаза није донела рудну минерализацију већ она настаје у вези са плутонским дејствима. Осим двофазног вулканизма, као контролишући фактори минерализације представљају се још и два система раседа: један старији, правца С-Ј (Браиловац-р. Прутен—Раља) и други систем дијагоналних раседа правца И-З или СИ-ЈЗ. Њихово присуство довело је до блоковске грађе (Парлози, Главчине, Стеничке баре), док пукотинска тектоника прати пружање и раседање седимената. Вероватно су присутни и ситнији блоковски елементи и њихова локална померања.

Рудна минерализација у виду штокверка, међуслојних тела или сочива запуњава ове структуре.

Ово лежиште се рачуна као субвулканско хидротермално са обележјем „мезотермалних парагенеза" (11). Међутим, новија истраживања указују на читав низ оживљавања која су пратила стварање овога лежишта у прерудној и рудној фази плутонских активности (7, 16). Према геохемијским особинама очигледно је да су магма и њене еманације биле киселог карактера (7) а положај каситерита и шелита у парагенезама овога рудног поља, са своје стране, упућују на вишефазност минерализације.

РАСПОРЕД САДРЖАЈА КАЛАЈА И ВОЛФРАМА У РУДОНОСНИМ СТРУКТУРАМА ЛЕЖИШТА

Налажење ових елемената на површини, у рудној зони, као и прогнозе (10) које су упућивале на каситерит и шелит, захтевало је да се изврши контрола и корелација површинских и дубинских делова поменуте серије. С обзиром да геолошки склоп површинског дела треба у одређеном смислу да буде адекватан дубоким нивоима, испитивања су усмерена на рудну минерализацију и минерализацију уопште одложену и откривену дуж профила бушотина (12—15). Сам распоред садржаја калаја и волфрама пружиће јаснији преглед положаја њихових минерала у парагенезама и рудним структурама захваћеним бушотинама БК-9, БК-10, БК-11 и БК-12. Разматрање ове проблематике биће толико веродостојно колико су за то постојале могућности осматрања.

Калај и W у структурном блоку Стеничке баре

Ова вертикална бушотина (БВ-9) достигла је дубину 417 m. Од површине почиње са риодацитом преко бреча са фрагментима пешчара, затим наступа риодацит и брече риодацитског састава са силификацијом и турмалинизацијом. Даље, на профилу се смењују риодацити са лимонитисаним партијама и оксидисаном рудном материјом, серицитским кварцитима, силификованим и бречизираним вулканитима (до 164 m). Затим, доминантно место заузима риодацит са бречизацијом, пиритизацијом и хидротермалним променама, силификацијом и оловно-цинковом минерализацијом на (403 m) и са незнатно заступљеним скарновима (14, 16).

Стене су захваћене високотемпературним (турмалинизација, биотитизација, и др.) све до нискотемпературних промена које се огледају у серицитизацији фелдспата, карбонатизацији (калцит, сидерит), каолинизацији, хлоритизацији и лимонитизацији (оксидација). Рудни минерали се налазе дуж прслина (штокверк) а расејана зрна галенита, сфалерита

и пиритизација прате измењене стене (380—403 m). У скарнизираној стени местимично се запажају одломци пелитског седимента или, у бречи, комади серпентина (11—16).

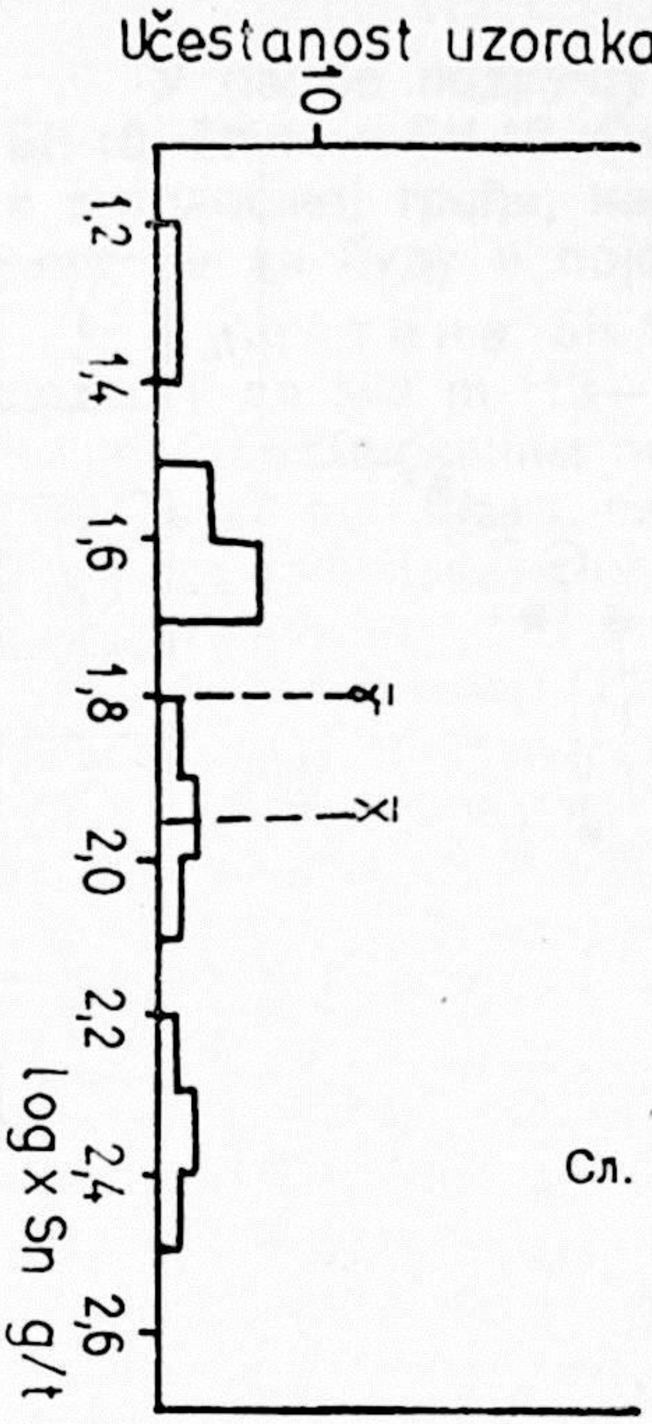
К а л а ј. Овакви процеси на околној средини захтевали су да се осмотри распоред калаја првенствено због присутне турмалинизације или присуства асимилације ултра базичних стена. То се и показало оправданим нарочито због повезаности садржаја калаја и турмалинизације.

Садржај Sn дуж профила бушотине налази се у границама 17—270 г/т са $\overline{X} = 89$ г/т и $\overline{\gamma} = 63{,}30$ г/т за $H = 19$. Расподела овог састојка посматрана вертикалном смислу, следећи профил пресека серије, истиче раст његовог садржаја на деловима јаче или слабије турмалинизације или, боље рећи, на простору дејства високотемпературних грајзенизационих процеса и изразитих појава серицитизације и силификације. Отуда и долази појачано расипање садржаја, што се види из његове просечне вредности означене са $\delta = 0{,}35$ (Сл. 1 и 2; Таблица 1).

Таблица 1. — Садржај Sn и Cu у рудоносној структури БВ-9, лежишта Pb-Zn Бабе (Космај), г/т.

Дубина m	Sn	Cu	Cu/Sn	Дубина m	Sn	Cu	Cu/Sn
2	45	10	0,2	262	35	5	0,1
19	35	10	0,1	286	80	30	0,3
31	45	15	0,3	312	40	12	0,3
45	40	5	0,1	353	100	80	0,8
60	45	15	0,3	386	250	12	0,04
85	90	15	0,1	393	180	50	0,2
111	35	5	0,1	405	250	500	2,0
137	65	30	0,4	402	270	60	0,2
150	17	12	0,7	(1982. г.)			
175	50	12	0,2				
231	24	6	0,2				

Ако се анализира садржај овога елемента (Таблица 1) примећује се сигурно обогаћење у најдубљим нивоима. Повољна околност да је профил вертикалан упућује да се испита повезаност садржаја Sn са дубином.

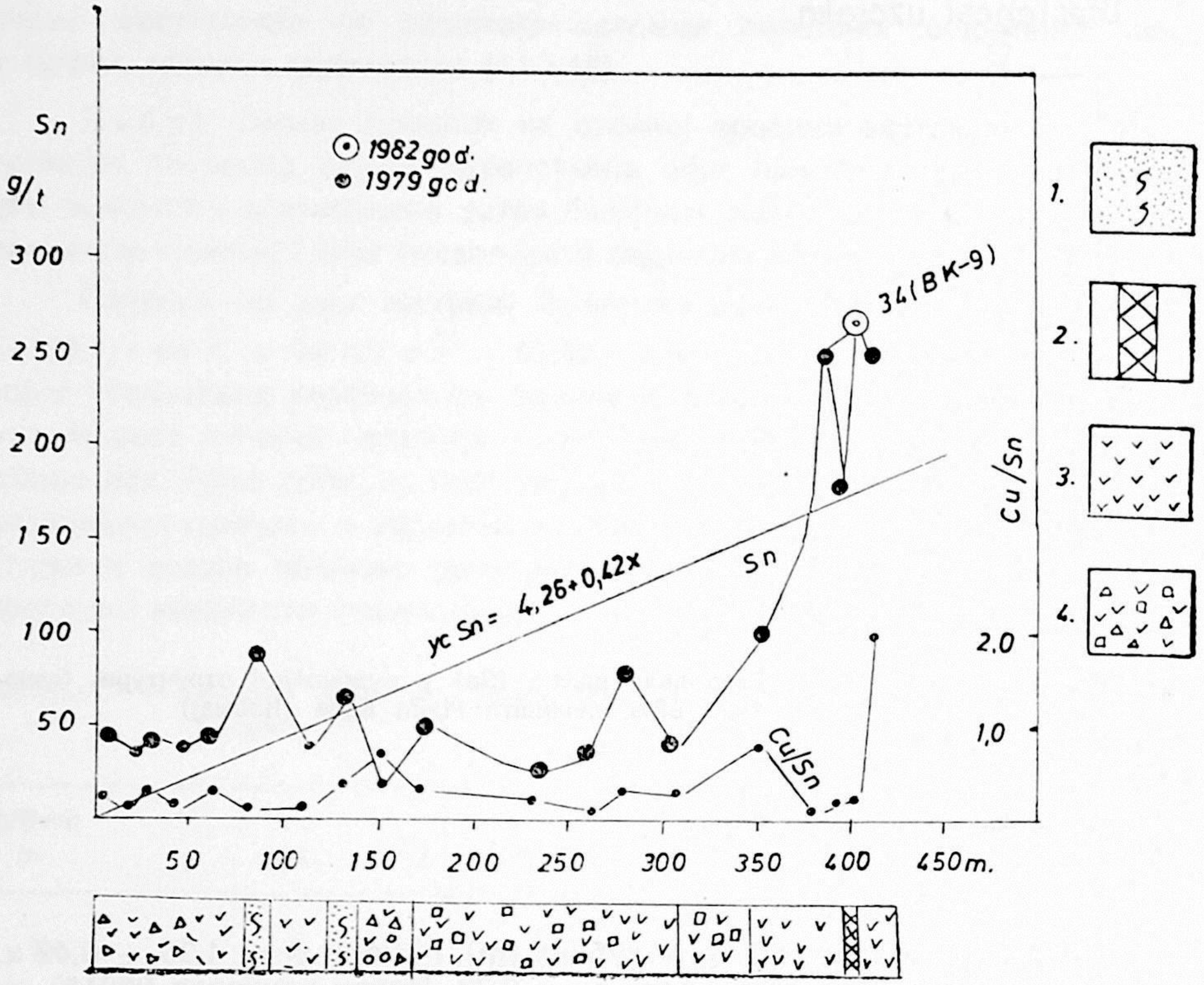


Сл. 1. Расподела калаја (Sn) у рудоносној структури, бушотина БВ-9, лежиште Pb-Zn Бабе (Космај)

Корелацијом садржаја Sn и дубине (m), помоћу $y_c = 4{,}26 + 0{,}42\ x$, добије се коефицијент зависности $r_1 = 0{,}73$. Нивои контроле P001% = 0,58 (r_3) и P005% = 0,46 (r_2) показују да је $r_1 > r_3 > r_2$. Истовремено, овакав однос указује да је r_1 важећ и при „дф" = 19-2 = 17, али и да је просечна зависност садржаја Sn од дубине присутна у значајној мери (53,2%). То у простору значи да јачина одлагања калаја и грајзенизационих процеса у извесној мери расте са порастом дубине.

Уствари, цео рудоносни комплекс нарочито дуж структура, захваћен је грајзенизацијом или турмалинизацијом све до највиших нивоа. Али, највећи степен у прерудном стадијуму достиже на дубини око 400 метара. Стога, имајући у виду грубу оцену расподеле минерала олова и цинка, њихова одступања или поклапања са садржајем калаја показују да је случајност општа особина њиховог садашњег положаја. Калајноносни процес захватио је стене независно од фазе оловоцинковног оруднења. Овај процес је изражен на доводним путевима на којима се необавезно, у каснијим фазама, одлаже рудна минерализација олова и цинка. Такав случај се среће на структури коју контролише профил бушотине где је садржај Pb = 5000 г/т, и Sn = 270 г/т.

Осим тога, поставља се питање генетске повезаности Cu и Sn. Из података се одмах може да запази да калај и бакар (5—500 г/т) не одликује заједнички пут или бар јачина одлагања (Таблица 1). Однос Cu/Sn (Сл. 2) креће се од 0,04—2,00 показујући да бакар, односно станин, не



Сл. 2. Корелација садржаја Sn са дубином и понашање односа Cu/Sn у рудоносној структури Pb-Zn лежишта Бабе, Космај: 1 — кварцити са серицитом, 2 — рудна минерализација, 3 — риодацит, 4 — вулканске брече.

корелира са калајем. Напротив, ниски односи су изразити, а нарочито они испод 1,0 указујући на присуство каситерита. Ова појава је изражена нарочито тамо где је садржај калаја 250 г/т и бакра 12 г/т (таблица 1). При томе може да се нагласи да присуство станина није запажено, већ халкопирита, тако да прогноза указује на заступљеност каситерита у овој структури. Овај минерал је сигурно расејан од највишег нивоа према најдубље достигнутој тачки профила уз пораст његове заступљености. Сва ова тврђења касније ће још јасније да се изразе у другим структурама — бушотинама.

Волфрам, који достиже до 400 г/т, огледа се у појави шелита а низак садржај Mo и крајње слабо заступљен молибденит, одражава се и на шелиту плаве флуоресценције и у слабим траговима.

Садржаји Cr (до 400 г/т) и Ni (до 300 г/т) расту у деловима где су запажени уклопци серпентина и азбеста.

Калај и W у структурном блоку Парлози

У овоме подручју посматраће се распоред калаја и волфрама у БК-10, БК-11 и БК-12. Ове бушотине се извесно разликују по структурној и литолошкој грађи, нарочито БК-12 у односу на БК-10 и БК-11, услед чега ће да буду и појединачно осматране.

Бушотина БК-10. — Профил ове косе бушотине контролише подлогу до 502 m (13—16). У вишим деловима овај профил се карактерише силификованим пешчарима (до 11 m) иза којих се јавља кварцлатит (до 28 m), затим, силификовани пешчар и алевролитски пешчар кога смењује туф и алевролитски ситнозрни до средњезрни пешчари са пиритизацијом (до 115 m) када се појављује лапоровити кречњак. После овога следи пешчар (138 m) а онда долази лапоровити кречњак са пиритизацијом и пешчари (147—388 m) одакле наступају орудњене партије, затим се наставља кречњак са жицама пирита и галенита (до 416 m) или је јаче орудњен (416—430 m). У још дубљем нивоу кречњак носи штокверкни тип минерализације (до 488 m) прелазећи у богату руду (13—16) а у наставку наступа кречњак са пиритском минерализацијом.

Стене су јако силификоване, серицитисане, каолинисане (вулканити). Запажа се јача пиритизација и турмалинизација која није свуда распрострањена, док се у кречњацима среће и мусковит а процеси лимонитизације присутни су и у овоме литолошком стубу. Сам профил бушотине открива више интервала рудне минерализације. Очигледни су знаци дејства високотемпературних пнеуматолитских процеса (грајзени, скарнови), као и изразите акције хидротермалне фазе.

На основу ранијих испитивања (13—16) рудна минерализација је изражена у виду снажне пиритизације која је захватила јако тектонски поремећене катаклазиране и дробљене стене запуњавајући системе пукотина у облику жица и сплетова жилица (штокверк). После пиритске фазе, тектонски покрети дробе пиритску и доносе оловно-цинкову парагенезу у виду штокверка или сочивастих међуслојних тела или минерализације.

Наша ранија проучавања (7, 10), као и ова, истичу полифазност стварања минерализације, што произилази из макроодноса и микроодноса минерала. Као прве постпнеуматолитске творевине наступају арсенопирит, пирит и пирхотин које прожимају рудни минерали. Но поред главних састојака и њихових пратилаца у овим парагенезама се срећу Sn и W без обзира да ли су осматрања обављена у току бушења (1981. год.) на раскопима (N = 9) или на скраћеним језгрима (N = 11).

Калај. Садржај калаја у стенама са раскопа (Точак) крећу се од 0-235 г/т, док у бушотини, која пролази кроз различите орудњене интервале, захватајући разне доводне путеве, остаје у границама садржаја 12—50 г/т. Због косог положаја бушотине и захваћених праваца токова рудних раствора у простору праћен је бочни ореол а не исти интервал по дубини. Јер, уколико се силазило у дубину контролисани су увек други доводни правци. Зато се и није могла да сагледа било каква корелација калаја по дубини. Међутим, на површинском делу или у дубљим нивоима примећује се да у случајевима јаче турмалинизације расте и садржај калаја, али изостаје стална јача веза са минерализацијом

олова и цинка. Уствари, расејавање калаја је општа појава и запажа се местимични пораст садржаја чак и у површинском делу у стенама (Таблица 2).

Таблица 2. Садржај Sn, Cu и однос Cu/Sn у стенама и бушотини БК-10, лежиште Pb-Zn Бабе (Космај) г/т.

Површински раскопи	Sn	Cu	Cu/Sn	Бушотина дубина м	Sn	Cu	Cu/Sn
— кварц — латит	60	10	0,1	1981. год.			
				11—28	12	6	0,5
Силификовани пешчар	60	25	0,4	32—115	32	100	3,1
кварц — турмалинска стена	90	20	0,2	147—388	20	25	1,2
риодацит	—	30		420—488	20	650	32,0
				Бушотина 1982. год.:			
измењена бреча	18	25	1,4	490—	14	2500	179,0
— риолит	20	10	0,5	489,7	—	10	
— кварцлатит	—	10	—	489	50	300	6,0
— кварц				399	14	70	5,0
				78	—	23	
— турмалинисана стена	235	25	0,1	60,4	—	600	

Ако се испита распоред калаја и бакра, под претпоставком учешћа станина, из односа Cu/Sn се открива да њихове вредности остају у интервалу 0.1—170 из чега се види да је карактеристично и опште расејавање калаја по другим минералима. Ниски односи несумњиво откривају присуство расејаног каситерита а високи његово расејавање кроз минерале (сфалерит, халкопирит и др.), посебно станин који је, иначе у траговима, утврђен у површинском делу (13) у тенантиту из турмалинисаних стена. Међутим, пораст садржаја калаја у турмалинисаним стенама и њихово макар и квалитативно корелирање је и овде сасвим очигледно (Таблица 2).

Волфрам. Овај састојак се јавља у садржајима од 0—7000 г/т. Јако је неуједначеног распореда по ширини рудоносне зоне, вероватно и због тога што бушотина пролази кроз различите орудњене правце. Зато се и среће случај да су неке пукотине или међуслојне површине јаче а друге слабије минерализоване. Флуоресцентном контролом утврђен је и оптички потврђен шелит као носилац волфрама.

Шелит је искључиво плаве флуоресценције и јавља се на више начина:

а) У виду ређих и расејаних зрна или млазева оријентисаних по одређеним правцима прслина са пиритом и понекад одвојеним од сфалерита и галенита.

б) са арсенопиритом и пиритом.

У овом другом случају (78 m) је чест и у крупнијим зрнима, величине и до 4 mm. Обично заузима одређене правце. Не захвата масу стене како то иначе чине арсенопирит и пирит а садржај волфрама у руди достиже до 7000 г/т.

Положај шелита је, иначе, јасно одређен његовим микроодносом према другим минералима из парагенезе и основној маси стене (Сл. 3). Основу масе чини ситнозрни кварц и серицитска маса, односно јако серицитисани фелдспат. На основу података хемијске анализе (Таблица 3) види се да је рудна маса, односно стена десилификована, али и да је захваћена неофелдспатизацијом где је однос K/Na = 40,3. У оваквој серицитској и метазоматски измењеној рудној маси налазе се кристали арсенопирита и пирита а такође и кристали или зрна шелита.

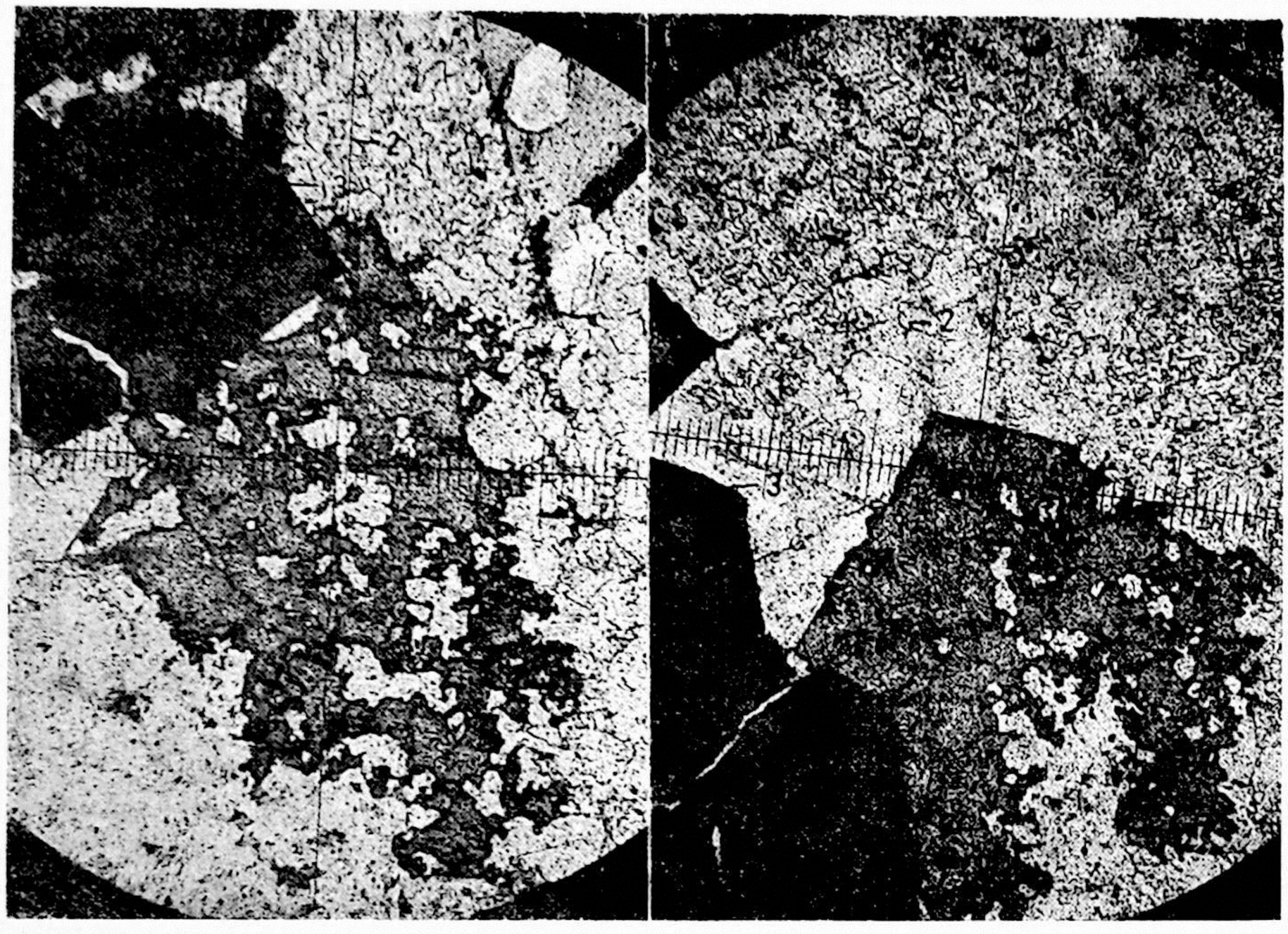
Таблица 3. — Садржај главних састојака и неких микроелемената у шелитоносној стени, лежиште Бабе, г/т.

	%		%
SiO_2	34,33	Na_2O	1,15
Al_2O_3	8,41	K_2O	6,05
TiO_2	0,66	CO_2	0,40
MnO	0,04	S	16,60
Fe (ukupno)	12,60	P_2O_5	4,85
CaO	5,60	H_2O+	7,11
Mgo	2,62	H_2O	0,10
			99,6

Зрна или кристали арсенопирита и пирита су дробљена, кородована а по ободу се ствара лимонит. Око ових минерала јавља се шелит, такође јако дробљен и улази у њихове пукотине. Дробљење шелита се запажа и на зрнима и на бившим кристалима. Кристали, посебно, толико су кородовани каснијим растворима и разнети да се местимично уочавају само њихови калупи. Заостали делови се спајају са очуваним облицима и контурама а међупросторе у таквим „калупима" испуњава кварцно-неофелдспатска, односно серицитска маса (Сл. 3).

Из оваквих односа следи да су Fe-As минерали прве арсенопиритско-пиритске фазе први кристалисали а затим наступа шелит. Иза ове фазе дошло је до тектонског оживљавања, активирања раствора и реакционих промена минерала, међу којима и шелита, и стварања кварцнеофелдспатске масе (калијски фелдспат) која уклапа целу парагенезу заједно са шелитом. Управо иза кварцно-неофелдспатске наступа хидротермална фаза која доноси оловно-цинкову минерализацију. У најмлађе активирање огњишта спада флуоритска фаза када настаје флуорит утискујући се у прслине. Флуоритска минерализација сече неофелдспатско-кварцно-серицитску масу у виду жилица, уклапа све раније створене минерале или се налази у облику острваца, плажа и жилица на правцима дробљења. Углавном, овај фазни редослед сигурно одређује положај шелита у поменутим парагенезама, а стварање минерала и метасоматске промене трају са прекидима или слабљењем у току целог процеса активности огњишта.

Неоспорно је да шелит није свуда заступљен дуж структура, односно дуж профила који косо сече рудоносну серију. Највиши садржаји се срећу у горњим приповршинским деловима орудњене серије. Даље,



Сл. 3. — Шелит у парагенези са сулфидима (арсенопирит, пирит, галенит и кварцно-серицитска основна маса: 1 — шелит, 2 — кварцно-серицитска маса, 3 — сулфиди.

наизменично се појављују различите рудоносне међуслојне површине, прслине или сочива јаче или слабије минерализованих шелитом или његовим потпуним одсуством. Уствари, то су одређени правци продора хидротерми које су више или мање обогаћене волфрамом одлажући шелит у простору — по дебљини серије и њеној дубини, због чега се уочава појава неуједначености распореда и обогаћење на одређеном правцу (78 m). Стога и не може да се говори о порасту садржаја шелита у правцу виших или нижих нивоа, већ о оптималним правцима и бочним ореолима расејавања.

Неопходно је да се истакне да се обогаћење шелитом и каситеритом увек не поклапа у простору. Присутни су, напротив, случајеви где је концентрисање шелита праћено осиромашењем калајем или одсуством овога елемента, што се односи често и на оловно-цинковну минерализацију (Табела 4). Случајна поклапања су такође присутна, јер су правци токова раствора исти, али је одлагање вршено у различитим фазама: калаја у грајзенској и волфрама у арсенопиритско-пиритској фази. Све ово сигурно указује на разлике у времену депоновања и обогаћењу раствора овим елементима са једне и Pb-Zn-Cu са друге стране.

Плава флуоресценција шелита сигурно указује да је магматски заостатак био изразито сиромашан молибденом. Ова појава се потврђује и крајње слабом заступљеношћу молибденита или Mo у парагенезама, јер садржаји Mo не прелазе горњу границу од 15 г/т у овој бушотини.

Таблица 4. — Волфрам, калај, олово и цинк у рудоносним структурама, БК-10, лежиште Бабе, г/т.

Дубина нивоа	W	Sn	Pb	Zn
60,4 m	—	—	120	500
78 m	7000	—	> 1%	200
145 m	100	10	450	—
390 m	—	14	1%	> 1%
479 m	100	—	120	2500
489 m	—	50	> 1%	> 1%
490 m	—	14	> 1%	> 1%

У бушотини БК-11 литолошки састав је сличан, али се јављају разлике у односу на БК-10 нарочито у погледу садржаја и распореда волфрама и калаја.

Калај се налази у ниским садржајима и готово је стално присутан у границама 0—50 г/т. Овако слаба калајноносност парагенеза одражава се и на односу Cu/Sn, при чему ова вредност (N = 9) остаје у оквиру 1,7—12,0. Такви релативно ниски односи ових састојака упућују на количински ниску заступљеност каситерита у присуству халкопирита, док станин није утврђен. Волфрам је расејан и не прелази садржај од 200 г/т а шелит није могао да буде утврђен.

Бушотина БК-12. — Налази се на десној обали Бабске реке, и иако је коса, она готово вертикално засеца рудну минерализацију у неким деловима. Њена дубина досеже 515 m. Према досадашњем познавању ова рудна средина се разликује од претходних (БК-10 и БК-11).

Профил бушотине пролази кроз хумусни покривач и пешчаре са прослојцима глине и прелази у алевролит, затим кроз туфну каолинисану средину, силификоване пешчаре и хидротермално измењене стене са пиритизацијом и расејаном рудном минерализацијом и кварц-латитске жице све до дубине 287 m. Од овога нивоа настају брече са риодацитским везивом, јаком пиритизацијом и минерализацијом флуорита (до 395 m) и са појавом рудне минерализације олова и цинка. Даље се смењују разне врсте пешчара са силификацијом. Срећу се алевролитични пешчари и алевролити такође пиритисани или са расејаном рудном минерализацијом уз појаву фелдспатизације, скарнизације (тремолит и актинолит), турмалинизације, каолинизације, серицитизације, затим карбонатизације (калцит и сидерит) и силификације завршавајући се ситнозрним вулканитом — дацитом. Пиритизација ових стена извршена је у виду жилица, система жилица и гнезда (штокверк).

Према познатим подацима (16) кречњачка средина није откривена а профил претежно пролази кроз еруптивну бречу у којој се налази и најјаче орудњење флуоритом.

Из досадашњих података (15, 16) види се да у минералним парагенезама учествује кварц, фелдспат, сфен, циркон, биотит, серицит, хлорит, алунит, епидот, турмалин, калцит, јарозит и сидерит. Међу рудним минералима најмасовнији је пирит, а затим се налазе сфалерит, галенит, арсенопирит, халкопирит, тетраедрит-тенантит, ретко молибденит, борнит, лимонит, маркасит, халкозин и ковелин у траговима. Присуство свих ових састојака уско је повезано са раније уоченим процесима почев

од високотемпературних до нижетемпературних стадијума. Једино шелит, каситерит и зелени хромни илит (траке и кружни облици) нису били познати као састојци парагенеза у овом делу лежишта и уопште на овоме простору.

Ако се у општим цртама осмотри микросастав минерализованих делова профила бушотине постаје очигледно да су првенствено, не рачунајући олово и цинк, хром и никал, калај и волфрам карактеристични за одређене фазе магматске активности.

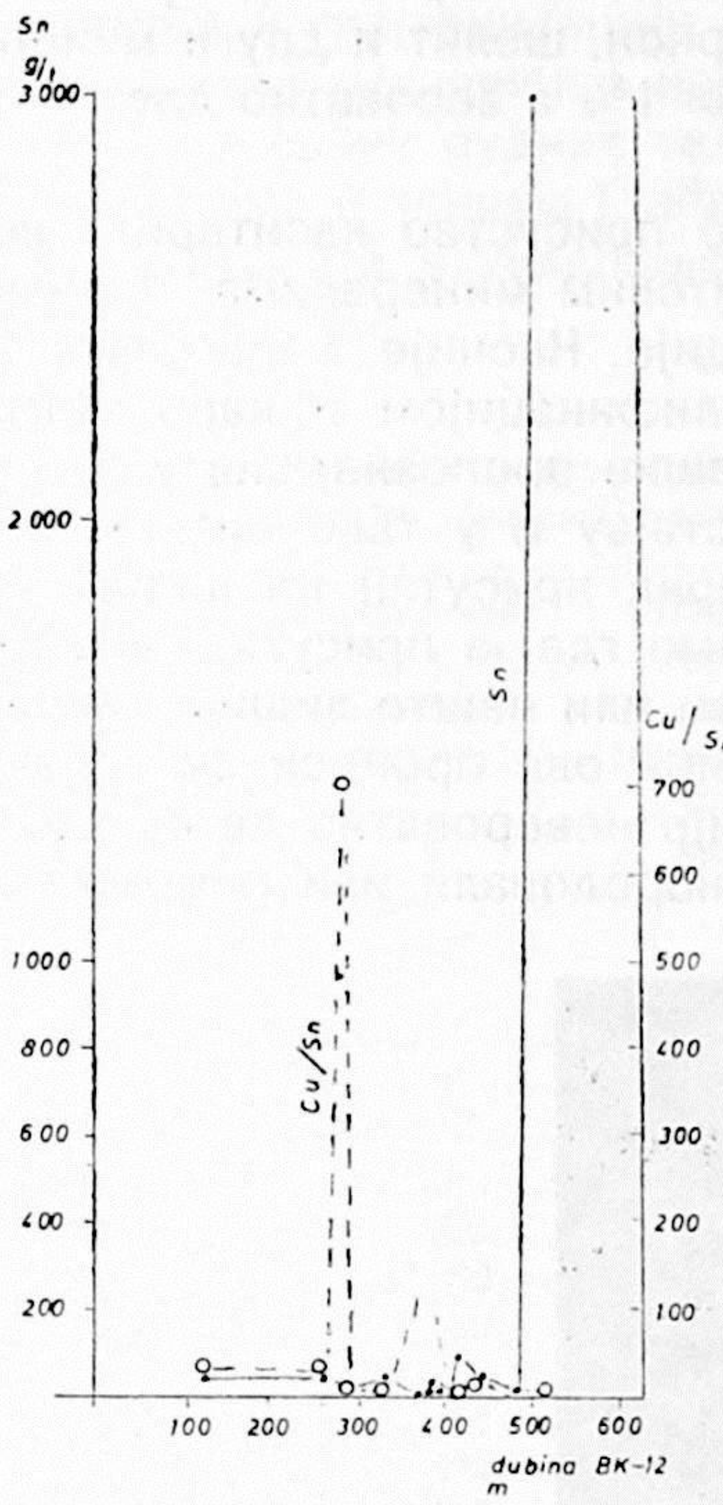
К а л а ј — је утврђен у садржајима од 0—3000 г/т. Његов распоред је крајње неравномеран и почев од изразито расејаног стања достиже местимично висока обогаћења. Све то наглашава претежно неуједначен карактер распореда Sn у Pb-Zn минерализацији истичући расејано стање овога елемента са рудном концентрацијом у најдубљем деловима профила, у пиритисаним стенама, уз преовлађивање Zn над Pb. (Таблица 5).

Таблица 5. — Садржај Sn, Cu и однос Cu/Sn у рудним узорцима Pb-Zn БК-12, лежиште Бабе (Космај)

Дубина	Sn	Cu	Cu/Sn	Pb	Zn
125 m	40	1200	30,00	> 1%	3.500
266 m	40	700	17,5	3000	—
295 m	14	1%	714,2	4500	> 1%
336 m	40	140	3,5	120	120
371 m	—	60		1000	—
382 m	—	5		1400	120
288 m	25	4,5	0,1	40	—
399 m	40	700	17,5	> 1%	> 1%
408 m	15	70	4,6		
416 m	100	600	6,0	> 1%	> 1%
442 m	50	700	14,0	> 1%	> 1%
486 m	15	25	1,6	450	120
502 m	3000	50	0,01	150	1000

Из података (Таблица 5) се виде колебања садржаја Sn са дубином, али се из тога не би могла да успостави нека сигурнија просечна корелација. Неоспорно је, ипак, да се на највећој дубини појављује и највиши садржај овога елемента, као и грајзенизација (502 m). Ова кретања се јасно уочавају још и из односа Cu/Sn чије вредности леже у границама 0,01—714. Такво понашање односа овога пара и изразито обогаћење калајем представља одраз значајног расејавања и местимичног рудног обогаћења. У оба случаја, код снижених вредности овога показатеља и разилажења количинских односа при одлагању ових елемената, сигурно може да се рачуна на присуство каситерита, јаче или слабије расејаног кроз подлогу, или, пак, концентрисаног у најдубљем нивоу. Расејавање калаја и преко других минерала нарочито рудне фазе олова и цинка (халкопирит, сфалерит, галенит, тетраедрит и др.) није искључено ни у овоме случају. Најзад, да би се решило присуство носиоца Sn на овоме простору ближе је проучено најјаче обогаћење (502 m).

Према поменутим подацима (Таблица 6) није било сумње да се у парагенези налази управо минерал калаја. У томе циљу извршена је магнетна и електромагнетска сепарација на фракције. Ове фракције су анализиране на Sn и у њима се јасно запазило концентрисање калаја, (Таблица 6).



Сл. 4. — Понашање садржаја Sn по дубини профила БК-12, лежиште Бабе (Космај).

Основну масу калајноносног вулканита, поред пирита и ређег магнетита, чине карбонати — калцит и сидерит (инфрацрвена анализа). У карбонатној маси, нарочито у фракцији са 5000 г/т Sn, запажена су веома ситна зрна минерала величине 0.1 или мање од 0.1 mm. Овај ми-

Таблица 6. — Садржај Sn у различитим фракцијама, Бабе (Космај), г/т.

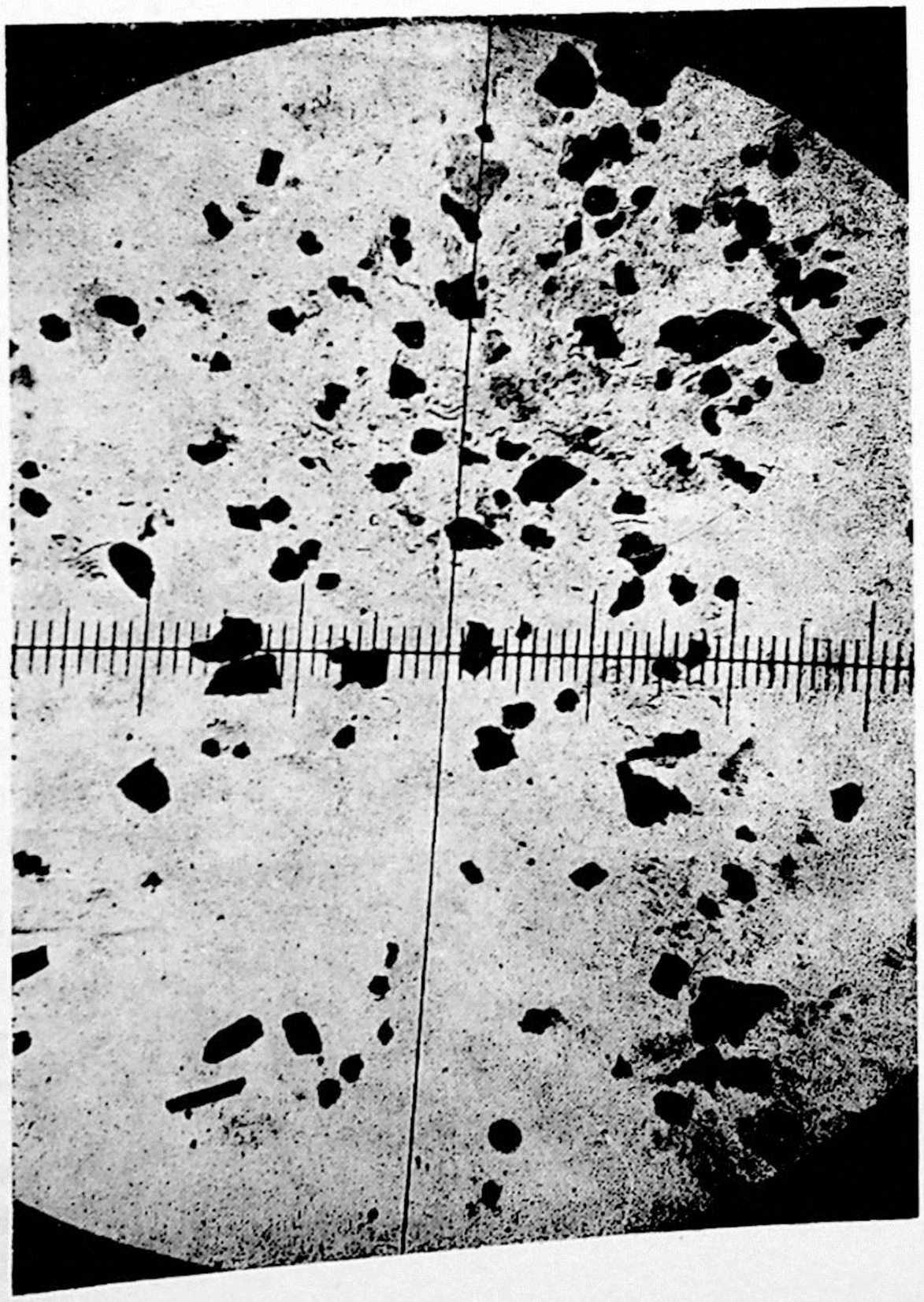
Фракција	Sn	Фракција	Sn
а) Привлачи се на 1,5 а	3000	б) Остаје на магнету при 1,5 а	5000
в) Не привлачи се на 1,5 а (углавном пиритска фракција)	1500	г) магнетит	350
		д) Нефракционисан рудни узорак	3000

нерал је расејан у маси у виду слободних зрна, округластих и изометричних облика а ређе се запажају тетрагонални бипирамидални кристали, иначе слабо изражени. Гроздасти агрегати зрна такође су један од на-

чина појављивања минерала. Сам минерал је мрке боје и са израженим карактеристичним поларизационим бојама каситерита.

Ослобађање зрна и агрегата из карбонатне масе извршено је растварањем калцита у хладној HCl, а загревањем растворен је и сидерит. Одстрањивањем карбоната, зрна и агрегати су остали удружени или смештени у кварцно-серицитској глиновитој нерастворној маси. Поред ових у остатку се сређе турмалин, циркон, шелит и други минерали. Садржај Sn у таквом концентрату прелази 1% а вероватно достиже и више процената (Таблица 6).

Овим путем сигурно је утврђено присуство каситерита који је, с обзиром на парагенезу са пнеуматолитским минералима, производ грајзенизационих процеса и турмалинизације. Касније, парагенеза је захваћена серицитизацијом фелдспата, силификацијом и карбонитизацијом. Утврђени минерал је у таквој маси тешко препознатљив у препаратима стена, нарочито ако је у расејаном стању и у тако ситним облицима. Касније се показало да је овај минерал присутан на ширем простору рудне зоне. То је изражено управо тамо где је присутна јака серицитизација и турмалинизација било у нижим или нешто вишим нивоима, и то у прерудном стадијуму. По свој прилици ови процеси су најјаче наглашени у најдубљим нивоима. С тога, није невероватно да су касније растворі, у рудној или рудним фазама, кородовали или премештали калај



Сл. 5. — Каситерит из концентрата после хемијског растварања карбоната, Бабе (Космај).

или, пак, и каситерит полазећи од изометричних ситнозрних заобљених облика и ретко сачуваног кристалног хабитуса,

Овакви услови стварања каситерита налазе оправдање у откривању високотемпературне асоцијације елемената као што су ниобијум и скандијум. Ови састојци су често карактеристични за каситерит, а присуство магнетита у парагенези са овим минералом ипак говори о високој температури и грајзенизацији која има шири ореол него што то захтевају рудна тела. Налажење каситерита у претежно пиритској минерализацији ван главних рудних тела олова и цинка, уз пиритске и у пиритским агрегатима и зрнима (Таблица 7), неоспорно потврђују прерудно наступање каситерита а уклапање кварц-серицитском масом искључује свако друго тумачење.

Таблица 7. — Микроелементи у фракцијама узорка са каситеритом у лежишту Бабе, БК-12, 502 m, (Космај) г/т

Привлачи са на 1,5 а	Не привлачи се на 1,5 а (углавном пирит)	Остаје на елек. магн. на 1,5 а; карб. и др. (сидерит, калцит са зрнима магнетита)	Магнетит	Концетр. касит. после хемијс. раствора; са кварцно-сериц. масом и са ређим карб. (свега 1/4 од потребне кол. за анализу)
1	2	3	4	5	6
Sn	3000	1400	5000	350	> 1%
Mg	1%	300	3000	100	~ 1%
Mn	2500	80	1	220	200
Pb	15	60	15	40	—
W	—	—	—	—	800
Ba	4	11	—	11	—
Fe	> 1%	> 1%	> 1%	> 1%	~ 1%
Al	> 1%	1400	1%	2500	> 1%
Ti	1100	200	300	230	3000
Nb	—	—	—	—	110
Be	—	—	10	—	—
Ca	1%	1400	> 1%	300	1400
V	120	14	14	10	200
Cu	170	16	16	170	70
Ag	2	1,5	2,5	3,5	—
Y	50	75	170	50	15
Zn	1000	200	2000	900	—
Ni	140	400	180	800	10
Co	10	30	40	30	—
Sc	34	—	50	—	120
Zr	—	—	—	—	45
Cr	40	2,5	6	14	14
La	25	—	45	45	—
Ba	30	—	25	—	180
Sr	90	90	25	—	30

Најзад читав низ присутних састојака у концентрату каситерита као што су Mg, Al, Fe, Ti, Ca, V, Zr, Cr, W и други углавном долазе од

минералних састојака примешаних у концентрату. Но ипак се јасно запажа да изостају елементи рудних минерала као Zn, Pb, Ag, осим Cu.

Волфрам и шелит. — Поред каситерита, посебно обележје овоме делу рудне зоне даје и појава волфрама, односно шелита. Садржај овога елемента се креће 0—2500 г/т. Главни носилац волфрама је и овде шелит.

Шелит је плаве флуоресценције и неуједначено је распоређен у орудњеним и пиритисаним стенама, односно вулканским бречама. Јавља се у зрнима величине и до 2 mm, у жилицама или су зрна јако ситна и расејана. Удружен је са флуоритом и старији је од њега, а прати га и зелени хромни илит. Некада је шелит у јачим концентрацијама или се смешта дуж прслина у пиритској маси.

Таблица 8. — Волфрам и Sn у рудоносним структурама Pb-Zn лежишта Бабе (Космај) г/т

Бр. узор. (дубина буш.)	W	Sn	Pb	Zn
125 m	—	40	> 1%	3500
295,6 m	—	14	4500	> 1%
266 m	2500	40	3000	—
336 m	250	40	120	120
371 m	1400	—	1000	—
382 m	2500	—	1400	120
399,4 m	—	40	> 1%	> 1%
388 m	400	25	40	—
416 m	250	100	> 1%	> 1%
440,8 m	—	15	4500	> 1%
442,3 m	—	50	1%	> 1%
486 m	тр. (100)	15	450	120
~ 502 m	тр. (100)	3000	150	~ 1%

Распрострањеност волфрама или шелита и ван рудне минерализације олова и цинка, као и других корисних састојака руде, односно у пиритским парагенезама, упућује на закључак о ширем просторном захвату хидротерми него што се то ограничава оловно-цинковим ореолима рудне минерализације или главних рудних тела. Овакве особине рудне зоне постају опште за све њене делове у смислу геохемијске асоцијације елемената.

ЗАКЉУЧАК

Изучавајући распоред калаја и волфрама у вулканогено-седиментној серији, у стенама и рудама, из малог броја бушотина, за сада може да се закључи следеће:

1. Ова испитивања су ограниченог домета услед захватања мање површине рудне зоне. Ипак, као њихов основни резулат истиче се сигурно одређивање до сада непознатних минерала у рудној зони, носилаца калаја и волфрама-каситерита и шелита — и њихове генезе. Поред тога, откривен је низ других елемената у сулфидима као што су Cd, In

(до 1200 г/т), Tl (до 1700 г/т), Ag (до 2000 г/т) и Bi (до 5000 г/т). Запажена су такође и нагомилања зеленог хромног илита (зоне и траке) везаног за хидротермална дејства на ултрабазичну подлогу у дубљим нивоима или су пореклом од фрагмената ултрабазита у седиментној серији.

2.Распоред калаја (0—3000 г/т) условљен је процесима грајзенизације вулканита и седиментне серије. Калај, односно каситерит, кога региструје и однос Cu/Sn, прати турмалинизација стена од којих је овај процес млађи а само се случајно поклапа са иначе млађом рудном минерализацијом Pb и Zn. Ове генетске разлике су условљене истим или блиским правцима токова раствора (структуре) а каситерит и Pb-Zn минерализација одлагани су у различитим фазама и временски периодима. Процеси грајзенизације су изражени у виду ширег ореола у простору него што је то случај код јаче локализоване рудне минерализације Pb и Zn. При томе су калајноносни ореоли више везани за интензивну и јако раширену прерудну пиритизацију, што такође није законитост.

3. У случају да се подлога по калајноносности контролише вертикално, по дубини, утврђује се позитивна корелација пораста садржаја Sn са повећањем дубине ($r_1 = 0{,}73$). Међутим, такве појаве нису посматране код оних примера где бушотине косо пресецају серију откривајући на профилу нове рудне интервале а седиментну серију и вулканите секу по дебљини. Из тога произилази оправдана немогућност праве корелације по дубини. Јер, то би била више контрола бочног ореола а не би се односило на исти интервал у дубљим нивоима. Уствари, реч је о различитим правцима токова раствора од центра довода. Ипак, на највећој дубини (502 m, БК-12) откривено је најјаче обогаћење каситеритом (0,3% Sn) праћено пиритом, турмалином, траговима шелита, магнетитом и др.

4. Распоред садржаја волфрама (до 0,7%) у простору се не поклапа увек са повишеним садржајем калаја. Ако се шелит налази са рудном минерализацијом, обично се издваја у виду жилица и нагомилања са пиритом и арсенопиритом. Ближом анализом парагенетских односа открива се да је шелит кристалисао после пирита, арсенопирита и пирхотина. Захваћен је новом фазом магматске активности — неофелдспатизацијом која је кородовала кристале и разарала их до скелетних остатака запуњавајући кородоване делове кварц-фелдспатском масом, касније претвореном у кварц-серицитску.

5. Овакви односи и положај каситерита и шелита откривају вишефазност у стварању парагенеза у рудном пољу, тако да се високотемпературна фаза препознаје и по скарнизацији од које је значајнија грајзенизациона фаза која је донела калај, односно каситерит. Тектонска оживљавања и нова фаза одлаже прерудну формацију минерала — пирит, арсенопирит, пирхотин и шелит. После ове наступа нова фаза калијске метасоматозе — неофелдспатизација. Ова истиче оживљавање магматгског огњишта и захвата старије генерације минерала, између осталих каситерит и шелит, иза које наступа рудна фаза (Pb, Zn, Cu, Sb, As и др.) са прекидима и новим оживљавањима у времену. Активност се изгледа завршава флуоритском фазом и нискотемпературном формацијом елемената и минерала (карбонати и др.). У време ових процеса до-

лази до различитих хидротермалних претварања и стварања нових минерала (серицитизација, јарозитизација и др.).

6. У току ових реакционих процеса могло је да дође до кородовања слободних зрна каситерита, ван кварц-серицитске масе у којој углавном леже, преношења Sn и W растворима, стварање незнатних количина хидротермалног каситерита и млађег шелита или других минерала Sn и W, као и до уклапања каснијим карбонатима на месту — калцитом и сидеритом. О овоме сведоче заобљени облици зрна каситерита и разарање зрна и кристала шелита. Ситнозрна грађа агрегата каситерита указује и на краће одржавање високих температура при њиховом стварању.

7. Овакве парагенезе означавају да је долазило до пулсације активности магме, односно магматског огњишта. Магме је одликовао кисели карактер хемијског састава а по парагенезама, које се срећу, геохемијски се повезују са ширим регионом Шумадије (Рудник). Разлике, које су ипак видљиве, зависне су од геолошке средине, структурних особености и геохемијских услова присутних у времену честих пулсација магматске активности.

Предато за штампу 6. VI 1984.

Рецензент др Зоран Максимовић
дописни члан САНУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсенијевић М., 1965: — Одраз генетских услова на промену односа Ga/In у сфалериту-марматиту низа оловно-цинкових лежишта, Симпозијум за геохемију — Београд.
2. Арсенијевић М., 1969: — Општи преглед распореда садржаја ретких и других микроелемената у главним сулфидним минералима неких оловно-цинкових лежишта Југославије, Радови Геоинститута, књ. 5, Београд.
3. Арсенијевић М., Ћебић В., 1971: — Волфрам у рудоносној структури „Језеро" Pb-Zn лежишта Рудник, Радови Геоинститута, књ. 7, Београд.
4. Арсенијевић М., 1971: — Ретки и други микроелементи у главним сулфидним минералима оловно-цинкових лежишта Рудник, Фсд. Геоинститута Београд и Фсд, и рудника „Рудник".
5. Арсенијевић М., 1981: — Проучавање распореда и услова концентрисања и могућности валоризације пратећих метала у рудама рудничког рудног поља, ФСД. Геоинститут и ФСД. Рудника „Рудник".
6. Арсенијевић М., 1979: — Геохемијске особине Fe-Cu сулфидног оруђења у дијабазима Толишнице, Радови Геоинститута, књ. 13, Београд.
7. Арсенијевић М., 1983: — Распоред ретких елемената и геохемијско-генетска обележја Pb-Zn минерализације на подручју Бабе (Космај) Фонд стручне документације Рудник, СИЗ за геолошка истраживања региона Београд.
8. Барјактаревић Д., Николић А., 1971: — Завршни извештај о истраживању оловно-цинкових рудних минерализација у рудном подручју Космај-Бабе, ФСД, Рудник „Рудник".
9. Вукашиновић С., 1974: — О истраживању узрочника аеромагнетске аномалије Космај-Барајево и проучавање могућности откривања скривених рудних лежишта у домену аномалије, Фонд стручне документације Геоинститута, Београд.
10. Вукашиновић С., Стојановић Р., Покрајац С., Арсенијевић М., Михаиловић Н., 1975: — О истраживању узрочника аеромагнетске аномалије Космај-Барајево и проучавање могућности откривања скривених рудних тела на подручју рудног поља Бабе (Космај) ФСД. Геоинститут, СИЗ за науку СР Србије, Београд и ФСД. Рудник „Рудник".

11. Луковић С., 1958: — Геолошко-петролошка студија Космаја, Глас. прир. музеја, серија А. књ. 10. Београд.

12. Радуловић П., 1977: — Извештај о геолошким истраживањима у 1976. год. на задатку „Детаљна истраживања подручја аеромагнетске аномалије Космај-Барајево, Губеревац, ФСД. Геоинститута, Београд.

13. Радуловић П., 1979: — Извештај о истраживању олова и цинка на лежишту Бабе у 1979. години, ФСД. Геоинститута, Београд.

14. Радуловић П., 1981: — Извештај о истраживању олова и цинка у лежишту Бабе у 1980. години., ФСД. Геоинститута, Београд.

15. Радуловић П., 1982: — Извештај о истраживању олова и цинка у лежишту Бабе у 1981. години., ФСД. Геоинститута, Београд.

16. Радуловић П., 1980: — Анализа и критичка оцена досадашњих геолошких истраживања металичних минералних сировина на територији Београда и програм даљих истраживања (С. Покрајац и М. Арсенијевић: Поглавље о анализи и критичкој оцени досадашњих геохемијских истраживања на рудном пољу Бабе), ФСД. Геоинститута, Београд.

Милорад Арсенијевић

ОЛОВО И ВОЛЬФРАМ В СВИНЬЦОВО — ЦИНКОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИЮ БАБЕ (КОСМАЈ, СЕРБИЯ)

Месторождение Pb-Zn находится в породах меловой формации (алевролити, песчаники, известняки, мергел и др.) прорванних, третичним вулканитами (игнимбрити, кварц-латити, риолитовие брекчии, риолити, риодацити) и в третичних отложениях (миоцен). Породи затронутые скарнизацией, грайзенизацией (турмалинизация) и алтерационим процесами (серинитизация, силификация и др). В этих условиях исследованием выявленое присуствие Sn и W.

Олово является в содержаниях от 0—3000 г/т. Его распределение в породах и в минерализации Pb-Zn, исследованно на обрасцах из несколько бурових скважин, очень неравномерно. По этому и каситерит находится в состоянии расеивания и только редко переходит почти в руднье концентрации (0,3% Sn). На вертикальному столбе скважинь вьраженна значительная коррелация ($p_1 = 0,73$) между содержанием Sn и глубини (в метрах).

Каситерит встречается в форме мелких зерен около 0,1 мм или обыкновнено меньше чем 0,1 мм. Эти изометрические зерна с редкими тетрагональними бипирамидами, сопровождаемие турмалином, позжим шелитом и пиритом и в тот же парагенезисе резко неравномерной минерализации Pb — Zn. Мелкозернистний каситерит вобщем ассоцирует с кварц-серицитом которие инклудыированные карбонатами (сидерит, кальцит). Между чысленым микроелементами присуствующим в касситерите (Таб. 7) встречаются ниобий и скандий.

Вольфрам достигает содержание до 7000 г/т и является в виде шелита вместе с пиритом, арсенопиритом и пиротином. Шелит заполняет трещины а тоже соприкасается по егзоконтакту с зернами этих сульфидов. Зерна или кристали шелита кородированны в следующей фазе, в следствии чего создались их остаточнье скелетнье форми заполненые

кварцом и калиевим полевьм шпатом полностю серицитизированным в ходе алтерационньх процесов. Наступающее пульсированние гидротермалних растворов принесло в тоже самых структурах Pb — Zn минерализацию в глобальном смисле. Эта рудная минерализация Pb — Zn часто не накладьвается к накоплениям лыбо каситерита или шелита. Последняя фаза закончилась накоплением флюорита захватывая весь рудньй парагенезис. Трещиноватость сульфидных минералов всех фаз свидельствует об тектонической активности которая вызивала, между прочим, и поникновение новьх порций гидротермальных растворов в связи с влиянием магматических активностей.

Каситерит и шелит не следят всегда друг друга в минерализованных структурах. Причины этого явления состоятся в различных фазах их отложения тоже как и в случае свиньцово-цинковой минерализации.

В обстоятельстве деиствий реакционных процесов можно ожидать и какои то перенос олова или вольфрама в незначительньх количествах и кристализацию более молодого каситерита и шелита, даже и других минералов олова и вольфрама(?).

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Nikola Trifunović

UDK 553.2 (497.11)
Originalni naučni rad

PRILOG TUMAČENJU GENEZE MAGNEZITA I HROMITA U ULTRAMAFITSKIM KOMPLEKSIMA (KOPAONIKA I GOLIJE) I MIOCENSKIM SEDIMENTIMA (BALJEVAČKI I RVATSKI BASEN)

(sa 1 slikom)

Istraživačka delatnost o ovoj problematici datira još od 1952. godine mada još ni danas geneza magnezitskih ležišta nije razjašnjena.

Među prvim istraživačima kod nas je bio prof. M. I l i ć (1952.) koji je smatrao da magnezitska ležišta Bela Stena »pripada izvesnom naročito vrlo retkom tipu magnezitskih ležišta. Tu se zapravo radi o jednom hidrotermalno-sedimentnom tipu magnezitskih ležišta«.

Ovakvu genezu magnezitskih ležišta u slatkovodnim miocenskim basenima prihvatilo je veliki broj istraživača kao što su M. M. I l i ć (1964, 1969 i 1982.), Z. M a k s i m o v i ć i A. D a n g i ć (1974) i drugi.

Prof. B. V a k a n j a c i koautori (1982) smatraju da se žični tip magnezitskih ležišta u ultramafitima može uvrstiti u »hidrotermalno — metamorfni« tip ležišta. Pri čemu su se magnezitske žice formirale u nekoliko stadijuma »iz metamorfnih mineralizovanih rastvora«.

Na osnovu aerogeofizičkih ispitivanja i geoloških opservacija terena između Kopaonika i Golije došli smo do zaključka da na izvesnoj dubini, pravca istok — zapad, postoji subvulkanski intruziv najverovatnije granodioritskog sastava utisnut duž široke razlomne zone Kopaonik — Golija (V u k a š i n o v i ć S. i T r i f u n o v i ć 1983). Ova zona doprinela je razvoju tercijarnog magmatizma i nastanku novih metalogenetskih procesa na širokom prostoru u samoj zoni i po obodu ove dislokacije.

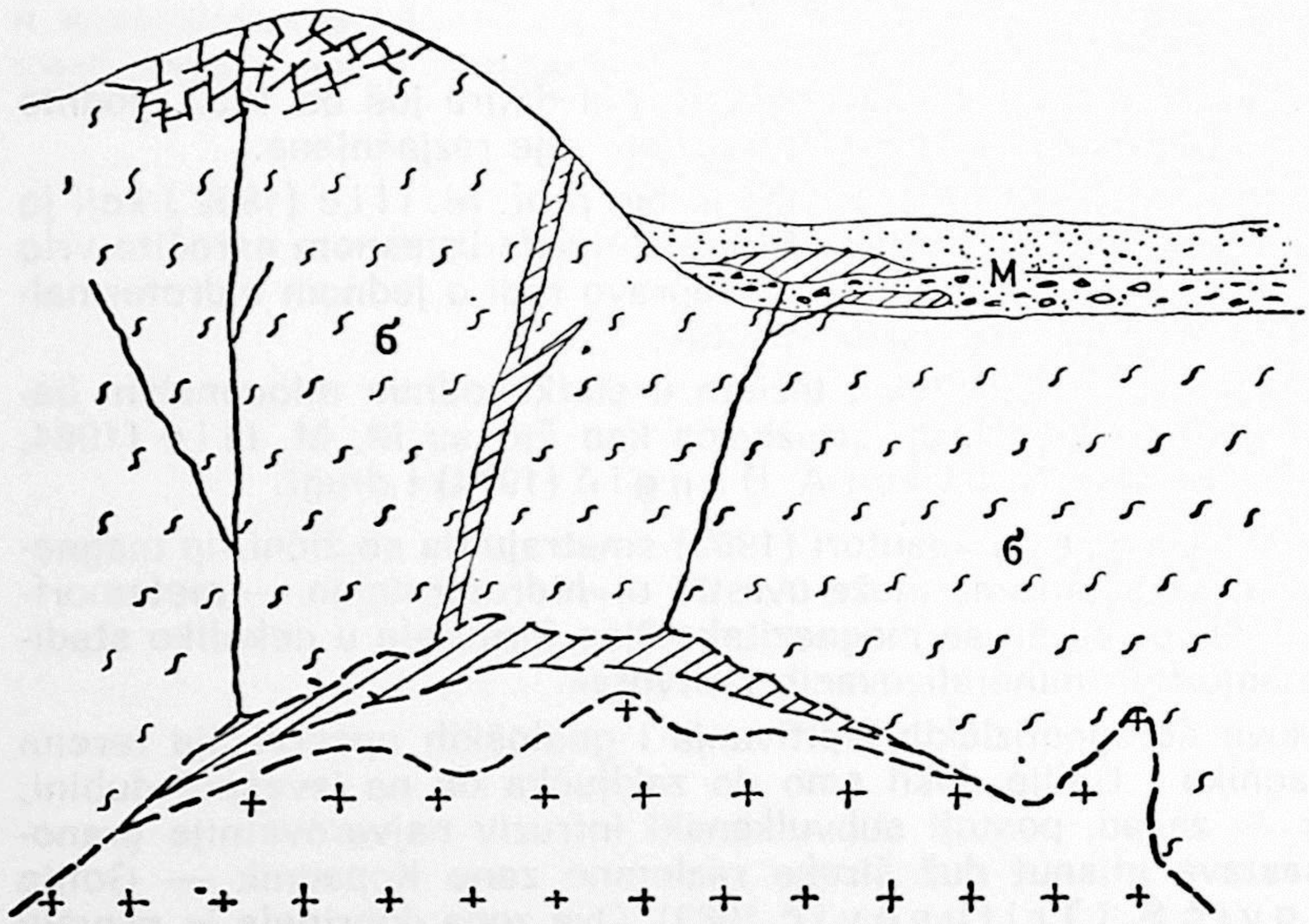
Geološku građu terena u domenu ove razlomne zone uglavnom čine kao najstariji ultramafitski kompleksi koji predstavljaju osnovni jedini i neophodan izvor za postanak magnezitskih i hromitskih ležišta u ovom regionu.

Takođe ovu razlomnu zonu izgrađuju mlađi vulkaniti dacitoandezitskog sastava, a u priličnoj meri su prisutni i krečnjački kompleksi stena koji su verovatno mogli biti izvor neophodnog kalcijuma pri stvaranju magnezitsko-dolomitskih tvorevina. Treba istaći postojanje miocenskih jezerskih sedimenata u Baljevačkom, Piskanskom, Rvatskom i Gradačkom basenu. Vidno

Adresa autora: Geoinstitut, Rovinjska 12, Beograd.

učešće u geološkoj građi ovog terena imaju i druge litološke jedinice koje neće biti pomenute ovom prilikom.

Na kontaktu intruzivnog granodioritskog tela i ultramafitskih stena vrše se metamorfne promene usled visoke temperature i velikog pritiska. Ovi faktori prouzrokuju mobilizaciju magnezijuma, hroma, gvožđa, kalcijuma i drugih elemenata iz okolnih ultramafitskih stena. U samim apikalnim delovima intruzivne mase nalaze se lako pokretljivi hidrotermalni rastvori koji potpomažu razaranje okolne stenske mase i vrše prevođenje, frakcionim odnosno selektivnim topljenjem pojedinih elemenata u rastop. Nakon ovako dobijenog rastopa (obogaćenog Mg, Ca, Fe, Cr, Mn i dr. u površinskom delu intruzivane mase) dolazi do gravitacione diferencijacije tj. izdvajanje rastopa u obogaćene zone. U gornjem delu rastopa nalazi se kao specifično lakši magnezijum a i kalcijum u obliku karbonata. U dubljim nivoima stvara se zona obogaćena oksidima Cr i Fe. Važno je napomenuti da je poreklo vode u ovoj kontaktnoj zoni, pre metamorfnih procesa, me-



Šematski prikaz jednovremenog stvaranja magnezitskih orudnjenja

SUBVULKANSKI INTRUZIV

MIOCENSKI JEZERSKI SEDIMENTI

ULTRAMAFITSKE STENE

PUKOTINE

RUDNE POJAVE MAGNEZITA:

ŽIČNOG TIPA

SLOJNE I SOČIVASTE

MREŽASTE

SEGREGACIJA HROMITA I MAGNEZITA

Sl. (Fig) 1

teorsko i juvenilno, a kao rezultat kontaktnih promena ona dobija metamorfne osobine. Drugim rečima vrši se segregacija rezidualnog rastopa praćena gravitacionom diferencijacijom. Isto tako je evidentno izdvajanje rudnih rastopa kao posledica limitiranog mešanja sa silikatnim rastopom.

Ovako obogaćen rastop magnezijum karbonatom zatim hromitom (oksidi Cr i Fe) sada predstavlja glavni izvor za stvaranje žičnih, mrežastih i sočivasto-slojevitih rudnih tela magnezita (sl. 1) kao i rudnih tela hroma u ultramafitskim kompleksima. Ovako oplemenjena žitka masa u vrhu intruzivnog tela koristi dislokacione linije, veće pukotine i rasede, probija se u jezerske sedimente stvarajući konkordantne slojeve i sočiva magnezitskih rudnih tela. U samim ultramafitskim stenama stvaraju se veća i manja magnezitska ležišta žičnog tipa. Postanak mrežastih magnezita povezao bi se spletom pukotina i prslina pripovršini u ultramafitima. Ovde se magnezit javlja u vidu spleta tankih i kratkih žica i prožilaka dopirujući i do 50 m dubine od površine. Isto tako je dovodni kanal neka od disjuktivnih struktura tj. pukotina ili rased.

U blizini kontakta intruziva i okolne stene obrazuju se u drugoj fazi hromitska rudna tela, koja mogu biti utisnuta u ultramafitske stene u zavisnosti od pritisaka i tektonike koje poseduju intruzivna masa i okolne tvorevine. Takođe je moguće da ogromna masa hromita ostane i očvrsne u obodu dubokog intruziva.

Tumačenje nastanka trakastih zona hromita u periodotitskoj kontaktnoj masi tumači se kao posledica ritmičkog termičkog uticaja magme iz intruzivnog tela.

Nekoliko činjenica koje su dovele do saznanja o ovakvom načinu nastanka magnezita a i verovatno hromita u peridotitima biće ovde navedene.

— Aerogeofizički i geološki je potvrđeno postojanje intruziva između Kopaonika i Golije.

— Postojanje široke razlomne zone pravca istok — zapad, odnosno istog pružanja sa magnezitskim žicama u zimovničkom periodotitskom masivu.

— U zimovičkoj zoni otkriven je veči broj pojava hromita poređenih u nizu istok — zapad.

— Magnezitske žice su po obodu obogaćene silicijumom.

— »Kiseonik iz magnezita čiji je izotopski sastav analizirani pokazuje osobine smeše kiseonika iz konatne (metamorfne) i neke mineralizovane vode, najverovatnije površinskog porekla« (lit. br. 2).

— Rudna tela se uvek javljaju na onim mestima gde su postojali rasedni putevi za njihovo dovođenje iz kontaktnih zona.

— Postojanje ultrabazičnih stena u podini jezerskih sedimenata Baljevačkog basena je utvrđeno dubokim bušenjem.

— Ustanovljeni gravimetrijski maksimum u Baljevačkom miocenskom basenu, u blizini pojave magnezita u Beloj Steni, verovatno ukazuje na postojanje većih hromitskih tela ispod ili u ultramafitskim kompleksima u podini miocenskih sedimenata.

— Na osnovu mineraloških ispitivanja uzoraka magnezitske rude konstatovano je prisustvo minerala koje ukazuje na postojanje povećane temperature pri njihovom stvaranju (borni mineral haulit, D. S t o j a n o v i ć 1967.).

— Spektrohemijskim analizama utvrđeno je prisustvo u tragovima olova (2—10 ppm) i žive (40—600 ppb).

Na osnovu svega ovoga realno je očekivati nova otkrića ležišta magnezitskih rudnih tela i to žičnog tipa u ultramafitskim stenama a slojevito — sočivastog tipa u tercijarnim sedimentima.

S obzirom na prostornu povezanost hromita sa magnezitom treba početi geološko-geofizička istraživanja hromita u ultramafitskim stenama koji je smešten u dubljim delovima ultrabazičnih stena, pa ih još uvek recentni erozioni procesi nisu zahvatili.

Predato za štampu 24. V 1984. Recenzent Dušan Joksimović

LITERATURA

1. Bilibajkić P., 1977: Izveštaj o detaljnim gravimetrIjsko-geomagnetskim ispitivanjima na lokalitetu Bela Stena. Fond stručne dokumentacije Ceozavoda, Beograd.
2. Vakanjac B., Petrović B., Tomanec R., Starostin V. I., 1982: Model hidrotermalno metamorfnog obrazovanja žičnih magnezitskih ležišta. Zbornik radova sa X jubilarnog kongresa geologa Jugoslavije, knjiga II.
3. Vukašinović S., 1976: Izveštaj o aeromagnetskim ispitIvanjima na terenu JZ Srbije. FSD Geoinstituta, Beograd.
4. Vukašinović S., Jović P., 1977: Izveštaj o regionalnim aeromagnetskim ispitivanjima na području između Ibra, Zapadne i Južne Morave. FSD Geoinstitut, Beograd.
5. Vukašinović S., Trifunović N., 1983: O rudnoj i geotermalnoj perspektivnosti Baljevačkog miocenskog basena sa okolinom, Zapisnici Srpsko-geološkog društva.
6. Grbović M., 1978: Izveštaj o geoelektričnim ispitivanjima u širem području magnezitskog ležišta »Bela Stena« — Baljevac na Ibru. Fond stručne dokumentacije Geozavoda, Beograd.
7. Ilić M., 1982: O uslovima stvaranja magnezita i dolomita u slatkovodnim miocenskim basenima Unutrašnjih Dinarida. Zbornik sa X jubilarnog kongresa geologa Jugoslavije, knjiga II.
8. Ilić M., 1952: Magnezitska ležišta Bela Stena, Zbornik radova geološko-rudarskog fakulteta sv. 1.
9. Ilić M. i Milovanović D., Geologija za rudare II deo.
10. Janković S., Ležišta mineralnih sirovina — geneza rudnih ležišta
11. Joksimović D., Jovanović D., 1978: Izveštaj o osnovnim istraživanjima magnezita u Trnavskom periodtiskom masivu i Jaradolskom i Rvatskom tercijarnom basenu, za 1978. Fond stručne dokumentacije Geozavod, Beograd.
12. Stojanović D., 1966: Haulit iz Jaradolskog tercijarnog basena, VI Savetovanje geologa — Ohrid.
13. Trifunović N., 1983: Geofizička ispitivanja u okviru izveštaja o istraživanju olova i cinka u području Sastavaka i Kozje Glave u 1983. god. Fond stručne dokumentacije Geoinstitut, Beograd.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE INTERPRETATION OF MAGNESITE AND CHROMITE GENESIS IN ULTRAMAFITE ROCKS OF KOPAONIK AND GOLIJA MOUNTAINS AND IN MIOCENE SEDIMENTS OF BALJEVAC AND RVATI BASINS

by
Nikola Trifunović

The paper is a result of recent geophysical explorations and geological observations carried out in the region of the Ibar Valley, and an interesting genetic model for magnesite and chromite occurences appearing in ultramafite rocks is presented.

Based on geophysical data and supported by geological evidences, a subvolcanic intrusive mass is discovered in the area located between the Kopaonik and Golija Mountains.

Due to the presence of such a geological body intruded into rocks of this area an explanation is given for the genesis of Mg and Cr ores and a possible machanism of phenomena involved in the formation of these ore deposits.

RADOVI Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
PROCEEDINGS of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Vladan Simić i
Stanislav Višić

UDK 550.3:553
Stručni rad

GEOFIZIČKA ISPITIVANJA U PROCESU GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA MINERALNIH SIROVINA

Ključne reči: geofizika, projektovanje, rudni rejoni

U ovom radu iznosi se koncepcija realizacije geofizičkih ispitivanja mineralnih sirovina u narednom periodu.

Polazeći od kratke analize dosadašnjih radova na geofizičkim ispitivanjima regionalnog karaktera, ističe se nekoliko osnovnih principa pri projektovanju, kao što su, faznost u radu, kompleksnost i efikasnost u zavisnosti od ciljeva i etapa geoloških istraživanja i kategorija rudnih rezervi kao krajnjeg cilja svake etape. Pri tome se definiše i bliži cilj samih geofizičkih ispitivanja polazeći od perspektivnih formacija i modela strukturnog sklopa ispitivanog prostora do modela rudne pojave i ležišta. Za svaku etapu osnovnih i detaljnih geoloških istraživanja dati su kako kompleks metoda po vrstama, gustini mreže, rezultatu tako i veza sa metalogenetskim izučavanjima i mogući konkretan doprinos zavisno od lokalnih uslova i karakteristika radnih rejona. Na kraju ističe se da se predložena sistematizacija osnovnih oblika geofizičkih ispitivanja može uspešno koristiti pre svega za optimalno planiranje geoloških istraživanja i isključivanje ili svođenje na najmanju meru subjektivizma pri projektovanju, kao i perspektivno planiranje geofizičkih radova i izbor optimalnih organizacionih formi pri istraživanju i interpretaciji rezultata.

UVOD

U procesu geoloških istraživanja mineralnih sirovina i to kako u etapama osnovnih tako i detaljnih istraživanja, geofizička ispitivanja imaju svoje mesto. Kako u svetu tako i u nas geofizička ispitivanja čvrstih mineralnih sirovina izvode se sa manjim ili većim uspehom, pri neznatnom ili značajnom obimu radova, uz kraće ili duže prekide i stalne metodološke inovacije već preko 30 godina. Bilo je geofizičkih ispitivanja metaličnih mineralnih sirovina uglavnom (Cu, Pb, Zn, Sb) i u ranijem periodu, samo u tako malom obimu da ne zavređuje pažnju.

U poslednjih nekoliko godina u Srbiji dolazi do definisanja osnovnih pojmova istraživanja mineralnih sirovina. Pri tome od najvećeg značaja je definisanje etapnosti osnovnih geoloških istraživanja i definisanje osnovnih kontura projekata ovih istraživanja. S tim u vezi je proces metalogenetskih izučavanja i definisanje rudnih rejona. Ovo poslednje bilo je moguće zahvaljujući i već izvedenim regionalnim geofizičkim ispitivanjima različitog karaktera.

Adrese autora: Geoinstitut, Rovinjska 12, Beograd.

DOSADAŠNJA ISPITIVANJA

Na teritoriji SR Srbije van SAP u proteklom periodu izvedena su geofizička ispitivanja regionalnog karaktera koja su veoma značajna jer doprinose utvrđivanju i razjašnjenju građe zemljine kore, geološko-strukturnih odnosa i izdvajanju rudnih rejona i perspektivnih geoloških formacija. Do sada su izvršena sledeća regionalna geofizička ispitivanja:

— aeromagnetska ispitivanja (S. V u k a š i n o v i ć) su obuhvatila čitavu teritoriju po mreži profila međurastojanja od 2 km, a nazemna magnetska (D. B i l i b a j k i ć i dr.) sa gustinom tačaka 1 tač/5 km^2,

— gravimetrijska ispitivanja (P. B i l i b a j k i ć i dr.) su tako isto zahvatila čitavu teritoriju SR Srbije pri gustini od 1 tač/10 km^2 a znatan deo prekriven je gustinom tačaka merenja 1—2 tač/km^2,

— radiometrijska ispitivanja (M. P e t r o v i ć) su prekrila oko 30% teritorije SR Srbije primenom aeroradiometrije po mreži profila na međusobnom rastojanju 200—300 m. Korišćenjem savremenog aerogamaspektrometrijskog uređaja (M. M i l o j e v i ć) prekriveno je samo oko 10% teritorije, skoncentrisane u istočnoj Srbiji,

— duboka seizmička sondiranja (T. D r a g a š e v i ć i dr.) su izvedena duž četiri odabrana profila koji presecaju teritoriju SR Srbije pravcem JZ—SI,

— duboko geoelektrično sondiranje (B. M i l a n o v i ć i dr.) je izvedeno duž 10 profila koji presecaju teritoriju SR Srbije pravcem istok — — zapad, po približnoj mreži (20—50) km x (1—3) km.

Sva ostala ispitivanja regionalnog karaktera kao što su reflektivna seizmička ispitivanja potencijalno naftonosnih i ugljonosnih basena, aeromagnetska i nazemna magnetska ispitivanja perspektivnih terena na gvožđe i druge sirovine, zatim gravimetrijska ispitivanja područja sa sulfidnim ležištima (ist. Srbije i dr.) kao i regionalna ispitivanja primenom metode izazvane polarizacije (Šumadija i dr.), obuhvatala su većinom znatno manje površine terena i po pravilu nisu prekrivala niti rudni rejon niti perspektivnu formaciju. Ova regionalna ispitivanja za razliku od prethodnih se karakterišu gušćom mrežom profila i tačaka ispitivanja a dala su konkretne rezultate u pogledu indiciranja određenih struktura ili mineralizacija.

Geofizička ispitivanja detaljnijeg karaktera (magnetska, gravimetrijska, elektromagnetska, geoelektrična, radiometrijska, karotaž i dr.) izvođena su najčešće na veoma malim delovima rudnih polja, većinom nesistematski, pojedinačno a usmeravana zavisno od povremenih konkretnih problema pri istraživanju različitih mineralnih sirovina. Bitno je istaći činjenicu da dosadašnja geofizička ispitivanja poludetaljnog i detaljnog karaktera nisu, u većini slučajeva, bila projektovana poštujući principe etapnosti i kompleksnosti istraživanja mineralnih sirovina rudnog rejona.

Za sva dosadašnja geofizička ispitivanja kako regionalna tako i detaljna, mora se reći da nisu dovoljno korišćena u smislu analize i sinteze u sklopu sa geološkim i geohemijskim podacima što podrazumeva kompleksnu interpretaciju što je od kapitalnog značaja za usmeravanje daljih istražnih radova.

DALJA ISPITIVANJA

Sadašnje poznavanje geološko-strukturnih i metalogenetskih karakteristika teritorije Srbije omogućilo je da se izdvoje dve metalogene provincije, pet metalogenih zona i 5 rudnih rejona. U dinarskoj metalogenoj zoni nalaze se dva rudna rejona, u Srpsko-Makedonskoj metalogenoj zoni 13 rudnih pojava, u Istočno-Srpskoj metalogenoj zoni pet rudnih rejona, u Balkanskoj metalogenoj zoni četiri rudna rejona i u Srednjegorskoj metalogenoj zoni jedan rudni rejon. Rezultati budućih radova svakako će uticati na tačnije definisanje rudnih rejona.

Saglasno koncepciji razvoja geoloških istraživanja u narednom periodu geofizička ispitivanja treba pre svega da zadovolje principe faznosti (etapnosti) i kompleksnosti za čitavu teritoriju pa prema tome i za svaki rudni rejon. U tom smislu je sintetizovan i tabelarno prikazan metodološki pristup geofizičkih ispitivanja u procesu osnovnih geoloških istraživanja (tabela 1).

U sklopu prve etape osnovnih geoloških istraživanja, kroz geofizička ispitivanja treba da se dođe do fizičko-geoloških modela, tj. do izdvajanja rudnih rejona ili perspektivnih geoloških formacija. Pored gravimetrijskih ispitivanja gustine koja odgovara razmeri 1:100.000, aeromagnetizma u razmeri 1:50.000, regionalnih dubokih seizmičkih sondiranja, aerogamaspektrometrije u razmeri 1:50.000, predviđa se i duboko geoelektrično sondiranje po odabranim profilima. Svi pomenuti radovi već su delom izvedeni i u narednom periodu treba da se urade dopune. Rezultat ove etape biće doprinos jasnijem definisanju rudnih rejona i perspektivnih geoloških formacija.

U drugoj etapi osnovnih geoloških istraživanja, koja su takođe regionalnog karaktera, učešće geofizičkih ispitivanja usmereno je na rudne rejone ili pojedine geološke formacije. Zavisno od metalogenetskih karakteristika koristiće se adekvatan kompleks geofizičkih metoda. Tako gravimetrijska ispitivanja gustine merenja 16 tač/km^2, magnetska primenom aeromagnetometrije u razmeri 1:10.000 (profili na 100 m) ili nazemna ispitivanja u razmeri 1:25.000 (16 tač/km^2), aerogamaspektrometrijska u razmeri 1:10.000 do 1:25.000 (profili na 100 do 250 m), prekrivali bi po pravilu čitave površine rudnih rejona ili perspektivnih geoloških formacija. Što se tiče geoelektričnih metoda kao što su izazvana polarizacija (IP) i specifični električni otpor (SEO) u varijanti sondiranja (VES) i kartiranja, primenjivale bi se prekrivanjem delova rudnih rejona. Pri tome metoda IP bi se primenjivala po mreži (200—500) x (20—50) m. Seizmička ispitivanja bi se koristila po potrebi zavisno od konkretnih geološko-strukturnih odnosa rudnog rejona koji se ispituje.

Navedena ispitivanja će dati doprinos geološkim istraživanjima u smislu ograničavanja perspektivnih površina koje odgovaraju prostorima u kojima se očekuju potencijalne rezerve mineralnih sirovina što praktično znači da se u kompleksu ostalih geoloških podataka okonturuju rudna polja, što je osnovni cilj ove etape istraživanja.

Treća etapa osnovnih geoloških istraživanja obuhvata i primenu geofizičkih metoda na terenima u okviru izdvojenih rudnih polja ili rudnih zona. Naravno da se i u ovoj etapi primenjuje kompleks metoda zavisno od datih strukturno-geoloških odnosa i metalogenetskih karakteristika. Polazi se da-

GEOFIZIČKA ISPITIVANJA U PROCESU OSNOVNIH GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA MINERALNIH SIROVINA

Tabela 1.

E t a p a	Površine na kojima se radi	Gravimetrija	Magnetizam	Elektrika	Radiometrija	Seizmika	Rezultati geofizičkih ispitivanja	Kategorija rezervi	Rezultat etape
I Osnovna geološka istraživanja regionalnog karaktera	Čitava teritorija	Po mreži koja odgovara razmeri 1:100.000	Aeromagnetizam razm. 1:5o obo do 1:2oo ooo	Regionalni profili VES i MT	Aerogamaspektrometrija u razmeri 1:50.000	Regionalni profili DSS	Fizičko geološki modeli		Rudni rejoni ili perspektivne geološke formacije
II Osnovna geološka istraživanja regionalnog karaktera ograničena na pojedine geološke formacije ili rudne rejone	Rudni rejoni	Po mreži koja odgovara razmeri 1:25.000 do 1:50.000	Nazemni u razmeri 1:25.000 ili aeromagnetizam u razmeri 1:10.000 do 1:25 ooo	IP,SEO,VES, i drugo u razmeri 1:25.000 do 1:50.000	Aerogamaspektrometrija u razmeri 1:10.000 do 1:25.000	Profili rudne seizmike po potrebi	Perspektivne površine	Potencijalne rezerve mineralnih sirovina	Rudno polje
III Osnovna geološka istraživanja ograničena na rudna polja ili zone	Rudno polje ili zona	Po mreži koja odgovara razmeri 1:10.000 i ispitivanja duž odabranih profila	Nazemni u razmeri 1:10.000 i ispitivanje duž odabranih profila	IP,SEO,VES, i drugo u razmeri 1:10.000 i duž odabranih profila, karotaži	Nazemna u razmeri 1:10.000 i odabrani profili	Po potrebi	Fizičko geološki model rudne pojave	C_2 delom C_1 rezerve	Rudna pojava
IV Osnovna geološka istraživanja na potencijalnim rudnim ležištima ili u neistraženim delovima rudnih ležišta	Rudna pojava ili delovi ležišta	Detaljna ispitivanja (1oo do 4oo tač/km^2) i duž odabranih profila	Nazemni sa 4oo tač/km^2 i više i duž odabranih profila	IP,SEO,RS, i drugo sa 5oo tač/km^2 i duž odabranih profila, karotaži	Nazemna u razmeri 1:2.000 do 1:5.000 i duž odabranih profila, karotaž	Po potrebi	Fizičko geološki model ležišta	C_1 rezerve	Rudno ležište
V Detaljna istraživanja u cilju dobijanja rezervi viših kategorija	Rudno ležište	Po potrebi	Po potrebi	Po potrebi, karotaži	Radiometrijski premer, oprobovanje, karotaž	-	Detaljan fizičko geološki model ležišta	A i B rezerve	Pripremlj. ležište za eksploataciju

Ova osnova za metodološki pristup geofizičkim ispitivanjima ima za cilj doprinos projektovanju osnovnih geoloških istraživanja po etapama kako su definisane u uputstvu SIZ za geološka istraživanja SR Srbije - autor V. Simić,dipl.inž.geof.

kle od principa da se u ovoj etapi koriste geofizički parametri kao direktne i indirektne indikacije traženog orudnjenja. Gravimetrijska i magnetska ispitivanja primenjuju se u razmeri 1:10.000 (100 x 100 m) i po potrebi duž odabranih profila. Geoelektrična ispitivanja primenom metoda IP i SEO u varijanti kartiranja po mreži 100 m x (20—40) m, dakle u razmeri 1:10.000 kao i duž odabranih profila sa različitim dubinskim zahvatom ispitivanja uključujući gde treba i geoelektrično sondiranje. Zavisno od konkretnih odlika rudnog polja primenjuju se i radiometrijske metode u razmeri 1:10.000, a po potrebi isto tako i seizmička ispitivanja, ispitivanja prostora oko bušotina i karotaži.

Rezulat geofizičkih ispitivanja ove etape, u sklopu sa rezultatima ostalih geoloških izučavanja je fizičko-geološki model rudne pojave sa rezervama kategorije C_2 i delom C_1. Dakle, krajnji rezultat je definisanje rudne pojave.

U četvrtu etapu osnovnih geoloških istraživanja uključuju se i geofizička ispitivanja na rudnim pojavama ili neistraženim delovima već poznatog rudnog ležišta. I u ovom slučaju primenjuje se kompleks geofizičkih metoda od kojih se odabiraju one koje odgovaraju vrsti mineralne sirovine i konkretnim geološko-strukturnim uslovima.

Gravimetrijska i magnetska ispitivanja se primenjuju sa gustinom tačaka do 400 tač/km^2 kao i duž odabranih profila. Geoelektrično kartiranje primenom metoda IP i SEO izvodi se po mreži (50—100) m x (10—20) m, kao i duž odabranih profila ispitivanjem pri različitim dubinskim zahvatima. U ovoj etapi vrše se i ispitivanja prostora oko istražnih bušotina i primenjuju razne vrste karotaža. Radiometrijska ispitivanja izvode se u različitim varijantama kao što su kartiranje i sondiranje korišćenjem gamametrije, emanometrije i gamaspektrometrije po mreži razmere 1:2000 do 1:5000. Seizmička ispitivanja i ovde se izvode po potrebi a zavisno od konkretnih problema. U ovoj etapi geofizička ispitivanja rezultiraju u doprinosu definisanju fizičko-geološkog modela ležišta, a ukupni rezultat osnovnih geoloških istraživanja su rezerve mineralne sirovine kategorije C_1 i okonturivanje rudnog ležišta, odnosno priprema ležišta za detaljna istraživanja u cilju dobijanja rezervi viših kategorija (Tabela 1).

U petoj etapi geoloških istraživanja koja predstavljaju detaljne istrage rudnog ležišta sa krajnjim ciljem pripreme ležišta za eksploataciju, geofizička ispitivanja su takođe uključena. Po pravilu radi se o konkretnim problemima kao što su preciznije određivanje prostornog položaja orudnjenja, prisustva orudnjenja u međuprostorima bušotina i rudarskih prostorija, određivanje kvaliteta orudnjenja i dr. Zavisno od prirode mineralne sirovine i ostalih geološko-strukturnih odlika u ovoj etapi se primenjuju jedna ili više odgovarajućih metoda kao što su razne vrste karotaža i metode radiosenke. Dakle, doprinos geofizike u ovom slučaju je dobijanje detaljnog fizičko-geološkog modela ležišta, a ukupni rezultat geoloških istraživanja je dobijanje rudnih rezervi kategorija A i B i ležište pripremljeno za eksploataciju.

Na kraju ističemo da je neophodno da u buduća geološka istraživanja treba obavezno uključiti za svaki rudni rejon prethodnu svestranu analizu svih do sada poznatih, pa prema tome i geofizičkih podataka, njihovu sintezu i reinterpretaciju radi objektivizacije programiranja daljih osnovnih geoloških istraživanja, dakle i geofizičkih saglasno prethodno izloženoj koncepciji.

Predato za štampu 17. V 1984. **Recenzent Janoš Zelenka**

LITERATURA

1. Antonov V. V. et all, 1983., — Racionalnij kompleks geofizičkih rabot pri izučenii rudnih rajonov, International geophysical Symposium, Balaton, Hungary.
2. Gladkov N. A. et all, 1969., — Geofizičkie metodi pri prognoznirovaniu i poiskah rudnih poljej polimetaličeskih mestorozdenij, Voprosu rudnoj geofiziki Sibira, Novosibirsk.
3. Lowell J., Guilbert J., 1970., — Lateral and vertical alteration zoning in porphyry ore deposits, Economic Geology v. 65.
4. Parasnis D. S., 1979., — Principles of applied Geophysics, Chapman and hall, London.
5. Solodov A. A., — 1968., Geofizičeska isledovania pri geologičeskom kartirovaniu, Alma Ata, USSR.
6. Vanđel V., Omaljev V., 1982., — Osvrt na metalogenetsku prognoznu kartu SR Srbije bez pokrajine po listovima u razmeri 1:100.000, X Kongres geologa Jugoslavije, Budva.
7. V. Vanđel et all, 1975., — Prethodna metalogenetska karta SR Srbije, fond RSIZ za geološka istraživanja, Beograd.
8. Vigdorović D. A., 1967., — Kompleksnija metodika glubinih poiskov skritih i pogrebenih sulfidnih mestoroždenij, Metodika i tehnika rabot, № 58, VITR.
9. Vukašinović S., 1982., — Svodni prikaz osnovnih rezultata aeromagnetskih ispitivanja uže Srbije (prilog za Sintezu uz Metalogenetsku i Prognoznu kartu SR Srbije), Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.

Summary

GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN THE PROCESS OF GEOLOGICAL EXPLORATION OF MINERAL RAW MATERIALS

by V. Simić and S. Višić

Key words: geophysics, planning, ore mineral region

In this paper the concept of geophysical investigations of mineral raw material in the forthcoming period is presented. In this sence, starting from short analyses of allready performed regional geophysical explorations, we emphasize several main principles important for planning of explorations, such as complexity, step by step works, integrated interpretation, efficiency depanding of the phase and goal of geological exploration and type of mineral resources or ore reserves as the main and final aime of each phase of work. In the same time the goal of geophysical work is defined starting from prospective formation and model of geological structural composition, till the mineral occurences and ore deposit model. For each phase it is given in general the complex of methods to be applied, the profile separation and station spacing, as well as the results relevant for metalogenetic studies and possible effective contribution to the mineral exploration according to the local field characteristics and conditions.

On the end we emphasize that the proposed combinations of basic geophysical works could be used, firsth of all, for planning of geological exploration, esspecially minimizing subjective approache, in the programming of geophysical exploration.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Veljko Omaljev

UDK 553.495:519.2 (497.11)
Originalni naučni rad

STATISTIČKA ANALIZA PETROHEMIJSKO-GEOHEMIJSKIH KARAKTERISTIKA DACITA MAČKATICE

(Sa 10 slika i 5 tabela)

Ključne reči: metalogenija, geohemija, statistika, dacit, Mačkatica, Srbija.

U ovom radu se proširuje primena nove metodologije statističkih ispitivanja autora izučavanjem petrohemijsko-geohemijskih karakteristika magmatskih stena, na primeru dacita Mačkatice.

Ležište molibdena Mačkatica, koje se nalazi u kompleksu dacitskog masiva, uslovljava povećan interes za svestrana petrološka, geohemijska i metalogenetska izučavanja dacita i okolnih stena (kristalastih škriljaca). U ovom radu se ograničavamo samo na izučavanje dacitskog masiva, koji je najinteresantniji sa aspekta procesa koji su doveli do koncentracije molibdenovih orudnjenja. U radu ne obrađujemo molibdenova orudnjenja, obrađena je statistička raspodela rudnih elemenata po natriji i kaliji, ne uzimajući u obzir postojanje ležišta molibdena u neposrednoj blizini.

Ostaje obaveza autora da nastavi ova statistička ispitivanja raspodele interesantnih elemenata i komponenti i u ostalim stenama ovog rudnog polja (kristalastih škriljaca i dajkova dacita u njima).

UVOD

U okviru geoloških istraživanja bakra (M. S i m i ć, 1979) u 1977. godini je izvršeno petrološko-geohemijsko uzorkovanje na lokalnosti Mačkatica. Ukupno je uzeto 829 geohemijskih proba na području sliva reke Garvanice, na kojima su određeni sadržaji molibdena, bakra, cinka i olova. Na delu proba izvršena je mikroskopska determinacija stene sa semikvantitativnom ocenom učešća sekundarnih minerala, produkata hidrotermalnih promena u stenama (V e r a Ć e b i ć). Na probama sa mikroskopskom determinacijom stene određeni su sadržaji natrije (Na_2O), kalije (K_2O) i karbonata (preračunato kao $CaCO_3$). Sadržaji rudnih elemenata, natrije i kalije su određeni kvantitativno metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije, a sadržaji kalcijum-karbonata su određeni gasnom volumetrijom (tretiranjem sa razblaženim rastvorom sone kiseline — 1:2) u Hemijskoj laboratoriji Geoinstituta u Beogradu (Z v o n k o Č e r v e n j a k).

Predmet statističkog izučavanja je eruptivni masiv Mačkatica (sl. 1) i to njegov zapadni deo na kome je uzeto 215 proba na kojima su određeni sadržaji svih izučavanih rudnih elemenata i komponenti. Pri tome se izučavanja ograničavaju samo na magmatske stene ovog masiva koje se javljaju

Adresa autora: Geoinstitut, Rovinjska 12, Beograd.

u masi, izuzimajući dajkove koji u vidu apofiza se granaju od eruptivnog masiva. Takođe su izuzete okolne stene (kristalasti škriljci) bilo da se javljaju oko eruptivnog masiva, bilo da se nalaze uklopljene u samom eruptivnom masivu. Izučavanje celog kompleksa magmatskih stena i njegovog omotača predstavljalo bi studiju, koja je u svakom slučaju preobimna za jednu publikaciju ovakvog tipa.

Rezultati litogeohemijske prospekcije su obrađeni u vidu studije od strane Milosava Simića (1983) primenom metodologije statističkih ispitivanja A. A. Beusa (1975). U ovom radu se ne daje komparacija između ovih ispitivanja, već se u radu samo izlažu rezultati sopstvenih istraživanja autora ovog rada.

Statistička izučavanja raspodele rudnih elemenata i komponenti se izvode primenom originalne metodologije autora, čiji su principi objavljeni u brojnim publikacijama (V. Omaljev, 1978, 1980a, 1982, 1983).

Novina u ovom radu je izučavanja statističke raspodele rudnih elemenata i petrogenih komponenti po koncentracijama natrije i kalije ili odnosu natrije sa kalijom (Na/K), što u suštini daje petrohemijski karakter samoj raspodeli koja je u suštini geohemijskog karaktera.

Raspodela natrije i kalije po sopstvenim koncentracijama ili po odnosu njihovih koncentracija (Na/K) izučavane su na jednokomponentnim i dvokomponentnim dvojnim histogramima u linearnoj statističkoj razmeri 1:0,25 (%). Raspodela natrije, kalije i karbonata po koncentracijama natrije i kalije (ili njihovom odnosu) izučavane su na trokomponentnim dvojnih histogramima, dok su rudni elementi (Mo, Cu, Zn i Pb) izučavani na četvorokomponentnim dvojnih histogramima — svi u logaritamskoj statističkoj razmeri log 1:10 (%).

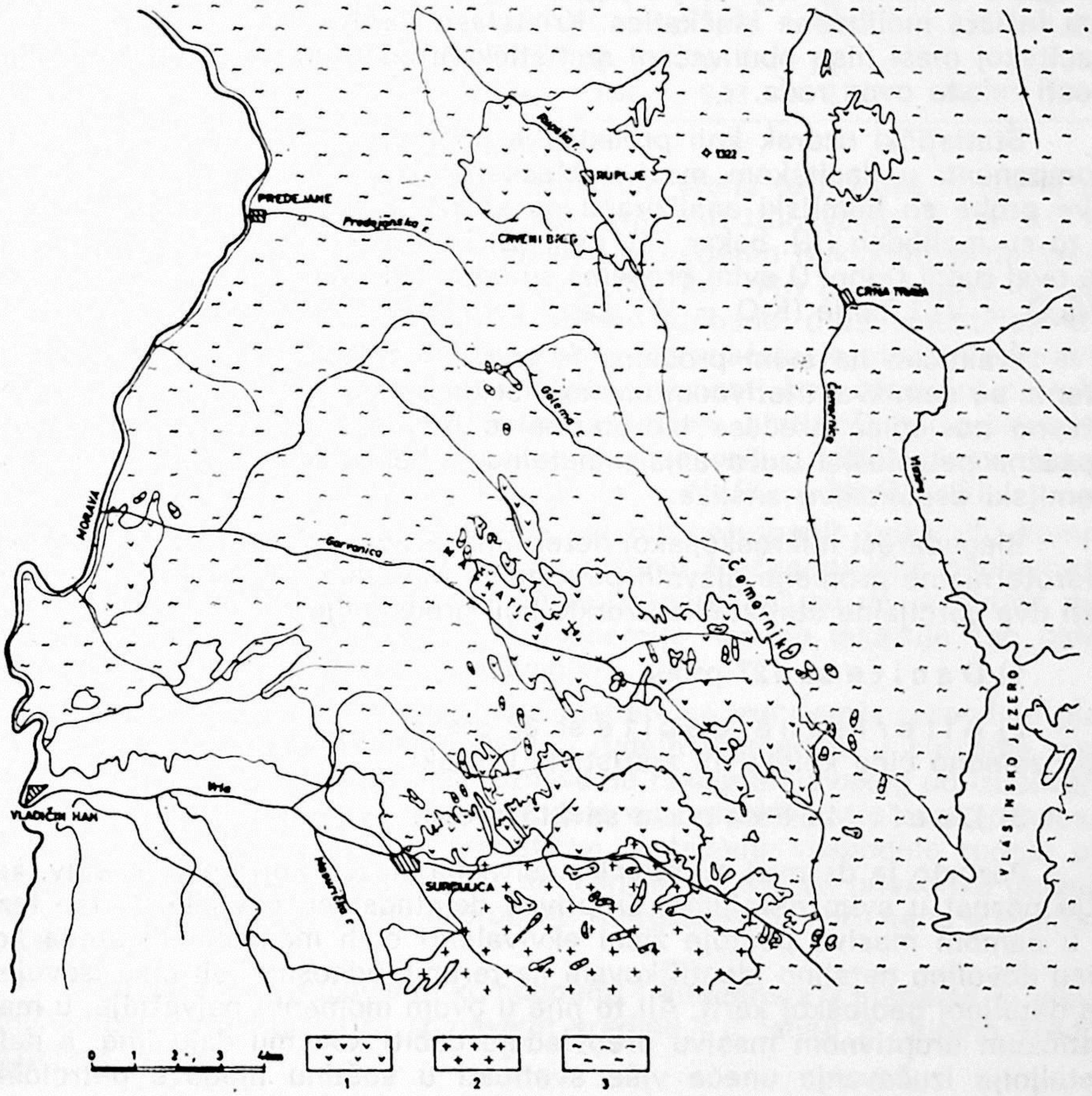
Severno od granodioritskog masiva Surdulice nalazi se nekoliko masa vulkanita, a to su Surdulica, Mačkatica i Ruplje (sl. 1). Vulkanska aktivnost u ovom području je bila višefazna, a trajala je od eocena do miopliocena. Prvo dolaze visokotemperaturne lave (po ranije stvorenim disjuktivnim strukturama) koje daju vulkanite u osnovi dacitskog sastava. Eruptivi andezitskog ili dacitoandezitskog sastava su potpuno podređene. U području Mačkatice daciti grade eruptivni masiv, oko kojeg se granaju dajkovi u osnovi istog (dacitskog) sastava, koji su utisnuti u okolne stene (kristalaste škriljce). Eruptivne stene na ovom prostoru su propilitisane i hidrotermalno izmenjene, a nekad i orudnjene.

U eruptivnom masivu otkrivene su značajne mase granodiorit porfirita i kvarcdiorit porfirita, u obliku dajkova i malih intruzija (M. Simić, 1983). Ove stene predstavljaju završnu fazu magmatskog stvaranja na ovom području, koje se uglavnom utiskuju duž kontakta u dacitskom masivu (masa različitih faza stvaranja vulkanita). Od normalnih dacitskih stena ovoga masiva mlađe žične stene se razlikuju većom svežinom, ove stene su malo zahvaćene hidrotermalnim promenama.

Hidrotermalno-metasomatske promene u dacitima Mačkatice su veoma rasprostranjene, a njihov intenzitet se povećava u zonama koje prate rupturne deformacije, po kojima su cirkulisali hidrotermalni rastvori (M. Simić, 1983). Ove promene su vršene u relativno širokom temperaturnom intervalu. U konkretnoj steni često preovlađuje jedna vrsta alteracija nad drugima, što je Vera Ćebić semikvantitativno ocenila u procentima učešća sekundarnih minerala (npr. stena je u preparatu 25% sericitisana,

15% silifikovana i 5% karbonatisana). Silifikacija, sericitizacija i K-feldspatizacija su najintenzivnije hidrotermalne promene u dacitima Mačkatice, dok su karbonatizacija, biotitizacija i muskovitizacija manje izražene.

Biotitizacija i muskovitizacija ukazuju na dublje nivoe koji su otkriveni u blizini pretpostavljenog granitoida u dubini, a posledica su povećane količine lakoisparljivih sastojaka (M. S i m i ć, 1983).



Sl. 1 — Pregledna geološka karta.
1 — dacit, 2 — granodiorit, 3 — kristalasti škriljci.

Fig. 1 — Geological sketch map.
1 — dacite, 2 — granodiorite, 3 — crystalline schists.

Molibdensko-bakrove mineralizacije u Mačkatici i na drugim lokalnostima tesno asociraju sa hidrotermalnim promenama u dacitima i okolnim stenama (M. S i m i ć, 1983), ali ovi fenomeni nisu predmet ovog rada.

Zahvalan sam koleginicama M i l e n i Ž i v a n o v i ć i B i l j a n i A n đ e l k o v i ć na pomoći oko sređivanja podataka po statističkim uzor-

cima i kolegi Radoslavu Vukasu na ranžiranju statističkih uzoraka. Crteže je uradila Jelka Simić, na čemu joj najsrdačnije zahvaljujem.

STATISTIČKI UZORCI

Predmet petrohemijsko-geohemijskih izučavanja statističkim aparatom su daciti Mačkatice koji se javljaju u masi, a nalaze se u neposrednoj okolini ležišta molibdena Mačkatica. Kristalasti škriljci koji se nalaze u ovoj dacitskoj masi nisu obuhvaćeni statističkom analizom, iz razloga preobimnosti teksta ovog rada.

Statistički uzorak koji predstavlja populacije izučavanih elemenata i komponenti u dacitskom masivu Mačkatica ima 215 geohemijske probe. Sve probe su hemijski analizirane na sadržaje glavnih rudnih elemenata; a to su molibden (X), bakar (Y), cink (Z) i olovo (P) koji su karakteristični za ovaj rudni rejon. U svim probama su određeni sadržaji alkalija i to natrije (Na_2O = V) i kalije (K_2O = W), kao i karbonata u vidu $CaCO_3$ (C).

Praktično na svim probama je izvršena mikroskopska determinacija stene, sa semikvantitativnom ocenom sekundarnih minerala, kojl su prvenstveno posledica procesa hidrotermalne promene u ovim stenama. Ova opsežna petrološka izučavanja mineralnog i hemijskog sastava čine petrohemijski aspekt ove analize.

Blagodareći mikroskopskoj determinaciji vrste stene, kao i intenziteta hidrotermalne promene glavnih petrogenih minerala, bilo je moguće formirati dva parcijalna statistička uzorka, koji predstavljaju:

1) Dacite sa 127 proba

2) Alterisane dacite sa 88 proba

koji zajedno čine kolektivni statistički uzorak:

3) Dacit Mačkatice sa 215 proba.

Poznato je da ovaj eruptivni masiv ima složen petrološki sastav, koji nije poznat u svim detaljima. Eruptivna delatnost se odvijala u više faza, a u samom masivu postoje žični ekvivalenti ovih magmatskih stena koji nisu dovoljno detaljno identifikovani na terenu, odnosno koji nisu izdvojeni na detaljnoj geološkoj karti. Ali to nije u ovom momentu najvažnije, u mačkatičkom eruptivnom masivu preovlađuju daciti koji mu daju ime, a dalja detaljnija izučavanja uneće više svetlosti u suštinu njegove petrološke građe.

Struktura parcijalnih statističkih uzoraka, kao i kolektivnog, u pogledu vrste stena određene mikroskopskom metodomo, data je u tabeli 1. U statističkom uzorku dacit urađene su 125 mikroskopske determinacije, a u uzorku alterisani dacit urađeno je 84 mikroskopske determinacije stena. Vrsta dacit apsolutno provlađuje (78,14%), naročito kod alterisanih predstavnika (90,91%) ovoga eruptivnog masiva; tako da sa pravom možemo upotrebiti ime »dacit« za statističke uzorke, odnosno za ovaj eruptivni masiv.

Tabela 1 — Petrološka struktura statističkih uzoraka

Statistički uzorak		N	dacit	dacito-andezit	andezit	granodio-rit porfirit	kvarc-diorit porfirit	makro-determi-nacija
Dacit	br.	127	88	4	1	19	13	2
	%	100	69,29	3,15	0,79	14,96	10,24	1,57
Alterisani	br.	88	80	—	1	2	1	4
dacit	%	100	90,91		1,14	2,27	1,14	4,54
Dacit	br.	215	168	4	2	21	14	6
Mačkatice	%	100	78,14	1,86	0,93	9,77	6,51	2,79

Hidrotermalna alteracija ovih efuzivnih stena je njihova osnovna petrološka i petrohemijska karakteristika. Cilj ovih izučavanja je utvrditi karakteristike statističke raspodele glavnih petrogenih (alkalnih) komponenti i karakterističnih rudnih elemenata (Mo, Cu, Zn i Pb) u zavisnosti od procesa hidrotermalnih uticaja na ove stene; odnosno, u zavisnosti od koncentracija glavnih alkalija: natrije i kalije. Od značaja je utvrditi migraciju natrije i kalije u procesu hidrotermalnih aktivnosti kao osnovnoj petrohemijskoj karakteristici sredine, što se ostvaruje statističkim izučavanjem raspodele glavnih petrogenih (alkalnih) komponenti i rudnih elemenata po odnosu koncentracija natrije sa kalijom ($a = Na/K = Na_2O/K_2O$).

Izučavanja statističke raspodele glavnih petrogenih (alkalnih) komponenti i rudnih elemenata u dacitskom masivu Mačkatica čini geohemijski aspekt ovih izučavanja. Pri tome moramo voditi računa da je oblast ovih izučavanja na granici petrologije i geohemije, što se iskazuje kao petrohemijsko-geohemijski aspekt izučavanja.

Primenom dvojnih histograma u statistička izučavanja raspodele glavnih petrogenih (alkalnih) komponenti i rudnih elemenata u stenama treba postići bolji uvid u geohemijsko poznavanje raspodele svakog od izučavanih elemenata, kao i zavisnost ove raspodele od petroloških faktora (procesa). U ovom radu je izostavljeno statističko izučavanje raspodele rudnih elemenata u zavisnosti od sopstvenih koncentracija, što će unekoliko umanjiti jasnoću geohemijskog uvida u procese hidrotermalnih promena u dacitima Mačkatice.

Zastupljenost izučavanih komponenti i elemenata u stenama je glavna geohemijska karakteristika izučavane sredine i u tabeli 2 dajemo srednje sadržaje istih.

Tabela 2 — Srednji sadržaji izučavanih elemenata (ppm) I komponenti (%) u statističkim uzorcima

Statistički uzorak	N	Na_2O $\overline{v}$	K_2O $\overline{w}$	Na/K â	$CaCo_3$ $\overline{c}$	Mo $\overline{x}$	Cu $\overline{y}$	Zn $\overline{z}$	Pb p
Dacit	127	3,46	2,80	1,24	0,27	51,3	61,4	54,4	26,6
Alterisani dacit	88	2,27	3,95	0,57	0,39	309,9	44,7	60,9	48,0
Dacit Mačkatice	215	2,97	3,27	0,91	0,32	157,1	54,5	57,1	35,4

Razlika u srednjim sadržajima izučavanih komponenti i elemenata između parcijalnih statističkih uzoraka je velika. Prilikom hidrotermalne alteracije dacita Mačkatice dolazi do znatnog sniženja koncentracije natrije, uz istovremeno znatno povećanje kalije. Te promene se drastično odražavaju na veličinu odnosa srednjih sadržaja natrije sa kalijom ($\hat{a} = v/\overline{w}$), u alterisanim dacitima vrednost ovog odnosa je znatno manja od jedinice. Sniženje vrednosti parametra â je tolika da daje pečat kolektivnom statističkom uzorku (manja je od jedinice), bez obzira što je manji broj podataka u uzorku alterisani dacit (tabela 2). Vrednost parametra â je jedna od osnovnih petrohemijskih karakteristika između dacita i alterisanih dacita.

Povećanje sadržaja karbonata u alterisanim dacitima je očekivana, a može se reći da je relativno mala i neizražajna da bi mogla biti jedna od bitnih karakteristika razlika u ovim stenama. To je svakako posledica relativno malog učešća anortitske komponente u feldspatima ovih dacita, što je samo predpostavka koja nije detaljnije izučavana.

Koncentracije rudnih elemenata po pravilu rastu u alterisanim predstavnicima dacita Mačkatice, sa izuzetkom bakra gde je došlo do sniženja srednjeg sadržaja. Višestruki porast sadržaja molibdena u alterisanim dacitima je svakako u vezi sa geohemijski povoljnom sredinom odlaganja orudnjenja molibdena, što je u vezi sa postojanjem ležišta ovog metala u neposrednoj blizini. Alterisani daciti se iskazuju kao geohemijski najpovoljnija sredina za odlaganje molibdena, naravno uzimajući u obzir samo ispitivane stene kao geohemijske sredine. Porast sadržaja olova je znatno veći od porasta sadržaja cinka u alterisanim dacitima, ali u odnosu na molibden ovi porasti su skoro simbolični.

Srednji sadržaj natrije u dacitu (3,46%), preračunate na natrijum (2,57%) je relativno nizak u odnosu na klark natrijuma za kisele magmatske stene (2,77% — po A. P. Vinogradovu, 1962) i nalazi se na nivou klarka natrijuma za zemljinu koru (2,50%). Osiromašenje ovih dacita u natrijumu je još veće ako se uporede sa klarkom natrijuma za intermedijarne magmatske stene (3,0%). Osiromašenje u natrijumu dacita Mačkatice možemo povezati sa njegovom migracijom u procesu hidrotermalnih promena; ceo masiv Mačkatice je zahvaćen hidrotermalnim promenama, ali niskog intenziteta. Kod hidrotemalno promenjenih dacita srednji sadržaj natrijuma je veoma nizak (1,68%), tako da u celom masivu srednji sadržaj natrijuma pada na 2,20%, što se približava klarku natrijuma za bazične magmatske stene (1,94%).

Srednji sadržaj kalije u dacitima (2,80%), preračunate na kalijum (2,32%) je relativno nizak, niži je od klarka kalijuma za kisele magmatske stene (3,34%) i zemljine kore (2,5%) i odgovara vrednosti klarka kalijuma za intermedijarne magmatske stene (2,3%). Po sadržaju kalijuma daciti Mačkatice bi odgovarali intermedijarnim stenama, dok po sadržaju natrijuma ove stene bi više odgovarale kiselim magmatskim stenama. U procesu hidrotermalne alteracije sadržaj kalijuma se znatno povećava (3,28%), ali ne dostiže vrednost klarka kalijuma za kisele magmatske stene.

Ovi statistički uzorci kao predstavnici dacita Mačkatice su osiromašeni u alkalijama, što je svakako jedan od njihovih osnovnih petrohemijskih karakteristika.

Srednji sadržaji molibdena su neuporedivo viši od klarka molibdena za zemljinu koru i kisele (sa intermedijarnim) magmatske stene (oko 1 ppm), što je svakako posledica postajanja orudnjenja molibdena u ovim stenama. Srednji sadržaj bakra u dacitima je oko tri puta viši od klarka bakra u kiselim magmatskim stenama (20 ppm), odnosno dva puta je veći od klarka bakra u intermedijarnim magmatskim stenama (35 ppm). Srednji sadržaj cinka u dacitima (54,4 ppm) je niži od klarka cinka za kisele (60 ppm) i intermedijarne (72 ppm) magmatske stene, a u alterisanim dacitima srednji sadržaj cinka se izjednačuje sa klarkom za kisele stene. Daciti Mačkatice su osiromašeni u cinku. Srednji sadržaj olova u dacitima (26,6 ppm) je viši od klarka olova za kisele (20 ppm) i intermedijarne (15 ppm) magmatske stene, a srednji sadržaj olova u alterisanim dacitima (48 ppm) se znatno povećava. Daciti Mačkatice su umereno obogaćene u olovu, a ovo obogaćenje se znatno povećava u procesu hidrotermalne alteracije. Alterisani daciti su geohemijski povoljna sredina za akumulaciju olova.

Statistička izučavanja raspodele komponenti i rudnih elemenata izvodimo po koncentracijama natrije i kalije; kao i po odnosu koncentracija ovih komponenti (Na/K).

RASPODELA PO KONCENTRACIJI NATRIJE

Raspodelu izučavanih komponenti (natrije, kalije i karbonata) i rudnih elemenata (Mo, Cu, Zn i Pb) po koncentraciji natrije (v = Na_2O) izvodimo višekomponentnim dvojnim histogramima, u logaritamskoj statističkoj razmeri log 1:10%.

Radi kompletnijeg uvida u karakter raspodele natrije po sopstvenoj koncentraciji (kao nezavisnoj geološkoj promenljivoj) dajemo njenu raspodelu u linearnoj statističkoj razmeri 1:0,25%. Parametri raspodele natrije za izučavane statističke uzorke mačkatičkih dacita dajemo u tabeli 3:

Tabela 3 — Parametri raspodele natrije (%) u statističkim uzorcima

Statistički uzorak	N	%	M	$\bar{v}$	Mv
Dacit	127	59,07	3,30	3,46	3,63
Alterisani dacit	88	40,93	2,36	2,27	3,37
Dacit Mačkatice	215	100,00	3,10	2,97	3,50

Brojne vrednosti parametara raspodele natrije se smanjuju u alterisanim dacitima Mačkatice, što je zakonita posledica izluženja ove petrogene komponente u procesu hidrotermalne alteracije.

Raspodela izučavanih komponenti i elemenata po koncentraciji natrije u statističkim uzorcima je sledeća:

Dacit

Populacije natrije, kalije, karbonata, molibdena, bakra, cinka i olova u relativno nepromenjenim dacitima Mačkatice reprezentovane su statistič-

kim uzorkom »dacit« od 127 podataka (proba). Ovaj statistički uzorak učestvuje sa 59,07% u kolektivnom statističkom uzorku (tabela 3).

Petrološka struktura statističkog uzorka dacit (tabela 1) je relativno složena, preovlađuje vrsta »dacit« (69,29%), zatim sledi vrsta »granodiorit porfirit« (14,96%) pa vrsta »kvarcdiorit porfirit« (10,24%); a ostale vrste vulkanita relativno malo učestvuju u ovom statističkom uzorku. Granodiorit porfiriti i kvarcdiorit porfiriti su žične stene koje pripadaju kasnijoj fazi magmatske aktivnosti, ali su uvrštene u ovaj statistički uzorak iz razloga što ove stene nisu jasno odvojene na detaljnoj geološkoj karti, već su samo identifikovane prilikom uzorkovanja mačkatičkog dacitskog masiva. Sem toga, mali broj podataka ovih stena onemogućava statističku obradu u vidu parcijalnih statističkih uzoraka. Dacito-andeziti i andeziti su normalni varijeteti ovih vulkanita, koji nedvosmisleno pripadaju istoj fazi stvaranja. Makroskopska odredba dva primerka je takođe dacit, tako da daciti čine 70,86% ovog statističkog uzorka, a sa dacito-andezitima i andezitom čine 74,80%, te apsolutno preovlađuju.

Statistička raspodela natrije je levoasimetrična, tj. logaritamska (po drugom zakonu, V. O m a l j e v, 1978, 1982), sa parametrima raspodele $M = 3{,}30 < \overline{v} = 3{,}46 < Mv = 3{,}93\%$, na intervalu varijacija od 0,90% do 6,66% natrije.

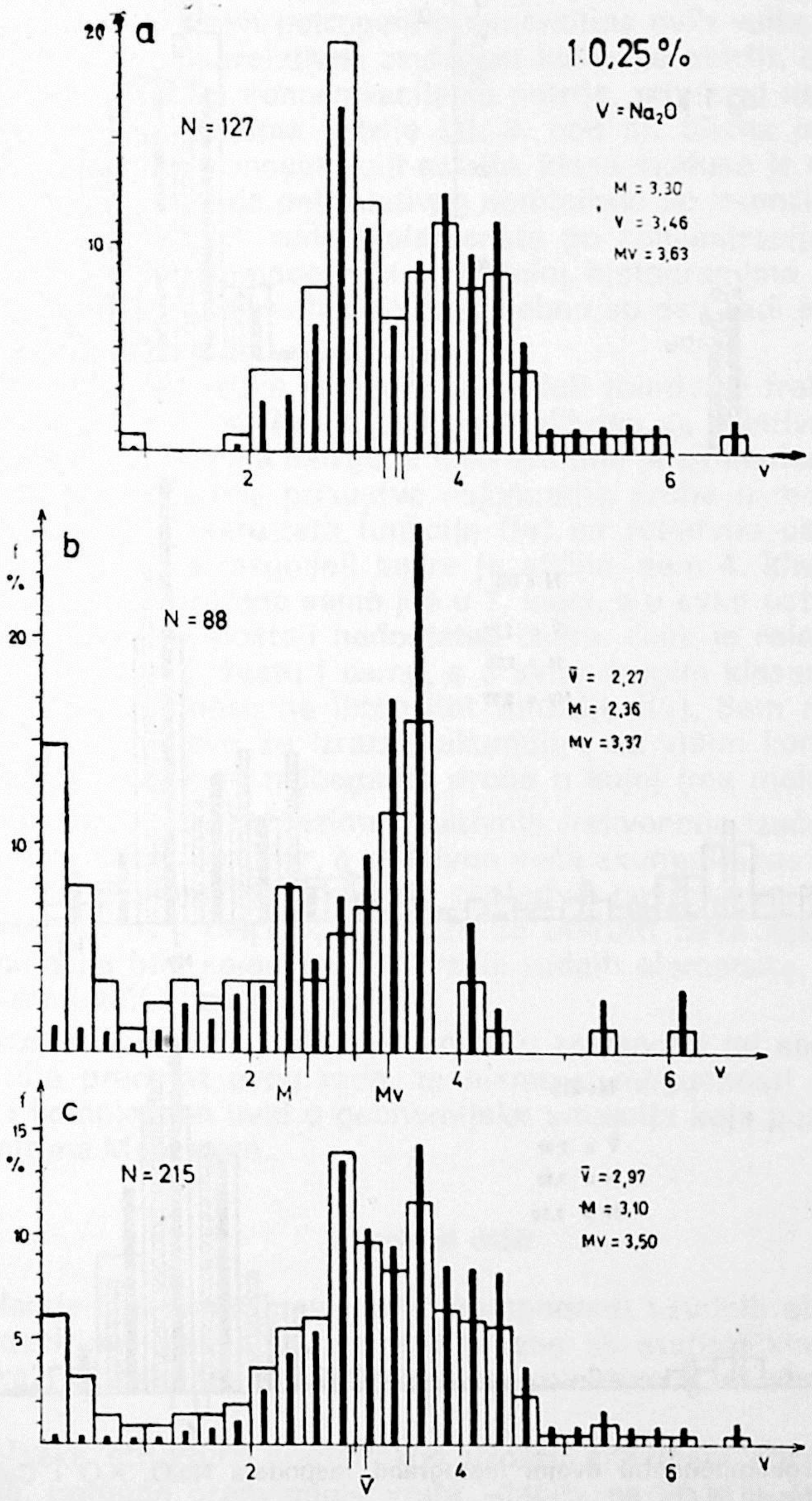
Forma krive gustine f(v) (koju treba zamisliti nad histogramom) u linearnoj statističkoj razmeri 1:0,25% (sl. 2) je bimodalna. Glavni modus se nalazi u siromašnijoj parcijalnoj populaciji natrije, u 12. klasi (računajući od koordinatnog početka u 0,00%) sa intenzitetima: 19,69% relativnih frekvencija mase stene u kojoj se nalazi 16,43% mase natrije (relativnih frekvencija). Sporedni modus se nalazi u bogatijoj parcijalnoj populaciji natrije, u 16 .klasi, intenziteta od 11,02% mase stene u kojoj se nalazi 12,31% mase natrije.

Najveća masa populacije natrije se nalazi u kompaktnom delu (bimodalnom) populacije, po apscisi od 8. do 20. klase. Najsiromašnija proba u kalijumu je usamljlna na levoj strani histograma (sl. 2, pod a), a takođe je usamljena i najbogatija proba. Nekoliko proba imaju oblik malog logaritamskog repa.

Bimodalnost populacije natrije nije posledica petrološke heterogenosti ovog statističkog uzorka, jer se jedinične mase natrije u probama granodiorit- i kvardiorit-porfirita raspodeljuju po celom intervalu varijacija, izuzimajući najbogatije i najsiromašnije probe u natriji. Predpostavljamo da je bimodalnost ove populacije posledica hidrotermalnih procesa alteracija, kada se počela razarati osnovna populacija natrije (koja bi najverovatnije bila unimodalna).

Najsiromašnija proba je dacit relativno svežeg izgleda, ali koji je oko 10% hloritisan, oko 6% sericitisan, oko 5% epidotisan i oko 1% karbonatisan; tako da je proces hidrotermalnih promena znatan. U najbogatijim probama u natriji zapažaju se procesi albitizacije, što je takođe posledica hidrotermalnih promena u ovim stenama, koja je relativno slabog intenziteta u odnosu na alterisane predstavnike. U svim mikroskopskim preparatima se zapažaju hidrotermalne promene u ovim stenama, uključujući i mlađe žične stene, ali intenzitet ovih promena je mali, pa se one mogu smatrati relativno neizmenjenim.

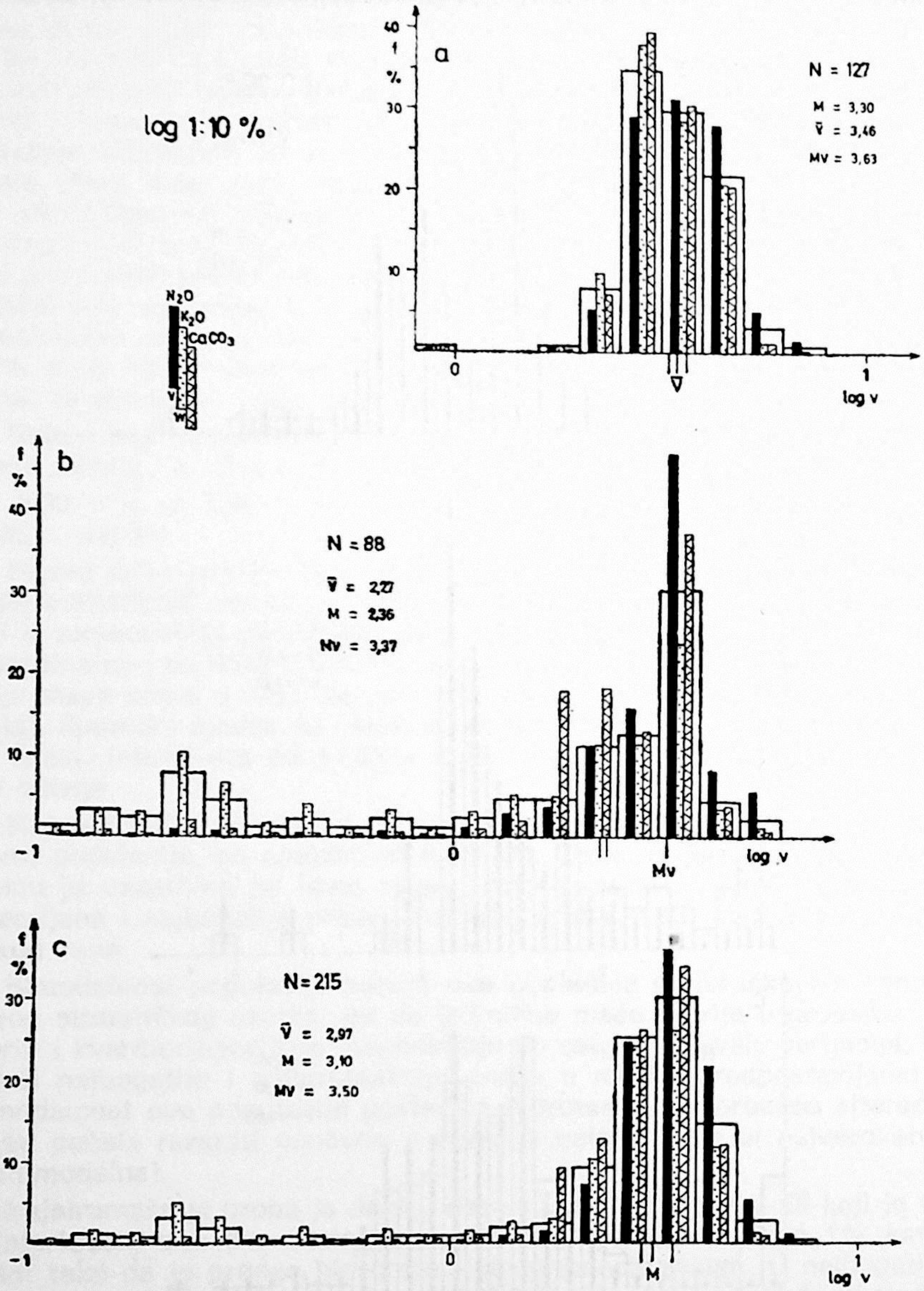
Raspodela natrije, kalije i karbonata po koncentraciji natrije u logaritamskim odnosima (log v) je prikazana na trokomponentnim dvojnih histogramima. Forma krive gustine f(v) je unimodalna (sl. 3, pod a), sa izrazitim



Sl. 2 — Dvojni histogrami raspodele Na_2O.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 2 — The dual histograms of the Na_2O distribution.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

modusom u 5. klasi I log dekade intenziteta: 34,65% mase stene sa 28,92% mase natrije. Populacija natrije je kompaktna, sem izuzetka najsiromašnije



Sl. 3 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele Na_2O, K_2O i $CaCO_3$ po koncentraciji N_2O.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 3 — The three-component dual histograms of the Na_2O, K_2O and $CaCO_3$ distribution, versus the concentration of Na_2O.
a) dacite, b) — alterated dacite, c) — dacite of the Mačkatica.

probe. Izražena je znatna leva logaritamska asimetrija. Kompaktnost populacije natrije u logaritamskim odnosima ukazuje na relativnu jednorodnost populacije, što odgovara shvatanju da se ovde radi o vulkanitima koji nisu hidrotermalno promenjeni. Kompaktnost populacije takođe ukazuje da se sva natrija nalazi u glavnim petrogenim mineralima ovih vulkanita.

Postoji negativna korelativna zavisnost kalije po natriji, što se ogleda u suvišku kalije na nižim koncentracijama natrije, odnosno nedostatku kalije na višim koncentracijama natrije (sl. 3, pod a). Slična je i zavisnost raspodele karbonata po koncentraciji natrije, klasa modusa je naročito obogaćena karbonatima tako da oni relativno dominiraju po intenzitetu.

Raspodela izučavanih rudnih elemenata po koncentraciji natrije (log v) je prikazana četvorokomponentnim dvojnim histogramima (koji se moraju shvatiti kao nastavak prethodnih, a posebno su dati radi bolje preglednosti).

Postoje relativno velike razlike u raspodeli relativnih frekvencija ovih elemenata iz klase u klasu (sl. 4, pod a). Molibden se relativno akumulira na najvišim koncentracijama natrije, a interesantna je akumulacija u 4. klasi I log dekade kao posledica prisustva najbogatije probe u molibdenu (950 ppm). Klase najviših intenziteta funkcije f(v) su relativno osiromašene u molibdenu. Zavisnost u raspodeli bakra je slična, sem 4. klase, povećana akumulacija bakra je izražena samo još u 7. klasi, a u svim ostalim klasama po koncentraciji natrije postoji nedostatak bakra. Cink je relativno akumuliran samo u dve klase, šestu i osmu, a u svim drugim klasama izražen je nedostatak cinka u odnosu na intenzitet funkcije f(v). Sem relativne akumulacije u 4. klasi, olovo se izrazito akumulira na višim koncentracijama natrije; opet sa izuzetkom najbogatije probe u kojoj ima malo olova.

Ove varijacije u intenzitetima relativnih frekvencija izučavanih rudnih metala imaju slučajan karakter, a relativno veća akumuliranost u nekim klasama nezavisne promenljive (log v) je posledica postojanja proba sa povećanim sadržajima ovih metala. Ne može se utvrditi neka zakonitost u pogledu akumulacija bilo kojeg od ispitivanih rudnih elemenata, posmatrajući samo ovaj statistički uzorak (dacit).

Karakter raspodela rudnih elemenata u zavisnosti od sopstvenih koncentracija nije predmet ovog rada, te nismo u mogućnosti da ostvarimo kompletan i kompleksan uvid u geohemijsku situaciju koja postoji u nealterisanim dacitima Mačkatice.

Alterisani dacit

Populacije izučavanih petrogenih komponenti i rudnih elemenata u alterisanim dacitima Mačkatice reprezentovane su statističkim uzorkom od 88 podataka (proba), što čini 40,93% od kolektivnog statističkog uzorka (tabela 3).

Petrološka struktura statističkog uzorka alterisani dacit je relativno jednostavna, potpuno preovlađuje vrsta »dacit« sa 90,91% (tabela 1). Ako tome dodamo dve makroskopske odredbe stene kao »dacit« i jednu mikroodredbu andezita, ostaju samo dve odredbe granodiorit porfirita i jedna odredba kvarcdiorita porfirita. Dve makroskopske odredbe su alterisana stena (dacit?).

Statistička raspodela natrija u alterisanim dacitima je desnoasimetrična, pokorava se trećem zakonu (V. O m a l j e v, 1978, 1982), sa parametrima raspodele $\bar{v} = 2{,}27 < M = 2{,}36 < Mv = 3{,}37\%$, na intervalu varijacija od 0,12% do 6,08% natrije.

Forma krive gustine f(v) u linearnoj statističkoj razmeri 1:0,25% je specifična jer ima oblik slova »U«, izuzimajući nekoliko proba na desnoj strani histograma (sl. 2, pod b). Ovaj oblik je dobijen spajanjem dve parcijalne populacije natrije; siromašnija populacija ima levu hiperboličnu asimetriju, a bogatija populacija ima desnu hiperboličnu asimetriju. Ova desna asimetrija je posledica razaranja osnovne populacije natrije u alterisanim dacitima, na histogramu je jasno vidljivo da je cela desna strana funkcije f(v) razorena; ostali su samo relikti ove parcijalne populacije koja bi odgovarala bogatijom populaciji u nepromenjenim dacitima (sl. 2, pod a i b). Najsiromašnija parcijalna populacija je novostvorena u procesu hidrotermalnih promena.

Modus novostvorene populacije nalazi se već u prvoj klasi, sa intenzitetom 14,77% relativnih frekvencija stene u kojoj se nalazi samo 1,22% natrije. Modus bogatije parcijalne populacije se nalazi u 15. klasi, sa intenzitetom 15,91% mase stene u kojoj se nalazi 25,70% mase natrije. Modus krive gustine funkcije $f_v(v)$ je predominantan, a može se smatrati da je ova kriva unimodalna (sa slučajnim varijacijama u intenzitetu iz klase u klasu).

Upoređenjem dvojnih histograma raspodele natrije dacita i alterisanih dacita uočava se ogromna razlika raspodela ovih populacija. Jasno je da je bogatija parcijalna populacija iz dacita praktično potpuno razorena u procesu hidrotermalne alteracije ovih vulkanita. Izluženjem natrije stvorena je nova parcijalna populacija na levoj strani histograma sa hiperboličnom levom asimetrijom iz razloga velikog intenziteta izluživanja natrije iz stena prilikom hidrotermalnih alteracija. Desni krak »U« raspodele je ostatak primarne populacije natrije u dacitima, zaostala je samo leva strana krive gustine koja je verovatno imala približno simetričnu formu, a sada je zadobila desnoasimetričnu hiperboličnu formu.

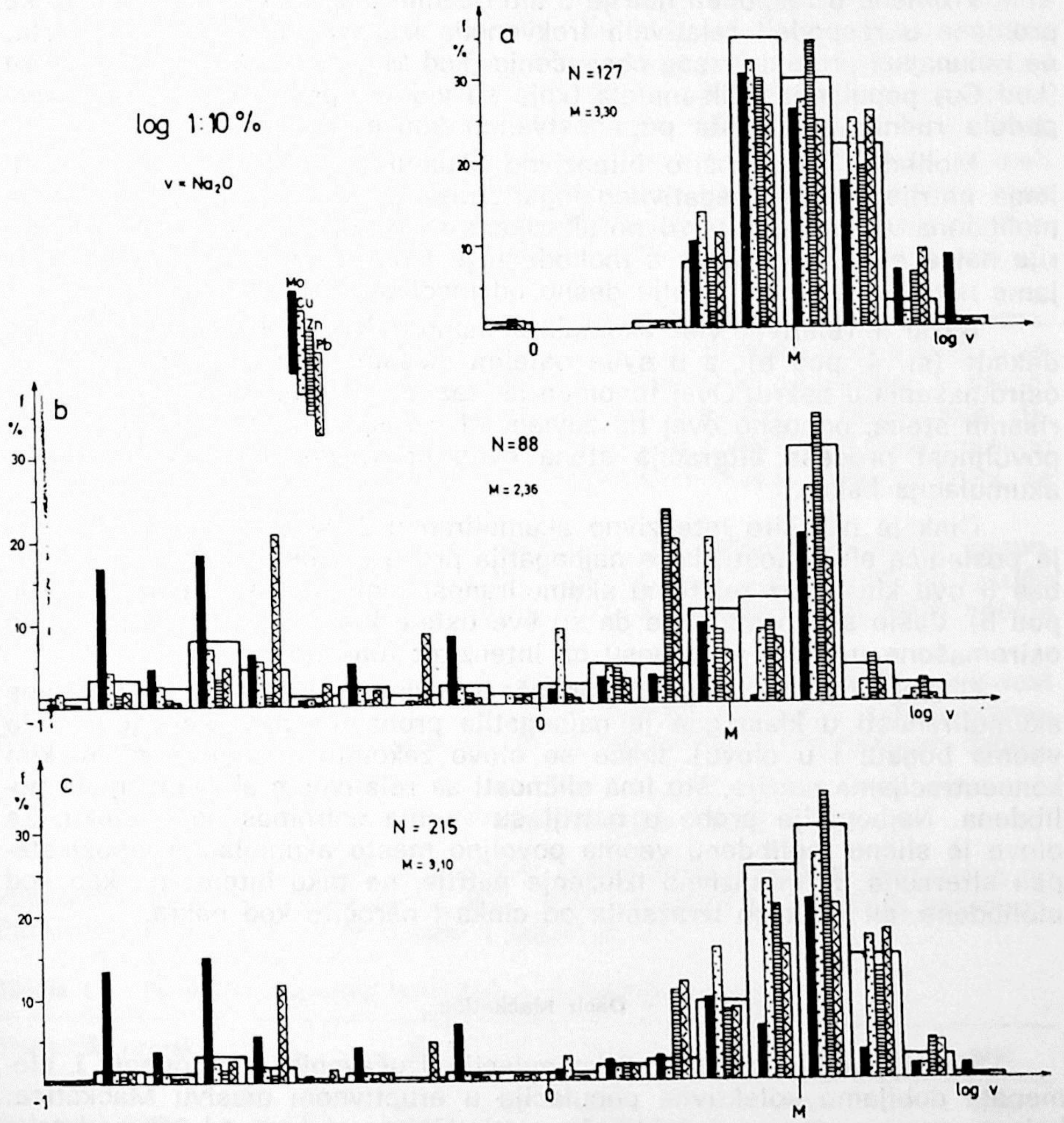
Iz ovih odnosa možemo preliminarno zaključiti da je siromašnija parcijalna populacija natrije u nealterisanim dacitima (sl. 2, pod a) postala dejstvom hidrotermalnih agenasa, prilikom relativno malog intenziteta izluženja natrije zbog takođe malog (početnog) intenziteta dejstva hidrotermalnih agenasa.

Velike promene u raspodeli natrije prilikom alteracije dacita evidentne su i na histogramu sa logaritamskim odnosima nezavisne slučajne promenljive (log v). Forma krive gustine je izrazito logaritamski desnoasimetrična (sl. 3, pod b). Formirao se negativan logaritamski rep dug više od jedne log dekade. Relikt osnovne populacije u dacitima je sačuvan u vidu relativno kompaktne i unimodalne parcijalne populacije natrije, sa izraženom desnom logaritamskom asimetrijom. Intenzivan modus se nalazi u 6. klasi I log dekade, sa intenzitetom od 30,68% relativnih frekvencija mase stene u kojoj se nalazi 47,51% relativnih frekvencija natrije.

Veliki intenzitet modusa natrije, koji je evidentan u linearnoj, a takođe i u logaritamskoj statističkoj razmeri uslovio je pojavu desne asimetrije gde se srednji sadržaj nalazi levo od medijana. Na taj način se

raspodela populacija natrije bitno razlikuju u nealterisanim i alterisanim dacitima.

Kompaktni deo populacije natrije se najverovatnije nalazi u reliktima primarnih petrogenih minerala, dok se rasejani deo populacije nalazi u sekundarnim mineralima. Razlika je nastupila iz razloga izluženja natrije prilikom hidrotermalnih uticaja na ove stene, da nije bilo izluženja došlo



Sl. 4 — Četvorokomponentni dvojni histogrami raspodele Mo, Cu, Zn i Pb po koncentraciji Na_2O.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 4 — The four-component dual histograms of the Mo, Cu, Zn and Pb distribution, versus the concentration of Na_2O.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

bi samo do promene forme krive gustine f(v) zbog stvaranja novih parcijalnih populacija natrije prilikom preraspodele ove petrogene komponente.

Izražena je negativna korelativna zavisnost u raspodeli kalije po natriji (sl. 3, pod b), jer se kalija relativno više akumulira na niskim koncentracijama natrije. Najbogatiji deo populacije natrije osiromašen je u kaliji, naročito je osiromašena klasa modusa. Karbonati se ponašaju drugačije, oni su najviše akumulirani u kompaktnom delu populacije, izbegavajući najviše koncentracije natrije.

Promene u raspodeli natrije u alterisanim dacitima izazvale su velike promene u raspodeli relativnih frekvencija izučavanih rudnih elemenata; ne računajući promene zbog obogaćenja (kod Mo, Zn i Pb) ili osiromašenja (kod Cu) populacija ovih metala (koje su vidljive prilikom izučavanja raspodele rudnih elemenata po sopstvenim koncentracijama).

Molibden se naročito intenzivno akumulira na niskim koncentracijama natrije, u delu negativnog logaritamskog repa jer je najveća masa molibdena vezana za intenzivno alterisane stene u kojima je izluženje natrije najveće. Osiromašenje u molibdenu je izraženo na višim koncentracijama natrije, naročito u polju desno od medijane (M).

Bakar je relativno više akumuliran samo u dve klase, 1. i 4. klasu I log dekade (sl. 4, pod b); a u svim ostalim klasama je došlo do relativnog osiromašenja u bakru. Ovaj fenomen je izazvao osiromašenje u bakru alterisanih stena, odnosno ovaj tip zavisnosti u raspodeli verno odražava nepovoljnost procesa alteracija stena ovog eruptivnog masiva u pogledu akumulacija bakra.

Cink je naročito intenzivno akumuliran u 3. klasi I log dekade, što je posledica slučajnosti da je najbogatija proba u cinku (1.000 ppm) došla baš u ovu klasu. Uz relativnu akumuliranost cinka u klasi modusa (sl. 4, pod b), došlo se do situacije da su sve ostale klase histograma relativno osiromašene u cinku (u odnosu na intenzitet funkcije f(v)).

Olovo se bitno drugačije ponaša od cinka, sem izuzetka relativne akumuliranosti u klasi gde je najbogatija proba u cinku (koja je takođe veoma bogata i u olovu). Inače se olovo zakonito akumulira na niskim koncentracijama natrije, što ima sličnosti sa relativnom akumulacijom molibdena. Najbogatije probe u natriji su veoma osiromašene u cinku. Za olovo je slično molibdenu veoma povoljno mesto akumulacije visoki stepen alteracije uz intenzivno izluženje natrije, ne tako intenzivno kao kod molibdena, ali svakako izraženije od cinka i naročito kod bakra.

Dacit Mačkatice

Sjedinjavanjem parcijalnih populacija izučavanih komponenti i elemenata dobijamo kolektivne populacije u eruptivnom masivu Mačkatice, koje su reprezentovane kolektivnim statističkim uzorkom od 215 podataka (proba).

Petrološka struktura ovog statističkog uzorka je nasleđena iz parcijalnih uzoraka, vrsta dacit apsolutno preovlađuje (78,14%, tabela 1), a kada dodamo makroskopske odredbe i dacito-andezitske stene imamo preko 80% vrste dacit.

Statistička raspodela natrije je desnoasimetrična, preovladala je struktura raspodele iz alterisanih dacita, tako da su vrednosti parametara raspodele: $\overline{v} = 2{,}97 < M = 3{,}10 < Mv = 3{,}50\%$, na intervalu varijacija od 0,12% do 6,66% natrije.

Forma krive gustine funkcije f(v) u linearnoj statističkoj razmeri (sl. 2, pod c) je uslovno bimodalna (može se shvatiti i kao trimodalna), što je posledica spajanja parcijalnih populacija natrije iz dacita i alterisanih dacita. Najsiromašnija parcijalna populacija ima modus već u 1. klasi, intenziteta 6,06% mase stene, u kojoj se nalazi samo 0,38% mase natrije. Glavni modus se nalazi u 12. klasi (nasleđen je iz dacita) intenziteta 13,95% mase stene sa 13,59% mase natrije. Glavni modus funkcije $f_v(v)$ se nalazi u 15. klasi (nasleđen je iz alterisanih dacita) intenziteta 14,31% relativnih frekvencija mase natrije koja se nalazi u 11,63% mase stene (treći modus).

Najveći deo mase natrije se nalazi u kompaktnoj populaciji, a mali deo se nalazi u parcijalnim populacijama negativnog logaritamskog repa (nasleđeno iz alterisanih dacita), dok je najbogatiji deo populacije na desnoj strani histograma u vidu pozitivnog logaritamskog repa (sl. 2, pod c), pretežno nasleđeno iz dacita.

Slična je situacija i u promenama forme funkcije f(v) na histogramu u logaritamskim odnosima (log v), forma je u potpunosti slična onoj u alterisanim dacitima (sl. 3, pod c), jer se kompaktna populacija u dacitu potpuno »utapa« u kompaktni deo populacije nasleđen iz alterisanih dacita. Glavni modus se nalazi u 6. klasi I log dekade (nasleđen iz alterisanog dacita) intenziteta 30,23% relativnih frekvencija mase stene u kojoj se nalazi 36,15% mase natrije.

Takođe je izražena izvesna negativna korelativna zavisnost raspodela kalije po natriji, slično kao u alterisanom dacitu. Karbonati su takođe najviše relativno akumulirani u levom krilu kompaktne populacije natrije (sl. 3, pod c).

Kod molibdena je izražena izrazita negativna korelativna zavisnost od koncentracije natrije (sl. 4, pod c), za razliku od drugih rudnih elemenata. Ove zavisnosti su uopšte slične zavisnostima u alterisanom dacitu.

RASPODELA PO KONCENTRACIJI KALIJE

Raspodela izučavanih petrogenih komponenti i rudnih elemenata po koncentraciji kalije izvode se na isti način i u istim statističkim uzorcima. Parametri raspodele su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4 — Parametri raspodele kalije (%) u statističkim uzorcima

Statistički uzorak	N	M	$\overline{w}$	Mw
Dacit	127	2,86	2,80	3,00
Alterisani dacit	88	3,67	3,95	4,50
Dacit Mačkatice	215	3,02	3,27	3,25

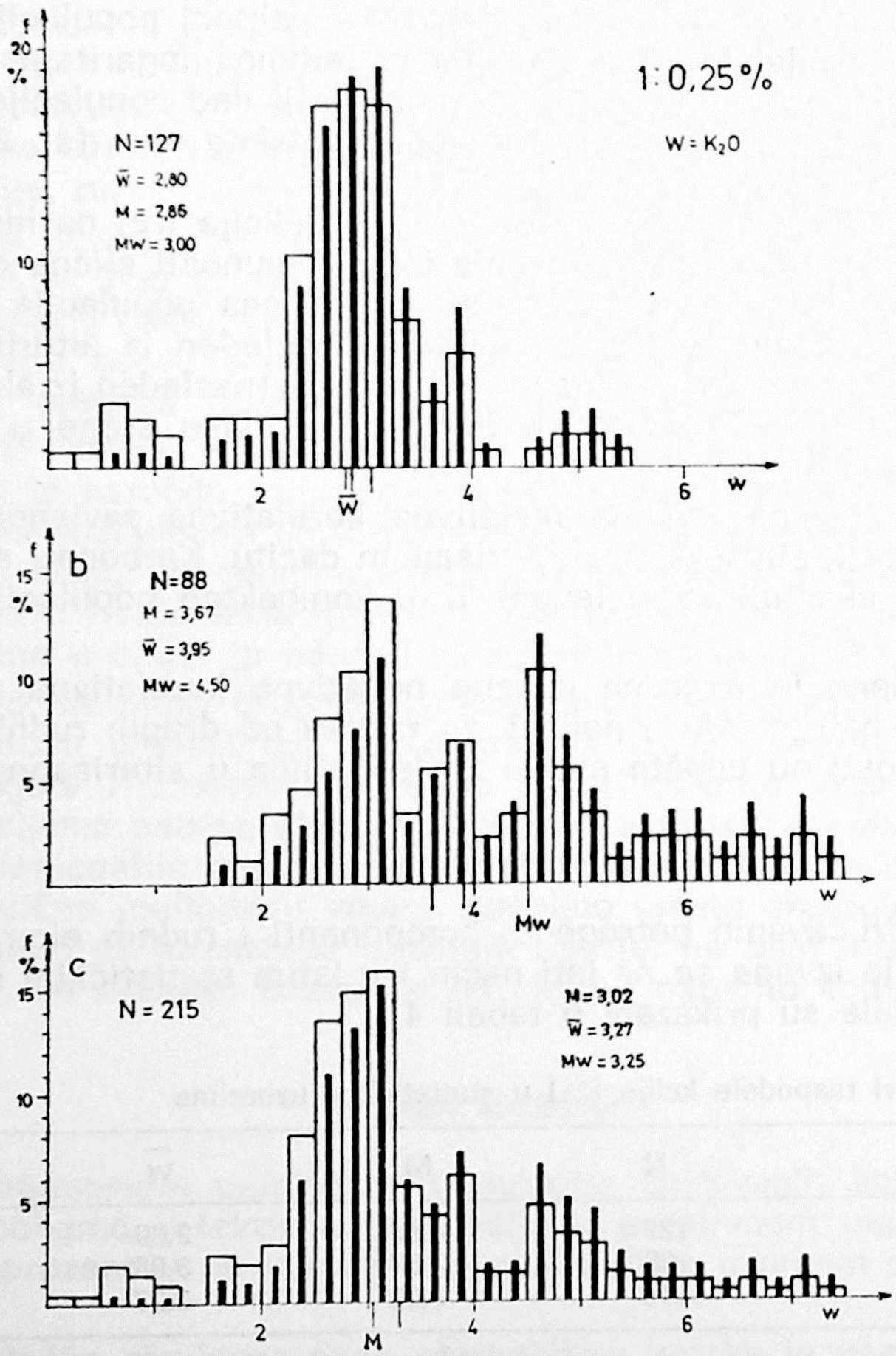
Brojne vrednosti parametara raspodele kalije se povećavaju u alterisanim dacitima, što je posledica prinosa kalijuma u procesu hidrotermalnih promena eruptivnih stena ovoga masiva.

Raspodela izučavanih komponenti i elemenata po koncentraciji kalije u statističkim uzorcima je sledeća:

Dacit

Raspodela kalije u statističkom uzorku dacit (od 127 podataka) je desnoasimetrična, pokorava se trećem zakonu raspodele (V. O m a l j e v, 1978, 1982), sa parametrima $\overline{w} = 2{,}80 < M = 2{,}86 < Mw = 3{,}00\%$, na intervalu varijacija od 0,20% do 5,37% kalije. Interval varijacija i tip raspodele kalije bitno je različit od istih parametara raspodela natrije u nealterisanim dacitima Mačkatice.

Forma krive gustine f(w) u linearnim odnosima je bliska simetričnoj (sl. 5, pod a), izražena je relativno mala desna asimetrija. Raspodela je



Sl. 5 — Dvojni histogrami raspodele K_2O.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 5 — The dual histograms of the K_2O distribution.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

unimodalna, a neizražajni modus se nalazi u 12. klasi intenziteta 18,11% relativnih frekvencija mase stene sa 18,75% mase kalije. Modus kalije (funkcije $f_w(w)$) je u sledećoj, 13. klasi, intenziteta 19,23% mase kalije koja se nalazi u 17,32% relativnih frekvencija mase stene.

Kompaktni deo populacije kalije se normalno nalazi u glavnim petrogenim mineralima (feldspati i liskuni), ali je neizvesno šta predstavlja deo populacije koji se u vidu repova nastavlja na ovaj kompaktni deo. Predpostavljamo da se ovde radi o reliktima nekih populacija koje su postale u ranoj magmatskoj fazi stvaranja (u vulkanskom ognjištu); ili se radi o početku kasnomagmatskih promena u ovim stenama, koje su se nastavile u hidrotermalnu fazu kada počinje priliv kalijuma u ovim eruptivima. Problem su siromašne parcijalne populacije, za bogatiji deo populacije najverovatnije je objašnjenje da su to početci priliva kalije u hidrotermalnoj fazi stvaranja.

Raspodela populacije kalije po sopstvenoj koncentraciji u logaritamskim odnosima (log w) je jasnija, potpuno su razdvojene siromašne parcijalne populacije od kompaktnog dela, koji je jasno unimodalan. Izražajan modus se nalazi u 5. klasi I log dekade (sl. 6, pod a), intenziteta 48,82% relativnih frekvencija mase stene u kojoj se nalazi 49,71% mase kalije (skoro polovina populacije). Siromašna parcijalna populacija u vidu negativnog logaritamskog repa je najverovatnije relikt neke ranije populacije?

Mikroskopskim ispitivanjima stena (V. Ćebić) utvrđeno je da se u stenama proba sa relativno niskim sadržajima kalije zapažaju hidrotermalne alteracije, istina relativno niskog intenziteta. To ide u prilog predpostavci da su siromašne parcijalne populacije kalije u dacitima relikti razorenog dela kompaktne populacije u kojoj je došlo do izluženja kalije. To znači da je u procesu početka hidrotermalne alteracije bilo migracije kalije u tolikoj meri da je nekad dolazilo do njenog izluživanja iz određenih delova eruptivnog masiva.

Raspodela natrije po kaliji je relativno ravnomerna, jer prati varijacije funkcije f(w) iz klase u klasu. Nigde nije izražena relativno znatna akumulacija natrije u zavisnosti od kalije. Karbonati se relativno više koncentrišu u bogatijem delu populacije kalije (desno od medijane), a najviše se akumuliraju u klasi modusa. Siromašna populacija kalije je naročito osiromašena i u karbonatima (sl. 6, pod a).

Zavisnost raspodele molibdena od koncentracije kalije je veoma složena, izražene su relativno velike varijacije intenziteta relativnih frekvencija iz klase u klasu. Dobija se utisak da ne postoji jasna korelativna zavisnost molibdena od kalije, već se dobija utisak da ove varijacije imaju slučajan karakter (sl. 7, pod a). Molibden se intenzivno relativno akumulira u siromašnoj populaciji kalije (u negativnoj log dekadi), a takođe i u najbogatijem delu populacije. Kompaktni deo populacije kalije je relativno osiromašen u molibdenu, naročito je osiromašena klasa modusa funkcije f(w).

Bakar se drugačije ponaša, njegova relativna akumulacija je na višim koncentracijama kalije desno od modusa, sa izuzetkom najbogatije klase (sl. 7, pod a). Klasa modusa je takođe relativno osiromašena u bakru, ali u manjem stepenu od molibdena.

Cink je relativno najviše akumuliran u klasi modusa i desno od nje, dok je ostali deo populacije kalije relativno osiromašen u ovom rudnom

elementu. Olovo je relativno najviše akumulirano u kompaktnom delu populacije kalije, ali za razliku od cinka klasa modusa je u olovu relativno osiromašena (sl. 7, pod a). Izražene su relativno velike razlike u geohemijskog ponašanja cinka i olova zavisno od koncentracije kalije.

Alterisani dacit

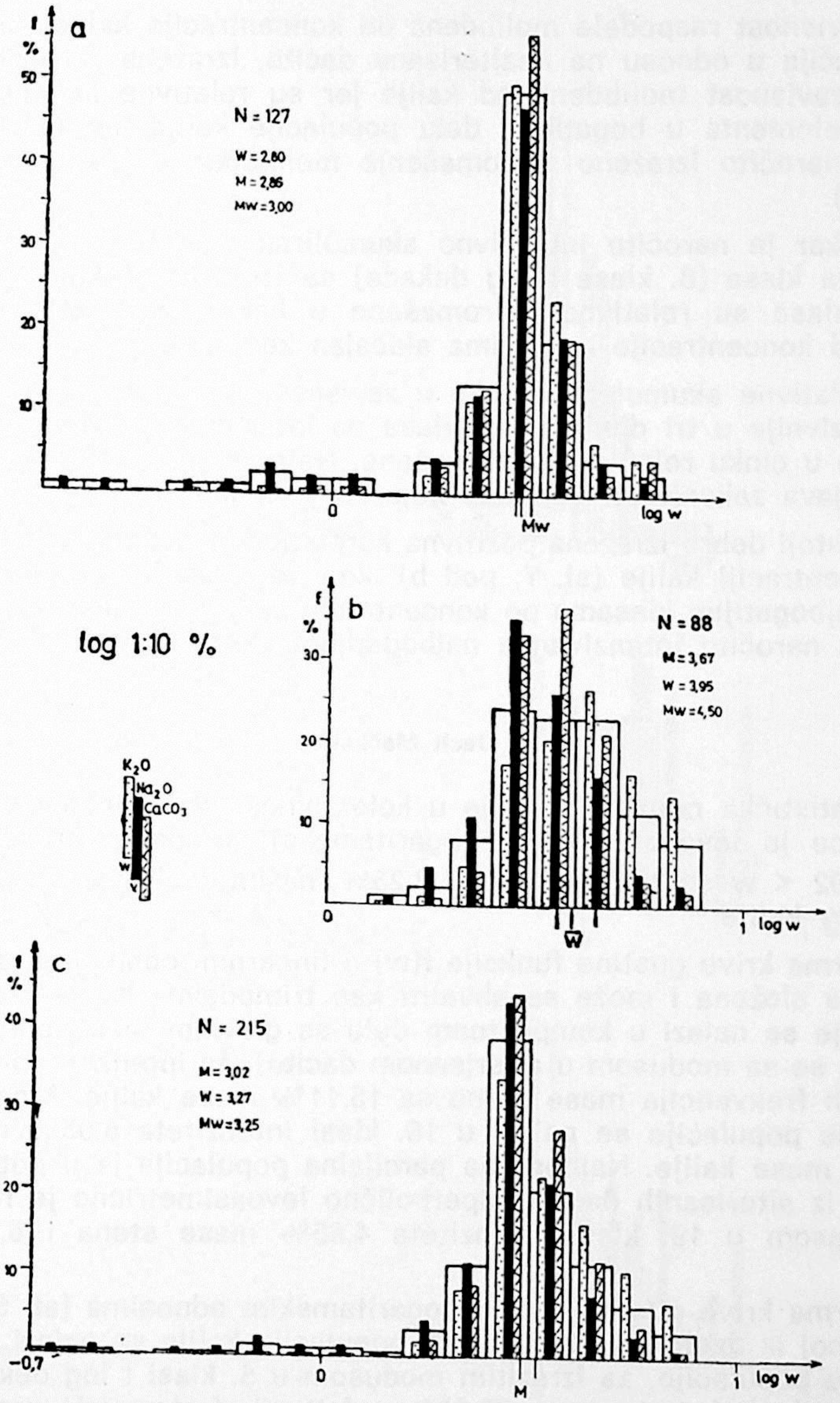
Statistička raspodela kalije u statističkom uzorku alterisani dacit (od 88 podataka) je levoasimetrična (logaritamska), sa parametrima raspodele $M = 3,67 < \overline{w} = 3,95 < Mw = 4,50\%$, na intervalu varijacija od 1,53% do 7,38% kalije. I u alterisanim dacitima populacije kalije je bitno drugačije raspoređena od populacije natrije.

Forma krive gustine f(w) u linearnim odnosima (sl. 5, pod b) je uslovno bimodalna (može se shvatiti i kao trimodalna). Glavni modus se nalazi u 13. klasi intenziteta 13,64% relativnih frekvencija mase stene sa 10,91% mase kalije. Sporedni modus je istovremeno i glavni modus kalije, a nalazi se u 19. klasi intenziteta 10,23% mase stene sa 11,99% mase kalije. Između ovih modusa nalazi se minimum relativnih frekvencija (sa jednim neizražajnim parcijalnim modusom), a ova relativna »praznina« je nastala razaranjem bogatijeg dela osnovne populacije kalije u dacitima uz intenzivni priliv kalijuma u procesu hidrotermalne alteracije ovih stena. Stvorena je relativno bogata parcijalna populacija kalije (preko 4% K_2O), koja ima osobine levoasimetrične hiperbolične raspodele, koja i daje osnovni pečat raspodeli kalije u ovom statističkom uzorku. Interesantna je činjenica da potpuno izostaju siromašne parcijalne populacije kalije na levoj strani histograma.

Upoređenjem dvojnih histograma raspodele kalije između dacita i alterisanih dacita (sl. 5, pod a i b) zapaža se veoma velika razlika među njima. Jasno je da u procesu hidrotermalnih promena dolazi do delimičnog razaranja dela osnovne populacije kalije u dacitu i to bogatijeg dela, uz izluženje kalije i njegove preraspodele. Dominacija bogatije parcijalne populacije nastale prilikom hidrotermalnih promena u ovim vulkanitima postignuta je intenzivnim prilivom kalijuma u alterisane stene. Neizvesno je odakle je kalijum došao, a najverovatnije je da je deo kalijuma izlužen iz samih dacita, a deo je donešen najverovatnije hidrotermalnim rastvorima iz vulkanskog ognjišta.

Forma krive gustine f(w) u logaritamskim odnosima (log w, sl. 6, pod b) je tipična logaritamska, sa neizražajnim modusom u 5. klasi I log dekade, intenziteta 23,86% mase stene sa 17,17% mase kalije. Modus kalije se nalazi u 7. klasi, intenziteta 22,73% mase stene sa 26,45% relativnih frekvencija mase kalije. Sva kalija se nalazi u kompaktnoj populaciji, što je u izvesnoj meri neočekivano s obzirom na stvaranje parcijalne populacije u fazi hidrotermalnog stvaranja. Ova novostvorena parcijalna populacija kalije se potpuno stapa sa ranijom osnovnom populacijom postalom u fazi očvršćavanja ovih eruptivnih stena kada se raspodela posmatra u logaritamskim odnosima nezavisne promenljive (log w).

Dobro je izražena negativna korelativna zavisnost raspodele natrije po koncentraciji kalije (sl. 6, pod b) jer se natrija relativno akumulira na



Sl. 6 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele K_2O, Na_2O i $CaCO_3$ po koncentraciji K_2O.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 6 — The three-component dual histograms of the K_2O, Na_2O and $CaCO_3$, versus the concentration of K_2O.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

nižim koncentracijama kalije. Karbonati su relativno najviše akumulirani u klasi modusa i medijalne funkcije f(w), a ostale klase su u karbonatima relativno osiromašene.

Zavisnost raspodele molibdena od koncentracije kalije (sl. 7, pod b) je drugačija u odnosu na nealterisane dacite. Izražena je pozitivna korelativna zavisnost molibdena od kalije jer su relativne akumulacije ovog rudnog elementa u bogatijem delu populacije kalije. Interesantno je da postoji naročito izraženo osiromašenje molibdena u klasi modusa funkcije f(w).

Bakar je naročito intenzivno akumuliran u klasi modusa, a postoji još jedna klasa (8. klasa I log dekade) sa izraženom akumulacijom; sve ostale klase su relativno osiromašene u bakru. Zavisnost akumulacija bakra od koncentracije kalije ima slučajan karakter.

Relativne akumulacije cinka u zavisnosti od koncentracije kalije su najintenzivnije u tri dominantne klase po intenzitetu funkcije f(w), ostale klase su u cinku relativno oisromašene. Nejasno je u kolikoj meri je izražena pojava zakonitost, odnosno nejasan je način veze cinka sa kalijom.

Postoji dobro izražena pozitivna korelativna zavisnost raspodele olova po koncentraciji kalije (sl. 7, pod b), koji se relativno intenzivno akumulira u najbogatijim klasama po koncentraciji kalije. Pri tome je stepen akumulacije naročito intenzivan u najbogatijom klasi kalije.

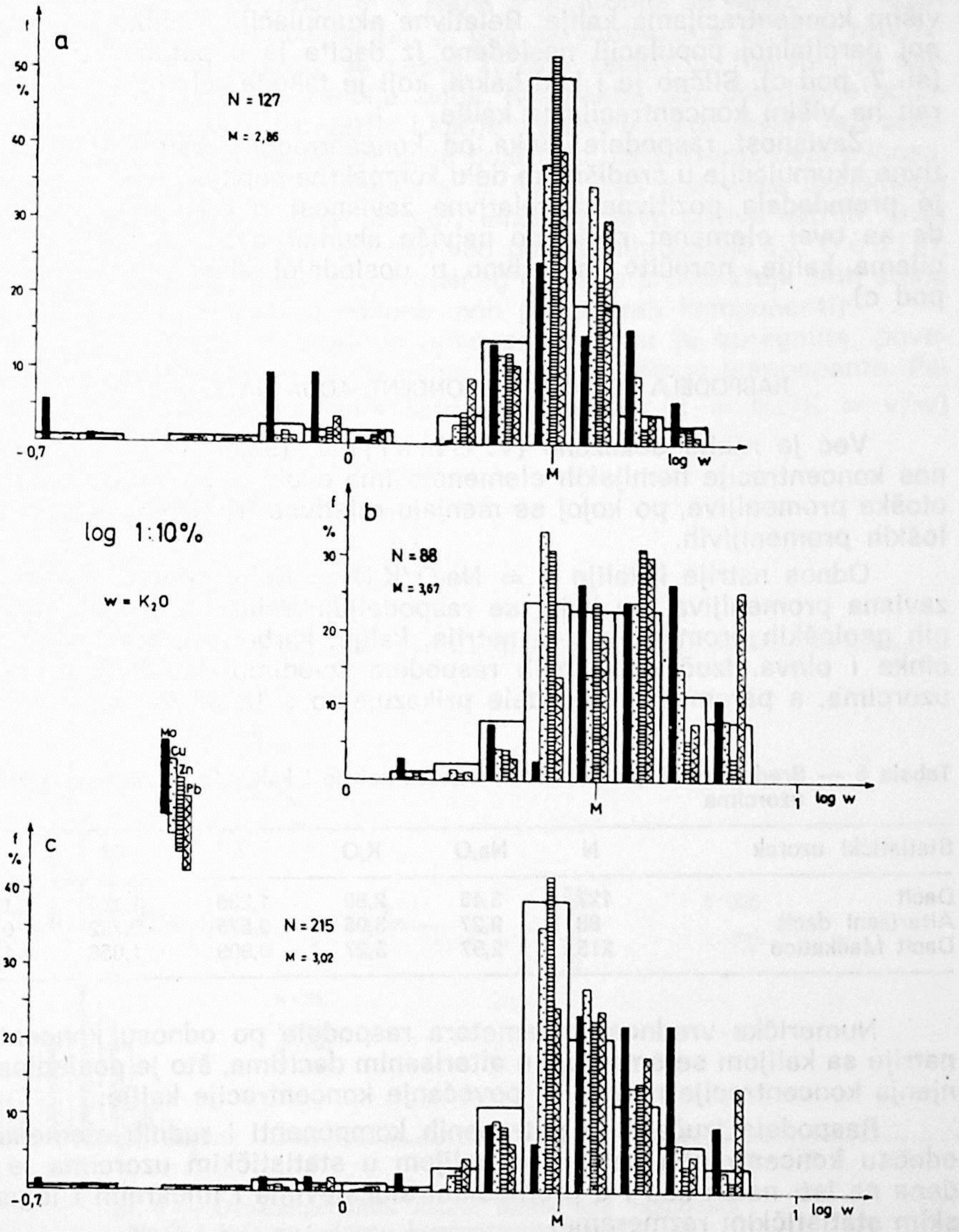
Dacit Mačkatice

Statistička raspodela kalije u kolektivnom statističkom uzorku dacit Mačkatice je levoasimetrična (logaritamska), sa parametrima raspodele $M = 3{,}02 < \overline{w} = 3{,}27 \approx Mw = 3{,}25\%$, na intervalu varijacija od 0,20% do 7,38% kalije.

Forma krive gustine funkcije f(w) u linearnim odnosima (sl. 5, pod c) je veoma složena i može se shvatiti kao trimodalna. Najveći deo populacije kalije se nalazi u kompaktnom delu sa glavnim modusom u 13. klasi (poklapa se sa modusom u alterisanom dacitu), sa intenzitetom od 15,81% relativnih frekvencija mase stena sa 15,11% mase kalije. Modus srednje parcijalne populacije se nalazi u 16. klasi intenziteta 6,05% mase stena i 7,15% mase kalije. Najbogatija parcijalna populacija je u potpunosti naslеđena iz alterisanih dacita, hiperbolično levoasimetrično je raspoređena sa modusom u 19. klasi intenziteta 4,65% mase stena i 6,57% mase kalije.

Forma krive gustine f(w) u logaritamskim odnosima (sl. 6, pod c) je slična onoj iz dacita. Najveća masa populacije kalije se nalazi u kompaktnom delu populacije, sa izrazitim modusom u 5. klasi I log dekade (naslеđenim iz dacita) intenziteta 38,60% relativnih frekvencija mase stena i 33,61% relativnih frekvencija mase kalije. Siromašni deo populacije, naslеđen iz dacita, potpuno je podređen. Kompaktni deo populacije je logaritamski levoasimetrično raspoređen, tako da negativni logaritamski rep ne dolazi do izražaja i ova populacija ima levoasimetričnu raspodelu koja je naslеđena iz alterisanih dacita.

Natrija se relativno više akumulira praktično samo u klasi modusa, siromašni deo populacije kalije takođe ima neznatno veću akumulaciju komponente natrije, a bogatije klase su u natriji relativno osiromašene.



Sl. 7 — Četvorokomponentni dvojni histogrami raspodele Mo, Cu, Zn i Pb po koncentraciji K_2O.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 7 — The four-component dual histograms of the Mo, Cu, Zn and Pb distribution, versus the concentration of K_2O.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

Karbonati se relativno akumuliraju samo u klasama sa većim intenzitetom funkcije f(w) (sl. 6, pod c).

Zavisnost raspodele molibdena od koncentracije kalije slična je onoj u alterisanimm dacitima. Preovladala je pozitivna korelativna zavisnost molibdena od kalije, što znači da je ovaj elemenat pretežno akumuliran na višim koncentracijama kalije. Relativne akumulacije molibdena u siromašnoj parcijalnoj populaciji nasleđeno iz dacita je u potpunosti podređena (sl. 7, pod c). Slično je i kod bakra, koji je takođe relativno više akumuliran na višim koncentracijama kalije.

Zavisnost raspodele cinka od koncentracije kalije dovodi do relativne akumulacije u središnjem delu kompaktne populacije kalije. Kod olova je preovladala pozitivna korelativna zavisnost u odnosu na kaliju tako da se ovaj elemenat relativno najviše akumulira na najvišim koncentracijama kalije, naročito intenzivno u poslednjoj klasi histograma (sl. 7, pod c).

RASPODELA PO ODNOSU KONCENTRACIJA NATRIJE I KALIJE

Već je ranije dokazano (V. O m a l j e v, 1980b, 1982, 1983a) da odnos koncentracije hemijskih elemenata ima osobine nove nezavisnosti geološke promenljive, po kojoj se menjaju relativne frekvencije zavisnih geoloških promenljivih.

Odnos natrije i kalije a = Na_2O/K_2O = Na/K je nova geološka nezavisna promenljiva, po kojoj se raspodeljuju relativne frekvencije zavisnih geoloških promenljivih — natrije, kalije, karbonata, molibdena, bakra, cinka i olova. Izučavanje ovih raspodela izvodimo na istim statističkim uzorcima, a parametre raspodele prikazujemo u tabeli 5:

Tabela 5 — Srednji sadržaji i parametri odnosa natrije i kalije (a = Na/K) u statističkim uzorcima

Statistički uzorak	N	Na_2O	K_2O	â	M	â
Dacit	127	3,46	2,80	1,236	1,164	1,868
Alterisani dacit	88	2,27	3,95	0,575	0,752	0,743
Dacit Mačkatice	215	2,97	3,27	0,909	1,058	1,407

Numerička vrednost parametara raspodele po odnosu koncentracija natrije sa kalijom se smanjuju u alterisanim dacitima, što je posledica smanjenja koncentracije natrije uz povećanje koncentracije kalije.

Raspodela izučavanih petrogenih komponenti i rudnih elemenata po odnosu koncentracija natrije sa kalijom u statističkim uzorcima je obrađena na isti način kao i u prethodnim slučajevima i linearnim i logaritamskim statističkim razmerama.

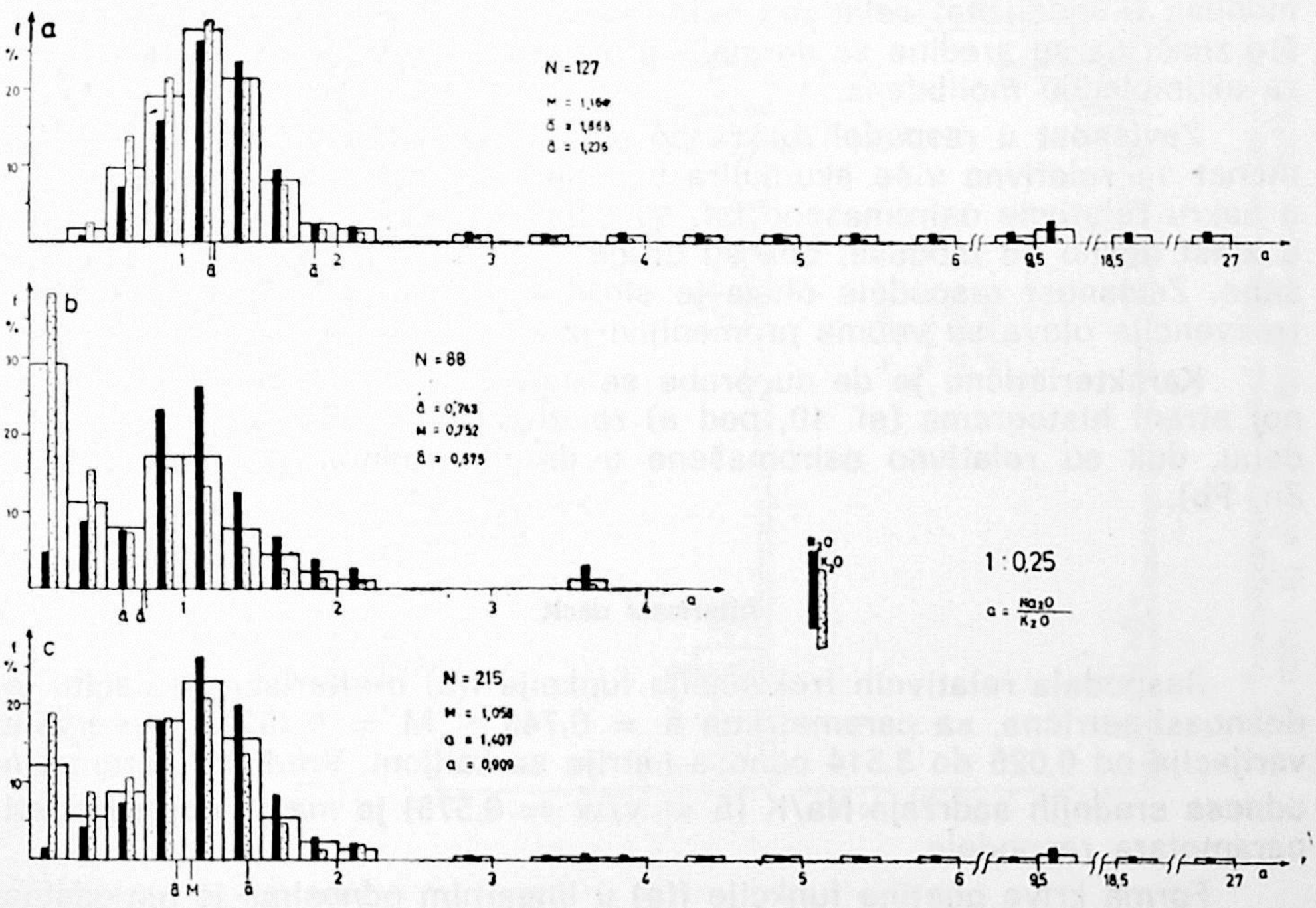
Dacit

Raspodela relativnih frekvencija funkcije f(a) u dacitu je levoasimetrična (logaritamska) sa parametrima M = 1,164 < ā = 1,868, na intervalu

varijacije od 0,342 do 27,000 odnosa natrije sa kalijom. Vrednost odnosa natrije sa kalijom (â = 1,236) se nalazi između medijane i aritmetičke sredine.

Forma krive gustine odnosa natrije sa kalijom f(a) je karakteristična; posle kompaktne, simetrično raspoređene i unimodalne populacije sledi dug rep pojedinačnih vrednosti a = Na/K > 2. Modus se nalazi u 5. klasi raspodele u linearnim odnosima (sl. 8, pod a), intenziteta 27,56% relativnih frekvencija stena, u kojoj se nalazi 26,28% relativnih frekvencija natrije i 28,86% relativnih frekvencija kalije. Kompaktni deo populacije odgovara osnovnim populacijama natrije i kalije postale u magmatskoj fazi stvaranja. Dejstvom hidrotermalnih procesa dolazi do narušavanja ovih odnosa, što izaziva pojavu porasta vrednosti a = Na/K kao posledica uzajamnog dejstva procesa izluženja kalije uz istovremenu pojavu priliva natrije. Ovaj priliv natrije mikroskopski je utvrđen kao pojava albitizacije (V. Ć e b i ć), kao procesa u početnoj fazi hidrotermalnog procesa preobražaja ovih stena (što zaključujemo na osnovu odnosa ovih petrogenih komponenti).

Raspodela natrije i kalije po njihovom odnosu je spregnuta, povećavanje jedne komponente ide na račun smanjenja druge komponente. Parametar odnosa srednjih sadržaja natrije sa kalijom ($\hat{a} = Na/K = \overline{v}/\overline{w}$)



Sl. 8 — Dvokomponentni dvojni histogrami raspodele Na_2O i K_2O po odnosu koncentracija Na/K.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 8 — The two-component dual histograms of the Na_2O and K_2O distribution, versus the ratio of concentration Na/K.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

deli ovaj dvojni histogram na dva polja (V. O m a l j e v, 1980b, 1983a), sa leve strane histograma nalazi se polje kalijuma (gde kalija preovlađuje) i sa desne strane histograma nalazi se polje natrijuma (gde natrija preovlađuje). Na taj način parametar â je praktično najznačajniji za ocenu suštine odnosa natrije sa kalijom, odnosno za orijentaciju pri raspodeli drugih zavisnih komponenti i elemenata.

Forma krive gustine funkcije f(a) u logaritamskim odnosima (sl. 9, pod a) je složena. Dominira jedna kompaktna i unimodalna populacija, sa modusom u 1. klasi I log dekade intenziteta 28,35% mase stena sa 27,01% masom natrije i 29,59% mase kalije. Karakterističan je relativno intenzivan logaritamski rep, koji je posledica dejstva hidrotermalnih procesa na ove stene.

Raspodela karbonata po odnosu Na/K je relativno složena, varijacije intenziteta su slučajne prirode. Karakteristična je intenzivna akumulacija karbonata u klasi modusa (sl. 9, pod a).

Zavisnost raspodele molibdena od odnosa koncentracije natrije sa kalijom je složene prirode, jer se ovaj elemenat relativno akumulira na niskim i visokim vrednostima a = Na/K. To je svakako posledica dejstva hidrotermalnih procesa na ove stene. Karakteristično je da su klase oko modusa (i medijane) relativno osiromašene u molibdenu (sl. 10, pod a), što znači da su sredine sa normalnim odnosom Na/K relativno nepovoljne za akumulaciju molibdena.

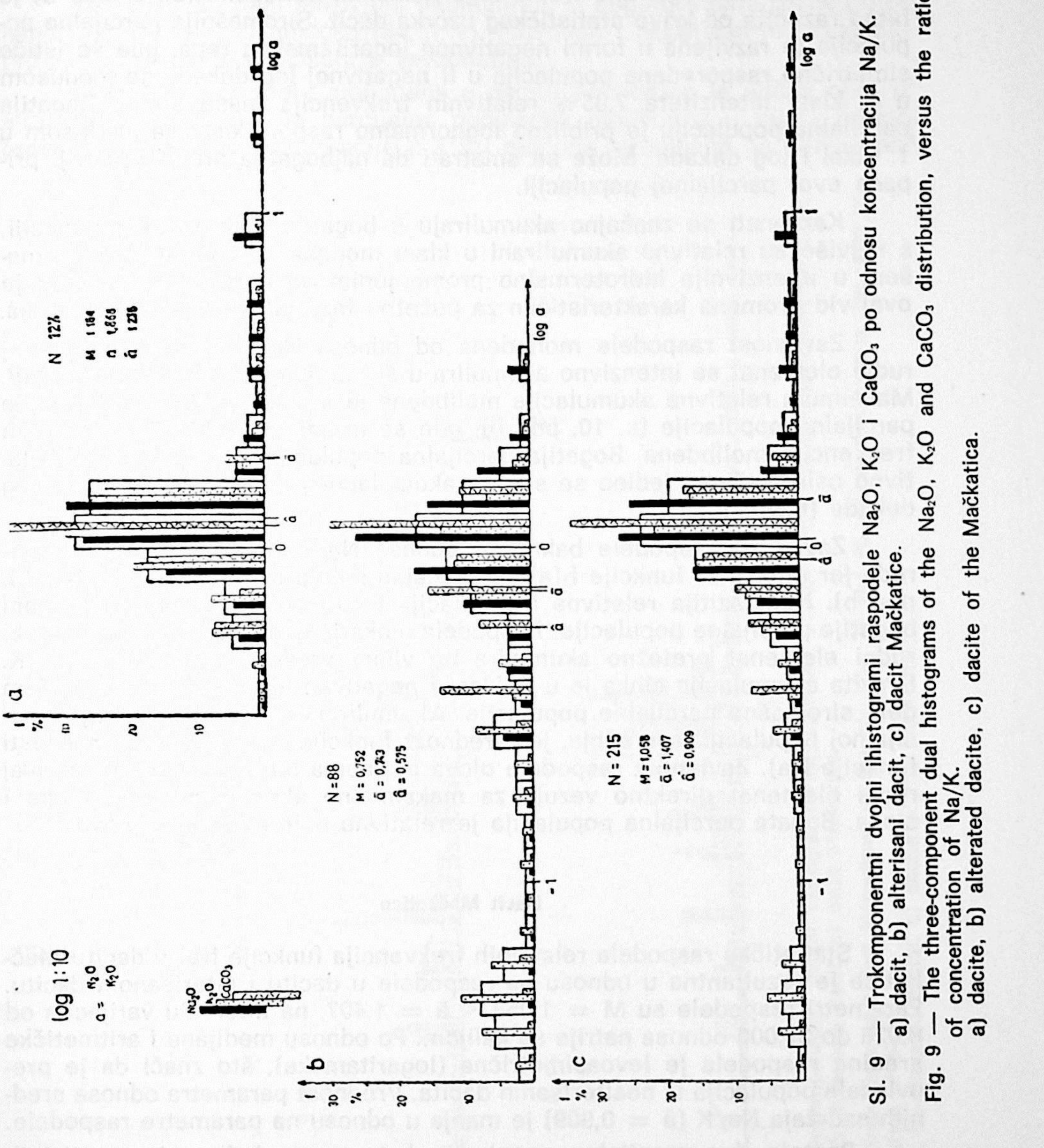
Zavisnost u raspodeli bakra po odnosu Na/K je drugačija, ovaj elemenat se relativno više akumulira u polju kalijuma, a polje natrijuma je u bakru relativno osiromašeno (sl. 10, pod a). Cink je najviše akumuliran u klasi desno od modusa, dok su druge klase u cinku relativno osiromašene. Zavisnost raspodele olova je složene prirode, intenziteti relativnih frekvencija olova su veoma promenljivi iz klase u klasu.

Karakteristično je da su probe sa najvećim odnosom Na/K na desnoj strani histograma (sl. 10, pod a) relativno obogaćene samo u molibdenu, dok su relativno osiromašene u drugim rudnim elementima (Cu, Zn, Pb).

Alterisani dacit

Raspodela relativnih frekvencija funkcije f(a) u alterisanom dacitu je desnoasimetrična, sa parametrima $\bar{a} = 0{,}743 < M = 0{,}752$, na intervalu varijacija od 0,026 do 3,514 odnosa natrije sa kalijom. Vrednost parametra odnosa srednjih sadržaja Na/K ($\bar{a} = \bar{v}/\bar{w} = 0{,}575$) je manja od vrednosti parametara raspodele.

Forma krive gustine funkcije f(a) u linearnim odnosima je bimodalna (sl. 8, pod b) jer postoje dve parcijalne populacije. Modus siromašnije populacije je već u prvoj klasi, intenziteta 29,55% relativnih frekvencija mase stena sa 4,87% relativnih frekvencija mase natrije i 38,29% relativnih frekvencija mase kalije. Ova parcijalna populacija je novostvorena procesima hidrotermalne alteracije dacita, kada su znatno poremećeni odnosi između natrije i kalije (izluživanje Na, odnosno prilivom K). Raspodela ove parcijalne populacije je levoasimetrična hiperbolična.



Sl. 9 — Trokomponentni dvojni ihistogrami raspodele Na_2O, K_2O i $CaCO_3$ po odnosu koncentracija Na/K.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 9 — The three-component dual histograms of the Na_2O, K_2O and $CaCO_3$ distribution of concentration of Na/K.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

Bogatija parcijalna populacija sa modusom u 4. i 5. klasi intenziteta 17,05% mase stena odgovara primarnoj populaciji u dacitu, gde su odnosi Na/K relativno neporemećeni. Ona se nalazi u polju natrije, desno od parametara raspodele. Forma krive gustine ove parcijalne populacije je približno simetrična, relativno slična krivoj gustine u dacitu.

Najbogatija proba u natriji je usamljena na desnoj strani histograma (sl. 8, pod b).

Forma krive gustine f(a) u logaritamskim odnosima (sl. 9, pod b) je bitno različita od krive statističkog uzorka dacit. Siromašnija parcijalna populacija je razvijena u formi negativnog logaritamskog repa, gde se ističe simetrično raspoređena populacija u II negativnoj log dekadi, sa modusom u 4. klasi intenziteta 7,95% relativnih frekvencija mase stene. Bogatija parcijalna populacija je približno lognormalno raspoređena, sa modusom u 1. klasi I log dekade. Može se smatrati da najbogatija proba u natriji pripada ovoj parcijalnoj populaciji.

Karbonati se značajno akumuliraju u bogatijoj parcijalnoj populaciji, a najviše su relativno akumulirani u klasi modusa. Karbonati su osiromašeni u intenzivnije hidrotermalno promenjenim dacitima, što znači da je ovaj vid promena karakterističan za početnu fazu hidrotermalnih promena.

Zavisnost raspodele molibdena od odnosa Na/K je negativna, ovaj rudni elemenat se intenzivno akumulira u siromašnoj parcijalnoj populaciji. Maksimum relativne akumulacije molibdena je u klasi modusa siromašnije parcijalne populacije (s. 10, pod b), gde se nalazi 1/3 (33,41%) relativnih frekvencija molibdena. Bogatija parcijalna populacija je u molibdenu relativno osiromašena, jedino se stepen akumulacije povećava u 3. klasi I log dekade (6,89%).

Zavisnost raspodele bakra od odnosa Na/K (log a) je složene prirode jer intenzitet funkcije $f_{Y}(a)$ se značajno menja iz klase u klasu (sl. 10, pod b). Najizrazitija relativna akumulacija bakra se nalazi na levoj strani bogatije parcijalne populacije. Raspodela cinka je manje složena jer se ovaj rudni elemenat pretežno akumulira na višim vrednostima odnosa Na/K. Izrazita akumulacija cinka je u 5. klasi I negativne log dekade, u bogatijem delu siromašne parcijalne populacije. Akumuliranost cinka u bogatijoj parcijalnoj populaciji je srednja, jer vrednost funkcije $f_{Z}(a)$ je bliska vrednosti funkcije f(a). Zavisnost raspodele olova je veoma interesantna, jer se ovaj rudni elemenat direktno vezuje za maksimalne akumulacije molibdena i cinka. Bogata parcijalna populacija je relativno osiromašena u olovu.

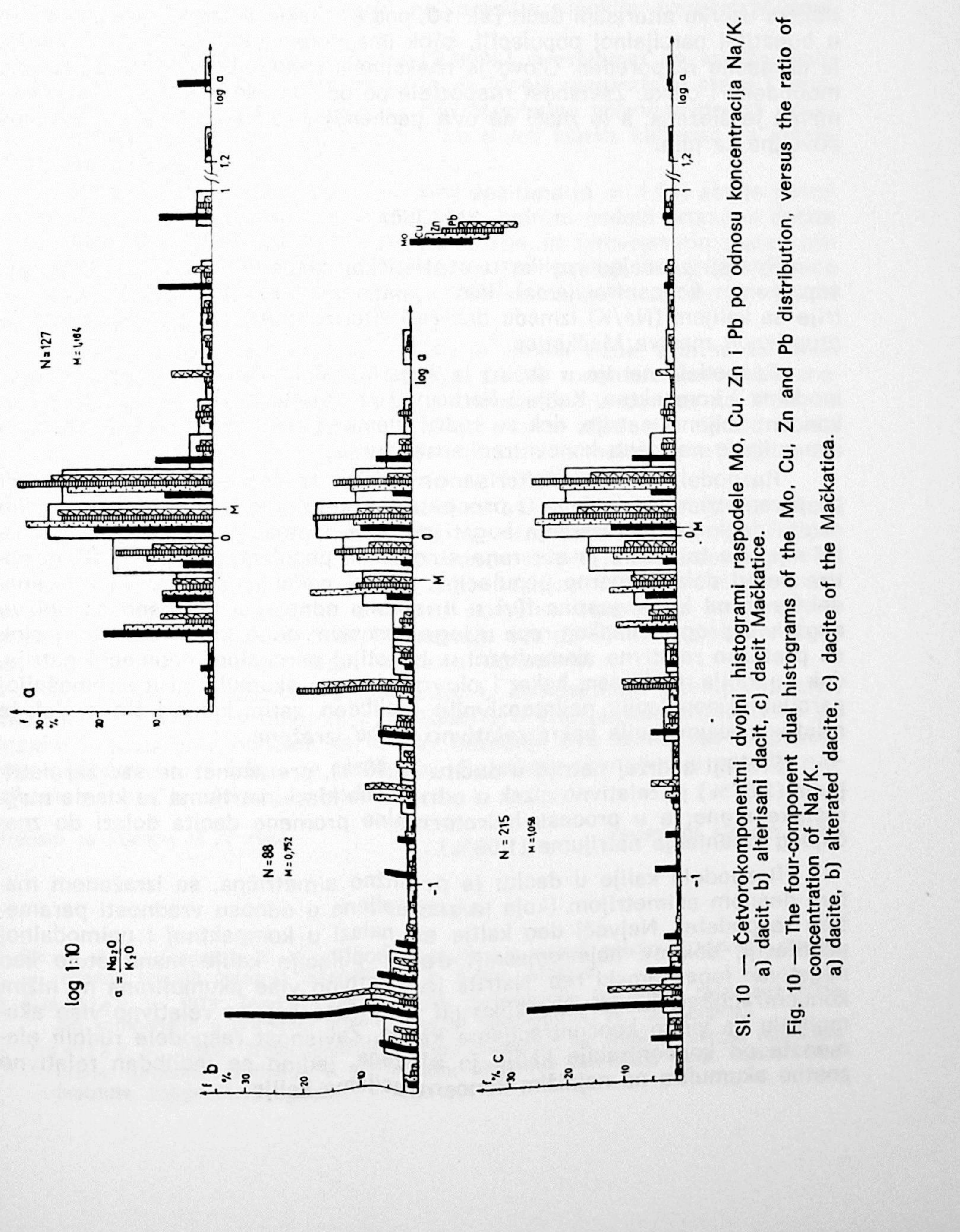
Dacit Mačkatice

Statistička raspodela relativnih frekvencija funkcije f(a) u dacitu Mačkatice je rezultantna u odnosu na raspodele u dacitu i alterisanom dacitu. Parametri raspodele su $M = 1{,}058 < \bar{a} = 1{,}407$, na intervalu varijacija od 0,026 do 27,000 odnosa natrije sa kalijom. Po odnosu medijane i aritmetičke sredine raspodela je levoasimetrična (logaritamska), što znači da je preovladala populacija iz nealterisanih dacita. Vrednost parametra odnosa srednjih sadržaja Na/K ($\hat{a} = 0{,}909$) je manja u odnosu na parametre raspodele.

Postoje dve parcijalne populacije koje su nasleđene iz parcijalnih statističkih uzoraka. Siromašnija parcijalna populacija je podređena (sl. 8 i 9, pod c), dominira bogatija parcijalna populacija koja je približno simetrično raspoređena u linearnim i logaritamskim odnosima, sa nasleđenim modusom iz dacita intenziteta preko 23% relativnih frekvencija mase stene. Negativan logaritamski rep je nasleđen iz alterisanih dacita (siromašna parcijalna populacija, a pozitivan logaritamski rep je nasleđen iz dacita (sl. 9, pod c).

Karbonati su najintenzivnije akumulirani u bogatijoj parcijalnoj populaciji, najviše u klasi modusa (34,01%). Pozitivan i negativan logaritamski rep su relativno osiromašeni u karbonatima.

Zavisnost raspodele molibdena u dacitu Mačkatice je slična onoj iz alterisanih dacita, jer je parcijalna populacija molibdena u njima brojno preovlađuje. Stepen akumulacije u klasi modusa siromašne parcijalne po-



Sl. 10 — Četvorokomponentni dvojni histogrami raspodele Mo, Cu, Zn i Pb po odnosu koncentracija Na/K.
a) dacit, b) alterisani dacit, c) dacit Mačkatice.

Fig. 10 — The four-component dual histograms of the Mo, Cu, Zn and Pb distribution, versus the ratio of concentration of Na/K.
a) dacite, b) alterated dacite, c) dacite of the Mačkatica.

pulacije je smanjen na 26,96% relativnih frekvencija molibdena (sl. 10, pod c). Bogatija parcijalna populacija i pozitivan logaritamski rep su relativno osiromašeni u molibdenu. Najpovoljnija sredina za akumulaciju molibdena je ona gde je odnos Na/K najmanji, odnosno gde je došlo do intenzivnog izluženja natrije uz intenzivan priliv kalije. To su geohemijske sredine gde je intenzitet hidrotermalnih promena maksimalan.

Bakar, cink i olovo su slično raspoređeni kao u parcijalnom statističkom uzorku alterisani dacit (sl. 10, pod c). Bakar je pretežno akumuliran u bogatijoj parcijalnoj populaciji, cink ima sličnu tendenciju ali u detalju je drugačije raspoređen. Olovo je maksimalno akumulirano uz maksimume molibdena i cinka. Zavisnost raspodele po odnosu Na/K ova tri rudna elementa je složena, a to znači da ova geohemijska sredina nije jednoznačno povoljna za njih.

ZAKLJUČAK

Postoji značajna razlika u statističkoj raspodeli natrije i kalije (po sopstvenim koncentracijama), kao i statističkoj raspodeli po odnosu natrije sa kalijom (Na/K) između dacita i alterisanih dacita u zapadnom delu eruptivnog masiva Mačkatica.

Raspodela natrije u dacitu je logaritamska, populacija natrije je unimodalna i kompaktna. Kalija i karbonati se relativno akumuliraju na nižim koncentracijama natrije, dok se rudni elementi (Mo, Cu, Zn i Pb) relativno akumuliraju na višim koncentracijama natrije.

Raspodela natrije u alterisanom dacitu je desnoasimetrična, sudeći po parametrima raspodele. U procesu hidrotermalne promene mačkatičkih dacita došlo je do razaranja bogatijeg dela populacije natrije i njenog izluženja. Na taj način je stvorena siromašna populacija natrije, koja egzistira pored dela primarne populacije. Na taj način je stvorena »U« raspodela u formi krive gustine f(v) u linearnim odnosima, odnosno do pojave negativnog logaritamskog repa u logaritamskim odnosima. Karbonati i cink su pretežno relativno akumulirani u bogatijoj parcijalnoj populaciji natrije, dok su kalija, molibden, bakar i olovo relativno akumulirani u siromašnijoj parcijalnoj populaciji; najintenzivnije molibden, zatim kalija i olovo, dok je relativna akumulacija bakra relativno slabo izražena.

Srednji sadržaj natrije u dacitu (3,46%), preračunat na sadržaj natrijuma (2,57%) je relativno nizak u odnosu na klark natrijuma za kisele magmatske stene; a u procesu hidrotermalne promene dacita dolazi do značajnog smanjenja natrijuma (1,68%).

Raspodela kalije u dacitu je približno simetrična, sa izraženom malom desnom asimetrijom (koja je zastupljena u odnosu vrednosti parametara raspodele). Najveći deo kalije se nalazi u kompaktnoj i unimodalnoj populaciji, dok se najsiromašniji deo populacije kalije manifestuje kao negativan logaritamski rep. Natrija je relativno više akumulirana na nižim koncentracijama kalije, za razliku od karbonata koji se relativno više akumuliraju na višim koncentracijama kalije. Zavisnost raspodele rudnih elemenata od koncentracije kalije je složena, jedino se molibden relativno znatno akumulira na najnižim koncentracijama kalije.

Prilikom alterisanja dacita dolazi do razaranja bogatijeg dela populacije kalije, uz intenzivno privođenje i stvaranje nove bogate parcijalne populacije kalije, jasno vidljive u linearnim odnosima. Zbog izražene desne asimetrije, u logaritamskim odnosima populacija kalije je kompaktna. Relativna akumulacija natrije se nalazi na siromašnijem delu populacije, dok se karbonati najviše relativno akumuliraju u oblasti modusa. Molibden i olovo se intenzivno akumuliraju na najvišim koncentracijama kalije, dok se bakar i cink relativno akumuliraju na srednje visokim koncentracijama kalije.

Srednji sadržaj kalije u dacitu (2,80%), preračunat na sadržaj kalijuma (2,32%) je niži od klarka kalijuma za kisele magmatske stene i zemljine kore. Priliv kalijuma u procesu hidrotermalne promene dacita povećava srednji sadržaj kalijuma (3,28%) do nivoa klarka kalijuma za kisele magmatske stene.

Natrija preovlađuje u nealterisanim dacitima ($\hat{a} = 1{,}24$) što je petrohemijska karakteristika ovih stena. Prilikom hidrotermalnih promena dacita dolazi do relativno intenzivnog izluženja natrije, uz istovremeno znatan priliv kalije. Na taj način odnos natrije sa kalijom postaje manji od jedinice ($\hat{a} = 0{,}57$), kalija znatno preovlađuje u alterisanim dacitima, što je njihova petrohemijska karakteristika.

Srednji sadržaj molibdena u dacitu je veoma visok, a bitno se povećava u procesu hidrotermalnih promena. Ostali rudni elementi nisu značajno akumulirani (Cu i Pb), a cink je osiromašen u odnosu na klark za kisele magmatske stene. Prilikom hidrotermalne alteracije dacita dolazi do bitnog povećanja sadržaja molibdena, relativno malog povećanja u sadržajima cinka i olova, a sadržaj bakra se smanjuje.

Raspodela natrije i kalije po odnosu svojih koncentracija je spregnuta, povećanja jedne komponente idu na račun smanjenja druge. Raspodela u dacitu je logaritamska, a u alterisanom dacitu je malo desnoasimetrična. Pri tome se forma krive gustine bitno razlikuju u dacitu i alterisanom dacitu. U linearnim odnosima u dacitu dominira simetrično raspoređena populacija, dok u alterisanom dacitu postoje dve parcijalne populacije, koje su naročito razdvojene u logaritamskim odnosima.

Karbonati se relativno akumuliraju u kompaktnom delu populacije. Značajna je izrazita akumulacija molibdena u alterisanom dacitu i to na niskim vrednostima odnosa Na/K, što određuje ove stene kao najpovoljniju geohemijsku sredinu za molibden. Relativna akumulacija ostalih rudnih elemenata je složene prirode.

Predato za štampu 18. V 1984. Recenzent Milosav Simić

LITERATURA

1. B e u s, A. A., Grigorjan, S. V., 1975: Geohimičeskie metodi poiskov i razvedki mestorođdenij tverdih poleznih iskopaemih. iz. Nedra, Moskva.
2. O m a l j e v, V., 1978: Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.
3. O m a l j e v, V., 1980a: Trokomponentni dvojni histogram na primeru odnosa raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Radovi Geoinstituta, knjiga 14, Beograd.

4. O m a l j e v, V., 1980b: Model ispitivanja raspodele odnosa Th/U na primeru gredenskih slojeva Žirovskog vrha. Radovi Geoinstituta, knjiga 14, Beograd.
5. O m a l j e v, V., 1980c: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u magmatskim I metamorfnim stenama Kukavice i Besne Kobile. Radovi Geoinstituta, knjiga 14, Beograd.
6. O m a l j e v, V., 1982: Characteristics of the distribution of the geological random variable. Rudarsko-metalurški zbornik, vo. 29, No. 2—3, Ljubljana.
7. O m a l j e v, V., 1983a: Odnos Th/U u granitoidnim stenama Cera. Tehnika, RGM br. 3, Beograd.
8. O m a l j e v, V., 1983b: Karakteristike informacija o geološkim populacijama hemijskih elemenata u geološkim telima. Zapisnici Srp. geol. društva za 1982. godinu, Beograd.
9. O m a l j e v, V., 1983c: Geološka nezavisna i zavisna promenljiva pri geohemijskim ispitivanjima. Zapisnici Srp. geol. društva za 1982. godinu, Beograd.
10. O m a l j e v, V., 1983d: Statistička razmera kao mera standardizacije geološke nezavisne promenljive. Zapisnici Srp. geol. društva za 1982. godinu, Beograd.
11. S i m i ć, M., 1979: Izveštaj o geološkom istraživanju bakra na području Surduličkog granodioritskog masiva (lokalnosti Mačkatica i Ruplje) u 1977. godini. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
12. S i m i ć, M., 1983: Litogeohemijska izučavanja distribucije bakra, molibdena, olova i cinka na području surduličkog eruptivnog masiva (Mačkatica). Fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.
13. V i n o g r a d o v, A. P., 1962: Srednie soderžanie himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih gornih porod zemnoj kori. Geohemija, No. 7, Moskva.

Summary

THE STATISTICAL ANALYSIS OF PETROCHEMICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DACITE OF MAČKATICA

by

Veljko Omaljev

Key words: metallogeny, geochemistry, statistics, dacite, Mačkatica, Serbia

The subject of the statistical study in this paper is the western part of the eruptive massif of Mačkatica (fig. 1), where 215 petrologo-geochemical samples were collected. This sampling of rocks was carried out in the course of the petrologo-geochemical investigation of the Mačkatica locality (M. S i m i ć, 1979), when the total of 829 geochemical samples were taken. Results of the lithogeochemical prospecting were interpreted (M. S i m i ć, 1983) by application of A. A. B e u s (1975) methodology of statistical investigations.

The statistical investigations of the distribution of petrogene components and ore elements in this paper have been deduced from the author's original methodology, and the principles of the work were presented in numerous publications (V. O m a l j e v, 1978, 1982, 1983). The comparison between previous investigations and the author's own studies has not been given in this paper.

The new moment in this work is the study of the statistical distribution of petrogenic components and ore elements in the function of Na_2O and K_2O concentrations, as well as versus the relation of natrium

and potassium concentrations (a = Na/K = Na_2O/K_2O); what gives a petrochemical aspect of these investigations which are in fact of a geochemical character.

These statistical investigations have been deduced from one component and two components dual histograms on a linear statistical scale of 1:0,25 (%), and from three components and four components dual histograms on a logarithmic statistical scale log 1:10 (%).

The type of rock was microscopically determined (209 thin sections — Table 1). As dacite is prevailing, this petrologically complex massif is named after it, although vein representatives (granodiorite porphyrite and quartz porphyrite) are present, which belong to a younger phase of volcanism in this region. The intensity of hydrothermal changes in the rocks was determined by a semiquantitative appraisal of the participation of secondary minerals (analyst: V. Ć e b i ć).

All samples were chemically analysed and Na_2O, K_2O, Mo, Cu, Zn and Pb content were determined by atomic absorption spectrophotometry ($CaCO_3$ was determined by gas-volumentry method by CO_2).

Two partial statistical samples were formed:

1) Dacite with 127 samples

2) Altered dacite with 88 samples

which together makes a collective statistical sample

3) Dacite of Mačkatica with 215 samples.

The hydrothermal alteration of these rocks in their basic petrological and petrochemical characteristic. It has been established a considerable difference in the statistical distribution of observed petrogenic components and ore elements versus Na_2O and K_2O concentrations, as well as versus their relation (Na/K). It has been omitted a statistical study of the distribution of ore elements versus their own concentrations (for the reason of superabundance of this paper), what reduces the clearness of a geochemical view in the character of hydrothermal changes of dacite in their whole completeness and complexity.

The medium natrium oxide content in dacite (3,46% — Table 2), recalculated to the natrium content (2,57%), is relativelly low compared to the natrium clark for acidic magmatic rocks (2.77% after A. P. V i n o g r a d o v, 1962), and it occurs on the level of clark for Earth's crust (2.50% Na). This dacite is impoverished in natrium, especially when compared to clark for intermediate magmatic rocks (3.00% Na). In the process of hydrothermal changes the medium natrium content is rapidly reduced (1.68%) below the value of natrium clark for basic magmatic rocks (1.94%).

The medium potassium oxide content in dacite (2.80%), expressed as potassium (2.32%), is considerably lower than the potassium clark for acidic magmatic rocks (3.34%) and lower than the clark for Earth's crust (2.50%), and it occurs on the level of the clark for intermediate magmatic rocks (2.30%). In the hydrothermal alteration process the potassium content is increased to 3.28% thus approaching to the potassium clark for acidic magmatic rocks.

The medium content of calcium carbonate is very low in dacite (0.27%), but in the process of hydrothermal alteration it is increased to 0.39%.

Natrium prevails in dacite (a = Na/K = 1,24), but this relation is considerably reduced (Na/K = 0.57) in altered dacite, what represents a basic petrochemical characteristic of the process of hydrothermal alteration of dacite.

As a rule the medium content of ore elements is increased in altered dacite, with an exception of copper where it is depleted. The medium content of molybdenum in dacite (51 ppm) is distinctly higher than the clark of molybdenum for acidic and intermediate magmatic rocks (about 1 ppm), but this content is remarkably increased in altered dacite (310 ppm — Table 2). The copper concentration in dacite (61 ppm) is higher than the clark of copper of acidic (20 ppm) and intermediate (35 ppm) magmatic rocks (A. P. Vinogradov, 1962), but altered dacite is distinctly depleted in copper (45 ppm). The medium content of zinc in dacite (54 ppm) is lower than the clark of zinc of acidic (60 ppm) and intermediate (72 ppm) magmatic rocks, but this dacite is depleted in zinc. Altered dacite is enriched in zinc (61 ppm) up to the level of the clark for acidic rocks. The medium content of lead in dacite (27 ppm) is higher than the clark of lead of acidic (20 ppm) and intermediate (15 ppm) magmatic rocks, but altered dacite is much richer in lead (48 ppm). Altered dacite is a favourable geochemical environment for the accumulation of molybdenum, to some extent for lead, slightly for zinc, and unfourable for the accumulation of copper.

The statistical distribution of natrium oxide in dacite is logarithmic (after the second law of distribution — V. Omaljev, 1978, 1982), the population is unimodal and compact (fig. 2, and 3, under a). Potassium oxide and calcium carbonate are relatively accumulated in lower concentrations of Na_2O (log v), while the ore elements (Mo, Cu, Zn and Pb) are relatively accumulated in higher concentrations (log v — fig. 4, under a).

The distribution of natrium oxide in altered dacite is right-asymmetrical (after the third law, V. Omaljev, 1978, 1982). A partly decomposition of a richer part of the population followed by leaching of natrium took place during the process of hydrothermal alteration (fig. 2, under b) and the formation of a new poor partial population in the form of a negative logarithmical tail (fig. 3, under b). The curve of density f(v) is characterized by a "U" form in linear relations (fig. 2). Calcium carbonate is predominantly accumulated ina compact part of the population. Molybdenum is intensively accumulated in the poor partial population of a negative logarithmical tail (fig. 4, under b), the same being expressed for lead in a lower extent. The dependence of the distribution of copper and zinc from the Na_2O concentration is of a complex nature, for the considerable variations of the intensity of relative frequences are distinct from a class to a class.

During hydrothermal alteration considerable changes in the statistical distribution of studied petrogenic components and ore elements took place in dacite of eruptive massif of Mačkatica. By uniting partial populations in a collective one the characteristics of the distribution in altered dacite are wellmarked. Calcium carbonate and zinc are mostly accumulated in a compact part of the collective population (fig. 3 and 4, under c), while

molybdenum, potassium, oxide and lead are predominently accumulated in a negative logarithmical tail; molibdenum most intensively, then lead and potassium.

The distribution of potassium oxide in dacite is approximately symmetrical, with a slight right-asymmetry. The most part of the population is compact (fig. 5, under a), and the poorest part of the population is manifested as a negative logarithmical tail (fig. 6, under a). Natrium oxide is relatively accumulated in a poor part of the population, and calcium carbonate in a richer (compact) part of population. The dependence of the distribution of ore elements (after log w) is complex: only molybdenum is relatively accumulated in a negative logarithmical tail (fig. 7, under a), while the other ore elements are mostly accumulated in a compact part of the population. It is necessary to point out a relative accumulation of molybdenum also in the richest part of the population (on the right side of histogram).

During the alteration of dacite a partial decomposition of a richer part of the population took place (fig. 5, under b), and new partial populations of K_2O with intensive addition of potassium were formed. The population is compact in logarithmical relations (fig. 6, under b). The adition of potassium causes a right-asymmetry in the statistical distribution. The relative accumulation of Na_2O in connected with a poorer part of the population, while $CaCO_3$ is mostly accumulated in a compact part of the population (especially in the class of modus). Lead and molybdenum are intensively accumulated in a richer part of the population (fig. 7, under b), and copper and zinc are connected with a compact part of the population especially for the class of modus (masses of rock and K_2O).

The distribution of a collective population of K_2O is similar to that of altered dacite. The relative accumulation of natrium oxide and calcium carbonate is connected with the class of modus and to the right of it (fig. 6, under c). All studied ore elements are relatively accumulated on the right side of the histogram (after log w), and zinc in mostly accumulated in the class of modus.

The statistical distribution of Na_2O and K_2O versus their concentrations is in conjunction, an increase of relative frequencies of a component provokes a decrease of an another component. The distribution in dacite is logarithmic. A symmetric compact population (fig. 8, under a) is dominant in linear relations and on the right side a long tail is extended, which is getting smaller in logarithmic relations (fig. 9, under a). Calcium carbonate accumulates in the class of modus. Molybdenum is relatively accumulated in the poorer and richest part of the population of Na/K relation (fig. 10, under a), and other ore minerals are connected with classes of the highest intensity of the function f(a).

Two populations of Na_2O and K_2O in altered dacite yield also two populations of their relations (fig. 8, under b). The difference in the statistical distribution in the logarithmic relations is enormous, a negative logarithmic tail is distinct (fig. 9, under b). Calcium carbonate is regularly accumulated in a compact part of the population. Molybdenum and lead are distinctly accumulated in a negative logarithmic tail (fig. 10, under b), and zinc and copper are relatively accumulated in it in a smaller esctent.

The distribution in altered dacite gives a picture to the distribution in the collective statisical sample, especially for ore elements whose populations are more numerous in altered dacite. The negative logarithmic tail is enrished in ore elements (fig. 10, under c), in contrast to the positive logarithmic tail which is relatively depleted in them.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Bude Radulović*

UDK 553 (497.11)
Stručni rad

ISTRAŽIVANJE OLOVA I CINKA I POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI U OKOLINI RAŠKE*

UVOD

Na Kopaoniku u okolini Raške postoje mnogobrojne rudne pojave olova i cinka, a poslednjih godina su istražena i dva ležišta. Rudno polje između Rudnice na jugu i Plane na severu se odlikuje štokverknim i žičnim orudnjenjima u andezitnim vulkanitima. Stene na ovom području su intenzivno hidrotermalno i kontaktno-metamorfno izmenjene, naročito u blizini Kopaoničkog i Kremićkog granodioritskog masiva.

Utvrđene rudne rezerve u Kiževaku i Sastavcima su solidna baza za početak proizvodnje i prerade u Rudnici. Perspektivne rezerve su značajne i zaslužuju detaljnija istraživanja i proveravanja rudarskim radovima i bušenjem. U rudnom polju postoje geološke predispozicije kao što su rasedne, hidrotermmalno izmenjene i mineralizovane zone, stari radovi i šljačišta, koji ukazuju na velike potencijalne mogućnosti.

U tercijarnim andezit-dacitskim vulkanitima se mogu očekivati žično--štokverkna orudnjenja u kojima preovlađuje cink. Ovaj tip orudnjenja za sada je prioritetan. Sledeća po važnosti mogu biti ležišta na kontaktu serpentinita i vulkanita, kao i u samim serpentinitima. Mogućnosti za metazomatska ležišta u krečnjacima kao i žična u amfibolitima i drugim škriljcima su manje verovatna.

GEOLOŠKO STRUKTURNE KARAKTERISTIKE ŠIREG PODRUČJA

Osnovu terena u okolini ispitivanih lokalnosti grade tzv. paleozojski škriljci sa krečnjacima i dolomitima. Sa škriljcima se ponekad javljaju amfiboliti i amfibolitski škriljci kao ortostene nastale dinamometamorfizmom bivših gabroidnih stena. Prema novijim ispitivanjima (I. M i ć i ć, 1980.) ove tvorevine su na osnovu konodontske faune uvrštene u trijas.

Serpentiniti pripadaju ogromnom kompleksu peridotitskih stena u ibarskom masivu, za koji je u poslednje vreme preovladalo mišljenje da je mezozojske starosti.

---

* Rad je saopšten na III savetovanju geologa Jugoslavije o istraživanju olovo-cinkovih mineralizacija, u Srebrenici od 7—9 novembra 1983. godine.

Adresa autora: Geoinstitut, Beograd, Rovinjska ul. br. 12.

Tvorevine dijabaz-rožnačke formacije su na više mesta određene kao jurske, pa je izvesno da su i ovde iste starosti.

Senonski sedimenti su prisutni na vrhu Kozje Glave, a donjomiocenska »crvena serija« ima sporadično pojavljivanje.

Tercijarni vulkaniti prekrivaju daleko najveći deo terena. Predstavljaju deo vulkanskog kompleksa koji se prostire na dužini oko 60 km. Vulkanska aktivnost na Kopaoniku je imala naglašen eksplozivni karakter. Efuzije tercijarnih vulkanita su najverovatnije vezane za sistem dubinskih razloma.

Mestimično smenjivanje sedimenata sa vulkanskim produktima ukazuje na prisustvo basena i vodenu sredinu za vreme vulkanskih erupcija. U odnosu na granodioritske intruzije Kopaonika i Kremića mogu se izdvojiti tri faze vulkanske aktivnosti: predintruzivna, sinitruzivna i postintruzivna. U predintruzivnoj fazi formiran je dacitsko-andezitski pokrivač, a u drugoj, sinitruzivnoj fazi stvoreni su subvulkanski kvarclatiti. U trećoj, postintruzivnoj fazi su stvoreni manji izlivi bazaltoidnih stena.

Među vulkanskim piroklastitima preovlađuju andezitske breče izgrađene od fragmenata različite veličine. Andeziti takođe pripadaju prvoj vulkanskoj fazi. Najčešće se pojavljuju kao izlivi, a mestimično u vidu proboja. Često se izlivi andezita naizmenično smenjuju sa brečama, tufovima i aglomeratima. Tufovi se javljaju kao tanki proslojci u brečama.

Kvarclatiti su produkti druge vulkanske faze. Relativno malo su zastupljeni, ali su značajni za strukturnu građu terena. Javljaju se u vidu dajkova debljine svega nekoliko metara, koji se kontinuirano prostiru do 1 km.

Granodioriti izgrađuju centralni deo Kopaoničke oblasti. U kopaoničkoj oblasti se granitoidne stene javljaju kao krajnji produkt konsolidacije tercijarnog magmmatizma. Intruziv je prouzrokovao čitav niz promena u stenama omotača, uključujući i tercijarne vulkanite.

Kopaonička rudna oblast se odlikuje složenom strukturnom građom. Pripada ultramafitskom kompleksu u okviru Vardarske zone, a samo rudno polje se nalazi u zoni sa naglašenom rasednom tektonikom.

Po B. Ćiriću (1956) osnovni strukturni oblik Kopaonika je veliki antiklinorijum sa blago zatalasanom osom, koji se prostire od Kraljeva do Prištine. Antiklinorijum je po ovom autoru formiran i uobličen u toku pirinejske faze ubiranja, ali je u kasnijim tektonskim fazama, praćenim snažnom vulkanskom aktivnošću i granodioritskim intruzivnim magmatizmom, znatno izrasedan i deformisan. Razlomnim deformacijama koje se manifestuju u vidu rasednih zona, većih i manjih raseda, ovaj autor pridaje poseban strukturni značaj. Za ove strukture se vezuje utiskivanje i izlivanje vulkanita, oreoli hidrotermalno izmenjenih stena i metalična orudnjenja.

I. Mićić (1965) naglašava »blokovsku« građu Kopaonika gde su disjunktivni strukturni oblici imali bitan značaj.

U vulkanskim oblastima kao što je ova, teško je prihvatljiva tzv. germanotipna, blokovska tektonika, jer je neprimenljiva kod istraživanja Pb-Zn ležišta. Većina istraživača je saglasna da su za tektonsko oblikovanje kopaoničke oblasti posebno važni razlomi »vardarskog« i »dinaridskog« pružanja. Poprečni i dijagonalni razlomi su značajni zbog pratećih orudnjenja, naročito za mineralizaciju žičnog tipa, pošto je jedan njihov deo imao ulogu dovodnih magmatskih i rudnih kanala.

U Sastavcima i Kiževaku jedan deo razlomnih struktura je praćen istražnim radovima. Među razlomnim strukturama pravca SZ-JI najznačajnija

je struktura Drenički potok — Šanac — Dragodanjska reka, koja predstavlja ustvari samo deo regionalne razlomne zone Šatorica — Jelenjska reka — Badanj — Baljevac. Sastoji se od niza međusobno paralelnih raseda duž kojih je došlo do intenzivnih hidrotermalnih izmena stena. U Kiževaku (Kozja Glava) su rasedi često orijentisani pravcem SI—JZ, zatim pravcem I—Z i S—J, dok su rasedi »dinaridskog« pružanja manje zastupljeni i teže uočljivi. Zone hidrotermalnih izmena su, takođe, često orjentisane pravcem SI—JZ i I—Z.

MORFOLOGIJA ORUDNJENJA

U Kiževaku i Sastavcima su ekonomski najvažnija štokverkna rudna tela izgrađena od spleta tanjih žica različite orijentacije.

U središnjem delu Kiževak potoka (Kozja Glava) je ruda odložena u andezitskim piroklastitima i andezitima u okviru rasednih, zaglinjenih zona. Na zapadnoj strani ležišta u povlati rudnog tela su kompaktni andeziti, koji su mogli imati funkciju barijere kod cirkulacije hidrotermalnih rastvora.

Tipično štokverkno orudnjenje je izgrađeno od povlatnog rudnog tela pružanja SI—JZ i podinskog tela koje se pruža I—Z. Povlatni kontakt je relativno strm (50—60°), dok je podinski znatno blaži, tako da orudnjenje naglo isklinjava sa dubinom. Mrežasti tip štokverknog orudnjenja preovlađuje, a rudno telo je izduženo i saglasno pružanju glavnih rudnih žica. Učestale, međusobno paralelne sfaleritsko-galenitske žice mestimično obrazuju linearni tip štokverknog orudnjenja. Često pojedinačne žice imaju vrlo blag pad, pa je i to objašnjenje zašto orudnjenje ima veliku površinu i što naglo isklinjava sa dubinom. Na horizontu 670 rudno telo se kontinuirano pruža oko 300 m. Na mestima gde se spajaju rudna tela imaju zajedno debljinu preko 55 m, tako da je i rudna površina velika i iznosi oko 10.000 m^2. U rudi se javljaju sterilni uklopci andezitskih stena, pa se kod eksploatacije mogu očekivati značajna razblaženja, a sem toga, ruda se karakteriše velikim prisustvom glinovite komponente.

I u Sastavcima je rudno telo sočivastog oblika, izduženo u pravcu ZSZ—IJI, sa padom prema JZ pod uglom oko 60°. Na istočnoj strani rudno telo se račva u nekoliko apofiza, dok se na zapadnoj strani približava kvarclatitskom dajku. Ruda je odložena u andezitskim brečama, u andezitima i na kontaktu sa kvarclatitom. Radi toga Sastavci imaju i odlike kontaktnih ležišta. Ruda na kontaktu sa kvarclatitom ima drukčije karakteristike, jer je kompaktna i sadrži dosta arsenopirita, a ima isti subvertikalan pad kao i kvarclatiti. Glavno štokverkno rudno telo se na višim horizontima udaljava od kontakta, dok se u dubljim nivoima približava i konvergira sa kvarclatitom. Iako ima strm pad, orudnjenje blago tone, odnosno naglo se povlači prema istočnoj strani.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Zavisno od oblika, veličine i načina pojavljivanja rudnih tela, kao i konfiguracije terena, prilagođen je izbor metoda istraživanja. Kod istraživanja Pb—Zn ležišta Sastavci i Kiževak primenjen je kompleks prospekcij-

sko-istražnih metoda. U prvoj fazi je urađena metalogenetska prospekcija sa evaluacijom rudnih indikatora u razmeri 1:10.000 sa odgovarajućim geofizičkim i geohemijskim ispitivanjima. Na osnovu ovih ispitivanja data je prva geološka ocena i izvršena selekcija perspektvnih lokalnosti gde je sukcesivno vršeno detaljno geološko kartiranje 1:2.500 sa detaljnim IP merenjima, metalometrijom i raskopavanjem.

U sledećoj fazi orudnjenje je istraživano bušenjem, a kasnije u skladu sa dobijenim rezultatima, potkopima, hodnicima i uskopima. Dubinskim bušenjem su konstatovane rudne žice i štokverkna rudna tela, čiji je kontinuitet po pružanju i padu utvrđen pre istraživanja rudarskim radovima. Potkopi su imali isključivo istražni karakter, jer će se ruda eksploatisati površinskim kopom.

Kompleks prospekcijsko-istražnih metoda primenjen u području Kozja Glava — Sastavci pokazao se veoma efikasan i racionalan, tako da ga treba i u buduće primenjivati u sličnim metalogenetskim sredinama. Kao ilustracija za efikasnost u istraživanju može poslužiti ležište Kiževak u kome je prvi put ruda nabušena 1977. godine, a elaborat o rudnim rezervama je overen 1981. godine. Zbog nedostatka sredstava projekti su prosečno smanjivani za jednu trećinu, pa su istraživanja umesto 3, trajala 4 godine.

POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI U RUDNOM POLJU PLANA — LIPOVICA

Utvrđene rudne rezerve u Kiževaku i Sastavcima su solidna sirovinska baza za 10-godišnju proizvodnju rudnika čija je investiciona izgradnja u toku. U eksploatacionim poljima kod ovih ležišta su potencijalne mogućnosti velike, jer perspektivne rezerve C_2 kategorije baziraju ne samo na osnovu geološke izučenosti terena, već i na podacima dobijenim istražnim bušenjem. U Kiževaku su potencijalne mogućnosti za sada najveće u prvoj rudnoj zoni, neposredno ispod Kozje Glave sa severne strane, gde je orudnjenje bušenjem, konstatovano i praćeno po pružanju preko 400 m.

Istražnim potkopima koji su u toku, ovde se uspešno vrši prekategorizacija i dokazivanje sigurnih rudnih rezervi. Druga rudna zona je pretežno prevedena u više kategorije, a u trećoj zoni je sadržaj korisnih metala nizak. Na osnovu celokupnog dosadašnjeg saznanja i istraženosti, realno je očekivati da se u Kiževaku rudne rezerve dupliraju.

U Sastavcima je takođe bušenjem konstatovano više rudnih žica na različitim horizontima. Na užoj lokalnosti Sastavaka, u drugoj rudnoj zoni, rudne žice severozapadnog pružanja su praćene preko 400 m, tako da se sadašnje rudne rezerve mogu povećati nekoliko puta.

Rudne rezerve u Lipovici su nedovoljne za otvaranje rudnika, ali u sklopu Kiževaka i Sastavaka ovo ležište dobija na značaju.

U Lipovici su konstatovane tanke ali bogate srebronosne Pb-Zn žice u dacitoandezitima i njihovim piroklastitima.

Na prostoru između Lipovice i Rudnice, osim žica se mogu očekivati i štokverkna ležišta u hidrotermalno izmenjenim zonama, sa rudnim rezervama od nekoliko miliona tona.

Između Rudnice i Karadaka su intenzivne hidrotermalne izmene na ogromnom prostoru u tercijarnim vulkanitima. Ovde su takođe prisutni stari radovi (površinski kopovi, svrtnjevi, potkopi) i šljačišta. Sva metalo-

genetska obeležja ukazuju da su ovde postojale predispozicije za obrazovanje ležišta. Prva bušenja su dala dobre rezultate. Slično Kiževaku i ovde se mogu očekivati štokverkno-žična ležišta u vulkanitima andezitskog sastava. Osim olova i cinka kod Rudnice je povećan sadržaj bakra u rudi. Ispod vulkanogenog pokrivača u serpentinitima je nabušena ruda na kontaktu sa andezitskim dajkovima. Morfološki i paragenetski ova ruda ima odlike visokoteperaturnih, polimetaličnih ležišta obrazovanih i dovodnim kanalima. Realno je očekivati i može se prognozirati da se kod Rudnice otkriju nova ležišta, tako da ovoj lokalnosti dajemo prioritet.

Rudne pojave u Panovićima i Semetešu su malo poznate, mada se i ovde može očekivati štokverkni tip u piroklastitima kao i pseudoslojno orudnjenje na kontaktu serpentinita i piroklastita, slično Koporiću i Zijači.

Za ocenu rudnih pojava u Kremićima i Plani potrebna je prethodna metalogenetska prospekcija, ali se i na osnovu dosadašnjeg saznanja mogu prognozirati nova ležišta cinka i olova u andezitskim piroklastitima.

Kvantitativna prognoza rudnih rezervi D kategorije kod nas je malo primenjivana. Za Pb-Zn ležišta treba uzeti u obzir sve relevantne faktore koji kontrolišu njihov razmeštaj i lokalizaciju. U kopaoničkoj rudnoj oblasti to su pre svega strukturni i magmatski, a zatim litološki faktori.

Rudno polje između Plane i Lipovice je izduženo pravcem sever—jug i zauzima površinu oko 500 km^2. U ovom rudnom polju postoje geološke predispozicije (rasedne, hidrotermalno izmenjene i mineralizovane zone) kao i mnogobrojni stari radovi i šljačišta, koji ukazuju na velike potencijalne mogućnosti.

Na osnovu dosadašnjeg iskustva može se pretpostaviti da u ovom rudnom polju postoji još nekoliko ležišta sa ukupnim rezervama od desetak miliona tona. Zbog slobodne procene ove rezerve imaju pretežno karakter D_2 kategorije.

Predato za štampu 17. XI 1983. Recenzent Milosav Simić

LITERATURA

1. Ćirić B., 1956: Tercijarni tektonski i magmatski pokreti na Kopaoniku. II Kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
2. Mićić I., 1965: — Prikaz geološke karte zapadnih padina Kopaonika i Željina u R 1:10.000 sa posebnim odnosima plutonita prema okolnim stenama. Saopštenje u SGD — Beograd.
3. Mićić I., 1980: Kontaktne, pneumatolitske i hidrotermalne promene u vulkanskim stenama Kopaoničke oblasti. Doktorska disertacija, Beograd.
4. Radulović B., 1977: — Razrada preporuka u oblasti kriterijuma i metodologije prognoze ležišta mineralnih sirovina. Fond stručnih dokumenata Geoinstituta — Beograd.
5. Radulović B. i grupa autora, 1982: — Ležišta olova i cinka Sastavci i Kiževak u tercijarnim vulkanitima Kopaonika. Deseti Kongres geologa Jugoslavije, Budva.

Summary

EXPLORATION OF LEAD — ZINC DEPOSITS AND POTENTIAL POSSIBILITY AT THE RAŠKA VISINITY

by

B. Radulović

Two lead-zinc deposits had been discovered near the Raška townlet (Kopaonik Mts) by exploration conducted here during several years. The most ecconomically interesting type of ore is stockwork mineralization within volcanic rocks of Tertiary age. There are favorable geological enviroments as a trap for lead-zinc deposits of stockwork-type at this part of the Kopaonik ore district. Some of these enviroments has been explored by driling with the encouraging results. Such a favorable enviroments within volcanics consisting many ore marks as faults, ore alteration of host-rocks, lead-zinc mineralizations throught the volcanic as well as many remains of old mining activities that al together testified of a high potential value of this area. So, it is possible to expect several new lead-zinc deposits with cummulative reserves up to ten millions tons. These reserves can be acsept as reserves of D_2-category or as a high potential resurse.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Slobodan Vukašinović

UDK 550.3 (497.17)
Stručni rad

SELEKCIJA RUDNO (PO OOLITSKIM LEŽIŠTIMA) PERSPEKTIVNIH TERENA NA PODRUČJU T. VELES — RŽANOVO PREMA PODACIMA AEROMAGNETSKIH ISPITIVANJA*)

(sa 1 prilogom i 1 slikom)

Aeromagnetska ispitivanja na području T. Veles — Ržanovo izvedena su 1962., sa fluksnim magnetometrom čija je osetljivost iznosila 20 gama. Merenja geomagnetskog polja iz vazduha izvršena su po maršrutama međusobno udaljenim 500 m, pri prosečnoj relativnoj visini od oko 80 m. Selekcija po oolitskim (Fe, Ni, Co) ležištima perspektivnih terena učinjena je pri izradi izveštaja (2) i ona je kasnije, praktično bez izmena, publikovana (3). I u ovoj prilici selekcija ne trpi bitne izmene mada je u međuvremenu izrađena osnovna geološka karta, ostvarena pouzdanija geološka osnova za interpretaciju aeromagnetskih podataka. S obzirom na karakter ovog savetovanja, na mogućnost primene magnetske metode u istraživanju oolitskih ležišta i činjenicu da do sada na izdvojenim terenima nije vršena detaljnija provera (anomalije su prethodno proveravane u fazi aeromagnetskih ispitivanja), aeromagnetski podaci zaslužuju da se o njima i u ovoj prilici raspravlja, ustvari da se izvuče iz zaborava ranije izvršena selekcija rudno perspektivnih terena na bazi aeromagnetskih podataka.

Rezultati aeromagnetskih merenja na datom prilogu prikazani su u vidu dijagrama razlika totalnog intenziteta magnetskog polja Zemlje ($\triangle$ T). Sa priloga proizilazi da je geomagnetsko polje područja T. Veles — Ržanovo prilično poremećeno. Registrovane su brojne anomalije, naročito u središnjem delu područja, gde su grupisane u dve, delimično diskontinuirane, paralelne zone Vardarskog pravca. Severno od reke Babune, ove zone se spajaju u jednu, dok se na jugu gube u anomalnom polju u kome su anomalije malobrojnije, izolovanije su i nemaju određenu orijentaciju. Intenzitet anomalija varira od —150 do 600 gama.

Magnetske anomalije uslovljene su uticajem uglavnom serpentinita (tu i tamo sa oolitskim rudama) i delom uticajem tercijarnih andezita. Postojeća različita slika u konfiguraciji anomalnog magnetskog polja između severnog i južnog dela aeromagnetski ispitanog područja posledica je činjenice da su na severnom delu serpentiniti najzastupljeniji, dok na južnom

---

Adresa autora: Geoinstitut, Beograd, Rovinjska ul. br. 12.

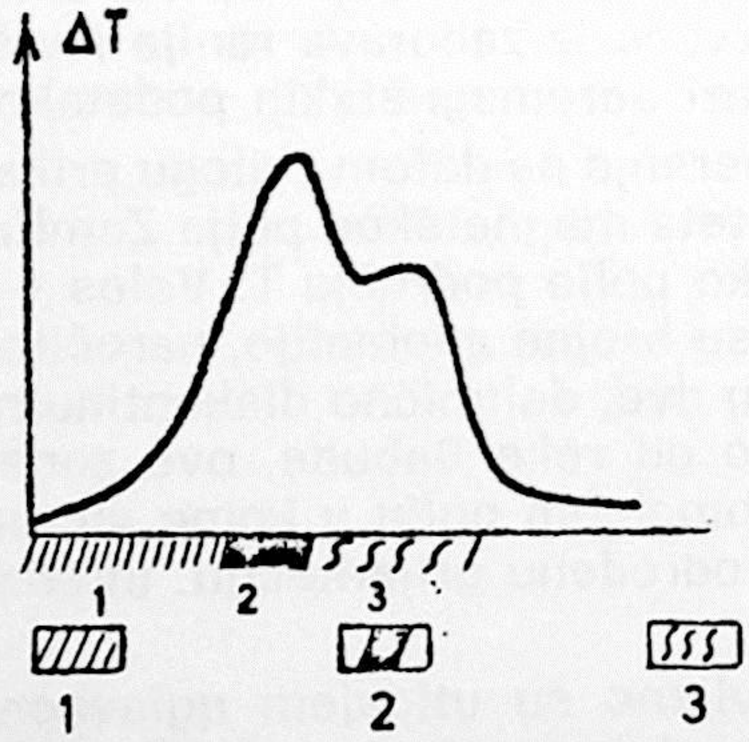
* Referat održan na Savetovanju o Fe-Ni lateritskim rudama u Jugoslaviji, 1981. god. u Kavadarcima.

dominiraju andeziti, bez određenog pravca prostiranja i sa promeljivim magnetskim karakteristikama.

Serpentiniti (sa Fe, Ni, Co rudama) su izazvali praktično sve anomalije središnjeg dela područja, obe anomalne zone i njihov objedinjeni nastavak severno od reke Babune. Kontinuitet i prostranstvo anomalija odgovara kontinuitetu i prostranstvu serpentinitskih masa. To znači da serpentiniti ne zahvataju veću površinu od anomalija, ali veću od one koja je naznačena na postojećim geološkim kartama, jer su delimično prekriveni mlađim sedimentima. Raspored i prostranstvo serpentinskih zona, odnosno anomalija, uslovljeni su tektonsko-erozionim dejstvom ili primarnim rasprostranjenjem bazične magme. Inače, bazična magma je utisnuta duž dubinskog razloma (snopa dislokacija) koji čini granicu između Vardarske zone na istoku i Pelagonida na zapadu. Po položaju anomalijskih osa, njihovom međusobnom pomeranju, konstatuje se postojanje i poprečnih dislokacija.

Na južnom delu ispitanog područja anomalno magnetsko polje je posledica superpozicije uticaja serpentinita, tektonski »rasparčanih« u veći broj manjih masa, i tercijarnih andezita (Kumaničevo — Studena Voda, Arničko — Majdan), a neke anomalije su isključivo serpentinske (istočno od Zelke i dr.). »Mešovite« magnetske anomalije praćene su radioaktivnim anomalijama koje su uporedno registrovane; aerogeofizička aparatura bila je kombinovana za magnetska i radiometrijska merenja.

Kao što je poznato, oolitska rudna ležišta na području T. Veles — Ržanovo javljaju se uglavnom na kontaktu gornjokrednih sedimenata i serpentina (izuzeci su uslovljeni tektonikom). Prema tome potencijalno interesantne prostore za istraživanje ovih ležišta opredeljuje prisustvo serpentinita. Zbog prekrivenosti (tercijarnim sedimentima) serpentinita na znatnom prostoru, rudno potencijalni prostori se generalno ili delimično sagledavaju po geološkoj karti, po prostranstvu serpentinita u recentnom erozionom nivou, a u potpunosti po podacima aeromagnetskih ispitivanja,



ŠEMATSKI IZGLED DIJAGRAMA ΔT IZNAD OOLITSKOG LEŽIŠTA

1 - KREDNI SEDIMENTI; 2 - OOLITSKO ORUDNJENJE

3 - SERPENTINITI

zahvaljujući činjenici da su serpentiniti magnetični. Tamo gde nema anomalija nema ni serpentinita, a time i oolitskih ležišta. Svakako, postavlja se potreba selekcije rudno perspektivnih terena, sužavanje prostora gde treba istraživati oolitska ležišta.

I selekcija rudno perspektivnih terena najuspešnije se može izvršiti na bazi magnetskih podataka, blagodareći prisustvu magnetita u oolitskim ležištima. Dok je za sagledavanje rudno potencijalnih prostora od značaja magnetičnost serpentinita, za odredbu terena gde ima opravdanja detaljnije istraživati oolitska ležišta ova osobina serpentinita je otežavajući faktor, eliminiše jednoznačnost interpretacije. Magnetski uticaj serpentinita može maskirati uticaj oolitskih ruda, koji je osnov za indiciranje prekrivenih ležišta. Izvedena nazemna magnetska ispitivanja na Ržanovu (1) su pokazala da se magnetska metoda može prilično uspešno primeniti za istraživanje oolitskih ruda, i pored toga što su ove rude prostorno vezane za takođe magnetno aktivne serpentinite. Ovo je omogućeno činjenicom da je ruda najčešće nešto većeg magnetskog susceptibiliteta, tako da se na osnovu intenziteta magnetskog polja može suditi o verovatnoći prisustva orudnjenja. U slučajevima gde ne postoji razlika u susceptibilitetu izdvajanje perspektivnih delova terena nije moguće; tada najkorisnija geološka informacija izvučena iz magnetskih podataka odnosi se na odredbu prekrivenih kontakta serpentinita, na izdvajanje rudno potencijalnih prostora.

Magnetske indikacije prisustva orudnjenja su manje oštre pri ispitivanjima iz vazduha, nego sa zemlje, zbog većeg vertikalnog gradijenta polja izazvanog rudama u odnosu na onaj od serpentinita. Međutim, aeromagnetski podaci nisu opterećeni heterogenošću površinskog dela terena, uticajem površini bliskih magnetičnih masa (komada stena i rude) što je vrlo važno.

Aeromagnetskim merenjima iznad poznatih oolitskih orudnjenja (Ržanova i dr.) najčešće su dobijeni dijagrami ΔT tipa šematski prikazanog na datoj skici. Maksimalni deo »stepeničastog« dijagrama odgovara orudnjenju, izuzev u slučajevima kada se pojedine bliske partije serpentinita razlikuju po susceptibilitetu i gde je prilikom merenja dolazilo do osetnije promene relativne visine leta zbog morfologije terena. Ipak, na osnovu poredbe podataka dobijenih iznad od ranije poznatih pojava u odnosu na one dobijene iznad dobro otkrivenih serpentinita gde nema orudnjenja i činjenice da promene visine leta i susceptibiliteta na bliskom odstojanju nije karakteristična, došli smo do zaključka da postoji prilična verovatnoća da »stepeničasti« dijagrami ΔT intenziteta ukazuju na prisustvo orudnjenja; pod uslovom da se anomalija nalazi u kontaktnom predelu serpentinita sa krednim tvorevinama. Iz izloženog proizašao je kriterijum na osnovu koga je izvršena selekcija rudno-perspektivnih terena--anomalija (delova anomalnih zona), na čijem prostoru ima opravdanja očekivati otkrivanje oolitskih rudnih ležišta — v. prilog.

Iznad ležišta Ržanova dobijene su oštre indikacije ΔT, intenziteta preko 1000 gama, ali nažalost interesantna anomalna zona ima relativno malo prostranstvo. Prema severozapadu ona se nedaleko potpuno gubi, a ka jugoistoku se produžava do Studene Vode, sa znatno manjim intenzitetom i ne malom verovatnoćom da je većim delom izazvana dacitsko-andezitskim stenama.

Predato za štampu 22. X 1984. Recenzent dr Radule Popović

LITERATURA

1. Jančić T., 1957.: — Rezultati geofizičkog rekognosciranja na pojavama oolitske rude gvožđa sa Ni i Co kod sela Ržanovo (Makedonija) Vesnik ZGGI, knj. 14, Beograd.
2. Vukašinović S., 1962.: — Izveštaj o aeromagnetskim ispltivanjima u Makedoniji 1962. god. FSD Geoinstituta, Beograd.
3. Vukašinović S., 1963.: — Anomalno magnetsko polje Makedonije i njegova veza sa geološkom građom terena. Trudovi, sv. 10, Skopje.

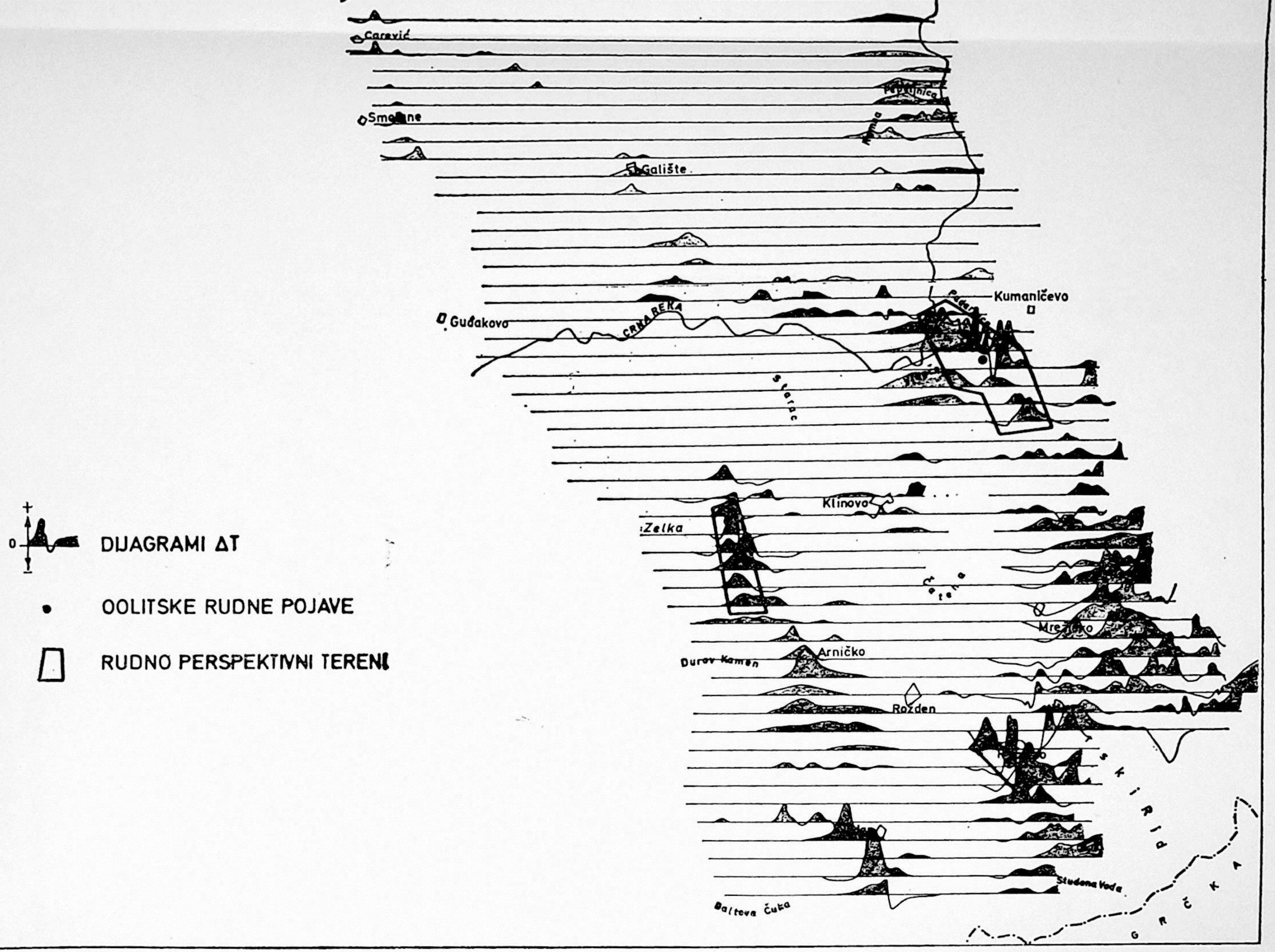
Summary

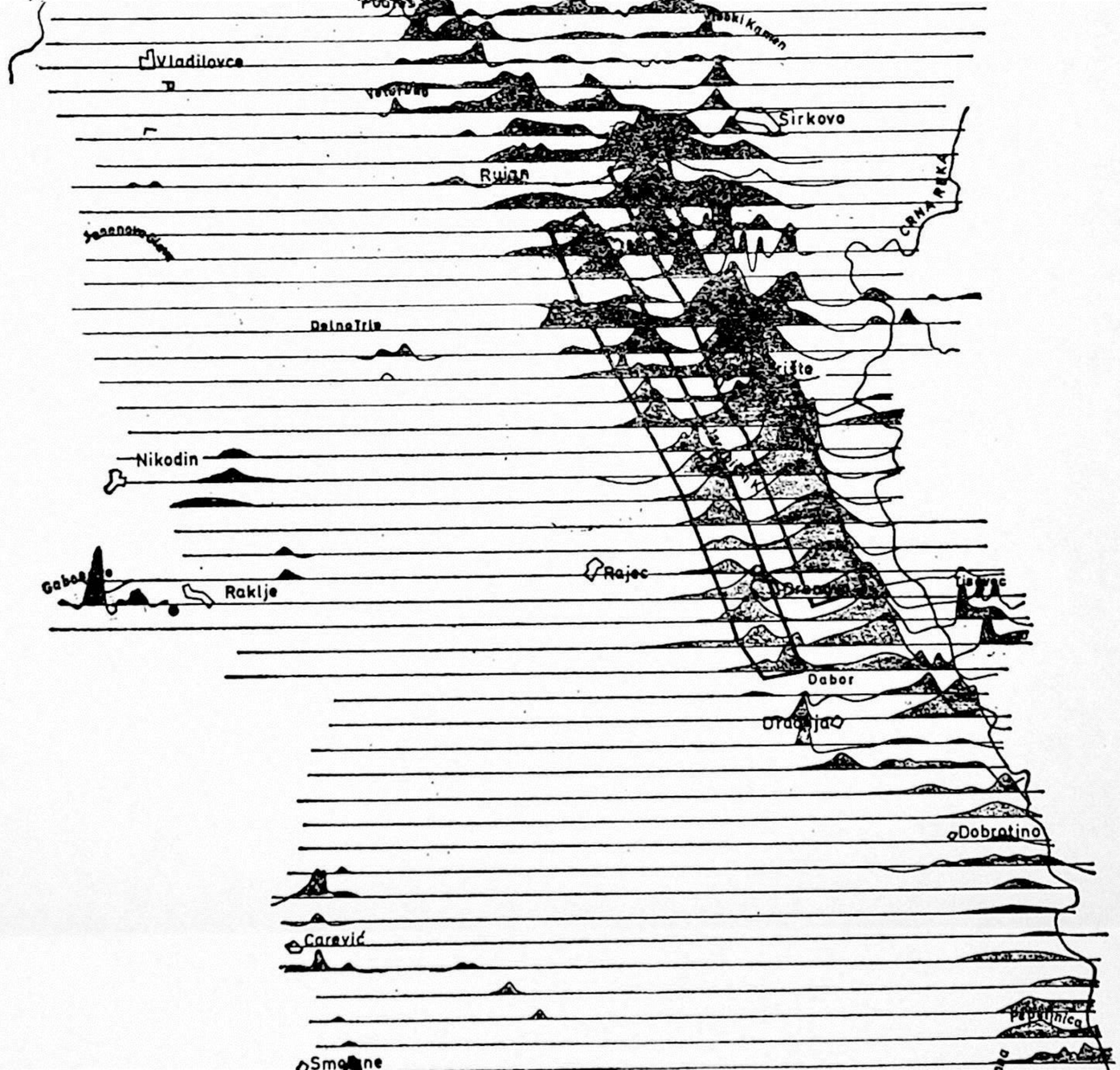
Selection of ore — promising fields (oölithic deposits) in the Titov Veles — Ržanovo region according to data of airmagnetic investigation

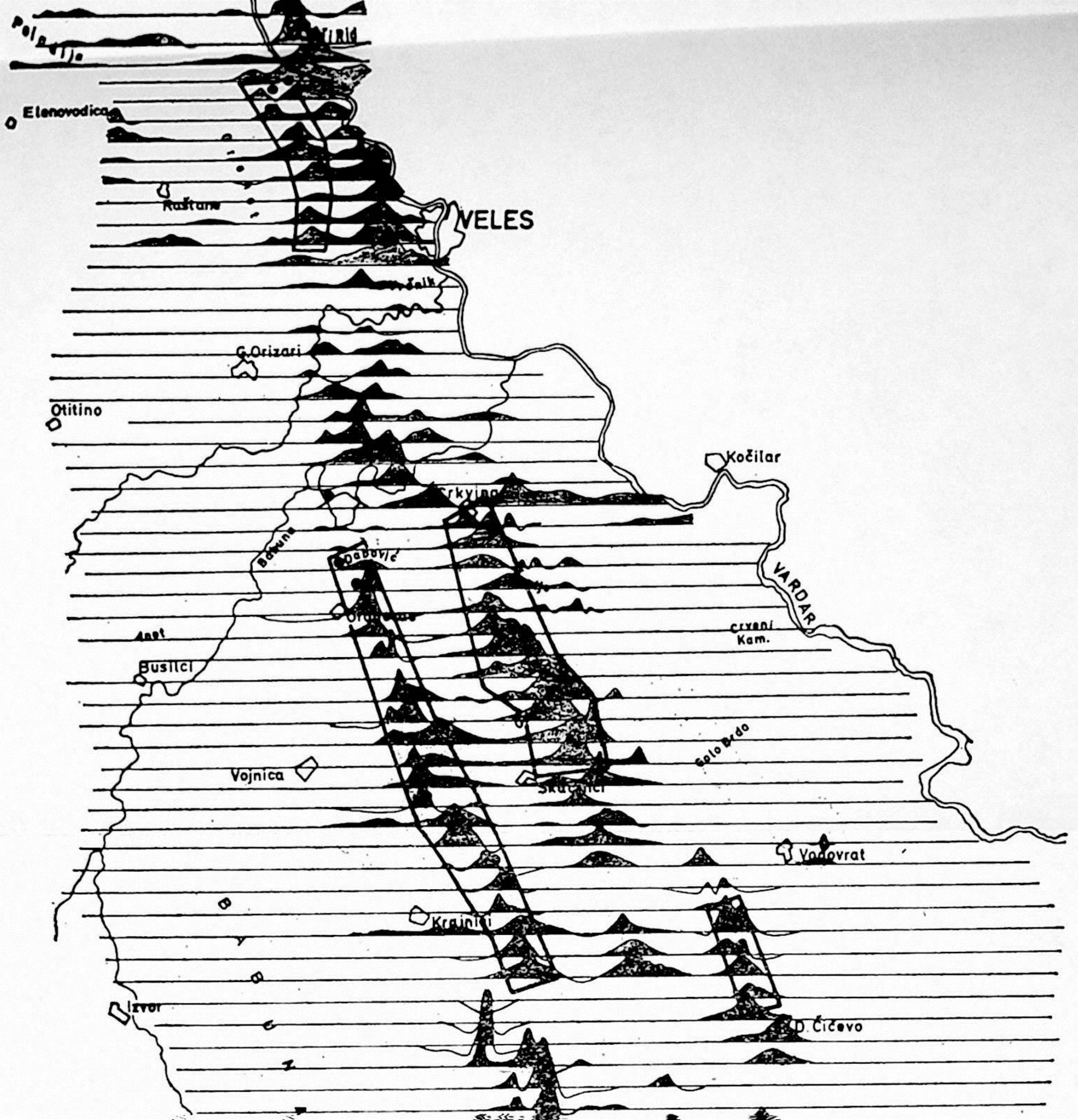
by

Slobodan Vukašinović

Oölithic ore deposits in the T. Veles — Ržanovo region occur mainly along the contact of Upper Cretaceous sediments and serpentinite excep-
tions are caused by tectonics. Due to the cover of serpentinite by Tertiary sediments there is a problem of the selection of ore promising fields on the considerable area. Data of aeromagnetic investigation have contributed to the solution of this problem, due to the fact that the ore is very often of a higher magnetic susceptibility than serpentinite. In case where it is not, at least the contact between serpentinite and Upper Cretaceous sediments is distinguished respectively potential ore fields.


Carević
Smolane
Pepelinica
Galište
Kumaničevo
Guđakovo
CRNA REKA
Starac
Klinovo
Zelka
Mrežičko
Arničko
Durov Kamen
Rozden
Studena Voda
Baltova Čuka
GRČKA
DIJAGRAMI ΔT
OOLITSKE RUDNE POJAVE
RUDNO PERSPEKTIVNI TERENI


Vladilovce
Sirkovo
Rujan
CRNA REKA
Nikodin
Rajec
Raklje
Dabor
Dobratino
Carević
Smolane


Elenovodica
Raštane
VELES
G.Orizari
Otitino
Kočilar
Crkvina
Babuna
Dabović
VARDAR
Crveni Kam.
Busilci
Golo Brdo
Vojnica
Vodovrat
Krajnici
Izvor
D.Čičevo

RADOVI Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
PROCEEDINGS of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Radule Popović

UDK 553.1 (497.17)
Originalni naučni rad

SULFIDNE I OKSIDNE MINERALIZACIJE KOD PADALIŠTA — — GOSTIVAR (ZAPADNA MAKEDONIJA)

Ključne reči: paleozoik, metariolit, sulfidi bakra, oksidi gvožđa, skarn, zapadna Makedonija.

UVOD

Pojava halkopiritske mineralizacije u selu Padalištu (zapadno od džamije oko 400 m), poznata je već više od dvadeset godina, ali, na žalost, o njoj ima malo pisanih dokumenata. Izuzev dva izveštaja autora ovog rada i metalogenetske karte Makedonije R-1:200.000, na kojoj je označena ova pojava, drugih podataka nema.

U okviru geološko-geofizičkih istraživanja 1968. i 1969. godine R. Popović je utvrdio, pored do tada poznate pojave Cu-mineralizacije, prisustvo i drugih mineralizacija bakra i gvožđa u ataru sela Padališta.

Sve pojave Cu i Fe mineralizacije u pomenutoj lokalnosti javljaju se na maloj površini i smeštene su u istoj metalogenetskoj zoni, u kojoj se nalaze slične ili iste mineralizacije kod sela Berikovo.

Na površini od oko 0,5 km^2 registrovano je pet izdanaka od kojih tri predstavljaju bakrovu, a dva mineralizacije gvožđa.

Pojave, o kojima je reč, nalaze se na sredokraći železničke pruge Kičevo — Gostivar, a udaljene su istočno i jugoistočno od železničke stanice Padalište 500 do 1000 m.

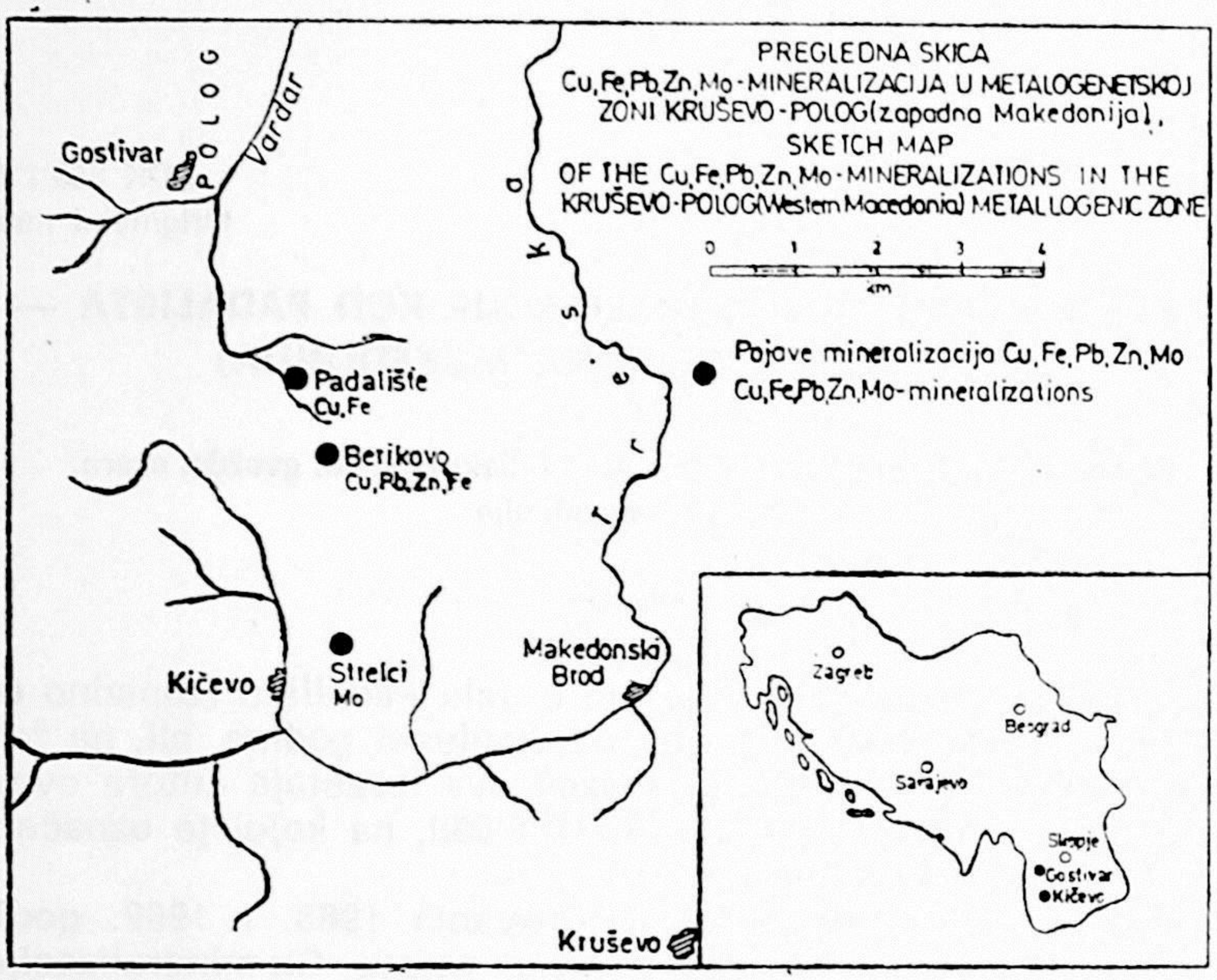
NAJVAŽNIJA LITOSTRATIGRAFSKA OBELEŽJA

Deo terena, na kome se nalaze pojave termalnih Cu i Fe-mineralizacija, kod Padališta izgrađen je od: sericitskih škriljaca, metariolita, metadijabaza, metamorfisanih kvarcnih peščara, krečnjačkih škriljaca, mermerisanih krečnjaka, metariolit-porfira i skarnova (sl. 2).

Najstarije stene su sericitski škriljci, koji pripadaju filitoidnoj formaciji zapadne Makedonije, stvaranoj u vremenu kambrijum-silur. Ovde su to njeni gornji delovi i obzirom na prisustvo velike količine: sericita, muskovita, biotita i feldspata moglo bi se predpostaviti da je u sastav sericitskih škriljaca ušao, bar delimično i tufogeni materijal. Ova pretpo-

Adresa autora: Geoinstitut, Rovinjska br. 12, Beograd.

stavka ima značaja utoliko što halkopiritska pojava, zapadno od džamije (br. 2, sl. 2), leži konkordantno u sericitskom škriljcu i što se, na osnovu stratiformnog načina pojavljivanja, mineralnog sastava i strukture može govoriti o njihovoj genetskoj vezi.



Sl. 1.

U daljem razvoju metasedimenata sericitski škriljac postupno prelazi u metamorfisani kvarcni peščar, koji inače pripada formaciji metamorfisanih kvarcnih peščara i konglomerata zapadne Makedonije, čije su najvažnije osobine: veoma heterogeni granulometrijski sastav i veliko obogaćenje hematitom, zbog čega često prelaze u hematitske škriljce, koji u pojedinim delovima zapadne Makedonije obrazuje velika ležišta.

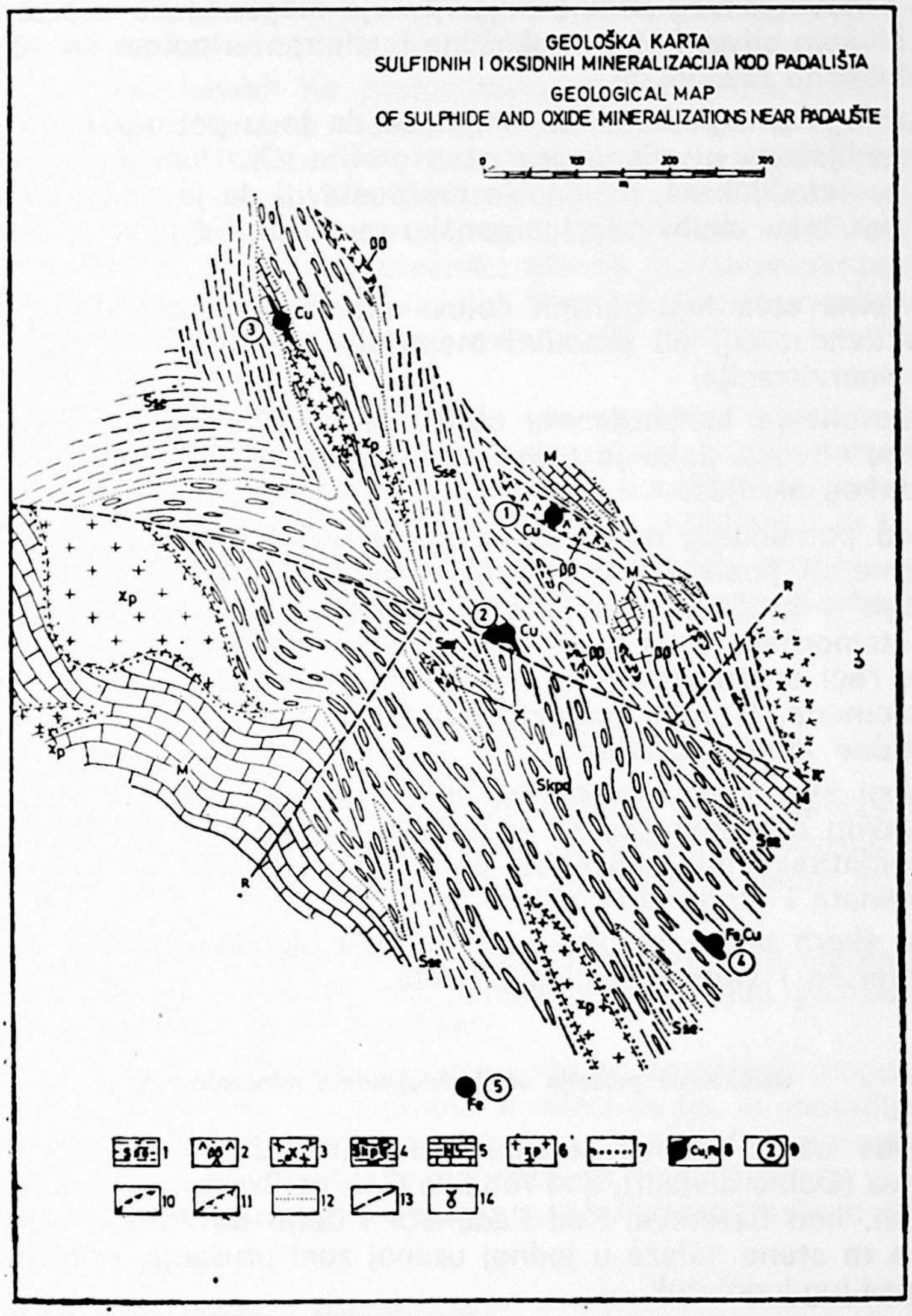
Metamorfisani kvarcni peščar predstavlja završni član metaklastita, a u daljoj evoluciji metasedimentnog kompleksa, postupno prelazi u krečnjački škriljac i mermerisani krečnjak koji pripadaju karbonatnoj formaciji, čije se velike mase nalaze na obližnjoj planini Bukovik.

Smatra se da je ova karbonatna formacija devonske starosti i da se sa njom završava metamorfni kompleks u zapadnoj Makedoniji.

Stepen metamorfizma, škriljaca, koji učestvuju u građi terena kod Padališta, nizak je, zbog čega se svrstavaju u semimetamorfite.

Osim parametamorfita u građi ovog terena učestvuju metamorfisane magmatske i kontaktno-metamorfne stene.

Veruje se da je metadijabaz najstarija magmatska stena i da je sinhrona sa sericitskim škriljcem. Danas se on javlja u vidu manjih stratiformnih masa sočivastog oblika, čije dimenzije variraju do 200 m dužine i do 50 m debljine.



Sl. 2. Geološka karta sulfidnih i oksidnih mineralizacija kod Padališta.
1. — Sericitski škriljac, 2. — metadijabaz, 3. — metariolit, 4. — Metamorfisani kvarcni peščar, 5. — mermerisanı krečnjak, 6. — metariolitporfir, 7. — zona kontaktnog metamorfizma, 8. — sulfidno-oksidne mineralizacije, 9. — redni broj pojave Cu i Fe-mineralizacije, 10. — geološka granica sliva, 11. — geološka granica intruzivnog tela, 12. — postupan prelaz, 13. — rased, 14. — džamija.

Fig. 2. Geological map of sulphide and oxide mineralizations near Padalište.
1. — Sericite schist, 2. — metadiabase, 3. — metarhyolite, 4. — metamorphosed quartz sandstone, 5. — crystalline limestone, 6. — metarhyolite-porphyry, 7. — contact metamorphic zone, 8. — sulphide and oxide mineralizations, 9. -— number of the occurrence of Cu and Fe-mineralizations, 10. — geologic boundary of flow, 11. — geologic boundary of intrusive body, 12. — boundary of gradual transition, 13. — fault, 14. — mosque.

Na osnovu takvog načina pojavljivanja moglo bi se pretpostaviti da je reč o bivšem slivu, koji je naknadno budiniran, a potom su pojedini budeni međusobno razdvojeni.

U prilog tom gledištu ide činjenica da je u petrografskim preparatima* metadijabaza utvrđeno prisustvo grafita. Obzirom da grafit nije sastavni deo metadijabaza, logično je pretpostaviti da je primarna dijabazna lava u svom toku obuhvatila i organsku materiju, od koje je postao ovaj grafit.

U vreme stvaranja gornjih delova metasedimenata obnavlja se vulkanska aktivnost čiji su produkti metariolit i sulfidna vulkanogeno-sedimentna mineralizacija.

Metariolit je konkordantna stena sa sericitskim škriljcem i javlja se u obliku slivova. Jako je uškriljena i teško se makroskopski razlikuje od sericitskog škriljca.

Pored pomenutog metariolita, postoji još i metariolit-porfir. Nastao je za vreme ili posle formiranja karbonatne formacije. Igra veoma značajnu ulogu u građi ovog terena. Za razliku od metariolita nije ravnomerno metamorfisan (ima delova jako uškriljenih, a i takvih koji pretstavljaju, tako reći svežu stenu), a sa okolnim stenama pravi kontaktno-metamorfne promene. U zoni kontaktnog metamorfizma nalaze se pojave oksidno-sulfidne mineralizacije.

Izdanci skarna su malobrojni, ali o njihovom prisustvu može se govoriti na svim mestima gde se u humusu nalaze komadi skarna ili skarnovske hematitske mineralizacije, a svakako i blizine izdanaka karbonatnih sedimenata i metariolit-porfira.

Ovaj skarn pored kornitske strukture i oksidno-sulfidnih mineralizacija karakteriše i velika količina granata.

Strukturna pozicija sulfidno-oksidnih mineralizacija

Ako se uzmu u obzir izdanci metagranitoida i metariolita (uopšte) kod Kruševa (Dolno divjaci), kod rudnika Cer, na Brezovcu, kod Strelaca, na Dobroj vodi, kod Berikova, Kod Padališta i dalje do Pologa, jasno se zapaža da se te stene nalaze u jednoj uzanoj zoni pružanja, približno, sever--severozapad-jug-jugoistok.

To je tektono-magmatska struktura duž koje je bila veoma živa magmatska aktivnost. Na osnovu delimičnog ispitivanja apsolutne starosti (Deleon u Izveštaju R. Popovića, 1968. godine) može se reći da su za tu strukturu vezane kisele magmatske stene različite starosti. Ovo, dalje navodi na pretpostavku da je ta struktura bila dugog veka i da se duž nje obnavljao magmatizam.

Potrebno je istaći da se u okviru te strukture nalaze značajne mase kornita kod Dolno divjaci (sa slabim sulfidnim mineralizacijama), kod Strelaca sa vrlo interesantnim molibdenitskim mineralizacijama, kod Berikova i Padališta, takođe sa interesantnim oksidno-sulfidnim mineralizacijama.

---

* Petrografske preparate određivali su S. Divljan i S. Cvetić iz Geoinstituta — Beograd.

Na osnovu dosadašnjeg poznavanja kontaktno metamorfne stene su najzastupljenije na kontaktima metariolit-porfira i okolnih stena.

Ovaj podatak navodi na pretpostavku da metariolit-porfir, sa kontaktno-metamorfnim stenama pretstavlja najmlađu stenu u domenu strukture o kojoj je reč. A na osnovu karakterističnih morfoloških oblika kod Berikova i Papradišta, moglo bi se predpostaviti da je na pomenutoj strukturi bila živa i vulkanska aktivnost čiji se ostaci danas manifestuju u obliku »stubova« do 20 m visine i prečnika oko 10 m, metariolit-porfira. Ovi »stubovi« verovatno predstavljaju delove dovodnog kanala ispunjenog metariolit-porfirom i kao otpornija stena, od okolnih škriljaca, koje je erozija razorila, danas strče u reljefu.

Na osnovu dosadašnjeg poznavanja ova struktura i asocirajući magmatizam predstavljaju interesantnu metalogenetsku zonu sa veoma različitim mineralizacijama, a posebno mesto u tom pogledu zauzima, relativno bogato učešće retkih metala (molibden, cerijum, niobijum i dr.).

Polazeći od ovih mineralizacija koje su do sada poznate može se govoriti o izvesnoj mineragenetskoj specijalizaciji zone Kruševo—Polog i asocirajućeg magmatizma.

SULFIDNO-OKSIDNE MINERALIZACIJE

U ataru sela Padalište, do sada je poznato više izdanaka sulfidnih i oksidnih mineralizacija. Jedan se nalazi na grebenu Veternik SI od s. Padališta, drugi je smešten u dolini Padališke reke, a ostali se nalaze u samom selu.

Izdanke oksidnih mineralizacija moguće je pratiti na celom prostoru Berikovo—Padalište, a sulfidne, na osnovu dosadašnjeg poznavanja, nalaze se samo kod Berikova i Padališta.

Polazeći od petrografske sredine u kojoj su smeštene moguće je razlikovati pet mineralizacija: 1. sulfidna mineralizacija, u metadijabazu, 2. sulfidna mineralizacija u sericitskom škriljcu, 3. sulfidna mineralizacija u ribekitskom škriljcu, 4. hematitsko-magnetitska mineralizacija u skarnu i 5. magnetitsko-hematitska mineralizacija u hloritsko-albitskom škriljcu.

1. **Sulfidna mineralizacija u metadijabazu**

Na terenu koji je nešto detaljnije izučen (Sl. 2.) izdvojeno je više manjih sočiva metadijabaza. Verovatno je u pitanju bivši sliv, koji je u svojoj evoluciji razbijen tako da se danas javlja u vidu manjih sočiva. Na ovakvu konstataciju upućuje i prisustvo zrna grafita u njemu.

Dosadašnjim ispitivanjima utvrđeno je da su pojedine mase metadijabaza mineralizovane: pirhotinom, halkopiritom i arsenopiritom.

Sva tri minerala javljaju se u maloj količini i rasuti su po steni.

Za pirhotin je karakteristično da redovno uklapa halkopirit, a povremeno i arsenopirit. Ujedno to je najzastupljeniji i najkrupniji rudni mineral.

Geneza ove mineralizacije do sada nije razjašnjena, jer nije ni bila predmet ozbiljnijih ispitivanja.

2. Sulfidna (piritsko-halkopiritska mineralizaclja) u sericitskom škriljcu

Ova pojava nalazi se zapadno od džamije oko 400 m. To je jedno stratiformno telo dužine više od 10 m i prividne debljine više od 3 m.

Na osnovu savremenog, prividnog, položaja vidi se da ova mineralizacija leži konkordantno u sericitskom škriljcu (Sl. 2. i 3., pojava br. 2).

To je veoma interesantna pojava sulfidne mineralizacije, u kojoj su utvrđeni: pirit, Fe-hlorit, bornit, halkopirit, galenit, sfalerit, kvarc, sfen, rutil, halkozin, kovelin i malahit*).

PIRIT — je, od svih rudnih minerala, najstariji i istovremeno najzastupljeniji. Javlja se u dva oblika različita po starosti. To su šupljikavi (porozni) stariji i kristalni, mlađi, pirit. Šupljine u poroznom piritu najčešće su zapunjene mineralima jalovine, ali povremeno bornitom i halkopiritom. Zanimljivo je istaći da pojedina zrna šupljikavog pirita sadrže samo bornit ili samo halkopirit dok druga sadrže oba minerala.

Po obliku pojavljivanja šupljikavi pirit približno je ovalan ili grubo prstenast, što podseća na sedimentnu strukturu, a kristalni pirit javlja se u obliku kocke, veličine do 4 mm i pentagondodekaedra, veličine do 120 mikrona.

BORNIT. — Slično piritu i u ovom slučaju izdvojene su dve generacije: prva, stariji bornit, u šupljikavom piritu, a druga, mlađi, javlja se u obliku traka, za koje bi se moglo predpostaviti da predstavljaju ostatke potiskivanja u halkopritu.

Bornit se javlja u relativno krupnim zrnima čija veličina varira do 0,5 mm. Osim toga zapaženo je da su pojedina zrna bornita jajastog oblika, smeštena u kristalnom piritu.

HALKOPIRIT — je jedan od najzastupljenijih rudnih minerala, ali je njegovo učešće u sericitskom škriljcu neravnomerno, što omogućava izdvajanje delova po količini halkopirita, odnosno po sadržaju bakra, (koji je ovde vezan najvećim delom za halkopirit) (sl. 3. i tabela 1). Javlja se kao impregnacija i u vidu masivne mineralizacije u sericitskom škriljcu. U ovom poslednjem slučaju najčešće nastupa kao cement starijim mineralima, a povremeno i u žilicama, koje presecaju druge minerale.

Na osnovu postojanja više generacija: pirita, bornita i halkopirita moguće je govoriti o višefaznom stvaranju rudnih minerala.

U prvoj fazi stvarani su: porozni pirit, bornit i halkopirit I, a u drugoj, glavnoj fazi, stvoreni su, pored minerala bakra, galenit i sfalerit. Učešće minerala olova i cinka, relativno je malo i to su najčešće sitna zrna koja su udružena sa halkopiritom. Istina mestimično, kao što je slučaj sa najbogatijim delom Cu-mineralizacije, učešće minerala cinka je znatnije, što se vidi i po njegovom sadržaju (2%).

Pored primarnih minerala, ovde su zastupljeni u povećanoj količini, i sekundarni minerali: kovelin, halkozin, malahit i limonit. Oni ujedno predstavljaju i završnu fazu formiranja mineralizacije, o kojoj je reč.

Neovisno od sulfidnih u ovoj mineralizaciji su registrovani i drugi minerali. U tom pogledu naročito su interesantni Fe-hlorit i sfen.

Fe-hlorit spada među najstarije minerale. Formiran je posle stvaranja primarnog (poroznog) pirita. Javlja se u obliku, relativno krupnih zrna (do

---

* Određivanje rudnih preparata izvršio je V. Vujanović iz Geoinstituta — Beograd.

300 mikrona) koja obrazuju druze ili snopove, često uklopljene u halkopiritu.

Prisustvo Fe-hlorita u ovoj mineralizaciji nejasno je, kao što je neobjašnjeno i prisustvo mladog sfena.

Osim mineraloškog i hemijski sastav pojave, o kojoj je reč, pretstavlja vrlo važnu osobinu što se vidi po sadržajima makro i mikroelemenata.

Tabela 1.

u %

Vrsta stene	Cu	Pb	Zn
Sericitski škriljac (bez vidljive mineralizacije)	0,016	0,002	0,024
Sericitski škriljac (bez vidljive mineralizacije)	0,010	0,003	0,012
Sericitski škriljac slabo mineralizovan	0,130	0,020	0,045
Metariolit	0,008	0,001	0,025
Sericitski škriljac jače impregnisan sulfidima	0,400	0,002	0,050
Masivna halkopiritska mineralizacija	19,500	0,200	2,000

Očigledno je da se radi o veoma interesantnom učešću bakra. Ako se uzme u obzir sadržaj preko 0,1%, onda debljina mineralizovanog paketa iznosi preko 4 m.

Tabela 2.

Mg	= >	1%		La	=	600	gr/t
Mn	=	1200	gr/t	Mo	=	400—800	gr/t
Ti	=	6000	„	Ca	=	8000	„
Bi	=	130	„	V	=	8	„
Sr	=	60	„	Ag	=	300	„
Ba	=	5500	„	Ni	=	27	„
Y	=	110	„	Zr	=	1400	„
Ce	=	900	„	Co	=	40	„
Nb	=	80	„	Cr	=	16	„
Ga	=	30	„				

S druge strane sadržaji ostalih elemenata: Nb, Ce, Mo, Ag, Bi, La i Ti, posebno su zanimljivi, tako da pojava Cu-mineralizacije i metalogenetska zona u kojoj se ona nalazi, zaslužuje mnogo veću pažnju istraživača nego što je to bio slučaj do sada.

3. Sulfidna mineralizacija u ribekitskom škriljcu

Dosadašnjim istraživanjima registrovan je samo jedan izdanak ribekitskog škriljca kod Padališta. Izdanak je dugačak oko 5 m i debeo 1 m. Mineralizovan je sulfidima i oksidima.

Postojanje mineralizovanog ribekitskog škriljca kod Padališta predstavlja još jedan dokaz da se Padalište i Berikovo nalaze u jedinstvenoj metalogenetskoj i mineragenetskoj zoni, a prisustvo hematita u obliku rozeta i dokaz više.

Iako nisu vršena sistematska ispitivanja ribekitskog škriljca, ipak došlo se do sledećih činjenica:

1. u njemu se nalaze termalne sulfidno-oksidne mineralizacije,

2. izrazito niski sadržaji elemenata iz grupe tzv. »bazičnih pratilaca« (Ni = 3 gr/t, Co = 11 gr/t, Cr = 3 gr/t),

3. odsustvovanje ribekitskog škriljca izvan zona kontaktnog metamorfizma.

Na osnovu tih podataka smatra se da su ribekitski škriljac i termalne mineralizacije u njemu kontaktno-metamorfnog porekla.

Inače, oksidi su pretstavljeni, u prvom redu magnetitom (koji je zahvaćen veoma izraženom martitizacijom), a sulfidi halkopiritom, sfaleritom i galenitom.

Učešće galenita je malo što se vidi iz sadržaja olova (Pb = 220 gr/t). Sfalerit je zastupljeniji, (sadržaj Zn = 0,18%), a halkopirit najobilniji o čemu svedoči sadržaj bakra od 1%.

4. **Hematitsko-magnetitska mineralizacija u skarnu**

Ovde je reč o kontaktno-metamorfnoj mineralizaciji formiranoj u zoni kontakta metariolit-porfira i mermerisanih krečnjaka ili krečnjačkih škriljaca. U ovom tipu mineralizacije oksidi predstavljaju najzastupljenije minerale; hematit se u tom pogledu posebno ističe, a iza njega sledi magnetit.

Hematit je pritkast i zrakasto raspoređen, a magnetit se javlja najčešće u obliku sitnih oktaedara, zahvaćenih martitizacijom po obodu kristala ili duž prslina.

Pored pomenutih minerala gvožđa, u ovom skarnu nađena je i mala količina siderita.

Koncentracija minerala gvožđa je izrazito visoka što se vidi i po sadržaju Fe (oko 35%), ali po svoj prilici i na osnovu upoređenja sa Berikovom, ne treba očekivati velika rudna tela u ovoj zoni.

Osim navedenih minerala nađeni su u manjoj količini: halkopirit, pirit, sfalerit i galenit, što se vidi i po sadržaju mikroelemenata:

g/t Tabela 3.

Cu	Zn	Pb	Ti	Be	Mo	V	Cr	Sr	Ag	Na	Ni	Zr	Co	Ba
3000	8000	200	1200	12	3	20	35	15	38	4000	32	50	28	50

Svi rudni minerali smešteni su u sitnozrnoj masi stene kornitske strukture, u kojoj su obilno zastupljeni: granati, piroksen i hlorit (nastao od amfibola).

Mineralizacije o kojima je reč nastale su kontaktno-metasomatskim putem.

5. **Magnetitsko-hematitska mineralizacija u hloristsko-albitskom škriljcu** nalazi se jugozapadno od džamije oko 800 m na obalama Padališke reke, a blizu vodenice. To su manji izdanci hloritsko-albitskog škriljca obogaćeni magnetitom i manje hematitom.

Magnetit se javlja u obliku kristala veličine do 1 mm, neravnomerno raspoređenih po površinama škriljavosti stene i jače ili slabije zahvaćenih maritizacijom, pri čemu nisu retke pseudomorfoze martita po magnetitu.

Učešće magnetita u ovoj steni varira od 15 do 25%.

Hematit je znatno podređeniji mineral nego magnetit. Javlja se najčešće u pritkastom obliku pri čemu je zrakasto raspoređen formirajući rozete.

Međutim, ova mineralizacija je posebno zanimljiva po sadržaju mikro elemenata, što nedvosmisleno ukazuje na dvojaku genezu matične stene i mineralizacije u njoj.

Tabela 4.

Ti	=	280—6000 gr/t	V	=	45—250 gr/t
Nb	=	40— 100 ,,	Ni	=	3—140 ,,
Ga	=	26 ,,	Cr	=	2— 65 ,,
Mo	=	16 ,,	Co	=	4— 32 ,,
Cu	=	600 ,,	Ba	=	do 40 ,,
Zn	=	300— 650 ,,	Pb	=	10— 30 ,,
Ag	=	1 ,,			

U prvom redu sadržaji elemenata tzv. »bazičnih pratilaca« govori da je primarna stena bila bazična i da bar jedan deo magnetita pretstavlja titanomagnetit, a s druge strane sadržaji Nb, Ga, Mo, Cu, Zn, Ag govore da je ova stena bila pod uticajem procesa koji su doveli do formiranja specifične minerageneze duž zone Kruševo—Berikovo—Padalište—Polog. U tom slučaju moglo bi se pretpostaviti da je i hloritsko-albitski škriljac bio pod uticajem kontaktno-metamorfnih promena, pri čemu je formirana specifična asocijacija mikroelemenata, po čemu se pomenuta metalogenetska zona jasno identifikuje.

GENETSKA RASMATRANJA

U prikazu litostratigrafskih odnosa najuže okoline Padališta nedvosmisleno je rečeno da sericitski škriljac, stratigrafski, pretstavlja najniže delove, koji na više postupno prelazi u metamorfisani kvarcni peščar, a ovaj, dalje, takođe postupno, u mermerisani krečnjak i krečnjački škriljac.

Na osnovu takvog stratigrafskog odnosa metasedimenata i na osnovu shvatanja da, današnja »sočiva« metadijabaza pretstavljaju delove prvobitnog dijabaznog sliva, stalo se na stanovište da je, u vreme stvaranja nižih delova sericitskog škriljca kod Padališta, egzistirao vulkanizam bazičnog (dijabaznog sastava).

Kao što je već rečeno, u nekim delovima metadijabaza utvrđena je pirhotinska, halkopiritska i arsenopiritska mineralizacija, međutim, u kakvoj su međusobnoj vezi metadijabaz i ova sulfidna mineralizacija, do sada nije razjašnjeno, a veruje se da bi to imalo velikog značaja za ocenu potencijalnosti sulfidnih mineralizacija kod Padališta.

Za razliku od mineralizacije u metadijabazu, sulfidna mineralizacija u sericitskom škriljcu znatno je jasnija, iako ni ovde nisu rešeni mnogi genentski problemi.

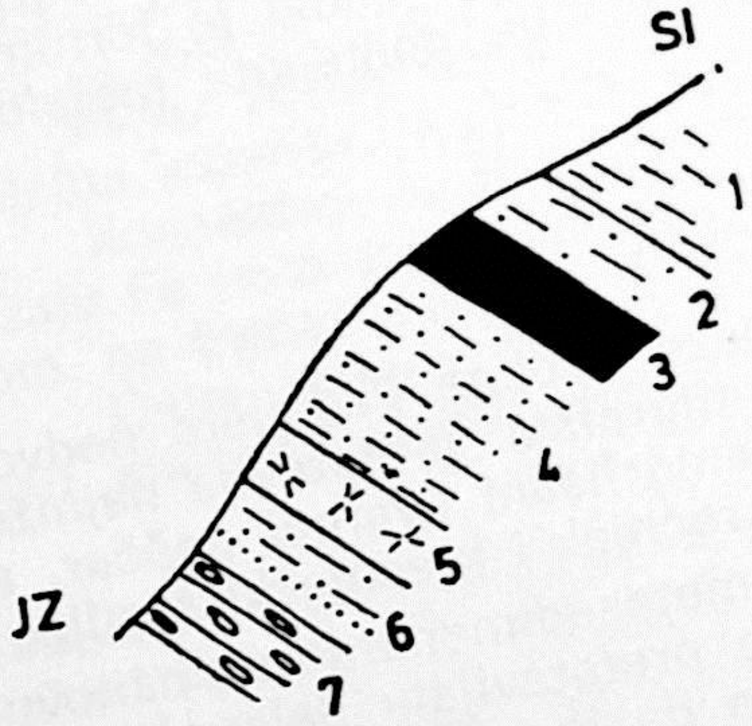
Naime, ova mineralizacija nalazi se u gornjim delovima sericitskog škriljca i u direktnoj je vezi sa metariolitom. Ali savremeni položaj sericitskog škriljca, metariolita, ove mineralizacije i metamorfisanog kvarcnog peščara očigledno je nenormalan — inversan je (sl. 3-A), a stvarni stratigrafski položaj prikazan je na sl. 3-B.

U ovakvoj situaciji moguća evolucija mineralizaciskog substratusa (svakako odnosi se samo na pojavu ove Cu-mineralizacije), odvijala se na sledeći način:

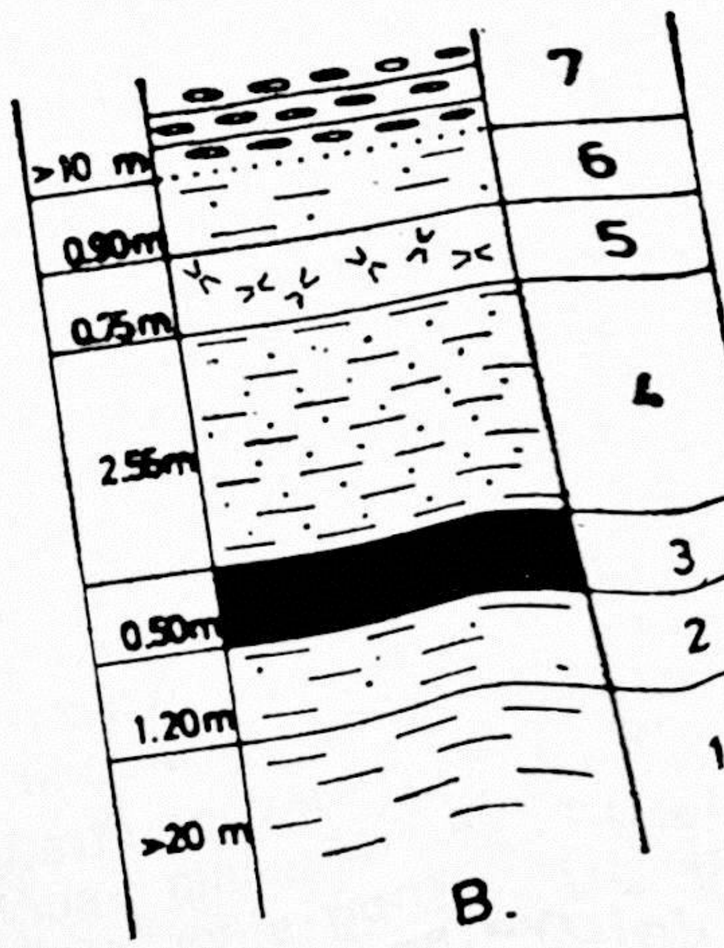
— posle okončanja vulkanske aktivnosti čiji su produkti metadijabazi sinhroni sa sericitskim škriljcem, nastavljeno je stvaranje klastičnih sedimenata, današnjih sericitskih škriljaca, da bi pred kraj njihovog formiranja došlo do nove vulkanske aktivnosti čiji su produkti ušli delimično u sastav sericitskog škriljca, kao klastičan materijal, a delimično kao sinhroni lavični slivovi.

Ovaj vulkanizam, za razliku od starijeg, kiselog je sastava.

Obzirom da se ispod i iznad jednog dela takvog sliva javlja piritsko-halkopiritska mineralizacija, da se u samom metariolitu nalaze, relativno visoki sadržaji bakra i cinka (Cu = 80 gr/t i Zn = 250 gr/t) da izostaju kontaktno-metamorfne promene na okolnim stenama u kontaktu sa metariolitom i da u poroznom piritu postoji ovalne šupljine (iz čega se naslućuju sedimentni uslovi postanka tog pirita), stalo se na stanovište da je sulfidna mineralizacija, zapadno od džamije, u direktnoj genetskoj vezi sa metariolitom, odnosno da je ova sulfidna mineralizacija vulkanogeno-sedimentnog postanka.



A.



B.

Sl. 3. Položaj Cu-mineralizacije zapadno od džamije: A. — savremen položaj na lok
profilu, B. — stvarni položaj u stratigrafskom stubu.
1 — sericitski škriljac; 2. — i 6. — sericitski škriljac sa slabom Cu-miner
masivna Cu-mineralizacija; 4. — sericitski škriljac jače impregnis
iolit; 7. — metamorfisani kvarcni peščar.
West of the mosque: A. — Conte
the stratigraphic co
weak Cu-miner

Prema tome ovde je reč o metamorfisanoj vulkan[illegible] formaciji sa kojom asocira sulfidna mineralizacija.

Po svemu sudeći ova faza riolitskog vulkanizma okončana je na početku sedimentacije metamorfisanih kvarcnih peščara. Ali u vreme ili posle stvaranja karbonatne formacije (mermerisani krečnjaci i krečnjački škriljci), dolazi do oživljavanja magmatske aktivnosti čiji je produkat današnji metamorfisani riolit-porfir.

Dosadašnjim poznavanjem utvrđeno je da metariolit-porfir probija okolne stene formirajući u zoni kontakta skarnove i kornite u kojima je obrazovana oksidno-sulfidna mineralizacija (to su mineralizovani skarn, ribekitski škriljac i hloritsko-albitski škriljac).

Veruje se da je ovaj tip mineralizacija postao hidrotermalno-metasomatskim putem u subvulkanskom nivou, pri čemu su se najvećim delom koncentrisali oksidi gvožđa (hematit, u obliku rozete, i magnetit) a podređenije sulfidi bakra, cinka i olova.

Oksidi gvožđa javljaju se u obliku masivnih rudnih tela različitih dimenzija i varijabilnog sadržaja gvožđa, a sulfidi se najčešće javljaju u obliku impregnacija.

ZAKLJUČAK

Dosadašnje poznavanje terena u selu Padalištu pokazalo je da se tu nalazi više izdanaka termalnih mineralizacija koje se mogu grupisati u tri grupe:

1. sulfidna mineralizacija (pirhotin, halkopirit, arsenopirit) vezana za metadijabaz nerazjašnjenog postanka;
2. piritsko-halkopiritska mineralizacija vulkanogeno-sedimentnog postanka,
3. oksidno-sulfidna mineralizacija hidrotermalno-metasomatska nastala u zoni kontaktnog metamorfizma, a u subvulkanskom nivou.

Stvaranje vulkanogeno-sedimentne sulfidne mineralizacije odvijalo se u završnoj fazi formiranja filitoidne formacije zapadne Makedonije, a to je verovatno silur, dok se stvaranje oksidno sulfidne mineralizacije odvijalo za vreme ili posle formiranja mermerisanih krečnjaka planine Bukovik, a to je devonska ili postdevonska starost.

Sve pojave sulfidnih i oksidno-sulfidnih mineralizacija koje se mogu grupisati u tri leže u jednoj metalogenetskoj zoni koja je kontrolisana kiselim intruzivno-efuzivnim kompleksom, do sada, veoma slabo proučenim.

Obzirom na genetsko tumačenje, koje je ovde dato, sulfidne mineralizacije kod Padališta, a svakako i kod Berikova postaju veoma interesantne i nadamo se da će im biti posvećena odgovarajuća pažnja.

Predato za štampu 17. V 1984.

Recenzent dr Antonije Antonović

LITERATURA

1. Popović R., Jančić T., 1968.: Izveštaj o istraživanjima u zapadnoj Makedoniji. Fond stručnih dokumenata Geoinstituta — Beograd.

2. Popović R., Jančić T., Lakić D., 1969.: Izveštaj o geološko-geofizičkim istraživanjima regiona zapadne Makedonije (lokalnosti: Berikovo, Padalište, Openica) u 1968. godini. F.S.D. Geoinstituta — Beograd.

3. Popović R., Jančić T., 1969.: Geološko-geofizičke karakteristike terena Berikovo (zapadna Makedonija) sa osvrtom na novootkrlveno ležište Pb, Zn i Cu. Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 6. Beograd.

4. Popović R., 1975.: Pojava bakra, cinka i olova u lokalnosti Berikovo-Kičevo (zapadna Makedonija). I savetovanje »Istraživanje olovo-cinkovih mineralizacija na teritoriji SFRJ«, Zvečan 1973., docnije objavljeno u Radovima Geoinstituta, sv. 10. Beograd.

Summary

SULPHIDE AND OXIDE MINERALIZATIONS NEAR PADALIŠTE (GOSTIVAR — WESTERN MACEDONIA)

by

Radule Popović

The sulphide-oxide mineralizations, of Fe and Cu, near Padalište (West Macedonia) are located in clastic calcareous metacomplex of Silurian-Devonian age. Presently they are sericitic-schists, originated partly from volcano-sedimentary actions overlain by metamorphosed quartz sandstone, conglomerate and, on the top partly recrystallized limestone. Basides parametamorphic rocks the metavolcanics are identified as well. The oldest diabase are synchronous with sericitic schists as well as metarhyolite that is concordant with sericitic schist. Also, porfiric-metarhyolite is identified as the formation which is cutting all the other rocks forming the scarns on the contact with crystalline limestone proving the Devonian or post-Devonian age.

In this area, up to now, several outcrops, of double origin, of sulphide-oxide mineralization were recognized. The older sulphide mineralization is of volcano-sedimentary origin with following main minerals: pyrit, chalcopyrite, bornite, chalcosite, covellite and malachite. Younger mineralization is the product of contact metamorphism with main minerals as follows: hematite, magnetite, chalcopyrite, sphalerite and pyrite. This type of mineralization is related to chlorito-albite schist, riebeckite schist and scarn.

The third type of mineralization, related to metadiabase is also determined. The main mineralization is consisting of: pyrhotite, chalcopyrite and arsenopyrite. The origin of this mineralization is still under study.

All above mentioned mineralizations are in relations with metallogenic zone of Kruševo-Polog and characterized with acidic intrusiveeffusive complex.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Branislav Krstić i
Ljubinka Maslarević

UDK 551.735 (497.11)
Originalni naučni rad

DONJOKARBONSKI TURBIDITI BELAVE
(gornji deo Kučajsko-Zvonačkog fliša istočne Srbije)

U paleozojskom jezgru Belave zapadno od Pirota od ranije su poznati devonski sedimenti (V e s e l i n o v i ć M., 1959, 1964), čiju je bližu starost — srednji i gornji devon — odredio N. P a n t i ć (1960, 1962) na osnovu ostataka paleoflore nađene u zapadnom delu paleozojskog jezgra (potok Pantelej severozapadno od Telovca).

Srednji i gornji devon na Belavi, po ovim autorima, pretstavljeni su klastičnim sedimentima — peščarima različite granulacije, peskovitim glincima, ređe i konglomeratima.

Flišni karakter navedenih sedimenata istakla je Lj. M a s l a r e v i ć (1969), proučivši sedimentološki zapadni deo paleozojskog jezgra Belave u potoku Panteleju i na putu Telovac — Čiflik.

Proučavajući paleozojske sedimente na Belavi[1] osim gore navedenih devonskih tvorevina utvrdili smo postojanje i morskih sedimenata donjeg karbona. Oni su otkriveni u istočnom delu paleozojskog jezgra Belave, severozapadno od sela Mali Suvodol, gde smo proučili jedan dobro otkriveni profil ovih sedimenata između Cercelja i Kardašice, u ukupnoj debljini od preko 200 metara. Na profilu su zastupljeni turbiditni sedimenti pretstavljeni metaalevrolitima, metaglincima i sitnozrnim peščarima sa brojnim konkrecijama siderita i sideritskog metaglinca. Idući od baze prema vrhu profila, počev od mezozojskih krečnjaka južnog krila antiklinale Belave prema severu, u pravcu Kardašice, stub sedimenata može se podeliti na nekoliko delova:

1. Najniži paket karakteriše se sekvencom metaalevrolit — laminacija metaalevrolit — metaglinac. Metaalevroliti (debljine 1—2 cm) su kompaktni, sa razvijenom donjom horizontalnom, talasastom i kosom laminacijom, koja je nastala koncentracijom i orijentacijom liskuna i organske materije. Donja površina metaalevrolita je oštra, nekad talasasta, sa sitnim tragovima utiskivanja i otiscima tragova tečenja, zadiranja i dr. U smeni

---

[1] U finansiranju istraživanja učestvovali su RSIZ za geološka istraživanja (Projekat: »Paleozojski sedimenti istočne Srbije«) i Odbor za geodinamiku i geohronologiju SANU (tema: »Odrazi hercinske orogeneze u Srbiji«). Osim toga, ovaj rad pretstavlja i deo projekta br. 5: »Korelacija prevarisciskih i varisciskih zbivanja u alpsko-mediteranskom orogenom pojasu« međunarodnog programa geološke korelacije (IGCP).
Adresa autora: B. Krstić, Republička SIZ za geol. istraživanja, Beograd, Rovinjska 12.
Adresa autora: Lj. Maslarević, Geozavod, Beograd, Karađorđeva ul. 48.

metaalevrolit — metaglinac (debljine 3—15 cm) razvijena je kosa i gornja horizontalna laminacija. Pri vrhu paketa pojavljuje se konvolutna laminacija i pelitski glinoviti interval. Boumine sekvence su: T_{b-c}, T_{b-d}, T_{c-d} i T_{b-e}. U ovom paketu su guste konkrecije i konkrecioni proslojci glinovito alevritskog siderita dimenzija do 5 x 30 cm. Orijentisane su paralelno slojevitosti, a oko njih se pojavljuju lamine. Ponekad se na površini najfinijeg sedimenta u sekvenci nalaze »podvodne pukotine isušivanja«. Debljina paketa je preko 30 metara.

2. Idući naviše konkrecije se postepeno gube i u sledećem paketu sličnog sastava konkrecije siderita su retke, a pojavljuju se konkrecije silicioznog alevritskog metaglinca sa ankeritom dimenzija oko 5 x 15 cm. Kompaktni metaalevroliti ovog paketa su slabo vapnoviti (do nekoliko % $CaCO_3$). Debljina paketa je 10 metara.

3. Sledeći paket se od prethodnog razlikuje slabom karbonatnošću. Izgrađen je od kompaktnih metaalevrolita (3—10 cm), sa horizontalnom laminacijom i laminacijom tečenja i laminacijom metaalevrolit-metaglinac (laminacija tečenja i gornja horizontalna laminacija debljine 1—20 cm). Boumine sekvence su: T_{b-c}, T_{b-d}, T_{c-d}. Ovi sedimenti sadrže do 15% $CaCO_3$. Na 5-om metru od početka paketa nalazi se sloj kompaktnog peskovitog biomikrita debljine 30 cm, sa horizontalnom laminacijom i otiscima tragova vučenja. Biomikriti sadrže ostatke ostrakoda, krinoida, bodlje ježeva, harofitne alge i konodonte. Karakteristične vrste konodonata su: *Gnathodus typicus* Cooper i *Gnathodus commutatus commutatus* Branson & Mehl, čije je vertikalno rasprostranjenje vezano za vizeski kat donjeg karbona. Fauna je veoma retka, doneta u basen mutnim tokovima. Konkrecije su u ovom delu stuba podređene i odgovaraju alevritsko-glinovitom sideritu. Povremeno se na površini slojeva nalaze »podvodne pukotine isušivanja« (»syneresis cracks«) poligonalnog oblika, nastale litifikacijom pod vodom pre taloženja gornjeg sedimenta. Debljina paketa je 30 metara.

4. Najviši paket, debljine preko 150 metara, kvalitativno se razlikuje od donjeg dela stuba. Sekvenca je ovde građena od sitnozrnog peščara i metaalevrolita, a često se na vrhu nalazi i nelaminirani metaglinac. Sitnozrni peščari (subabrkoze i subgrauvake) debljine do 10 cm, pri vrhu stuba i do 20 cm, karakterišu se oštrom donjom granicom, finom gradacijom, donjom horizontalnom i retko finom kosom laminacijom. U gornjem delu stuba su i donja i gornja granica peščara oštre. Metaalevrolit, debljine do 20, pa čak i do 40 cm u donjem delu paketa, naviše postaje tanji. Pokazuje laminaciju tečenja i gornju horizontalnu laminaciju. Na vrhu sekvence je metaglinac čija debljina se povećava idući naviše, od nekoliko do 10—30 cm. Pokazuje gornju horizontalnu laminaciju ili gradi član e Boumine sekvence. Boumine sekvence su: T_{b-c}, T_{b-d}, T_{c-e} i T_{b-e}. U ovom paketu su vrlo retke konkrecije alevritsko glinovitog siderita dimenzija oko 3 x 10 cm i kompaktnog silicioznog metaglinca sa ankeritom (oko 4 x 20 cm) orijentisane paralelno slojevitosti. U gornjem delu paketa se nalaze konkrecije kompaktnog metaglinca sa fosfatom (5 x 45 cm) i slojevi metaglinaca sa pojedinim laminama fosfata.

Donjokarbonski turbiditi bogati su raznovrsnom asocijacijom teških minerala. To su: turmalin, rutil, cirkon, granat, titanit, apatit, epidot, zoizit, zeleni amfibol, aktinolit, tremolit, rombični i monoklinični piroksen, glaukofan, moasanit, safir, ortit, staurolit, disten, biotit, hlorit i magnetit. Od

autigenih minerala nalaze se karbonati (siderit, dolomit, ankerit), pirit, hematit, getit, barit, celestin i oksidi mangana. Kvantitativno su ovi sedimenti (naročito vrlo sitni metaalevroliti i metaglinci) veoma siromašni detritičnim, a bogati autigenim mineralima. Mala količina detritičnih minerala, kao i povremena pojava siderita i fosfata, ukazuje na laganu sedimentaciju, a povremeno i prekid detritične uz pojavu hemijske sedimentacije (obaranje siderita, karbonata, oksida mangana, barita, celestina, pirita i dr.). Pojava »podvodnih pukotina isušivanja« potvrđuje ovo povremeno odsustvo detritične sedimentacije u intervalima između dva mutna toka. Siderit i fosfati su ili doneti mutnim tokovima iz plitkovodnih regiona, ili su, što je možda verovatnije, u vezi sa submarinskom vulkanskom aktivnošću. Reakcijom vulkanskog materijala i morske vode stvarane su povoljne mikrosredine za obaranje fosfata, karbonata, oksida mangana, sulfata silicije i dr.

Ovi distalni turbiditi facije D (M u t t i, R i c h i - L u c h i, 1972, W a l k e r, M u t t i, 1973 i dr.) stvarani su u spoljnoj lepezi bez kanala, prema ravnom basenu. Produkt su sedimentacije razblaženih mutnih tokova niske gustine, u uslovima niskog režima tečenja.

Do sada su marinske tvorevine donjeg karbona u istočnoj Srbiji poznate sigurno iz dva lokaliteta: kod Niške banje (Koritnik) u jugoistočnoj Srbiji (N a v a l a M., 1971) i okoline Boljetina u severoistočnoj Srbiji[1] (B o g d a n o v i ć P., 1975). Ova dva lokaliteta pripadaju različitim pojasevima hercinskog strukturnog plana u istočnoj Srbiji: prvi Staroplaninskom pojasu, drugi — Niškom. Marinski donji karbon na Belavi pripada trećem — Kučajskom pojasu, u kome pretstavlja prvi nalazak sedimenata ove starosti.

Donjokarbonski sedimenti na Belavi pretstavljaju najviše delove debelog kompleksa flišnih sedimenata kojima se završava kaledonsko-hercinski ciklus sedimentacije (ordovicijum — donji karbon) u Kučajskom pojasu hercinskog strukturnog plana istočne Srbije. Stvaranje fliša počelo je u srednjem devonu (dokazana zona kockelianus) i trajalo je neprekidno do početka vizea (dokazana zona typicus). Flišni sedimenti stvarani su u jednom uzanom, izduženom dubokovodnom basenu koji se nalazio istočno od Ozrenskog bajkalskog kopna (K r s t i ć, 1982). Sedimentološka proučavanja flišnih sedimenata Kučajskog pojasa pokazala su da se na njih može primeniti model flišnog basena sa facijama dubokomorskih lepeza (M a s l a r e v i ć Lj., K r s t i ć B., 1984).

Gornja granica stvaranja flišnih sedimenata još nije poznata.

Predato za štampu 30. III 1984. Recenzent dr Dobra Veselinović

LITERATURA

B o g d a n o v i ć P., 1975: Donji i srednji karbon okoline Boljetina (istočna Srbija). — Zapisnici Srpskog geol. društva za 1974. god., Beograd.

D i m i t r i j e v i ć M., K r s t i ć B., D i m i t r i j e v i ć M., R a d o š e v i ć B., 1965: Devonski fliš jugoistočne Srbije. — Zapisnici Srpskog geol. društva za 1964—1967. god. Beograd.

[1] Vulkanogeno-sedimentne i sedimentne stene između Kožice i Porečke reke opisane u radu M. Kalenića i V. Pajić, 1973, prema navedenoj foraminiferskoj fauni, po H. Spasovu, 1980, pripadaju vrhu famenskog kata (etren), a ne donjem karbonu.

Kalenić M., Pajić V., 1973: Prilog poznavanju donjeg karbona između Kožice i Porečke reke. — Zapisnici Srpskog geol. društva za 1972 god., Beograd.
Krstić B., 1984: Stratigrafija starijeg paleozoika (ordovicijum devon) između Resave i Nišave, istočna Srbija. — Rasprave Zav. geol. geofiz. istraž. 22, str. 64, Beograd.
Maslarević Lj., 1969: Prethodni izveštaj o sedimentološkom ispitivanju devona Belave. — Fond stručnih dokumenata Geološkog instituta, Beograd.
Maslarević Lj., Krstić B., 1984: Kučajsko-zvonački fliš u istočnoj Srbiji, u: Kolektiv autora, Flišni baseni Srbije (u štampi).
Navala M., 1971: Gornji devon, donji karbon, u: Tumač za list Bela Palanka. — Savezni geološki zavod, Beograd, 1980.
Pantić N., 1960: Devonska flora istočne Srbije. — Geološki anali Balk. Pol., knj. XXVII, Beograd.
Pantić N., 1962: Prilog poznavanju devonske flore istočne Srbije. — Vesnik, serija A, knj. XX, Beograd.
Spasov H., 1980: Nekotorye zamečenia o knige »Geologija Srbije. II. Stratigrafija, sv. 1. Prekambrijum i paleozoik. — Geologica Balcanica, 10, 2, Sofia.
Veselinović M., 1959: Starije paleozojske tvorevine na Suvoj planini i paralelizacija istih sa susednim oblastima u istočnoj Srbiji. — Zapisnici Srpskog geol. društva za 1958. i 1959. god., Beograd, 1962.
Veselinović M., 1964: Stariji paleozoik istočne Srbije — facije i paralele (doktorska disertacija), Beograd.

Summary

LOWER CARBONIFEROUS TURBIDITES OF THE BELAVA MOUNTAIN

by

Branislav Krstić and Ljubinka Maslarević

A profile of Lower Carboniferous turbidites from the Paleozoic core of the Belava mountain (Eastern Serbia) is described in this paper. Metaaleurolites, metapelites and fine grained sandstones are represented on the profile and their total thickness makes about 200 m. These sediments contain well conspicious Bouma (1962) sequences T_{b-c}, T_{b-d}, T_{b-e}, T_{c-d}, T_{c-e}, flute casts, groove marks, prod casts ect. They correspond to the distal turbidites of the facies D, which are formed in the outer fan without channels, toward the basin plain. They are deposited from the dilute low-density turbidity currents in the conditions of the low flow regime.

The age of the turbidites is established on the basis of the conodont fauna — Gnathodus typicus and Gnathodus commutatus commutatus (zone typicus, Visean stage). In addition to the conodonts there also occur remains of ostracods, crinoids, spines of echinoderms and harophytes. The very rare fauna is brought into the basin by the turbidity currents.

Lower Carboniferous turbidites of Belava represent the uppermost part of the thick complex composed of flysch sediments which are formed in the period Middle Devonian — Lower Carboniferous. Caledonian--Hercinian cycle of sedimentation is terminated by these sediments in the Kučaj belt of the Hercinian structural plan in Eastern Serbia. The upper boundary of flysch deposits constitution is still unknown.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Nadežda Nevenić

UDK 553.12 (497.11)
Stručni članak

PRILOG POZNAVANJU STRUKTURNO-TEKSTURNIH KARAKTERISTIKA RUDE »BORSKE REKE« SA POSEBNIM OSVRTOM NA DISTRIBUCIJU ZLATA I SREBRA U VEZI SA OPLEMENJAVANJEM

(sa 3 slike i 10 tabela)

Ključne reči: zlato, srebro, Bor, istočna Srbija.

UVOD

Tehnološka ispitivanja rude iz zone Borske reke kao i ispitivanja flotabilnih osobina rude vršena su u Institutu za bakar u Boru.

RO Geoinstitut dobila je zadatak da izvrši mineraloško mikroskopska ispitivanja, strukturno-teksturne karakteristike rude u zoni Borske reke kao i distribuciju zlata i srebra u istoj, radi lakšeg rešavanja problema u pripremi mineralnih sirovina.

Poznato je da rudnomikroskopska ispitivanja imaju veliku ulogu a i značajna su u pripremi mineralnih sirovina.

Ovim člankom se želi dati još jedan prilog primene rudne mikroskopije, njene uloge u rešavanju problema u pripremi mineralnih sirovina.

TIPOVI RUDE I STRUKTURNE KARAKTERISTIKE

Sa geološkog gledišta bakrovo orudnjenje u Borskoj reci pripada porfirskom tipu a nalazi se u hidrotermalno izmenjenim andezitima, andezitskim piroklastitima. Hidrotermalne promene se manifestuju kroz procese silifikacije, sulfatizacije, hloritizacije, zatim kaolinizacije izrazite piritizacije, sericitizacije. Silifikacija je nekada toliko intenzivna da su izmenjeni andeziti pretstavljeni hidrokvarcitima.

Glavni rudni minerali su pirit i halkopirit.

Sa aspekta oplemenjavanja porfirsko orudnjenje u Borskoj reci podeljeno je na: impregnacioni tip rude i masivnopiritsko-halkopiritski tip.

Impregnacioni tip rude pretstavljen je sitnim impregnacijama bakrovih i drugih metaličnih minerala, čija veličina zrna ne prelazi 300 mikro-

metra. Takođe je primetno pretvaranje halkopirita u halkozin i kovelin. Impregnacioni tip rude ima sledeći sastav izražen u procentima:

Minerali jalovine	81,73
Pirit	15,35
Halkopirit	1,70
Bornit	0,11
Halkozin	0,04
Molibdenit	0,02
Magnetit	0,07
Titanovi minerali	0,18
	99,20

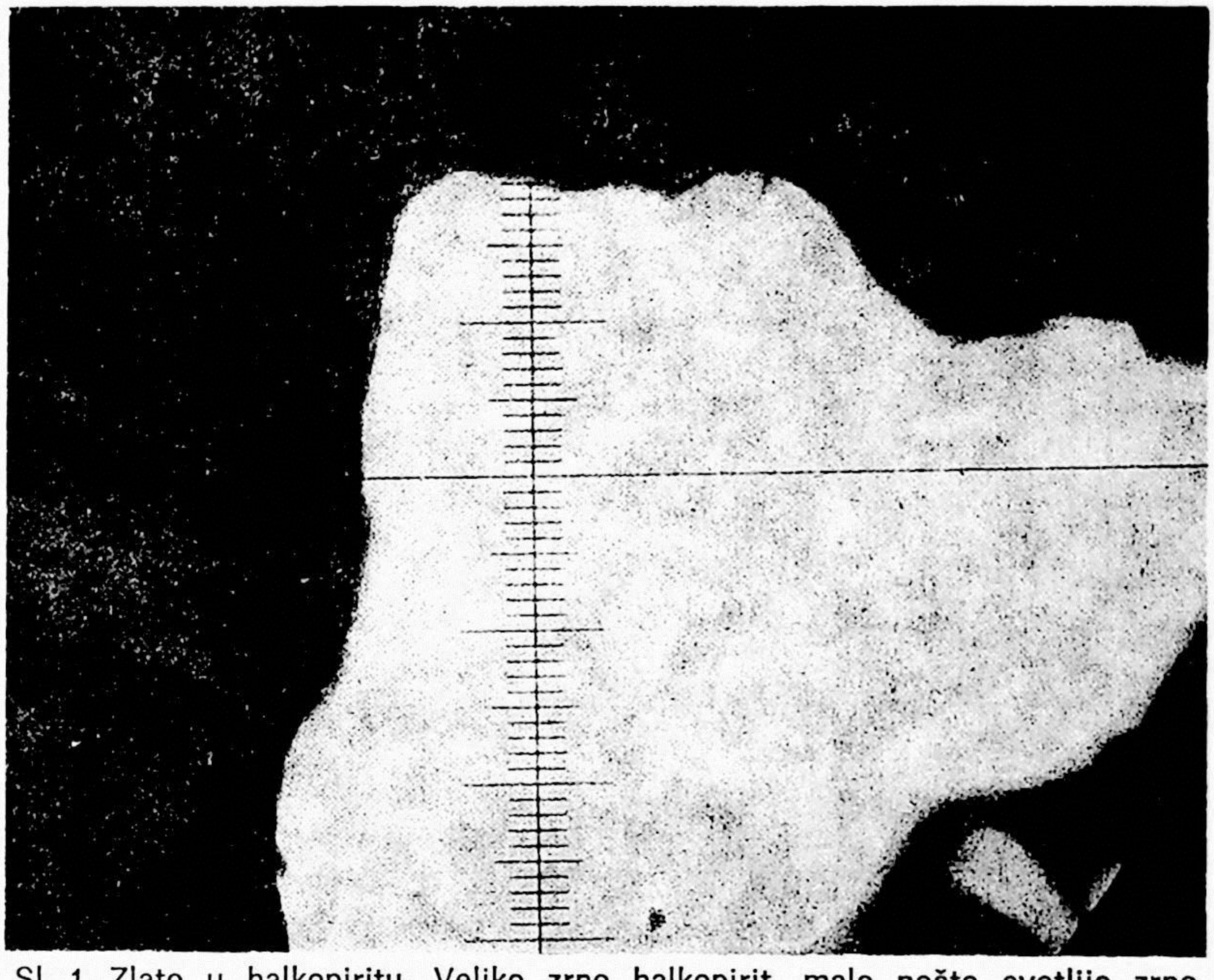
Masivno piritsko-halkopiritski tip rude pretstavljen je kataklaziranim piritima potisnutim halkopiritom i drugim metaličnim mineralima. Veličina zrna pojedinih minerala ide i do 500 mikrometra. Masivno piritsko-halkopiritski tip rude ima sledeći sastav izražen u procentima:

Minerali jalovine	42,12
Pirit	34,31
Halkopirit	11,60
Bornit	4,06
Halkozin i kovelin	0,01
Tenantit	0,27
Sfalerit	1,56
Magnetit	5,01
Hematit	0,78
Molibdenit	0,26
	99,98

P i r i t se u impregnacionom tipu rude javlja u vidu ksenomorfnih zrna, korodovanih ivica. Slobodan je, dodirne površine su mu petrogeni minerali. Pirit se javlja u svim klasama krupnoće. Retko uklapa sitna zrna halkopirita, bornita i halkozina. Pirit masivno piritsko-halkopiritskog tipa rude, je nešto krupnijeg zrna, kataklaziran je. Duž kataklaza potisnut je bakrovim mineralima. Na taj način je stvorena jedna vrsta sraslaca pirita sa drugim sulfidima.

H a l k o p i r i t se u impregnacionom tipu rude javlja u vidu sitnih impregnacija. Slobodnog zrna, dodirne površine su mu petrogeni minerali. U masivno piritsko-halkopiritskom tipu rude, halkopirit se u vidu jezičastih formi uvlači u kataklazirane pirite, ređe sfalerite, kao i međuprostore petrogenih minerala. Halkopirit prve generacije javlja se u vidu uklopaka u piritu, sfaleritu i magnetitu. Druga generacija halkopirita, znatno krupnijeg zrna potiskuje pirit, sfalerit, magnetit a biva potisnut od bornita i sekundarnih kovelina i halkozina. Ova pojava pretvaranja halkopirita u halkozin i kovelin važna je sa aspekta oplemenjavanja, jer se u fazi procesa transformacije (halkopirit-bornit-halkozin+kovelin) javlja kuprit i oksidi bakra. Mikroskopskim ispitivanjima nije utvrđeno da se javljaju oksidi i sulfati bakra, ali je verovatno da je za ovaj proces transformacije vezana izvesna količina sulfatnog i oksidnog bakra.

H a l k o z i n s a k o v e l i n o m, se u impregnacionom tipu rude javlja retko, sekundarni su minerali i ne prelaze veličinu zrna od 10 mi-



Sl. 1. Zlato u halkopiritu. Veliko zrno halkopirit, malo nešto svetlije zrno zlata.

Fig. 1. Gold in chalcopyrites. Big grain of chalcopyrites, just a little brighter grain of gold.

krometra. U masivno piritsko-halkopiritskom tipu rude kovelin i halkozin se javljaju u samostalnim zrnima veličine do 40 mikrometra.

B o r n i t se u impregnacionom tipu rude javlja kao sraslac sa jalovinom. Sitnoga je zrna i verovatno da veličina zrna ne prelazi 40 mikrometra. U masivno piritsko-halkopiritskom tipu rude bornit se javlja u vidu nepravilnih polja koja zalaze u kataklazirane pirite i u sebi sadrže halkopirite u vidu vretenastih izdvajanja. Veličina zrna ide do 300 mikrometra. Pored halkopirita u bornitu je primećen i tenantit čija veličina ne prelazi 30 mikrometra.

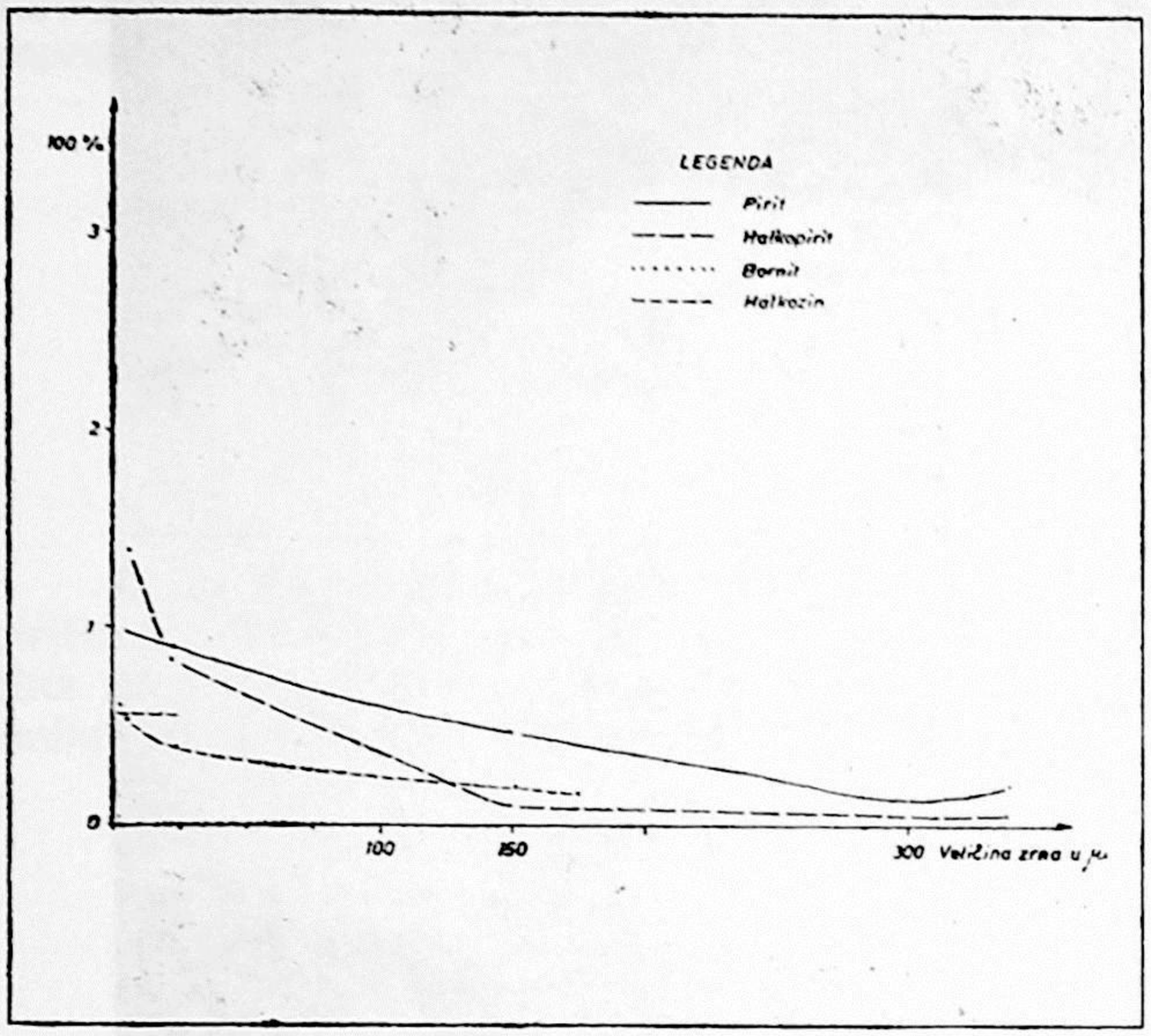
T e n a n t i t se javlja kao slobodan, mada ga ima i sraslog sa piritom i bornitom.

M a g n e t i t se javlja u oba tipa rude. Nastupa u samostalnim zdepastim zrnima, kataklaziranim i potisnutim piritom i bakronosnim mineralima. Veličina zrna mu varira od 40 do 200 mikrometra.

M o l i b d e n i t, se javlja u slobodnim zrnima, ređe je srastao sa halkopiritom. Veličina zrna mu varira od 20 do 200 mikrometra.

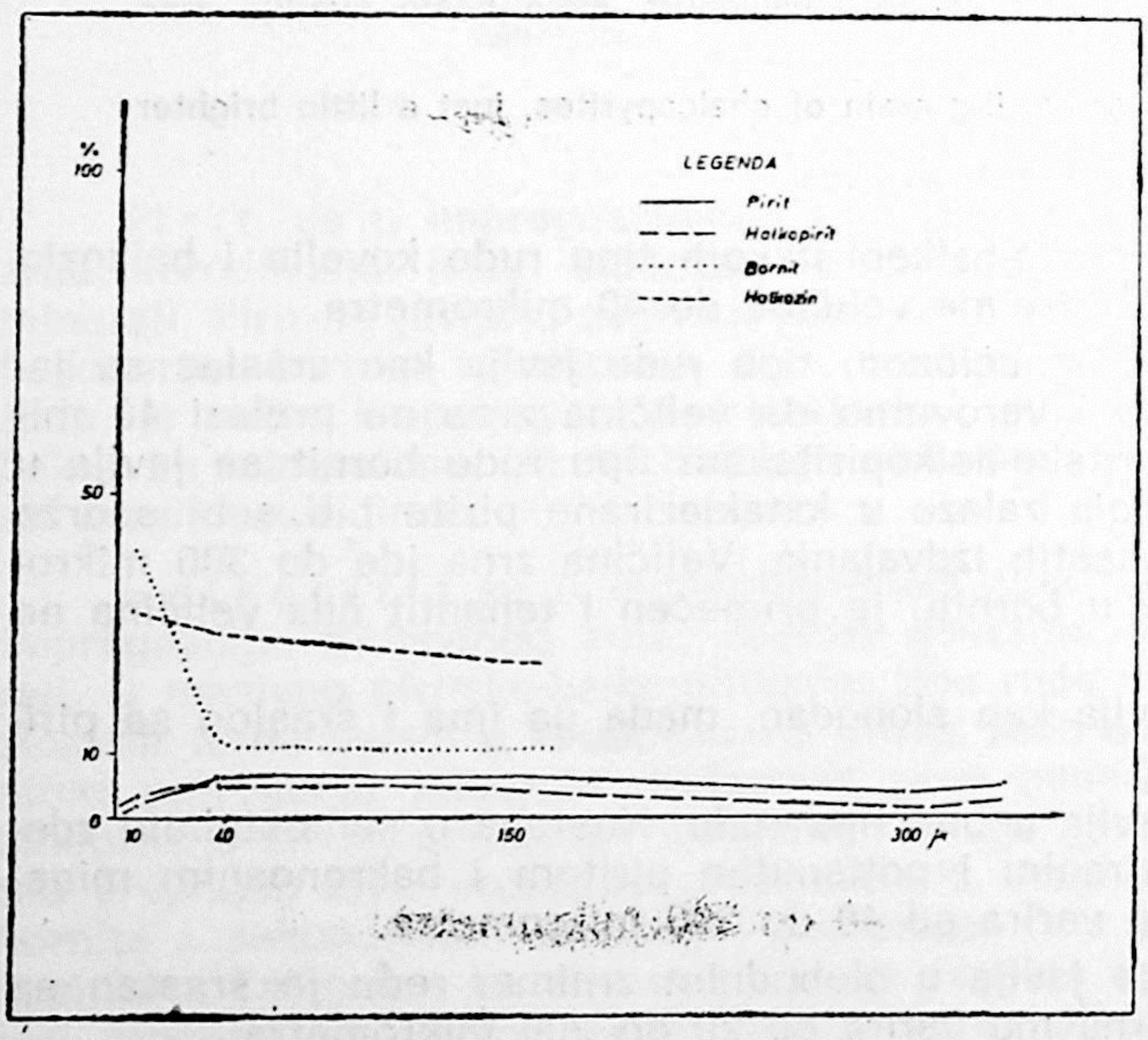
GRANULOMETRIJSKI SASTAV RUDE

Kako je količina masivno piritsko-halkopiritske rude u odnosu na impregnacioni tip rude mala a i sama činjenica da nepostoji neka velika



Sl. 2. Uporedni dijagram granulometrijskog sastava pirita, halkopirita, bornita i halkozina u slobodnim zrnima.

Fig. 2. Diagram of granulometric struktur of pyrit, chalcopyrites, bornite and chalcosine in separated.



Sl. 3. Uporedni dijagram granulometrijskog sastava pirita, halkopirita, bornita i halkozina sraslih između sebe.

Fig. 3. Diagram of granulometric structure of pyrit, chalcopyrites, bornite and chalcosine combined among themselfes.

razlika u granulometriskom sastavu pirita i halkopirita, to je granulometrijski sastav preračunat za oba tipa rude skupno. Rezultati mikroskopskih ispitivanja granulometrijskog sastava dobijeni integriranjem planimetrijskom metodom, dati su u tabeli 1 i na uporednim dijagramima (Sl. 2 i 3).

Tabela 1

Klasa krupnoće u mikrometru	Pirit		Halkopirit		Bornit		Halkozin-kovelin	
	slobodan	srastlac	slobodan	srastlac	slobodan	srastlac	slobodan	srastlac
do 10	29,94	1,69	43,60	2,33	15,58	42,94	16,00	32,00
10— 40	27,08	6,76	26,50	5,21	12,99	12,90	—	28,00
40—150	14,39	5,65	2,94	3,39	5,19	10,40	—	24,00
150—300	3,67	3,66	0,79	1,70	—	—	—	—
preko 300	5,36	4,80	0,91	2,63	—	—	—	—
	80,44	22,56	74,74	15,26	33,76	66,24	16,00	84,00

ISPITIVANJE ZLATA I SREBRA

Srednji, reprezentativni uzorak rude iz rudnog tela »Borska reka«, pripremljen je i flotiran laboratorijski na grubi koncentrat bakra, koncentrat pirita i jalovinu. Sva tri uzorka su hemijski analizirani na Cu, S, Au, Ag i Mo i pokazali su sledeće rezultate:

Tabela 2

Uzorak	%		ppm		
	Cu	S	Au	Ag	Mo
Koncentrat bakra	5,50	43,25	0,66	8,0	28
Koncentrat pirita	0,35	42,83	0,03	3,2	4
Jalovina	0,05	1,20	0,02	2,3	2

Iz koncentrata bakra izdvojene su monomineralne probe: halkopirita, halkozina sa kovelinom i pirita. Sva tri monomineralna uzorka su hemijski analizirana na zlato i srebro i pokazale su sledeće rezultate:

Tabela 3

Monomineralne probe	pmm	
	Au	Ag
Halkopirit	27,50	17,5
Pirit	0,46	5,7

Monomineralna proba kovelina sa halkozinom nije hemijski analizirana, jer nije bilo dovoljno materijala za hemijsku analizu, već je urađena samo mikroskopska analiza.

MIKROSKOPSKA ISPITIVANJA

Mikroskopska ispitivanja odnose se na minerale nosioce zlata i srebra kao i način pojavljivanja istih.

Analizirajući u mikroskopu u odbijenoj svetlosti monomineralne probe halkopirita, kovelina sa halkozinom bornitom i piritom, došlo se do sledećih rezultata:

a) Halkopirit. Kod mikroskopske analize monomineralnih proba halkopirita uočeno je:

— da se halkopirit preko 95% slučajeva javlja u samostalnim zrnima,

— da se nešto malo tetraedrita javlja po obodu halkopiritskih zrna i kao nešto mlađi potiskuje ga,

— da je sfalerit sa nešto malo galenita znatno manje zastupljen i da su mlađi od halkopirita,

— da je primećeno jedno samostalno zrno enargita.

— Sraslaci halkopirita sa molibdenitom i to tako što je nešto stariji molibdenit u vidu pritkica obuhvaćen halkopiritom.

Bornit je takođe malo zastupljen. Obično druguje sa halkopiritom.

— Kovelin sa halkozinom je često u pojavi uzajamnog pretvaranja.

Još prilikom izdvajanja monomineralnih proba halkopirita iz koncentrata bakra uočeno je samorodno zlato u vidu ljuspica. Veličina ljuspica je u klasi krupnoće od 100—200 mikrometra. Zlato je primećeno i u vidu sitnih zrna (4 zrna) u vidu uklopaka u halkopiritu. Veličina tih zrna ne prelazi 2 mikrometra.

— Samorodno srebro i minerali srebra nisu primećeni u mikroskopu, međutim, ono verovatno egzistira (što potvrđuju i hemijske analize (tabela 2).

b) Pirit. Mikroskopskom analizom monomineralne probe pirita primećeno je:

— da su pored pirita primećeni i bakrovi minerali, zatim nešto malo pirhotina i, hematita koji je potisnut piritom.

— od bakrovih minerala halkopirit ima najveću zastupljenost, dok su halkozin i kovelin primećeni samo u jako sitnom zrnu do 5 mikrometra uklopljenih u pirit.

— bornit je srastao sa halkopiritom i u koncentratu pirita prati halkopirit.

— molibden je takođe primećen. Veličina mu ne prelazi 3 mikrometra.

— samorodno zlato i srebro kao i minerali zlata i srebra nisu primećeni u monomineralnoj probi pirita. Hemijska analiza monomineralne probe pirita dala je nizak sadržaj zlata i srebra.

Koncentrat bakra i pirita

Radi veće sigurnosti, pored monomineralnih proba vršena su ispitivanja kako hemijska tako i mikroskopska na koncentratima bakra pirita i jalovine.

a) Grubi koncentrat bakra je analiziran u hemijskoj laboratoriji (tabela 2) i mikroskopski obrađen u odbijenoj svetlosti.

Mineraloškom analizom je dobijeno da se u grubom koncentratu bakra od metaličnih minerala javljaju: pirit, halkopirit, kovelin sa halkozinom, bornit molibdenit sfalerit galenit, magnetit i zlato.

U tabeli 4 data je procentualna zastupljenost minerala dobijena mineraloškom analizom:

Tabela 4

Minerali	%
Pirit	86,00
Halkopirit	9,00
Kovelin	1,08
Halkozin	1,63
Bornit	0,78
Zlato	0,000068
Molibdenit	0,33
Magnetit sa hematItom	0,47
Sfalerit	0,05
Jalovina	0,652
	99,992068

Sračunavanjem iz tabela 4 dobijen je bakar vezan za:

Halkopirit	3,06
Kovelin	0,71
Halkozin	1,30
Bornit	0,44
	5,51% Cu
Sumpor vezan za sulfide	4,00%
Sumpor vezan za pirit	40,10%

Uporedna tabela bakra sumpora i zlata iz hemijske analize i mineraloške analize u grubom koncentratu bakra je sledeća:

Tabela 5

Hemijska analiza		Mineraloška analiza
Bakar %	5,50	5,51
Sumpor %	42,25	44,16
Zlato (ppm)	0,66	0,68
Srebro (ppm)	8,00	—

U grubom koncentratu bakra zlato se javlja u vidu samostalnog zrna veličine od 20 mikrometra. Zlato je uklopljeno u halkopiritsko zrno veličine preko 100 mikrometra.

Mineraloškom analizom srebro nije utvrđeno.

U preparatima se primećuje tetraedrit sa halkopiritom, (u monomineralnoj probi) i u koncentratu bakra galenit sa sfaleritom, moguće je da »nose« srebro.

b) grubi koncentrat pirita je takođe analiziran hemijski i mineraloški. Mineraloškom analizom je dobijeno da su u njemu od metaličnih minerala zastupljeni: pirit, halkopirit, sfalerit i bornit.

U tabeli 6 data je procentualna zastupljenost minerala dobijena mineraloškom analizom:

Tabela 6

Minerali	%
Pirit	90,94
Halkopirit	0,99
Sfalerit	0,36
Bornit	0,15
Jalovina	7,56
	100,00

Iz tabele 6 dobijen je bakar i sumpor vezani za:

Bakar vezan za halkopirit	0,33
Bakar vezan za ostale sulfide	0,07
	0,40%
Sumpor vezan za pirit	42,46
Sumpor vezan za ostale sulfide	0,39
	42,85%

Uporedna tabela bakra i sumpora dobijena iz hemijskih analiza i mineraloške analize:

Tabela 7

Hemijske analize		Mineraloške analize
Bakra %	0,35	0,40
Sumpor %	42,83	42,85
Zlato (ppm)	0,03	—
Srebro (ppm)	3,20	—

Iz tabele 7 vidi se da u koncentratu pirita mikroskopskim ispitivanjima nije uočeno ni zlato ni srebro.

c) Jalovina je analizirana hemijski i mineraloški.

Mineraloškom analizom je uočeno da se od metaličnih minerala javlja pirit, halkopirit, magnetit i kovelin koji je u tragovima.

U tabeli 8 data je procentualna zastupljenost minerala dobijena mineraloškom analizom:

Tabela 8

Minerali	%
pirit	2,98
halkopirit	0,17
magnetit	4,60
kovelin	0,01
jalovina	92,24
	100,00

Iz tabele 8 sračunat je bakar i sumpor iz jalovine:

Bakar vezan za halkopirit	0,05
bakar vezan za kovelin	0,006
	0,056%
Sumpor vezan za pirit	1,20
Sumpor vezan za ostale sulfide	0,06
	1,26%

DISTRIBUCIJA ZLATA I SREBRA

Analizirajući navedene podatke, način pojavljivanja zlata smatra se da je preko 90% od ukupnog zlata u uzorku iz rudnog tela Borska reka, vezano za minerale bakra odnosno halkopirit. To je potvrđeno i mikroskopskim ispitivanjima. Izdvajanjem monomineralnih proba u koncentratu bakra naišlo se na ljuspice samorodnog zlata. U monomineralnoj probi halkopirita uočena su četiri jako mala, po nekoliko mikrometra zrna zlata u halkopiritu. U grubom koncentratu bakra takođe je uočeno zrno zlata od 20 mikrometra vezano za halkopirit (slika 1).

Tabela 9 ilustruje distribuciju zlata na osnovu hemijske analize koncentrata bakra, koncentrata pirita i jalovine:

Tabela 9

	Au ppm	Izraženo u %
Koncentrat bakra	0,66	92,96
Koncentrat pirita	0,03	4,22
Jalovina	0,02	2,82
ukupno	0,71	100,00

Analizom podataka za srebro došlo se do sledećeg zaključka. Srebro nije mikroskopskom analizom uočeno. Hemijskom analizom distribucije srebra je takva da se od oko 60% srebra javlja u bakrovom koncentratu dok je ostali deo vezan za pirit odnosno jalovinu. Mora se naglasiti da se u jalovini javlja oko 3% pirita i verovatno oni »nose« srebro.

Tabela 10 ilustruje distribuciju srebra na osnovu hemijske analize koncentrata bakra, koncentrata pirita i jalovine:

Tabela 10

	Ag ppm	izraženo u %
Koncentrat bakra	8,00	59,26
Koncentrat pirita	3,20	23,70
Jalovina	2,30	17,04
ukupno	13,50	100,00

Z A K L J U Č A K

Bakrovo orudnjenje u Borskoj reci pripada porfirskom tipu sa hidrotermalnim promenama predstavljenim silifikacijom, sulfatizacijom, hloritizacijom, kaolinizacijom. Najčešći produkt mineralizacije je pirit i halkopirit.

Sa aspekta oplemenjavanja razlikuju se dva tipa orudnjenja: impregnaciono i masivno piritsko-halkopiritsko orudnjenje.

Za ispitivanja distribucije zlata i srebra vršena su uporedna mineraloška, mikroskopska i hemijska ispitivanja.

Od mineraloških ispitivanja vršena su mikroskopska ispitivanja monomineralnih proba zatim mikroskopska ispitivanja koncentrata bakra, pirita i jalovine.

Na osnovu svih ovih podataka dobivenim mineraloškim i hemijskim ispitivanjima došlo se do stvarne distribucije zlata i srebra u rudi Borske reke (tabele 9 i 10).

Predato za štampu 4. V 1984. Recenzent Dušan Radusinović

LITERATURA

1. D r o v e n i k M., 1961: Petrološka studija šire okoline Bora. Doktorska disertacija. Fond geološke službe RTB-Bor.
2. D r a š k i ć M., D r a š k i ć D., 1960: Uloga rudne mikroskopije i njen značaj kod rešavanja problema u pripremi mineralnih sirovina. Tehnika br. 1, Beograd.
3. Đ o r đ e v i ć G., 1968: Prilog proučavanju strukturnih karakteristika rude Velikog Krivelja u vezi sa oplemenjivanjem. Zbornik radova VII knjiga, RGF-Bor.
4. H o v a n e c G., 1965: Priprema i flotiranje mineralnih sirovina, 1 knjiga, Bor.
5. M i t r o f a n o v S., 1962: Isledovanie poleznih iskopaemih na obogatimost.
6. N e v e n i ć N., 1981: Izveštaj o strukturno-teksturnim karakteristikama rude u Borskoj reci — Bor, Fond stručne dokumentacije — Geoinstitut, Beograd.
7. N e v e n i ć N., 1983: Izveštaj o mineraloškom sastavu, kvalitetu i kvantitetu rude, stepenu sraslosti i oslobođenosti svih korisnih komponenti ulaza koncentrata i jalovine rude Borske reke. Fond stručne dokumentacije — Geoinstitut, Beograd.

Summary

ENCLOSURE TO STUDYING OF STRUCTURED ORE CHARACTERISTICS OF "THE BOR RIVER" WITH A SPECIAL REVIEW TO GOLD AND SILVER DISTRIBUTION IN CONNECTION WITH TEMPERING

by

Nadežda Nevenić

Key words: gold, silver, Bor, Easthern Serbia.

Copper ore deposit in the Bor river belongs to the porphyric type with hydrotermal changes representend by silification, sulfatisation, shlorisation, kaolinisation. The most frequent products of mineralisation are

pyrite and chalcopyrites (copper pyrit). From the aspekt of tempering two types of or deposit are differed: impregnated and massiv pyrite-chlcopyrite ore deposit. For the examination of silver and gold distribution were done parallel mineralogic and chemical examinations.

Among mineralogic examinations microscopic examinations of monomineral tests were done then microscopic examinations of copper, pyrit and baresoil concentrates.

On the basis of all these mineralogic, microscopic and chemical examinations real gold and silver distribution was achieved in the ore of the Bor River.

Gold distribution:	Au pmm	%
concentrate copper	0,66	92,96
concentrate pyrit	0,03	4,22
bare soil	0,02	2,82
	0,71	100,00

Silver distribution:	Ag pmm	%
concentrate copper	8,00	59,26
concentrate pyrit	3,20	23,70
bare soil	2,30	17,04
	13,50	100,00

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Radule Popović

UDK 553.2 (497.11)
Prethodno saopštenje

NEKI NOVI PODACI O OOLITSKIM RUDAMA GVOŽĐA ŠUMADIJE[1])

Ključne reči: ruda gvožđa, bemit, nikal, Šumadija

Najnovija ispitivanja mineralizacija gvožđa u Košutnjaku (koja, inače, pripada oolitskim rudama gvožđa Šumadije) pokazala su da se u njima pored minerala gvožđa javljaju i minerali aluminijuma — konkretno bemit. Na osnovu toga, kao i sadržaja Al_2O_3 (od 15 do 25%) došlo se do zaključka da su te rude, u stvari, mešavina minerala gvožđa i aluminijuma i da u njihovom okviru treba očekivati pronalaženje boksita i delova rudnih tela ili cela pojedinačna ležišta sa niskim sadržajem nikla, što povećava potencijalnost ovih ruda.

Kao što je poznato oolitske rude gvožđa prostiru se kroz celu Šumadiju, u pravcu sever—jug, počev od Košutnjaka u Beogradu pa sve do iza Kragujevca.

Ove rude su bile predmet istraživanja većeg broja istraživača. Međutim, najdetaljnije proučio ih je M. P r o t i ć (1956.).

Ranijim istraživanjima (M. P r o t i ć a i drugih) utvrđeno je da su to rude kredne starosti, nastale iz materijala kore raspadanja, oolitske strukture i sa magnetitom, hematitom, sideritom i Fe-hloritom, kao glavnim mineralima nosiocima gvožđa.

Novija saznanja do kojih smo došli odnose se samo na rudni izdanak u Košutnjaku, u useku železničke pruge, blizu Rakovice, ali ona se mogu primeniti na šumadijske rude gvožđa u celini.

Izdanak u Košutnjaku, pretstavlja vrlo interesantnu pojavu, čija je debljina preko 3 m, a po dužini može se pratiti skoro 50 m. Mineralizacija tone ispod železničke pruge i ispod doline Topčiderske reke.

Uzeto je više uzoraka od ove mineralizacije na kojima su urađene hemijske, diferencijalno-termičke i rentgenske analize[2]).

Ova ispitivanja pokazala su, u prvom redu, da je to mineralizacija sa visokim sadržajem Fe i Ti a niskim sadržajem Ni. Takođe dobijen je i visoki sadržaj Al_2O_3 između (14% i 23,64%), što je pobudilo sumnju u dotadašnje shvatanje o mineralnom sastavu oolitskih ruda gvožđa Šumadije. (Tabela 1.).

Adresa autora: Geoinstitut, Beograd, Rovinjska 12.

[1]) Ovaj rad je saopšten na Savetovanju za Fe-Ni Lateritski rudi vo Jugoslavija. Kavadarci, oktobar 1981. godine.

[2]) Hemijske analize uradio je Z. Červenjak, DTA — S. Hadžipopović i rentgen I. Krstanović.

Tabela 1.
u %

Br.	Fe ukupno	Fe rastvorno[3])	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Mn
1.	28,04	24,62	23,22	21,05	4,22	0,02
2.	38,58	28,53	18,10	14,10	3,43	0,08
3.	36,75	31,35	21,15	15,42	1,82	0,07
4.	18,07	17,96	35,23	23,64	3,46	0,05

Tabela 1. (nastavak)

Br.	Ni	Cr	S	P_2O_5	G. Ž.
1.	0,0055	1,10	0,07	0,01	9,36
2.	0,0096	1,38	0,08	0,01	7,90
3.	0,0084	0,43	0,10	0,08	5,45
4.	0,0088	0,65	0,08	0,02	9,40

Diferencijalno-termička i rentegnska ispitivanja su pokazala ispravnost takve sumnje. Naime, utvrđeno je da se ovde nalazi i bemit.

Na osnovu toga postavlja se logično pitanje: da li se ovde radi o pravim rudama gvožđa ili se radi o jednoj mešavini minerala gvožđa i aluminijuma, čiji su međusobni odnosi veoma varijabilni? U svakom slučaju na osnovu ovih dokaza može se govoriti da u pojedinim rudnim telima oolitskih ruda gvožđa Šumadije treba očekivati pronalazak boksitnonosnih delova, gde bi i sadržaj Al_2O_3 bio tako visok da to više ne bi moglo da se tretira kao mineralizacija Fe. Tim pre što je i ovde kao i u drugim ležištima boksita sa visokim sadržajem gvožđa često sadržaj Al_2O_3 zavisan od sadržaja Fe. Naime, sa porastom sadržaja Fe opada sadržaj Al_2O_3 i obrnuto, ako raste sadržaj Al_2O_3, sadržaj Fe opada, što se delimično vidi i na tabeli 1. Ovaj slučaj naročito je karakterističan za ležišta boksita u zoni Vlasenica—Tara—Zlatibor—Grebnik.

S druge pak strane ovakav hemijski sastav govori da distribucija Ni i Cr nije ravnomerna u svim šumadijskim rudama, čime se otvaraju mogućnosti industrijske upotrebe pojedinih delova ili pak celih ležišta ovih ruda.

Iz navedenih analiza vidi se da je, u rudnom telu, u Košutnjaku sadržaj Ni izrazito nizak, a da i sadržaj Cr nije uvek visok, jer se kreće od 0,43% do 1,38%.

Uz sve navedeno ova dva podatka govore da bi u okviru šumadijskih oolitskih ruda gvožđa trebalo tražiti delove ležišta ili cela ležišta u kojima su niski Cr i Ni, posebno nikl. Takvo rudno telo moglo bi da zadovolji današnje zahteve našeg tržišta, pod uslovom da je i sadržaj gvožđa dovoljno visok. Ovom treba dodati i izrazito visok sadržaj Ti koji ide i preko 4%.

Imajući u vidu navedene podatke može se konstatovati nužnost savremenijeg pristupa proučavanjima šumadijskih oolitskih ruda gvožđa, čime će u svakom slučaju njihova potencijalnost dobiti nove dimenzije, a

[3]) U 3M HCl.

istovremeno bolje će se upoznati metalogenija ovog tipa ruda gvožđa. Ovo je posebno značajno što se između boksitnih ležišta zone Vlasenica—Tara—Zlatibor—Grebnik i oolitskih ruda gvožđa Šumadije nalazi dijabaz-rožnačka formacija, čijom je destrukcijom, u kontinentalnim uslovima, verovatno, obezbeđen materijal za stvaranje ležišta boksita, a s druge strane za stvaranje ležišta oolitskih ruda gvožđa Šumadije.

Predato za štampu 17. V 1984.

Recenzent prof. dr Zoran Maksimović
dopisni član SANU

LITERATURA

1. Protić M., 1956: Mineraloško-geološka studija oolitnih ruda gvožđa Srbije. Geološki anali Balkanskoga poluostrva, knj. XXIV, Beograd.

Resume

Certaines données nouvelles concernant les minérais de fer oolitiques de la Choumadie (Serbie)

par

Radule Popović

Les plus récentes recherches de la minéralisation de fer à Košutnjak (appartenante du reste aux minérais de fer oolitiques de Choumadie) ont démontré que ces minérais contiennent, sauf mineraux de fer, les minéraux d'aluminium, plus précisément le bémite.

En vertu de ce fait et de la teneur de Al2O3 de 15 à 25% on a constaté que ces minérais sont, au fait, le mélange des minéraux de fer et d'aluminium. Par conséquent, dans ce sens, il y faut attendre la découverte de bauxite, les parts des gisements ou les gisements particuliers entiers avec la téneur basse de nickel, ce qui par conséquent augmente leur potentiel.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Milan Milojević i
Ratko Radoičić

UDK 550.3 (497.15)
Stručni rad

REZULTATI GEOELEKTRIČNIH ISPITIVANJA MAJDANA UKRASNOG KAMENA HREŠA

(7 slika)

Ključne reči: geoelektrična ispitivanja, Hreša, Bosna i Hercegovina

Ovim radom autori žele da prikažu rezultate geoelektričnih ispitivanja, metodom prividne električne otpornosti, majdana ukrasnog kamena Hreša, sa osnovnim ciljem da ukažu na neophodnost primene geofizičkih metoda, svugde gde su primenjive, prilikom planiranja i odlučivanja o investicijama u eksploatacione i prerađivačke kapacitete u geologiji, rudarstvu i vrlo često građevinarstvu.

Neka ovaj rad bude skroman doprinos autora i pomoć onima koji su u prilici da odlučuju o tome kako će se organizovati istražni geološki radovi, ekonomska analiza pa do definitivnih odluka o perspektivnosti istraživanih prostora.

UVOD

Geofizičari Geoinstituta su 1978. godine dobili zahtev od nosioca istražnih radova na majdanu ukrasnog kamena Hreša, koji se nalazi oko 20 km severno od Sarajeva, Instituta za geologiju — Ilidža, a na zahtev investitora: Izvršnog veća BiH, i građevinskog preduzeća »Vranica«, koji su bili finansijeri istražnih radova, da utvrde perspektivnost majdana ukrasnog kamena Hreša za nalaženje većih zdravih masa i blokova. Ovi rezultati u sklopu svih ostalih bili bi osnov za jednu ekonomsku analizu perspektivnosti ulaganja u razvijanje industrijske eksploatacije ukrasnog kamena na majdanu Hreša, na kome se do tog vremena odvajanje blokova vršilo što ručno što primenom barutnog punjenja.

Investitora su interesovale samo eventualne plitke zone kompaktnije stenske mase do maksimalne dubine od 50 m.

Majdan ukrasnog kamena Hreša nalazi se na jednoj blagoj padini što je povoljno sa gledišta organizovanja eksploatacije i vađenja kompaktnijih blokova, dok sa druge strane, sa geofizičke tačke gledano povoljna okolnost je bila što se nalazi na temenu antiklinale sa blagim padom ka severu po pružanju antiklinale i padom krila antiklinale od oko 15°.

Mermerisani krečnjaci majdana ukrasnog kamena Hreša stratigrafski pripadaju krečnjacima ladinskog kata srednjeg trijasa u okviru kojeg se iz-

Adrese autora: Geoinstitut, Beograd, Rovinjska ul. br. 12.

dvajaju dva superpoziciona paketa: prvi, donji paket ${}_1T_2^2$, predstavljen je slojevitim do bankovitim, belim do žuto sivim krečnjacima sa ređim uloščima rožnaca, moćnosti do 100 m, dok je drugi paket, gornji ${}_2T^2{}_2$, predstavljen crvenim pločastim krečnjacima, krečnjacima sa rožnacima, debljine oko 150 m.

Središnji i zapadni deo ispitivanog terena obuhvata bele slojevite do bankovite krečnjake sa rožnacima na površini terena do dubine od oko 5 m dok se istočni deo terena karakteriše najvećim delom crvenim pločastim krečnjacima.

Na osnovu merenja, izvedenih direktno na terenu i laboratorijskih ispitivanja uzoraka krečnjaka, uzetih sa površine na kojoj su izvršeni geofizički terenski radovi utvrđeno je da su istinite otpornosti kompaktnijih stenskih masa krečnjaka na majdanu ukrasnog kamena Hreša od 3000——10 000 (omm), otpornosti degradiranih masa krečnjaka od 1000 do 3000 (omm), otpornosti u zaglinjenim, razlomljenim zonama od 200—1000 (omm) i istinite električne otpornosti rožnaca oko 15 000 (omm).

Određivanje vrednosti istinitih električnih otpornosti bilo je neophodno za kasniju analizu rezultata geoelektričnih ispitivanja i izvlačenje korektnih zaključaka.

METODOLOGIJA GEOELEKTRIČNIH ISPITIVANJA

U cilju kompleksnog ispitivanja majdana ukrasnog kamena Hreša metodologija izvođenja geofizičkih radova je prilagođena tako da dobjeni rezultati pružaju podatke o debljini zone površinske degradacije i ispucalosti krečnjaka u majdanu, zonama dubinske degradacije, rasedima, rasednim zonama, zatim o zonama relativno kompaktnijeg — monolitnijeg krečnjaka i stepenu anizotropije krečnjaka.

Osnovne metodološke postavke bile su da se na veoma velikom broju tačaka, sa njihovim malim rastojanjem, geoelektričnim kartiranjem ispita prividna električna otpornost na tri različita nivoa ispitivanja. Ovo je postignuto primenom tri »kruta« dispozitiva elektroda postavljenih u Šlumbergerov raspored elektroda. Na ovaj način dobili smo stanje prividnih električnih otpornosti u tri različite horizontalne ravni.

Drugi metodološki korak je bio da se primenom geoelektričnog sondiranja ispita prividna električna otpornost u vertikalnoj ravni i dobije slika rasporeda prividnih električnih otpornosti počev od površine terena pa do zahtevane dubine ispitivanja od oko 50 m.

I treći metodološki korak bio je da se na osnovu dobijenih rezultata geoelektričnog kartiranja i sondiranja odrede najpovoljnija mesta za više kružnih geoelektričnih sondi sa ciljem da se ispitaju karakteristike geoelektrične anizotropije na prostorima koji su najverovatniji nosioci kompaktnijih masa ukrasnog kamena na majdanu Hreša.

Metodologiju, koja je ovde opisana, a koju su autori ovog rada na terenu sproveli pri ispitivanju majdana ukrasnog kamena Hreša, kod nas je uveo i sa uspehom primenio na više različitih majdana ukrasnog kamena, M. Mladenović, dipl. inž. geofizike.

U skladu sa postavljenom metodologijom na majdanu ukrasnog kamena Hreša izvršena su merenja prividne električne otpornosti geoelek-

tričnim kartiranjem na tri nivoa na 1200 tačaka merenja duž deset paralelnih profila dužine 300 m sa međusobnim rastojanjem profila od 25 m i rastojanjem tačaka merenja od 2,5 m. Rastojanja predajnih elektroda bila su AB = 40 m, MN = 5, AB = 120 m, MN = 5, AB = 200 m, MN = 5. Duž istih profila izmereno je ukupno 90 geoelektričnih sondi AB/2 = 150 m, sa međusobnim rastojanjem sondi od 30 m.

Na kraju, na posebno određenim mestima izmereno je 11 kružnih geoelektričnih sondi do AB/2 = 150 m u 4 azimuta pod uglom od 45° između susednih pravaca razvlačenja elektroda.

Prilikom merenja prividnih električnih otpornosti kružnim geoelektričnim sondiranjem svaka sonda je merena na taj način što su predajne elektrode razvlačene u sva četiri pravca istovremeno što je bilo moguće uraditi primenom dva specijalna preklopnika konstruisana i izrađena u elektronskoj laboratoriji Geoinstituta po ideji R. Radoičića, koautora ovog rada. Ova mala inovacija omogućila je da se produktivnost rada uveća za celih 50% što je nesumnjivo veliki dobitak pre svega u vremenu, pri dobijanju potpuno jednakog kvaliteta podataka.

REZULTATI GEOELEKTRIČNIH ISPITIVANJA

Usvojena metodologija ispitivanja prostora potencijalnih nosioca kompaktnih masa ukrasnog kamena, u redosledu geofizičkih radova, podrazumeva prvo izvođenje ispitivanja geoelektričnim kartiranjem. Obzirom na zahtev investitora da se ispita relativno plitak prostor, počev od površine pa do dubine od oko 50 m odlučeno je da se kartiranje izvede u tri nivoa sa istovremenim merenjem sva tri nivoa i rastojanjem predajnih elektroda AB = 40, MN = 5 m, AB = 120, MN = 5 m i AB = 200, MN = 5 m.

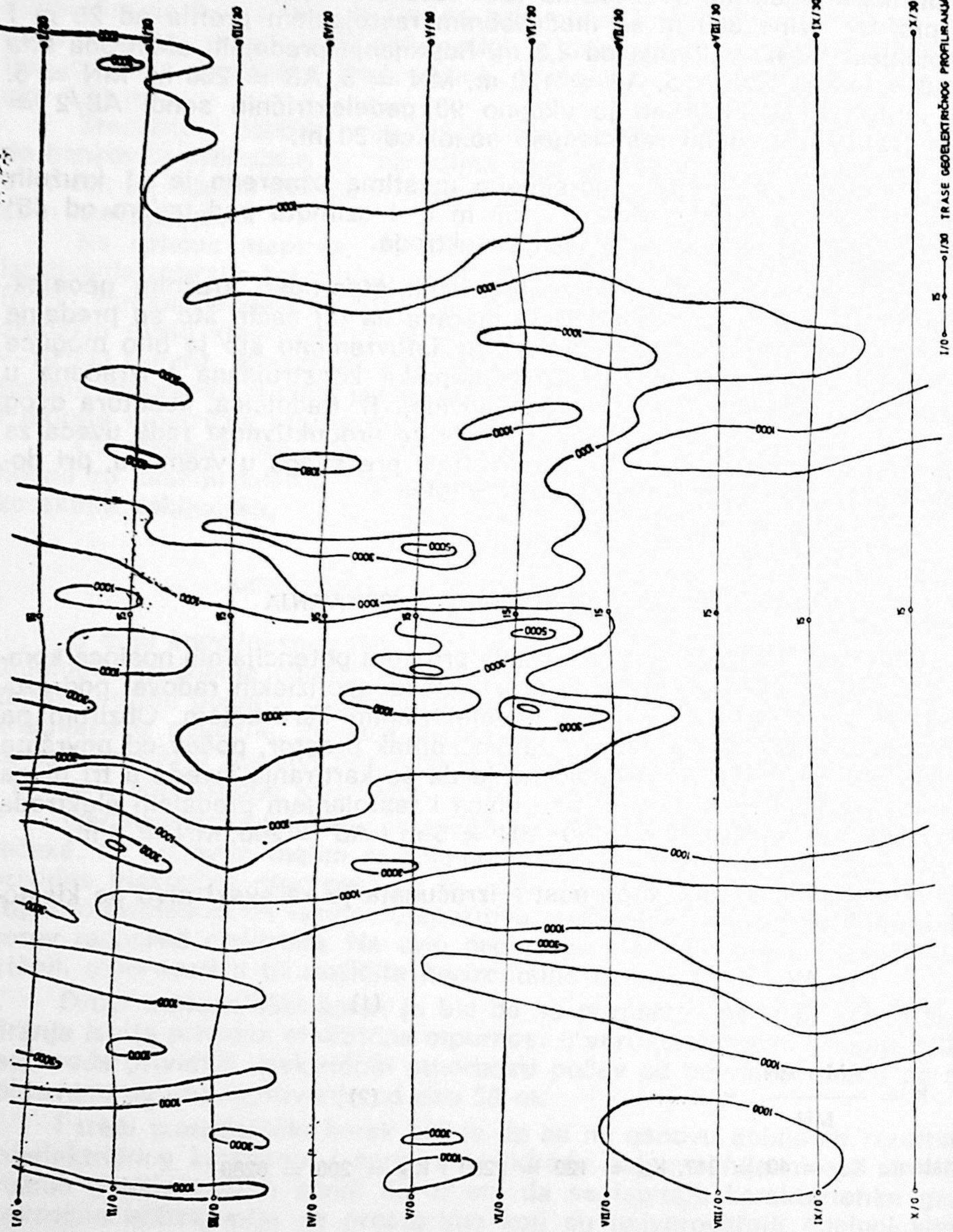
Prividna električna otpornost ρ izračunata je za svaki nivo po klasičnoj formuli:

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad \ldots\ldots\ldots \qquad (1)$$

$$K = \frac{AM \cdot AN}{MN} \cdot \pi \quad \ldots\ldots \qquad (2)$$

Konstanta $K_{AB} = 40 = 247$, $K_{AB} = 120 = 2260$ i $K_{AB} = 200 = 6280$

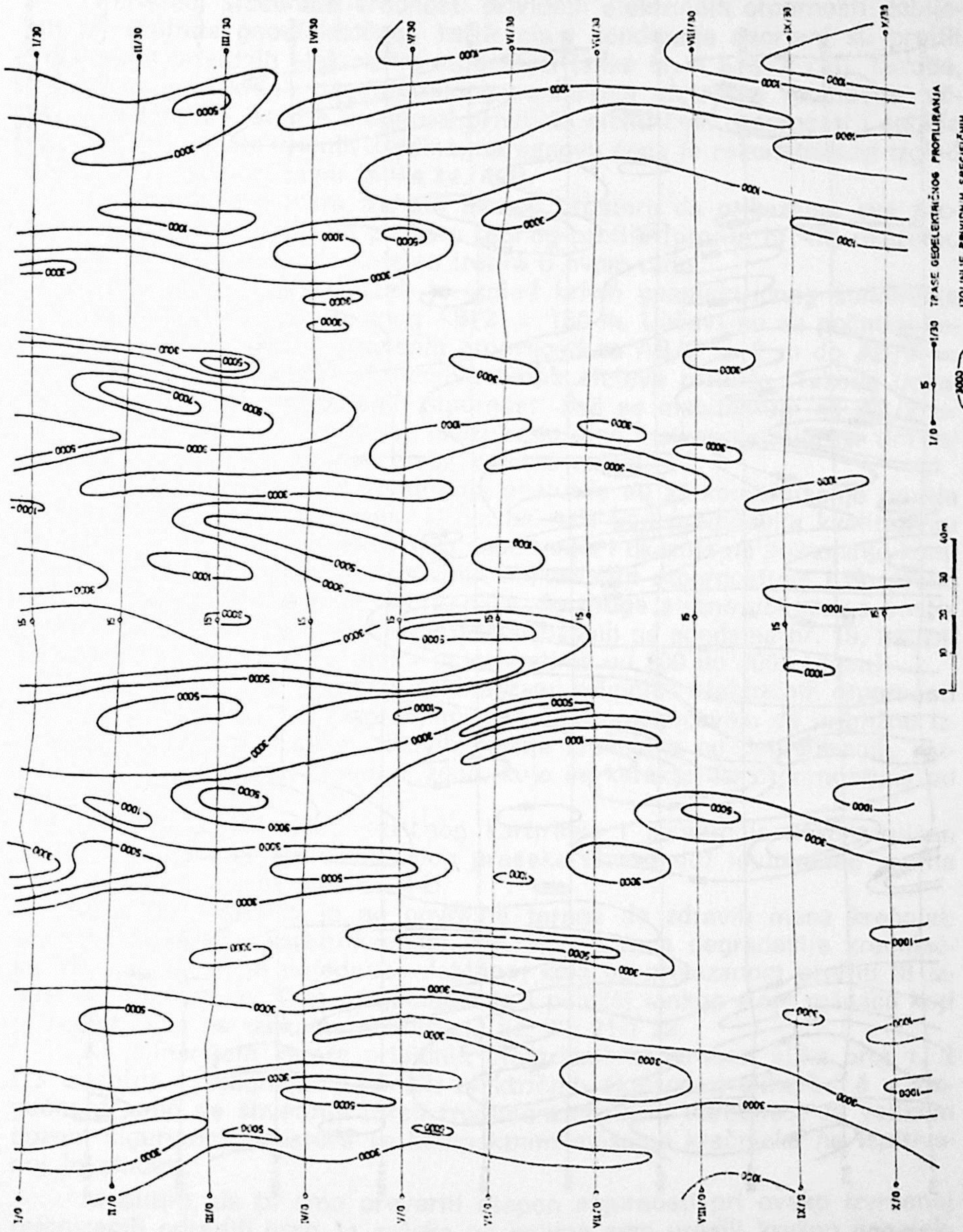
Na osnovu dobijenih vrednosti prividnih električnih otpornosti u merenim tačkama urađene su karte prividnih električnih otpornosti za sva tri elektrodna rasporeda (slika 1, 2 i 3).



Slika br. 1. Karta prividne električne otpornosti (0 mm) dobijena za elektrodni raspored AB = 40 m i MN = 5

Fig. No. 1. Contour lines of apparent resistivity (In 0 hm—m) at AB =40 m and MN = 5

Na ovaj način dobili smo raspored prividnih električnih otpornosti u tri približno horizontalne ravni na različitim dubinama ispitivanja. Uočavamo da, počev od površine terena i idući ka dubljim delovima terena prividna električna otpornost raste od vrednosti manje od 1000 omm pa pretežno do 3000 (omm) za AB = 40 m (slika br, 1).



Slika br. 2. Karta prividne električne otpornosti (0 mm) dobijena za elektrodni raspored AB = 120 m i MN = 5.

Fig. No. 2. Contour lines of apparent resistivity (in 0 hm—m) at AB = 120 m and MN = 5

Za elektrodne rasporede AB = 120 i AB = 200 m površine sa prividnim električnim otpornostima od 5000—7000 (omm) zauzimaju veliki deo ispitivanog terena (slika broj 2 i 3).

Obzirom da smo utvrdili da se kompaktne mase ukrasnog kamena na majdanu Hreša karakterišu stvarnim električnim otpornostima od 3000—



Slika br. 3. Karta prividne električne otpornosti (0 mm) dobijena za elektrodni raspored AB = 200 m i MN = 5

Fig. No. 3. Contour lines of apparent resistivity (in 0 hm—m) at AB = 200 m and MN = 5

—10 000 (omm) već smo u stanju da izradimo prvu prognozu prostora perspektivnih za nalaženje zdravih masa kvalitetnog ukrasnog kamena.

Druga vrsta ispitivanja u redosledu geofizičkih radova jeste geoelektrično sondiranje duž istih profila po mreži 30 × 25 sa maksimalnom AB/2 = 150 m.

Prividne električne otpornosti izračunate su prema standardnim formulama (jednačine 1 i 2).

Koristeći sračunate vrednosti prividnih električnih otpornosti dobijenih iz rezultata geoelektričnog kartiranja i sondiranja nacrtani su profili i dijagrami prividnih električnih otpornosti (slike br. 4 a, b, c i d). Takođe, interpretacijom krivih geoelektričnog sondiranja metodom »pomoćne tačke« određene su istinite vrednosti prividnih električnih otpornosti i dubine do različitih geoelektričnih sredina, na osnovu čega je rekonstruisan izgled terena u vertikalnoj ravni (slika br. 4-d).

Obzirom da bi nam trebalo mnogo prostora da prikažemo sve profile odlučili smo se da na primeru jednog profila (profila br. III) ukažemo na vrednost metodologije koja se tretira u ovom radu.

Na slici br. 4-A prikazan je izgled krivih geoelektričnog sondiranja koje su rađene do maksimalnog AB/2 = 150 m. Uočavamo na početku većine krivih jedan porast prividnih otpornosti za AB/2 = 7 m do AB/2 = = 10 m što je posledica prisustva tanjih slojeva rožnaca. Takođe uočavamo pad prividnih električnih otpornosti koji se manifestuje na AB/2 = = 120 m i AB/2 = 150 m što ukazuje da smo, najverovatnije, na tim rastojanjima već pod uticajem nivoa karstne izdani.

Krive geoelektričnog sondiranja poslužile su za konstruisanje profila prividnih električnih otpornosti (slika br. 4-B) koji predstavlja kvalitativnu interpretaciju krivih geoelektričnog sondiranja, i ukazuje na postojanje kompaktnih masa krečnjaka sa prividnim električnim otpornostima i do preko 5000 (omm) na sondama br. 20, 23 i 26. Sa druge strane uočavamo postojanje degradiranih masa krečnjaka registrovanih na sondama br. 19, 21, 24, 25 i 27 sa prividnim električnim otpornostima od 200 do 2000 (omm).

Na slici br. 4-C prikazani su dijagrami prividnih električnih otpornosti dobijeni geoelektričnim kartiranjem. Ovi nam omogućavaju da približno izdvojimo vertikalne granice zdravih partija krečnjaka od degradiranih, razlomljenih i zaglinjenih rasednih zona, koje se karakterišu otpornostima od 200—2000 (omm).

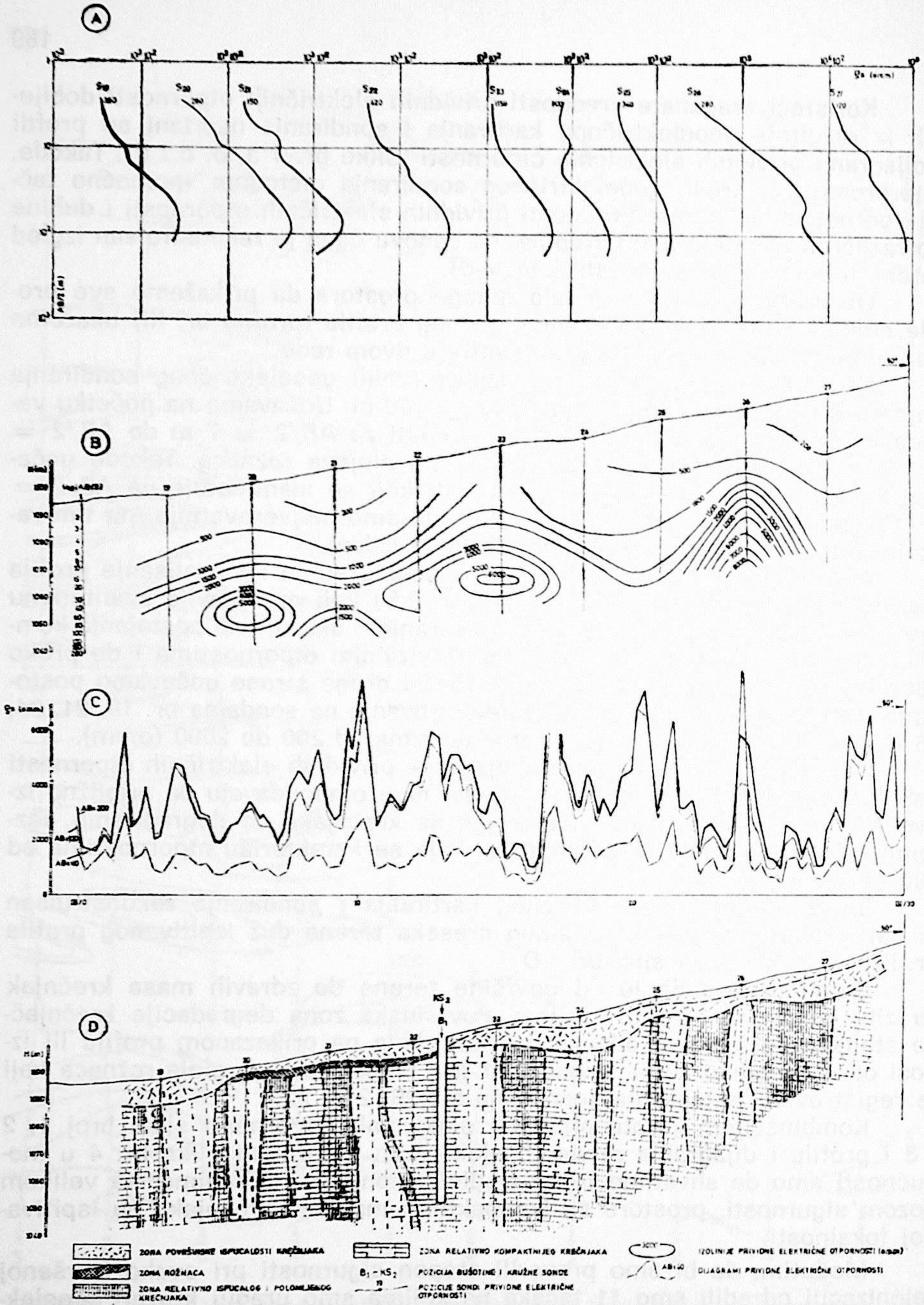
Interpretacjom geoelektričnog kartiranja i sondiranja rekonstruisan je najverovatniji izgled vertikalnog preseka terena duž ispitivanog profila br. III i prikazan je na slici br. 4-D.

Konstatujemo da je od površine terena do zdravih masa krečnjak izrazito degradiran karstifikacijom. Površinska zona degradacije krečnjačke stenske mase je nejednake debljine, koja na prikazanom profilu III iznosi od 4 do preko 10 m, uključujući tu i položaj tankog sloja rožnaca koji je registrovan na tačkama sondiranja br. 20, 21 i 22.

Kombinacijom karata prividnih električnih otpornosti slika broj 1, 2 i 3 i profila i dijagrama prividnih električnih otpornosti slika br. 4 u mogućnosti smo da shvatimo teren trodimenzionalno i odredimo, sa velikom dozom sigurnosti, prostore sa kompaktnim masama krečnjaka na ispitivanoj lokalnosti.

Međutim, da bi smo proverili stepen sigurnosti pri ovako izvršenoj rejonizaciji odredili smo 11 tačaka na kojima smo uradili kružno geoelektrično sondiranje sa ciljem da utvrdimo kvalitet već određenih kompaktnih masa ukrasnog kamena i postojanje eventualnih užih razlomnih zona i karstifikacije.

Sve kružne sonde imale su prvi azimut ispitivanja 0° i svaki naredni pomeren za 45°. Takođe sve kružne sonde, osim KS-8 i KS-9 (slika br. 7) bile su locirane iznad pretpostavljenih kompaktnih masa krečnjaka. Kružne son-

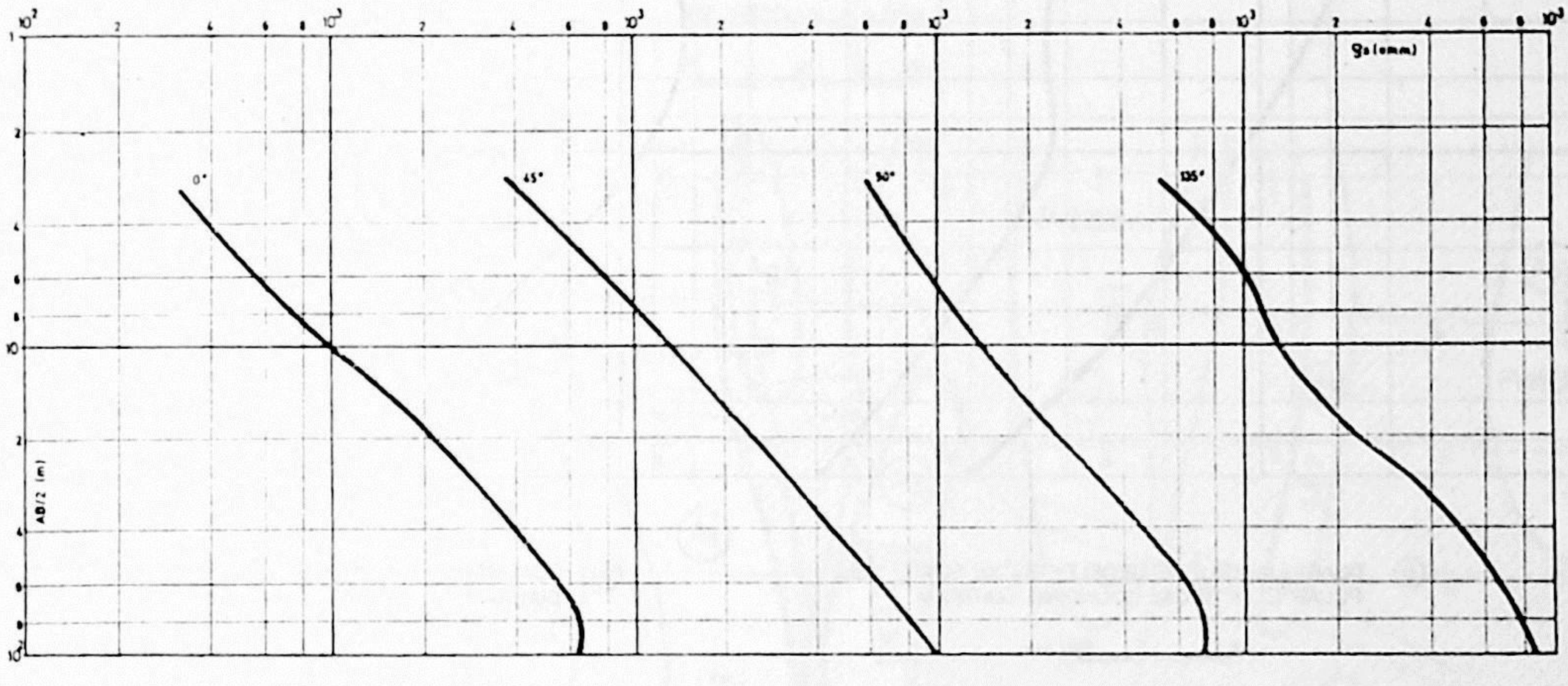


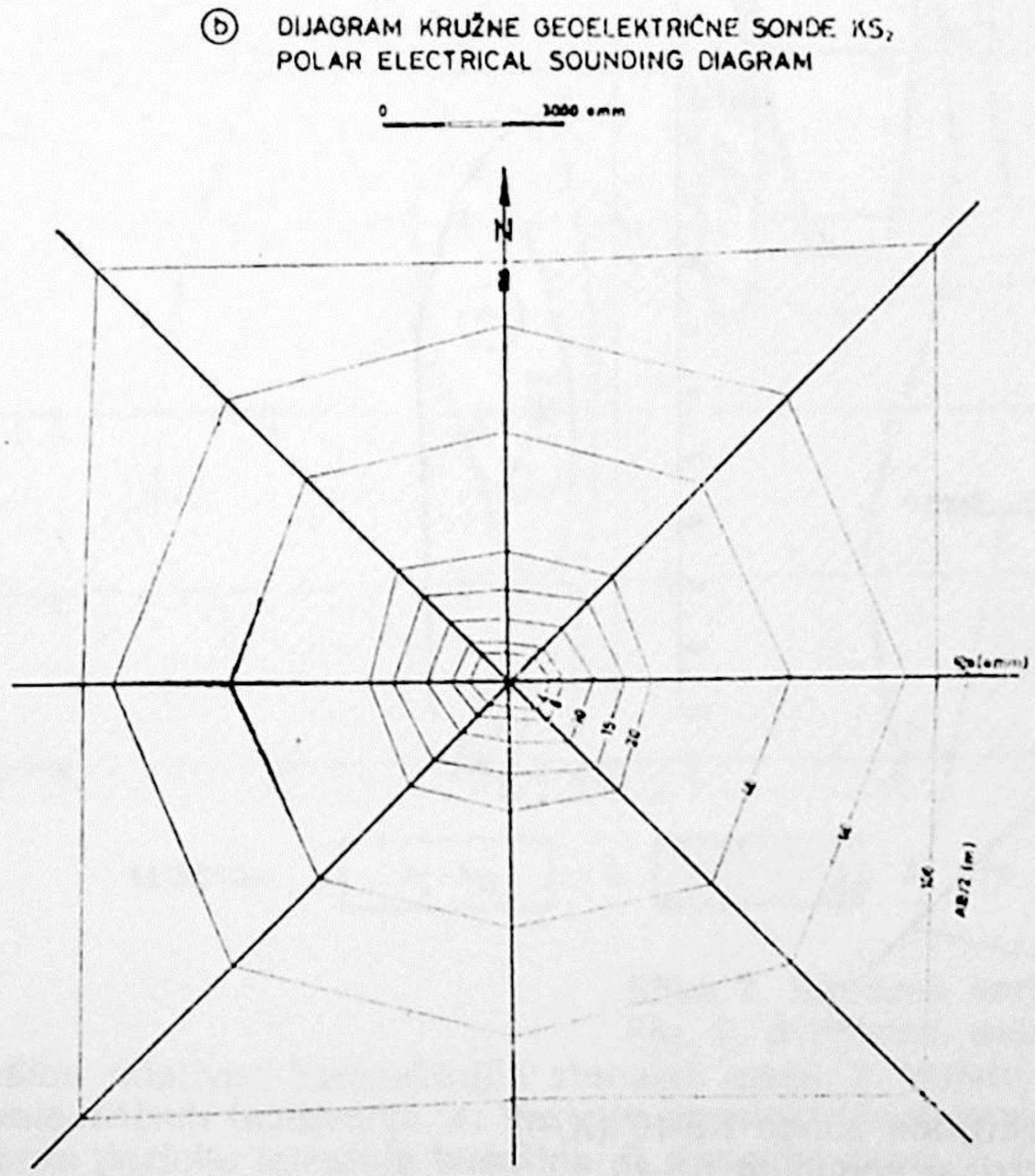
Slika 4. Rezultati geoelektričnog ispitivanja duž trase profila broj III.
A — krive geoelektričnog sondiranja. B — profil prividnih električnih otpornosti u vertikalnoj ravni. C — dijagrami geoelektričnog kartiranja za elektrodne rasporede AB = = 40 m, AB = 120 m i AB= 200 m. D — interpretirani geološki profil.

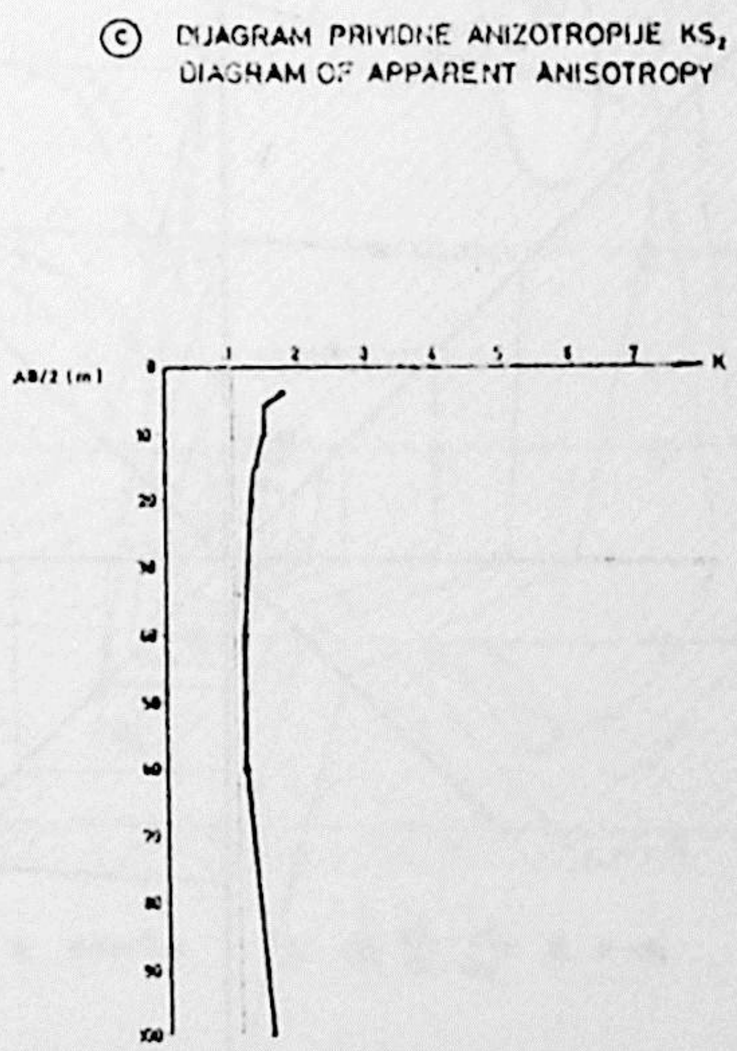
Fig. 4. Electrical mapping and sounding results obtained along the profiles No. III.
A — electrical sounding curves. B — apparent resistivity profiles in a vertical plane constructed from electrical sounding data. C — curves of electrical mapping for the electrical distance AB = 40 m, AB = 120 m and AB = 200 m. D — geological interpretation along the profile line.

de KS-8, 9 i 10 namerno su locirane u rasedne zone sa ciljem da se proveri stvorena koncepcija interpretacije rezultata geoelektričnih ispitivanja na ispitivanoj lokalnosti.

Na većini kružnih geoelektričnih sondi lociranih na zdravim partijama krečnjaka dobijen je izgled dijagrama kao što je prikazan na slici br. 5. sa dijagramima prividne anizotropije koji teži jedinici.



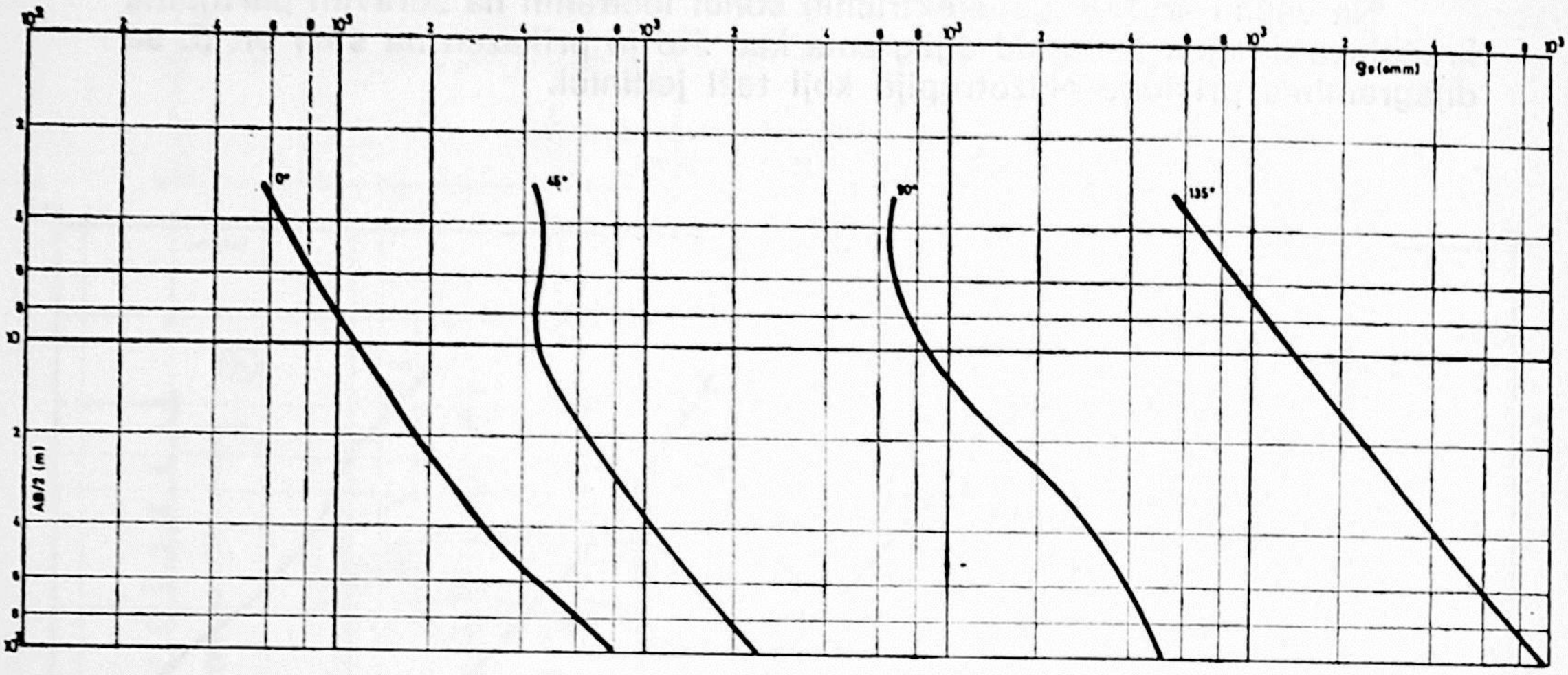




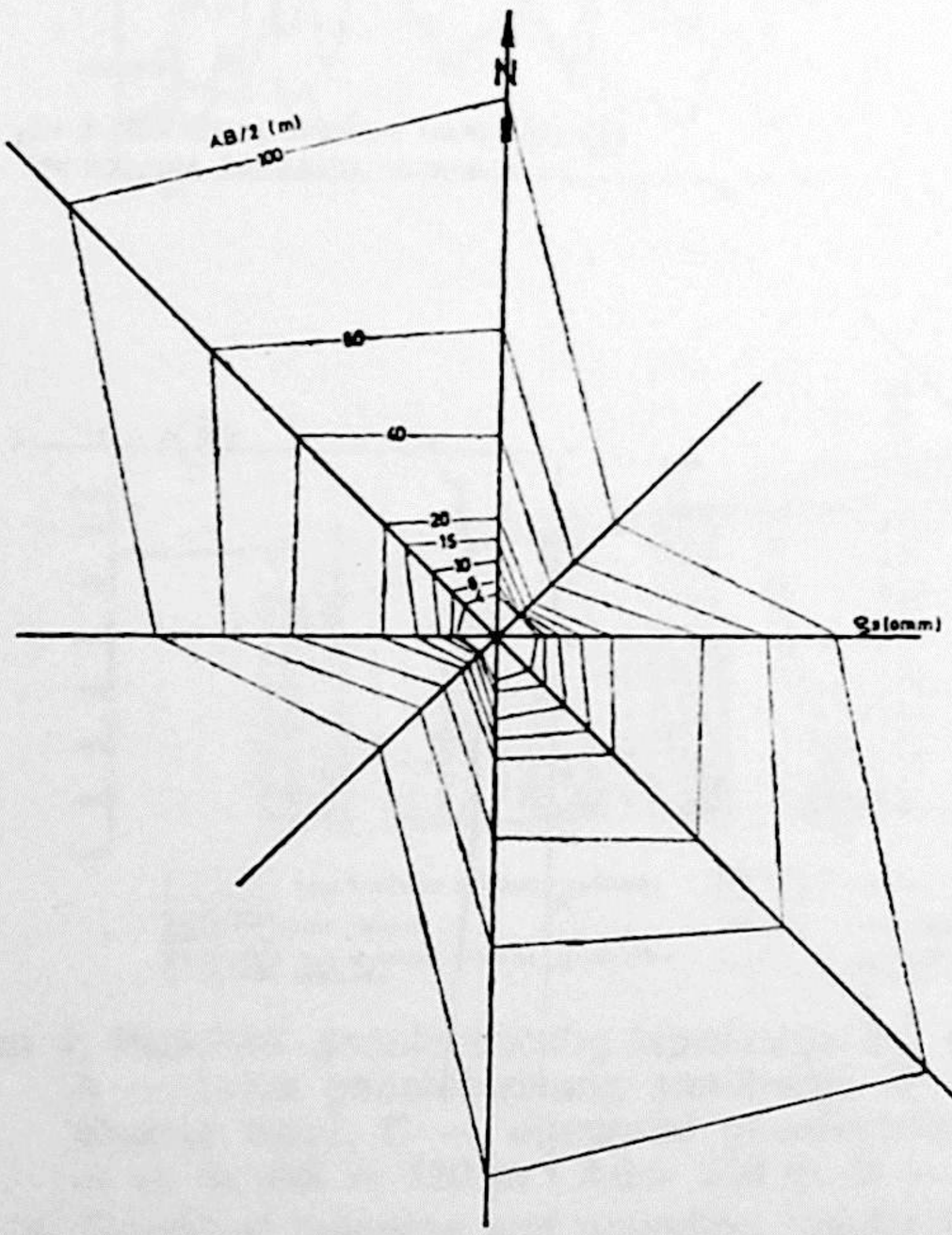
Slika 5. Dijagram kružne geoelektrične sonde KS-2 (III/13).

Fig. 5. Diagram of circular electrical sounding KS-2, (III/13).

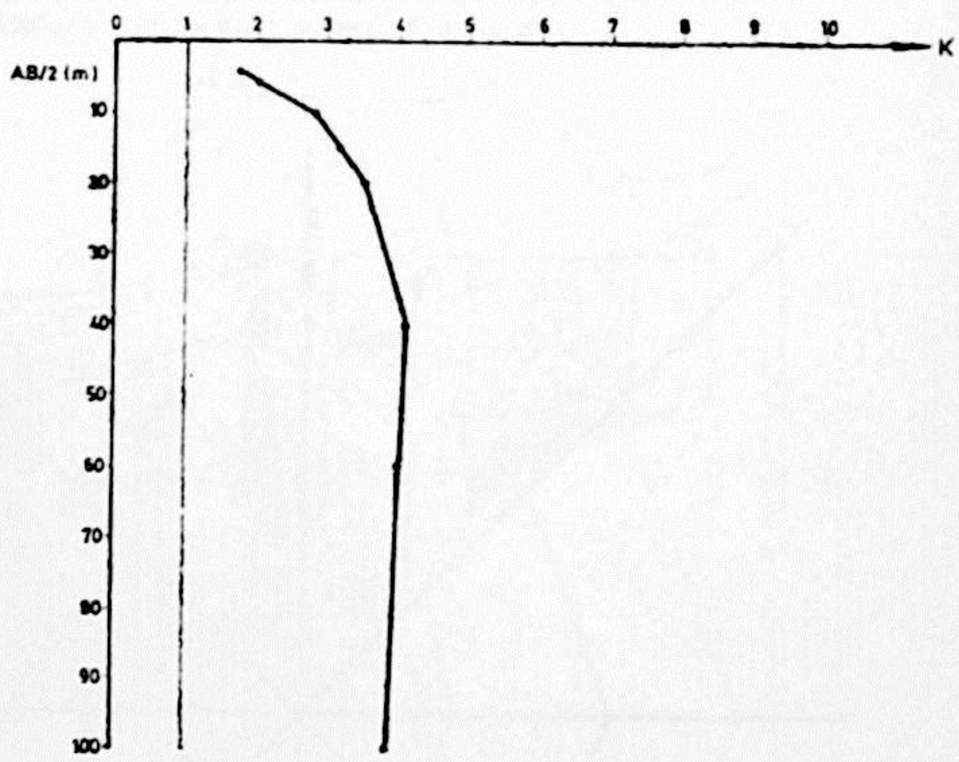
ⓐ DIJAGRAMI GEOELEKTRIČNIH SONDI KS_{10} (X/9)
DIAGRAMS OF ELECTRICAL SOUNDING



ⓑ DIJAGRAM KRUŽNE GEOELEKTRIČNE SONDE KS_{10}
POLAR ELECTRICAL SOUNDING DIAGRAM



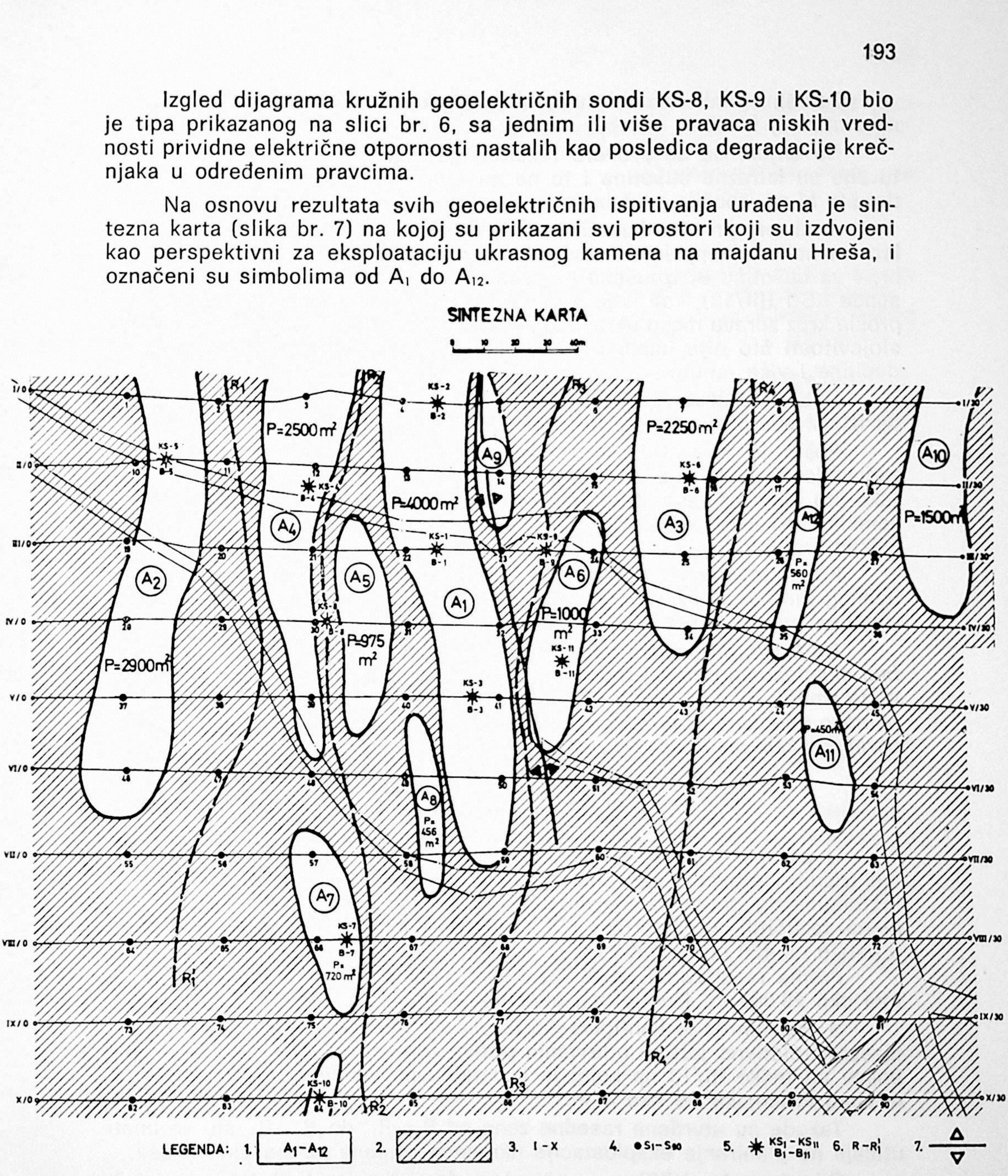
ⓒ DIJAGRAM PRIVIDNE ANIZOTROPIJE KS_{10}
DIAGRAM OF APPARENT ANISOTROPY



Slika 6. Dijagram kružne geoelektrične sonde KS-10 (X/9)
Fig. 6. Diagram of circular electrical sounding KS-10

Izgled dijagrama kružnih geoelektričnih sondi KS-8, KS-9 i KS-10 bio je tipa prikazanog na slici br. 6, sa jednim ili više pravaca niskih vrednosti prividne električne otpornosti nastalih kao posledica degradacije krečnjaka u određenim pravcima.

Na osnovu rezultata svih geoelektričnih ispitivanja urađena je sintezna karta (slika br. 7) na kojoj su prikazani svi prostori koji su izdvojeni kao perspektivni za eksploataciju ukrasnog kamena na majdanu Hreša, i označeni su simbolima od A_1 do A_{12}.



Slika 7. Sintezna karta
Fig. 7. Synthesic map

1. Površine relativno kompaktnijih stenskih masa, 2. Prostori degradirani, rasednuti i neperspektivni, 3. Profili geoelektričnih ispitivanja, 4. Pozicije geoelektričnog sondiranja, 5. Pozicije kružnih geoelektričnih sondi i predložene pozicije istražnih bušotina, 6. Rasedne zone, 7. Osa antiklinalne.

Površina svake zdrave mase ukrasnog kamena izračunata je i upisana na sinteznoj karti.

Sa ciljem da se provere rezultati geoelektričnog ispitivanja projektovane su istražne bušotine i to na mestima svih geoelektričnih sondi, s tim što bi se izbušile prvo bušotine označene na karti od B_1 do B_7.

Analizom prve tri bušotine od B_1 do B_3 konstatovano je da su prošle kroz monolitnu kompaktnu masu ukrasnog kamena, što je prikazano na slici br. 4 za bušotinu B_1 izbušenu na profilu III na mestu kružne geoelektrične sonde KS-1 (III/13), kod koje počev od 4. metra pa do 50. metara bušotina prošla kroz zdravu masu ukrasnog kamena. Jedini prekidi bili su po ravnima slojevitosti što nije imalo uticaja na kvalitet obzirom da je bilo slojeva debljine i više metara.

Dobivši ovakve rezultate, pri istražnom bušenju, investitor je odlučio da izbuši sve projektovane bušotine završavajući ih sa B_8 i B_9.

Pošto je investitor konstatovao da su rezultati istražnog bušenja zadovoljavajući odlučio je da izvrši probnu eksploataciju ukrasnog kamena tako što je iz majdana iz Šehovića doneto žičane pile za sečenje ukrasnog kamena. Urađeno je probno sečenje na profilu koji se poklapa sa geofizičkim profilom br. III.

Konstatovano je da pretpostavljeni izgled vertikalnog preseka ispitivanog terena prikazan na slici br. 4 u potpunosti se poklapa sa stvarnim izgledom terena otkrivenim na zasečenom profilu br. III.

Na kraju, na osnovu geoelektričnih ispitivanja, istražnog bušenja, probne eksploatacije, uz prethodna laboratorijska ispitivanja kvaliteta ukrasnog kamena, i kompleksne ekonomske analize utvrđeno je da postoji ekonomsko opravdanje za investiranje u eksploatacione kapacitete na majdanu ukrasnog kamena Hreša i organizovan je savremene mašinske eksploatacije.

ZAKLJUČAK

U radu je celovito prikazan kompleksan metodološki postupak geoelektričnih ispitivanja majdana ukrasnog kamena Hreša. Na bazi prikazanog metodološkog postupka utvrđeno je više zona kompaktnog ukrasnog kamena, različitih površina od kojih su četiri veličine od 2250 m^2 do 4000 m^2 a ostale od 450 m^2 do 1500 m^2.

Prema rezultatima istražnog bušenja samo površina označena sa A_1 ima oko 20 000 m^3 kvalitetnog ukrasnog kamena.

S obzirom da je konfiguracija terena veoma povoljna moguće je organizovati relativno jeftino otkrivanje plitkih zdravih masa ukrasnog kamena počev od tačke III/13 na kojoj je konstatovana debljina površinski degradiranog krečnjaka od oko 4 m.

Takođe su utvrđene rasedne zone od R_1—R_1' do R_4—R_4' što će imati uticaja na planiranje eksploatacije ukrasnog kamena na majdanu Hreša.

Određena je debljina površinskog degradiranog krečnjaka, koji leži iznad kompaktnih masa, od 4 do preko 10 m. Dobijeni rezultati geoelektričnih ispitivanja majdana ukrasnog kamena Hreša su lep primer mogućnosti geofizičkih metoda kad su ispunjeni osnovni teorijski uslovi kao što su u ovom slučaju bili. Ovde se misli na približno horizontalnu uslojenost, sa

padom do 15° za koju je i kompletna teorija interpretacije rezultata geoelektričnih ispitivanja razvijena i ovde sa izuzetnim uspehom i primenjena.

Predato za štampu 30. V 1984. Recenzent Milovan Mladenović

LITERATURA

1. Milojević Milan, 1978: Izveštaj o geoelektričnim istraživanjima ležišta ukrasnog kamena Hreša, kod Sarajeva, Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
2. Mladenović Milovan, 1972: Geofizičko-geoelektrična ispitivanja ležišta ukrasnog kamena, mermeri, mermerizirani krečnjaci, granit, Zbornik radova 2. jugoslovenskog simpozijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji.
3. D. Anđelković, 1976: Geofizika na karstu, Zavod za geološka, hidrogeološka, geofizička i geotehnička istraživanja — Geofizički institut — Beograd.
4. Telford, Geldort, Sheriff, Keys, 1976: Applied geopgysics, Cambridge Universiti Press — London.

Summary

RESULTS OF THE GEOELECTRICAL INVESTIGATION ORNAMENTAL STONE MINE HREŠA

by

Milan Milojević and Ratko Radoičić

The authors wanted to present the results of using geoelectric examination by method of apparent electrical resistivity which were gotten in mine of ornamental stones Hreša near by Sarajevo.

The main aim of this research was to show on great posibilities of using the geophysics methods in determing the thickness of zone superficiale degradation limestones.

The results of geophysics research, which has been presented in our essay, showed on relatively great amount of compact-monolitic ornamental limestone and they were essential for economic study, which has been contributed to make decision of exploration of ornamental stones in mine Hreša.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18, 1985, Belgrade.

Надежда Крстић

УДК 56.11(497.113)
Оригинални научни рад

НОВЕ ВРСТЕ КВАДРАТНИХ ОСТРАКОДА ИЗ ВОЈВОДИНЕ

Кључне речи: пре-ришки квартар, слатководна микрофауна, Банат, Бачка

У оквиру израде ОГК СФРЈ 1:100.000 у току је картирање листова „Јаша Томић", „Жимболија", „Кикинда", „Бачка Топола" и других. Из пре-ришких квартарних седимената наведених листова сакупљена је веома богата фауна остракода, у оквиру које има и нових врста. Да би се омогућила разрада биостратиграфије, која у пре-ришком квартару није подупрта у довољној мери и микрофауном, у извештајима за наведене листове описане су нађене нове врсте остракода. Сада се ови описи публикују, да би нове врсте постале валидне и могле да уђу у употребу.

Описане су следеће нове врсте: *Candona permanenta, C. banatica Ilyocypris sokači, I. inermis minuta, I. decipiens bacskae* и *Cyprinotus magnus*. Оне се јављају у различитим нивоима квартара. *C. permanenta* је констатована у горњем плиоцену и има је закључено са миндел-ришким интерглацијалом (К р с т и ћ, 1984). Три форме: *C. banatica, I. i. minuta* и *I. d. bačkae* — нађене су само у M/R интерглацијалу. Врста *I. sokači* је, осим у овом интерглацијалу, нађена и у доњем делу пре-ришког квартара (мигућ бибер-дунав интерглацијал; упоредите ibid). Последња врста, *C. magnus*, нађена је у могућем дунав-гинц интерглацијалу (упоредите ibid). Тек треба доказати које од ових врста имају мање или веће стратиграфско и регионално распрострањење, али се све могу користити при анализи палеоеколошких услова.

Candona (Candona) permaenta n. sp.

Таб. I сл. 1—3, таб. II сл. 1—3

1978 — *Candona cf neglecta* — Diebel & Pietrceniuk: . . . стр. 213. таб. 49/3—5, 7, 8

Име: по великом вертикалном распрострањењу
Холотип: леви капак женке, бр. 0-538, Природњачки музеј, Београд
Паратипови: 39 капака и 1 љуштурица женки, 12 капака мужјака, бр. 0-539
Типично налазиште: бушотина ЈТ-1-Л (65,15—65,25 м), 15-ак км од Зрењанина
Типичан ниво: доњи плеистоцен (можда дунав-гинц интерглацијал — Waalian?)

Адреса аутора: Геоинститут, Београд, Ровињска ул. бр. 12.

Дијагноза: Врста подрода *Candona* из групе *neglectoida*. Дорзални крај и предњи део вентралног краја левог капка женке скоро паралелни и ту је љуштурица највиткија. Задња половина вентралног краја испупчена тако да је постеровентрални угао подигнут.

Опис: Љуштурица женке издужена, тако да је висина скоро упола мања од дужине. Највећа висина се налази код постеродорзалног угла, а највећа испупченост у средини љуштурице. Дорзални крај левог капка женке нагнут је под углом од око 10°, предњи је уско заокругљен и инфралучан, вентрални удубљен на 2/5 дужине тако да је предњи део удубљења (предња половина вентралног краја) скоро паралелан са дорзалним крајем, задњи крај дуг и лучан. Антеродорзални угао је једва приметан, постеродорзални јасан ма да заокругљен; постеровентрални крај уско заокругљен и на њему се код неких индивидуа запажа угао који је постављен сразмерно високо. Десни капак је адекватан левом, уз стандардни диморфизам *neglectoida*. Мужјаци су знатно крупнији од женки, као и код других врста овог подрода, са задњим делом вентралног краја изразито угластим. Отисци мишића округласти. Маргинални и латерални канали као и код других врста подрода *Candona*.

Сродност: Највише сличности има са врстом *C. fasciolata* Petkovski. Описани примерци се од ње разликују мало мањим димензијама, слабије израженим дорзалним угловима и мање заокругљеним постеровентралним крајем оба капка. Код *C. fasciolata* задњи крај је потпуно прав и мало краћи него код новоописане врсте[1]). Доста се разликује од врста, *C. neglecta* Sars и *C. triebeli* Krstić.

Налазишта: горњи(?) плиоцен у бушотинама ЈТ-1-Л код Зрењанина и БТ-10-Ж у Вишњевцу код Чантавира; старији квартар — закључно са миндел-ришким интерглацијалом у више сондажних бушотина на листовима „Јаша Томић", „Жимболија", „Кикинда" и „Бачка Топола" 1:100.000 ОГК СФРЈ. У Немачкој (Тирингија) је нађена у горњем плеистоцену (еквивалент вирма).

Candona (Candona) banatica n. s p.

Таб. II сл. 4—7

Име: по области у којој је нађена
Холотип: десни капак женке, бр. 0-540, Природњачки музеј, Београд
Паратипови: око 20 капака женки и мужјака, бр. 0-541
Типичан ниво: велики средњеплеистоценски интерглацијал (миндел-ришки)
Типично налазиште: усек канала северно од Житишта, т. 133

Дијагноза: Ситна врста групе *neglectoida*, са висином већом од половине дужине. Карактерише је уско и скоро оштро вентрално удубљење, које је на десном капку женке наглашено испупчењем у области уста, и изразито повијен, у доњем делу скоро вертикалан, задњи крај.

Опис: Љуштурица женке кратка у односу на висину, а најиспупчења је на 2/3 дужине. Дорзални крај левог капка женке кратак и прав и благо нагнут унапред, предњи инфралучан, вентрални на 1/3 дужине испупчен (дотле је био скоро хоризонталан) а у задњој половини

---

[1]) Захваљујем Петковском на уступљеном упоредном материјалу.

прав, задњи крај лучан и, код неких примерака, у доњој половини скоро вертикалан. Вентрално удубљење уско и скоро оштро. Углови у великој мери заокругљени, нарочито постеровентрални, док су дорзални нешто јаснији. Десни капак је скоро исто толико испупчен као леви, вентрално удубљење му је изразитије, а предњи део вентралног краја испупченији, поред стандардног диморфизма *neglectoida*. Мужјаци су крупнији и виши од женки, са лучним задњим и веома испупченим задњим делом вентралног краја. Унутрашња грађа као и код других претставника подрода *Candona*.

Сродност: У односу на већину врста групе *neglectoida*, *C. banatica* је мања и краћа, а облик вентралног и задњег краја јој је специфичан. И мужјаци се могу доста лако разликовати, што је код других *neglectoida* сразмерно тешко (издвајају се у оквиру исте популације).

Налазишта: До сада је констатована на неколико места у Банату — на листовима „Жимболија" (секције „Тоба" и „Српска Црња") и „Јаша Томић" (секција „Житиште"), 1:100.000 ОГК СФРЈ.

Ilyocypris sokači n. s p.

Таб. I сл. 7, таб, III сл. 1—3, таб. IV сл. 1

1978 — *Ilyocypris sp.*; А. Сокач стр. 24, таб. X/1, 3, 5, 7; XX/9

Име: по А. Сокач, која је прва приказала ову форму
Холотип: леви капак женке, бр. 0-542, Природњачки музеј, Београд
Паратипови: 6 капака одраслих индивидуа и више ларви, бр. 0-543
Типично налазиште: усек канала северно од Житишта, т. 133
Типичан ниво: велики средњеплеистоценски интерглацијал (миндел-рис).

Дијагноза: Крупна врста рода *Ilyocypris* субпаралелних дорзалног и вентралног краја. Вентрално удубљење дубоко и широко. Предњи и задњи крај широко заокругљени и скоро симетрични на левом капку, док је на десном задњи крај правији и скоро вертикалан.

Опис: Љуштурица има приближно правоугаон облик и средње је испупчена. На левом капку женке предњи крај је широко заокругљен, дорзални прав и субхоризонталан (благо нагнут уназад), задњи еквилучан, вентрални широко удубљен и то скоро тачно на средини дужине. На десном капку женке задњи крај је блаже извијен и као и на левом еквилучан, док је предњи незнатно инфралучан. Мужјаци су истог облика али нешто мање висине у односу на дужину и незнатно искошенијег дорзалног краја.

Маргинални канали прави, густи, понекад се гранају по два, ређе три али је трећи обично лажни маргинални канал. Латерални канали су чешћи на предњем и задњем пољу, а завршавају се сасвим малим или нешто већим квржицама. Површина капака је осим ових квржица украшена још и густим и сразмерно дубоким јамицама. Удубљење у области мишићних отисака сразмерно је плитко, а изнад њега се налазе још два удубљења облика широког слова V, горњи померен мало унапред (два *sulcusa* по А. Сокач, 1978).

Поређења: У литератури до сада није описана ни једна врста рода *Ilyocypris* овако великих димензија. У истом нивоу и, обично, у истим узорцима налази се још једна крупна врста овог рода, која је знатно испупченија и изразито супралучног задњег краја. Није искључено да је у питању модификација врсте *I. sokači*, али за сада се не може сагледати шта ју је проузроковало, јер то нити је полни диморфизам нити летња или зимска форма.

Налазишта: Ова врста је сразмерно честа у седиментима минделришког интерглацијала, ма да се налази и у старијим одељцима квартара, такође у интерглацијалу (за сада је нађен у бибер-дунав интерглацијалу). Међутим, у појединим узорцима претставници ове врсте никад нису многобројни. То је и био разлог што их А. Сокач (1978) није описала као нову врсту.

Ilyocypris inermis minuta n. s s p.

Таб. III сл. 10—12, таб. IV сл. 2—4

Име: према малим димензијама
Холотип: леви капак женке, бр. 0-544, Природњачки музеј у Београду
Паратипови: 9 левих, 13 десних капака и 1 љуштурица одраслих индивидуа, бр. 0-545
Типично налазиште: усек канала између Житишта и Бегејаца, тачка 123
Типичан ниво: велики миндел-ришки интерглацијал

Дијагноза: Ситна приближно правоугаона форма рода *Ilyocypris* са уназад нагнутим дорзалним крајем десног капка. На површини нема грбица а на постеровентралном крају носи низ зубића.

Опис: Љуштурица средње испупчена. Леви капак, као и затворена љуштурица има приближно правоугаони облик. Дорзални крај Л женке благо повијен — испупчен у задњој половини — и субхоризонталан (благо нагнут уназад) у предњем делу, предњи крај инфра до еквилучан, задњи вертикалан или субвертикалан, вентрални плитко и уско удубљен на средини. Дорзални углови јасни а вентрални се не запажају. Десни капак женке има заобљене контуре, шире вентрално удубљење, искошенији дорзални крај, а горњи део предњег краја је прав до незнатно конкаван. Мужјаци се тешко могу са сигурношћу разликовати од женки, уколико им се не виде отисци полних жлезда, али су у просеку мало нижи и уопште узев грацилнији, као и код других илиоциприса.

Украшени су ситним јасним јамицама и удубљењима у области свих мишићних отисака, ова удубљења се међусобно спајају градећи два вертикална плитка сулкуса. Од позитивних елемената орнаментике имају само ситне квржице дуж предњег и постеровентралног краја левог капка а често и на десном капку.

Поређења: Врста *I. inermis* Kaufmann има, према Diebel и Pietrceniuk (1978), краћу љуштуру, удубљенији вентрални крај, а задњи крај јој није вертикалан као код *I. i. minuta* већ кос (око 80^0). Постеродорзални угао деног капка је боље изражен код *I. i. inermis*.

Обликом и величином приближава се врстама *I. steegeri* Kempf (=?= *I. salebrosa* Stepanaitys) и *I. bradyi* Sars. Врста *I. steegeri*

(*I. salebrosa* ?) осим задњег и вентралног краја формираних слично као код *I. inermis*, има још и искошенији дорзални крај; упоређење облика и распореда грбица није могуће јер до сада нису нађене грбичасте форме врсте *I. minuta*. Врста *I. bradyi* има испупченију љуштурицу, виши предњи крај, изразитије вентрално удубљење и заокругљеније контуре (по упоредном материјалу добијеном од E. T r i e b e l-a).

Н а л а з и ш т а: Ова врста је до сада нађена на неколико места на секцији „Житиште" и јужном делу секције „Бегејци" листа „Јаша Томић", као и на неколико места на листу „Жимболија" (све у Банату).

Ilyocypris decipiens baczkae n. s s p.

Таб. III сл. 5—8

1975 — *Ilyocypris cf. decipiens M a s i* — D i e b e l & P i e t r z e n i u k: стр. 1208—1209, сл. 2, таб. II/1—4

Име: по области у којој је први пут нађена
Холотип: леви капак одрасле индивидуе, бр. 0-546, Природњачки музеј у Београду
Паратипови: 26 левих и 27 десних капака женки и мужјака, бр. 0-547
Типично налазаште: Горњи Брег код Сенте, сонда К-5 са 12,3—16,0 м дубине
Типичан ниво: средњи плеистоцен, миндел-рис интерглацијал

Д и ј а г н о з а: Крупан, слабо испупчен *Ilyocypris* са широким и дубоким удубљењем вентралног краја. Украшен је бодљама на задњем пољу, а понекад и са две грбице — испред и иза сулкуса.

О п и с: Љуштурица женки сразмерно слабо испупчене. Дорзални крај левог капка нагнут је уназад под углом од око 15° и у свом задњем делу заклоњен испупчењем постеродорзалног поља, предњи високо инфралучан са осом широке округлине нагнутом под углом од 5—10°, задњи крај још шире заокругљен и са хоризонталном осом округлине, вентрални крај удубљен тачно на средини а стране удубљења протичу праволинијски. Дорзални углови јасни, вентрални веома заокругљени али ипак сразмерно јасно ограничавају вентрални крај према предњем и задњем крају. Десни капак женке разликује се од левог у истој мери као и код других *Ilyocypris*-а. Мужјаци су мало нижи и незнатно ситнији од женки, тако да је њихово одвајање сигурно само кад су видљиви отисци семеника.

Површина капака украшена је густим јасним јамицама. Од негативних елемената запажају се још — два вертикална сулкуса. Дубљи је незнатно испред средине капка и састоји се од два дела: изразитог удубљења у области отисака затварача и једног удубљења изнад њега које има облик средње широког слова V, спојени су плићим удубљењем а према дорзалном крају овај сулкус се шири. Други, плићи сулкус налази се испред првог, на око 1/3 дужине капка. Од позитивних елемената украшена је само бодљама дуж задњег краја и квржицама дуж предњег. Ситних квржица има и по целој љуштурици и на њима се налазе изливни отвори латералних канала.

П о р е ђ е њ а: Подврста *I.decipiens bacskae* је врло блиска основној врсти, *I.decipiens* M a s i. Примерци *I.d.decipiens* из околине Хам-

бурга (сакупио и одредио D. Hiller) имају у основи исту форму али веће грбице, како су то већ приметили Diebel i Pietrceniuk (1975). Рецентне форме имају понекад и три грбице. И поред тога нова подврста је издвојена, првенствено због њене стратиграфске позиције, али и зато што је промена у морфологији запажена на удаљеним популацијама (околина Берлина и Војводина).

Налазишта: Ова врста нађена је, до сада, у околини Сенте — лист „Кикинда", на листу „Жимболија" на неколико места и у околини Житишта на листу „Јаша Томић".

Cyprinotus magnus n. s p.

Таб. V сл. 4

Име: према великим димензијама
Холотип: десни капак женке, бр. 0-549, Природњачки музеј, Београд
Паратипови: 6 целих и оштећених капака женки, бр. 0-550
Типично налазиште: бушотина БТ-10-Ж (на 46,6—47,0 м) код Чантавира, село Вишњевац
Типичан ниво: доњи плеистоцен, можда интерглацијал дунав-гинц (Waalian?)

Дијагноза: Висок *Cyprinotus* јајастог облика. Дуж крајева капака нема зубића који су карактеристични за род. Латерални канали на предњем пољу десног капка изливају се на врховима коничних испупчења поређаних у једном низу паралелном крају капка на удаљености од око 0,07 mm.

Опис: Десни капак женке је сразмерно слабо испупчен и веома висок. Највећа висина налази се на половини дужине, доста је истакнута али не гради „грбу". Дорзални крај десног капка је кратак и искошен под углом од скоро 30°, предњи еквилучан, вентрални скоро раван и само незнатно повијен у виду слова S, задњи крај је искошен уназад под углом од око 65°. Маргинални канали густи, прави, сразмерно дугачки. Латерални канали бројни, густо распоређени; на предњем пољу завршавају се на врховима коничних ниских квржица које су поређане у једном низу паралелном предњем крају. Површина капака је покривена сасвим плитким и врло густим јамицама и ако на први поглед изгледа глатка.

Поређење: Овако велике димензије (1,55 mm) има само још врста *C.barbarus* Gauthier & Brehm, док се димензије осталих претставника овог рода крећу око 1 mm. У односу на *C.barbarus* врста *C.magnus* има вишу љуштурицу и заобљеније углове. Још троугластија од *C.magnus* је врста *C.salinus*, али је мањих димензија. Остале врсте рода *Cyprinotus* знатније се разликују од *C.magnus*, првенствено су више а неке од њих имају и „грбу" као *C.cingalensis* — типична врста за род *Cyprinotus*.

Налазишта: Ова врста је, до сада, констатована само на једном месту, у типичној локалности. Издвојена је да би, евентуално, послужила као материјал за стратификирање доњег плеистоцена.

Предато за штампу 16. VII 1984. Рецензент др Добра Веселиновић

D. Hiller-у захваљујем на уступљеном упоредном материјалу.

ЛИТЕРАТУРА

Absolon A.: 1978 — Die Gattung *Candona (Ostracoda)* in Quartär von Europa; Rozpr. Čekosl. akad. ved., r. mat. prir., 88, 5, Praha

Gauthier H. & Brehm V.: 1928 — *Ostracodes* et *Cladoceres* de l'Algérie et de la Tunisie; Bull. Soc. hist. nat. Afrique Nord, 19, Alger

Diebel K. & Pietrzeniuk E.: 1975 — Mittel- und jungpleistozäne Ostracodenfaunen des Raums Potsdam-Brandenburg-Rathenow in stratigraphischer und ökologischer Sicht; Z. geol. Wiss., 3 (1975), 9, Berlin

Diebel K. & Pietrzeniuk E.: 1978 — Die Ostracodenfauna des eeminterglazialen Travertins von Burgtona in Thüringien; Quartärpaläontologie, 3, Berlin

Казьмина Т. А.: 1975 — Стратиграфия и остракоды плиоцена и раннего плейстоцена юга Западно-Сибирской равнины; Тр. инст. геол. геоф. АН СССР Сиб. отд., 264, Новосибирск

Kempf E. K.: 1967 — Ostrakoden aus dem Holstein-Interglazial von Tönisberg (Niederrheingebiet); Deutsch. Acad. Wiss., 9, 2, Berlin

Крстић Н. 1972 — Род *Candona (Ostracoda)* из конгеријских слојева јужног дела Панонског басена; Пос. изд. САНУ CDL, Од. прир. мат. 39, Београд

Крстић Н.: у штампи — Претходно саопштење о биостратиграфији квартарних седимената две бушотине у Војводини; Записници СГД, збор 10 фебруара 1984, Београд

Мандельстам М. И. и Шнейдер Г. Ф.: 1963 — Ископаемые остракоды СССР, Семейиство *Cyprididae*; Труды ВНИГРИ, 203, Ленинград

Neale J.: 1979 — On the genus *Cyprinotus* and its interpretation; VII internat. symp. ostracodes, изд. СГД, Београд

Негадаев-Никонов К. Н.: 1974 — Остракоды континентального плейстоцена юга европейской части СССР; Отд. палеонт. страт. АН Молд ССР (изд. „Штиинца"), Кишинев

Petkovski T.: 1959 — Süsswasserostracoden aus Jugoslavien, VI; Acta Musei Maced. sci. nat., VI, 3 (55), Skopje

Petkovski T.: 1964 — Zur Kenntnis der Süsswasser-Ostracoden Bulgariens; Fragmenta Balcanica — Mus. Maced. sci. nat., V, 11 (121), Skopje

Sokač A.: 1978 — Pleistocene ostracode fauna of the Pannonian basin in Croatia; Paleont. Jugosl., 20, Zagreb

Sokač A. & van Harten D.: 1978 — *Ilyocypris slavonica n. sp. (Crustacea, Ostracoda)* from the Pleistocene of Vinkovci (Slavonia, North Croatia) and the Tegelen (The Netherlands); Geol. vjesnik, 30, 1, Zagreb

Triebel E.: 1941 — Zur Morphologie und Oekologie der fossilen Ostracoden; Senckenbergiana, 23, 4/6, Frankfurt a/M

Hartmann G.: 1964 — Asiatische Ostracoden, systematische und zoogeographische Untersuchungen; Internat. rev. ges. Hydrobiol., Syst. Beih., 3, Berlin

Hou Y., Chen T., Yang H., Ho J., Zou Q. & Tian M.: 1982 — Cretaceous-Quaternary ostracode fauna from Jiangsu; Geol. publ. house, Peking

Summary

NEW SPECIA OF THE QUATERNARY OSTRACODES FROM VOJVODINA

by Nadežda Krstić

Key words: pre-Riss Quaternary, freshwater microfossils, Banat, Bačka, Yugoslavia

During the working on the basic geological map of SFR of Yugoslavia, as on other problems, a rich ostracode fauna was collected and it is still collecting. In Yugoslav part of the Pannonian basin the ostracode bearing sediments are older than the Riss glaciation. In the article

are described some new specia and subspecia to enable the preparation of the microbiostratigraphy. Described taxons originate from different Quaternary levels: *Candona permanenta* lives from the Upper Pliocene to Mindel-Riss interglaciation. Up to now *Candona banatica, Ilyocypris inermis minuta* and *I. decipines baczkae* were found in the great Middle Pleistocene interglaciation (Mindel-Riss). Except for this interglatial *Ilyocypris sokači* is present also in older sediments (possible Biber-Danube interglaciation). The last species, *Cyprinutos magnus* was found in the possible Danube-Günz interglaciation. Its stratigraphical and regional spreading has to be studied.

Candona (Candona) permanenta n. s p.

Diagnosis: A species from the group *neglectoida*. The dorsal margin and the anterior part of the ventral margin of the left female valve are paraliel and close to each other. Posterior half of the ventral margin of the same valve is swelled so that the posteroventral angle is mooved upwards.

Relationship: It is the most similar to the species *C. fasciolata* P e t k o v s k i. *C. permanenta* differs from *C. fasciolata* by less expressed dorsal angles and less rounded posteroventral angle of both valves. At *C. fasciolata* the posterior margin is entirely strait and shorter that at *C. permanenta* (acknowlegment to T. P e t k o v s k i for the comparative material). It differs more from the specia *C. neglecta* S a r s and *C. triebeli* K r s t i ć.

Candona (Candona) banatica n. s p.

Diagnosis: A small species, probably belonging to the group *neglectoida.* The length less than the double hight. It is characterised by the narow and nearly sharp ventral concavity, intensified on the right female valve by the convexity in the mouth region. It has a well swelled, in the lower half nearly vertical posterior margin.

Relationship: In compareson to most specia from the group *neglectoida C.banatica* is smaller and shorter, and with characteristical shape of ventral and posterior margins. The males could be distinguished easily also, and it is not the case with the other *neglectoidae* (they could be specified only in the single population). Therefore, *C.banatica* lies on the edge of the group *neglectoida,* the one towards the group *candida.*

Ilyocypris sokači n. s p.

Diagnosis: A very large species of the genus *Ilyocypris*, with subparailei dorsal and ventral margins. The ventral concavity is deep and wide. The anterior and posterior margins are broadly rounded and nearly symmetrical on the left female valve, while on the right valve the posterior margin is not rounded (it is nearly strait) and has a vertical position.

Relationship: So large *Ilyocypris* is not yet known. In the same level and in the same samples usually, there is one more large species of the same genus, more swelled and with the clearly supracurvate posterior margin, especially on the right valve. It is possible that it is modification of *I. sokači,* one could not guess the cause for this, it is neither sexual dimorphism nor they are seasonal (summer and vinter) forms.

Ilyocypris inermis minuta n. s s p.

Diagnosis: Small nearly rectangular form of the *Ilyocypris inermis,* with the dorsal backwards inclined margin. The ventral concavity is large on the right valve. On the surface there is no tubercules and postero-ventral margins are denticulate.

Relationship: The species *I.inermis* K a u f m a n n has, after D i e-b e l and P i e t r c e n i u k (1978) a shorter shell, more concave ventral margin. Posterior margin is not as vertical as it is at *I.inermis minuta,* but oblique (abouth 80°). Posterodorsal angle of the right valve is more clear in the *I.i.inermis.*

By the shape and the size it hase some similarity with the specia *I. steegeri* K e m p f (=?= *I.salebrosa* S t e p a n i t y s) and *I.bradyi* S a r s. The species *I. steegeri (I. salebrosa ?),* except the posterior and ventral margins formed similarly as by *I.inermis,* has a more oblique dorsal margin; the comparison of the shape and arangement of the tubercules is not possible because they are not known in *I.inermis inermis and I. inermis minuta.* The species *I. bradyi* has a more swelled shell, higher anterior part, sharper ventral concavity and more rounded shape (after comparatove material obtained from E. T r i e b e l).

Ilyocypris decipiens bacskae n. s s p.

Diagnosis: Large, little swelled *Ilyocypris* with large and deep concavity of the ventral margin. It is ornamented by the spines on the posterior field, and sometimes by the two tubercules — in front and behind main sulcus. The other, more shallow sulcus lies in front of the main one.

Relationship: The subspecies *I.d.bacskae* is close to *I.d.decipiens* M a s i. The species of *I.d.decipiens* from the Hamburg surroundings (collected and determined by D. H i l l e r) has a shape basically the same, but has bigger tubercules. German recent species has sometimes three tubercules, as it was noticed by D i e b e l and P i e t r c e n i u k (1975). Anyhow, the reson for separating a new subspecies is more its stratigraphical position than the morphology.

Cyprinotus magnus n. s p.

Diagnosis: This is a large, high and ovoide *Cyprinotus.* Along the valve margins there are no denticulation so characteristical for the genus

---

Acknowlegment to D. Hiller and G. Hartmann for the comparative material.

Cyprinotus. Lateral pores on the anterior field of the right valve ends on small conoidal tubercules aranged in a row parallel to the valve margin, at a distance of 0,07 mm.

Relationships: So large is only *C.barbarus* G a u t h i e r and B r e h m (1,55 mm), while the size of the other *Cyprinotus* specia is about 1 mm. In relation to *C.barbarus* the new species has higher shell and more rounded angles. More triangular than *C.magnus* is species *C.salinus* (B r a d y), and it is smaller also.

ТАБЛА I PLATE

1—3 *Candona (Candona) permanenta* n. sp., 51,5 x ЈТ-1-Л/65,15—65,25 м, Лазарево
1. Л женке, холотип, 2. Д женке, паратип, 3. Л мужјака, паратип
1. L female, holotypus, 2. R female, paratypus, 3. R male, paratypus

4—5 *Candona (Candona) cf. neglecta* S a r s, 66 x Бт-1-СТ/11,4—11,6 м, Сенћански Трешњевац
4. леви капак женке, 5. десни капак женке
4. left female valve, 5. right female valve

6. *Scottia tumida* (Jones), 72 x БТ-1-СТ/9,95—10,2 м, Сенћански Трешњевац
леви капак женке — left female valve

7. *Ilyocypris sokači* n. sp. 57 x БТ-1-СТ/12,6—12,8 м, Сенћански Трешњевац
леви капак женке — left female valve

8a, b. *Ilyocypris monstrifica* (N o r m a n), 66 x БТ-1-СТ/11,4—11,6 м, Сенћански Трешњевац
десни капак женке — right female valve

9a, b. *Ilyocypris salebrosa* S t e p a n a i t y s, 66 x БТ-1-СТ/11,4—11,6 м, Сенћански Трешњевац
леви капак женке — left female valve

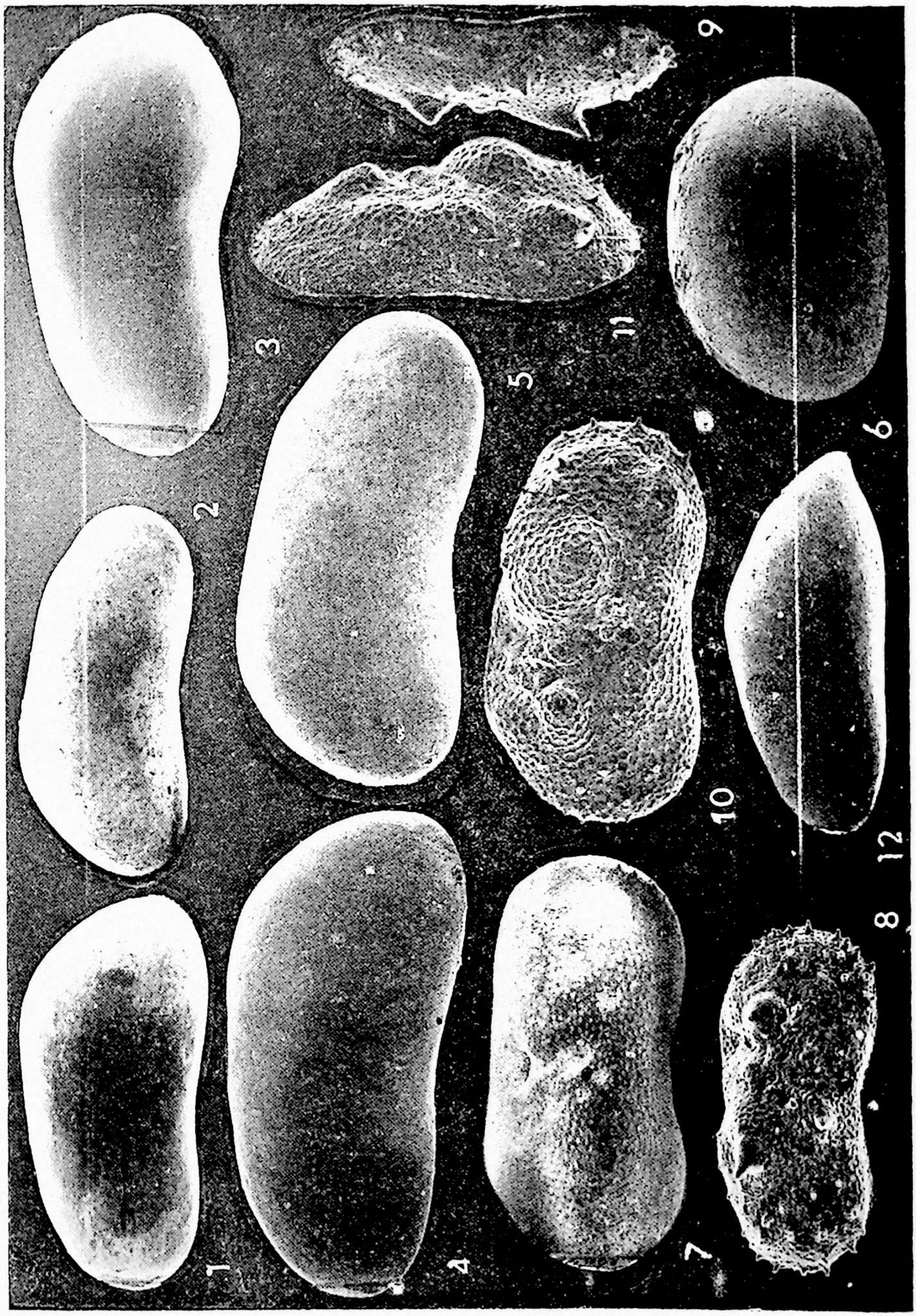
10. *Candona (Eucandona) acuminata* F i s c h e r, 35 x ЈТ-8-Л/3,4—3,6 м, Лазарево
леви капак женке — left female valve

Фото — Photo: Ђ. Полић

ТАБЛА I PLATE

Н. Крстић: Нове врсте квартарних остракода из Војводине

N. Krstić: New specia of the Quaternary ostracodes from Vojvodina.



ТАБЛА II PLATE

1—3 *Candona (Candona) permanenta* n. sp. ЈТ-11-Ж/14,7—14,95 м, Житиште
1. L. female, 2. R. female, 3. L. male
1. Л женке, 2. Д женке, 3. Л мужјака

4—7 *Candona (Candona) banatica* n. sp. 4. Ж-6/6,0 м, 5. Ж-6/11,3 м, 6—7. ЈТ т. 133
4. Д женке, 5. Л женке, 6. холотип, 7. Л мужјака — паратип
4. R female, 5. L female, 6. R female — holotype, 7. R male — paratype

8—9 *Candona (Candona) aff. permanenta* n. sp. Ж-3-Т/10,5—10,3 м, Руско Село
8. десни капак женке, 9. леви капак женке
8. right female valve, 9. left female valve

10—11 *Candona (Candona) cf. neglecta* S a r s, 10. Ж-6-СЦ/3,3—3,4 м, 11. Ж-4-Т/1,8—2,0 м, Нова Црња
10. леви капак женке, 11. десни капак женке
10. left female valve, 11. right female valve

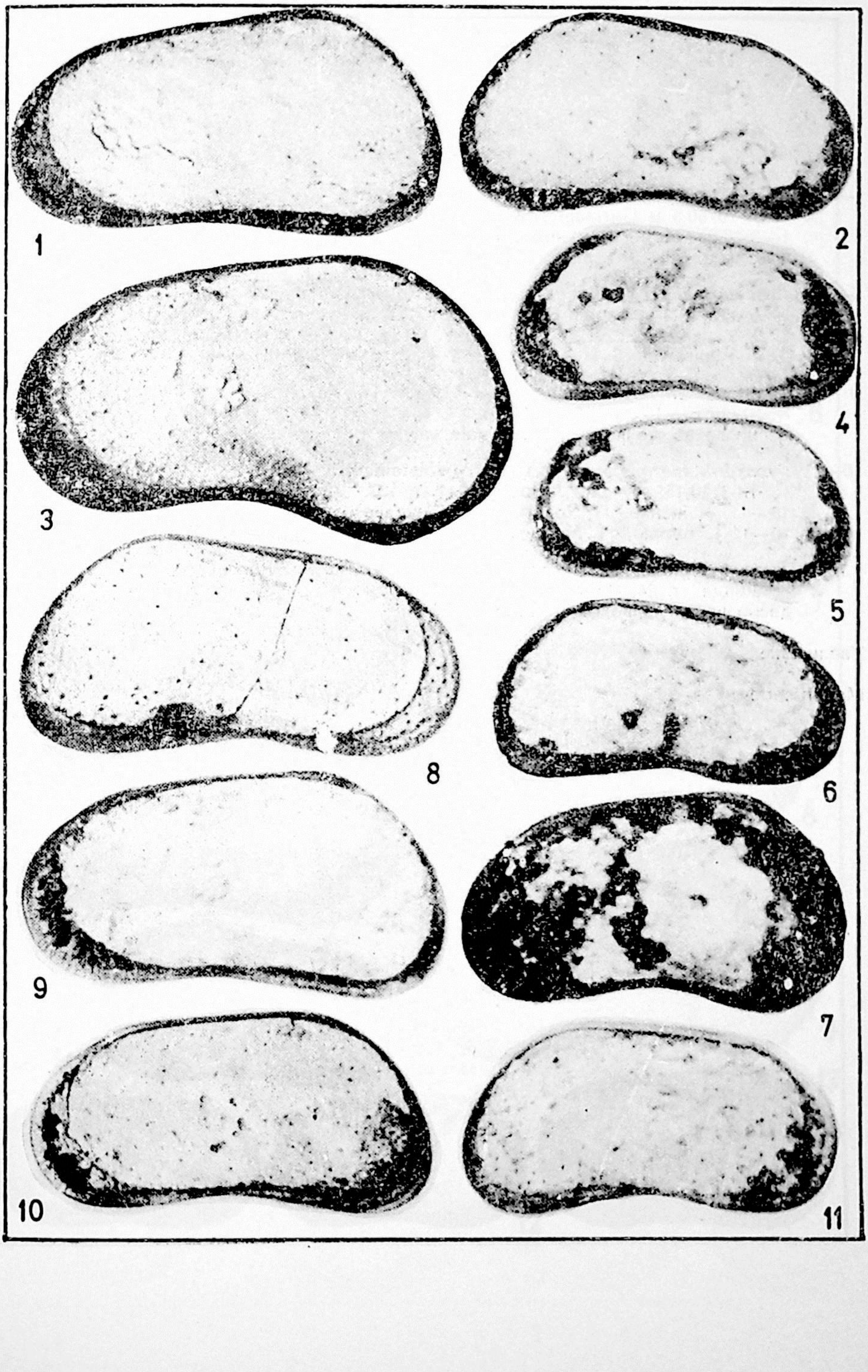
Magnification:
Увеличање: 55 x

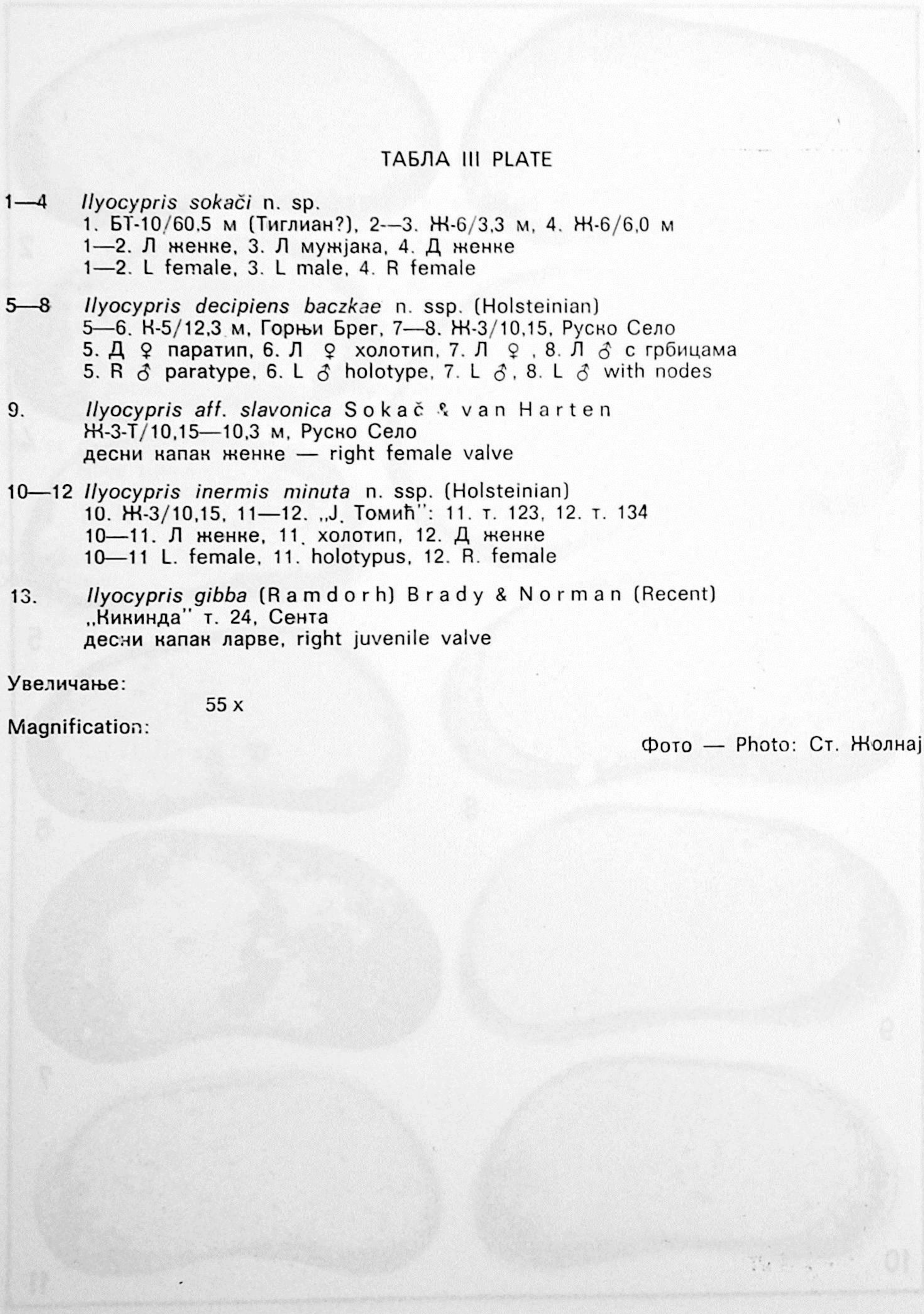
Фото — Photo: Ст. Жолнај

ТАБЛА II PLATE

Н. Крстић: Нове врсте квартарних остракода из Војводине

N. Krstić: New specia of the Quaternary ostracodes from Vojvodina.





ТАБЛА III PLATE

1—4 *Ilyocypris sokači* n. sp.
1. БТ-10/60,5 м (Тиглиан?), 2-—3. Ж-6/3,3 м, 4. Ж-6/6,0 м
1—2. Л женке, 3. Л мужјака, 4. Д женке
1—2. L female, 3. L male, 4. R female

5—8 *Ilyocypris decipiens baczkae* n. ssp. (Holsteinian)
5—6. К-5/12,3 м, Горњи Брег, 7—8. Ж-3/10,15, Руско Село
5. Д ♀ паратип, 6. Л ♀ холотип, 7. Л ♀ , 8. Л ♂ с грбицама
5. R ♂ paratype, 6. L ♂ holotype, 7. L ♂, 8. L ♂ with nodes

9. *Ilyocypris aff. slavonica* Sokač & van Harten
Ж-3-Т/10,15—10,3 м, Руско Село
десни капак женке — right female valve

10—12 *Ilyocypris inermis minuta* n. ssp. (Holsteinian)
10. Ж-3/10,15, 11—12. „Ј. Томић": 11. т. 123, 12. т. 134
10—11. Л женке, 11. холотип, 12. Д женке
10—11 L. female, 11. holotypus, 12. R. female

13. *Ilyocypris gibba* (Ramdorh) Brady & Norman (Recent)
„Кикинда" т. 24, Сента
десни капак ларве, right juvenile valve

Увеличање:
55 x
Magnification:

Фото — Photo: Ст. Жолнај

ТАБЛА III PLATE

Н. Крстић: Нове врсте квартарних остракода из Војводине

N. Krstić: New specia of the Quaternary ostracodes from Vojvodina.

ТАБЛА IV PLATE

1. *Ilyocypris sokači* n. sp., холотип — holotype, „Јаша Томић", т. 133 (Holsteinian)

2—4 *Ilyocypris inermis minuta* n. ssp.
„Јаша Томић": 2—3. т. 123, 4. т. 134 (Holsteinian)
2. Л женке (?), холотип, 3. Д женке, паратип, 4. Д женке — III/12
2. L female (?), holotype, 3. R female, paratype, 4. R female — from Pl. III/12

5. *Ilyocypris bradyi* S a r s
„Јаша Томић", т. 123 (Recent ?)
десни капак женке — right female valve

6. *Ilyocypris cf. caspiensis* N e g a d a e v — s e n s u K a z m i n a
ЈТ-2-Л/5,5—5,7 м (Holsteinian)
десни капак ларве — right juvenile valve

7. *Candona (Candona) cf. neglecta* S a r s
Ж -6-СЦ/3,3—3,4 м, Српска Црња (Holsteinian)
леви капак женке — left female valve

8. *Candona (Candona) aff. permanenta* n. sp.
Ж-3-Т/10,15—10,3 м, Руско Село (Holsteinian)
леви капак женке — left female valve

9. *Candona (Candona) rawsoni* T r e s s l e r
К-5-С/12,3—16,0 м, Горњи Брег (Holsteinian)
леви капак женке — left female valve

10. *Cyclocypris aff. ovum* (J u r i n e)
„Јаша Томић" т. 108 (Holsteinian)
леви капак женке(?) — left female(?) valve

11. *Cyclocypris laevis* (O. F. M ü l l e r)
ЈТ-15-Б/14,9—15,1 м (Holesteinian)
десни капак женке — right female valve

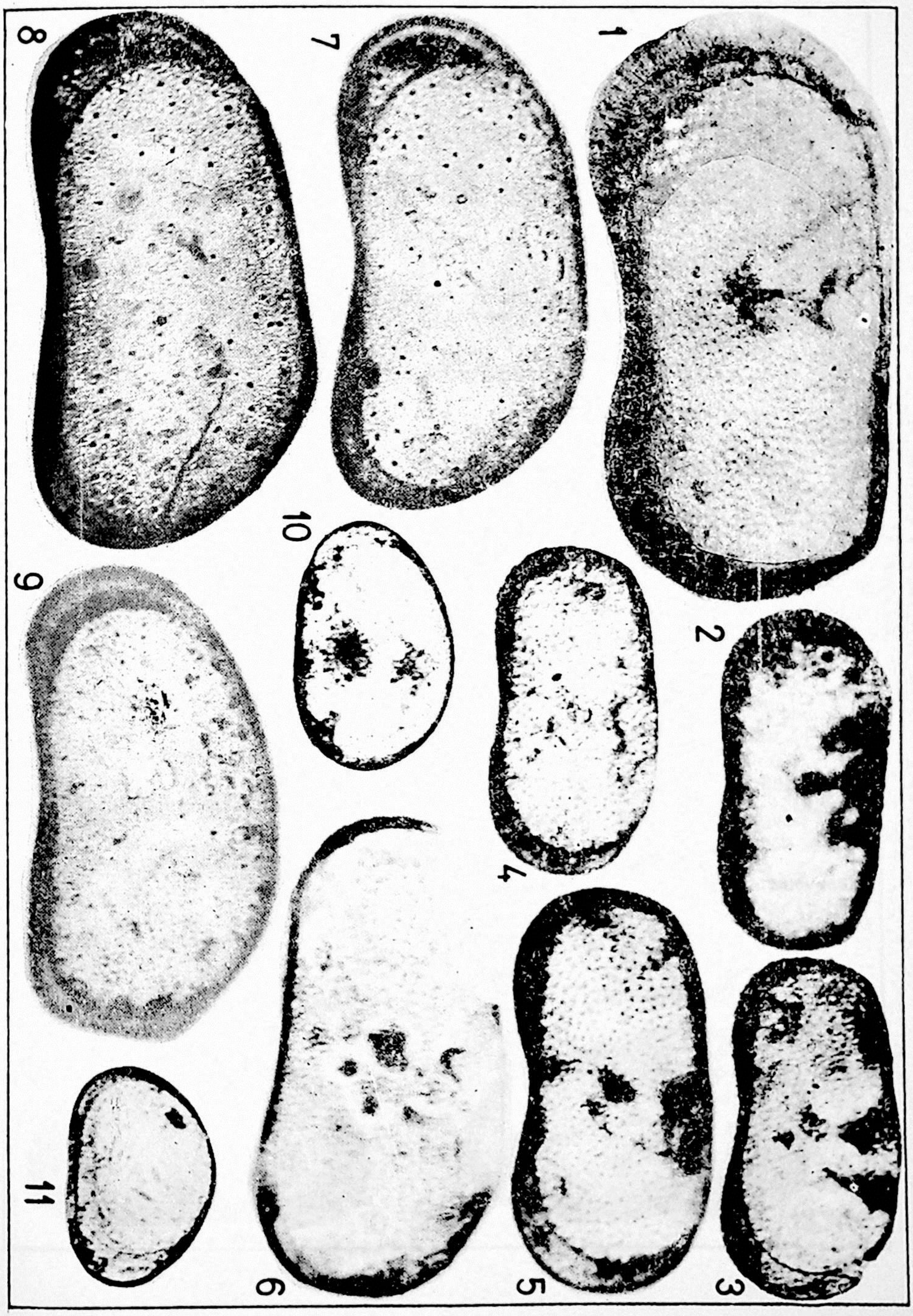
Увеличање:
104 x
Magnification:

Фото — Photo: Ст. Жолнај

ТАБЛА IV PLATE

Н. Крстић: Нове врсте квартарних остракода из Војводине

N. Krstić: New specia of the Quaternary ostracodes from Vojvodina.



ТАБЛА V PLATE

1. *Cyclocypris laevis* (O. F. M ü l l e r), Д женке — R female
БТ-10-Ж/8,05—8,25 м, Чантавир, Вишњевац (Holsteinian)

2. *Cyclocypris cf. serena* (K o c h), Д женке — R female
К-5-С/12,3—16 м, Сента, Горњи Брег (Holsteinian)

3. *Cyclocypris diebeli* A b s o l o n, Д женке — R female
Сента, циглана — brickyard, „Кикинда" т. 151 (Holsteinian)

4. *Cyprinotus magnus* n. sp., Д. женке?, паратип — R. female?, paratype
БТ-10-Ж/46,6—47,0 м, Чантавир, Вишњевац (Waalian)

5. *Virgatocypris aff. elongata* (S c h n e i d e r), Д женке — R female
К-4-О/2,6—2,7 m, Сента (Holsteinan)

6—7 *Scottia browniana* (J o n e s), 6. Л женке — L female, 7. Д женке — R female
Ж-6-СЦ/11,3—11,4 м, Српска Црња (Holsteinan)

8. *Scottia tumida* (J o n e s), Д женке — R female
БТ-10-Ж/8,05—8,25 м, Чантавир, Вишњевац (Holsteinian)

9. *Ilyocypris biplicata* (K o c h), Л женке — L female
„Јаша Томић", Житиште, т. 123 (Holsteinian)

10. *Eucypris pigra* (F i s c h e r), Л женке — L female
К-4-О/2,6—2,7 м, Сента (Holsteinian)

11. *Limnocythere cf. baltica* D i e b e l, Д женке — R female
ЈТ-11-Ж/14,75—14,95 м, Житиште (Holsteinian)

12. *Paralimnocythere compressa* (B r a d y & R o b e r t s o n), L o
Сента, циглана — brickyard, „Кикинда" т. 151 (Holsteinian)

13. *Cytherissa lacustris* (S a r s), Д женке — R female
„Јаша Томић", Житиште, т. 123 (Holsteinian)

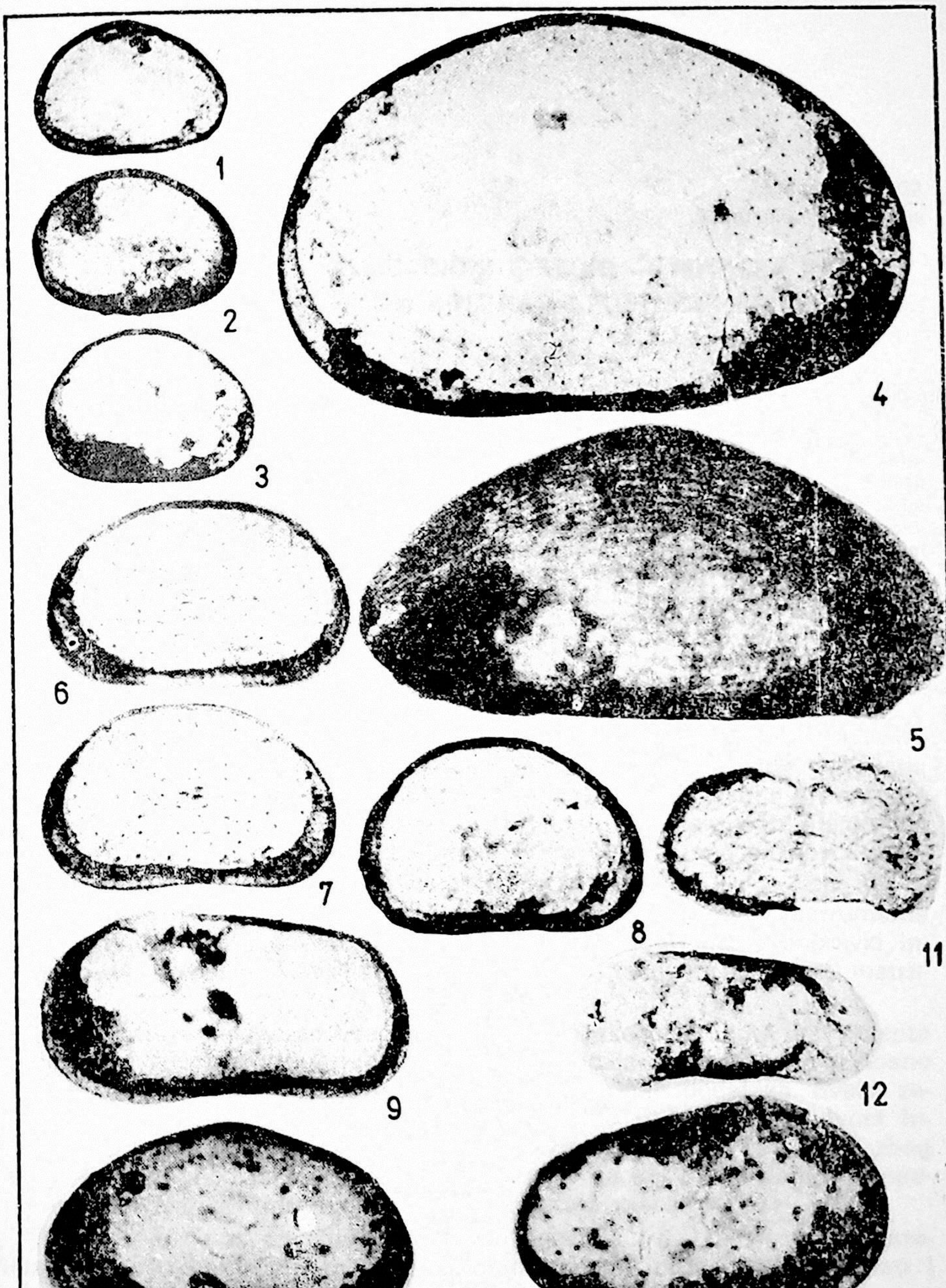
Увеличање:
55 x
Magnification:

Фото — Photo: Ст. Жолнај

ТАБЛА V PLATE

Н. Крстић: Нове врсте квартарних остракода из Војводине

N. Krstić: New specia of the Quaternary ostracodes from Vojvodina.





R A D O V I Geoinstituta, knjiga 18, god. 1985., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 18. 1985, Belgrade.

Milan Milojević

UDK 550.835.232
Saopštenje-informacija

RADIOMETRIJSKI KALIBRACIONI ETALONI — POTREBA ZA NJIHOVOM IZGRADNJOM KOD NAS I POSTUPAK IZRADE

(sa tri slike i dve tabele)

Ključne reči: kalibracioni etaloni, kalibracione konstante, izrada etalona.

U ovom radu prikazana su iskustva koja su stečena pri izgradnji kalibracionih etalona u Kanadi i Sjedinjenim Američkim Državama. Imajući u vidu da se u našoj zemlji primena radiometrijskih metoda uvodi sve više u praksu ukazano je na potrebu izgradnje i korišćenja sličnih etalona kod nas. Potreba za ovim etalonima prisutna je kako u Geoinstitutu, koji se više godina bavi istraživanjem urana tako i u nekim drugim geološkim institucijama u zemlji koje se, takođe, bave sličnim poslovima. Uz to sve je veća primena ovih metoda prilikom istraživanja različitih mineralnih sirovina kao što su Pb, Zn, Cu, Al i sl. kao i pri rešavanju različitih strukturno-geoloških problema.

UVOD

U toku višegodišnjeg rada sa gamaspektrometrima koji se koriste pri geološko-geofizičkim istraživanjima, na zemlji i iz vazduha, korekcija registrovanih vrednosti zbog Komptonovog rasejavanja kao i prevođenje korigovanih vrednosti u koncentraciju pojedinih radioaktivnih elemenata vrši se pomoću odgovarajućih konstanti, koje su dobijene sa novokupljenim instrumentima (portabilnim i aero).

Mada je prva kalibracija urađena od strane proizvođača instrumenta neophodno je, pre svake terenske sezone, a naročito posle popravki instrumenata, proveriti osetljivost i kontrolisati tačnost konstanti instrumenata.

Poznato je da se zamenom nekog elektronskog elementa instrumenta menjaju karakteristike instrumenta, što ima uticaja na osetljivost odnosno tačnost konstanti, koje koristimo pri obradi merenih podataka. Svaka zamena fotomultiplikatora gamaspektrometra bitno utiče na osetljivost instrumenta i broj registrovanih udara gama zraka u kristal detektoru, zbog čega je neophodno nanovo odrediti konstante sa kojima moramo da operišemo u svakoj kvantitativnoj analizi rezultata merenja.

Jasno je da za pouzdano određivanje sadržaja K, U i Th u rudi i stenama pomoću gamaspektrometara moramo, pored drugih uslova, imati i tačne konstante. Ove konstante mogu se odrediti na dva načina:

Adresa autora: Geoinstitut, Beograd, Rovinjska ul. br. 12.

— primenom veštačkih kalibracionih ploča odgovarajuće razmere i sadržaja radioaktivnih elemenata i, ređe,
— merenjem nad odgovarajućim stenskim masama sa ujednačenim i utvrđenim rasporedom sva tri radioaktivna elementa.

Obzirom da je teško naći, najmanje četiri, homogene stenske e sa sadržajem urana od300—500 ppm, pri čemu bi sadržaj torijuma nizak, ili stenske mase sa sadržajem torijuma od 300—350 ppm sa im sadržajem urana, za kalibraciju gamaspektrometara koriste se veš-i, betonski, radioaktivni etaloni.

Kalibracioni etaloni u svetu

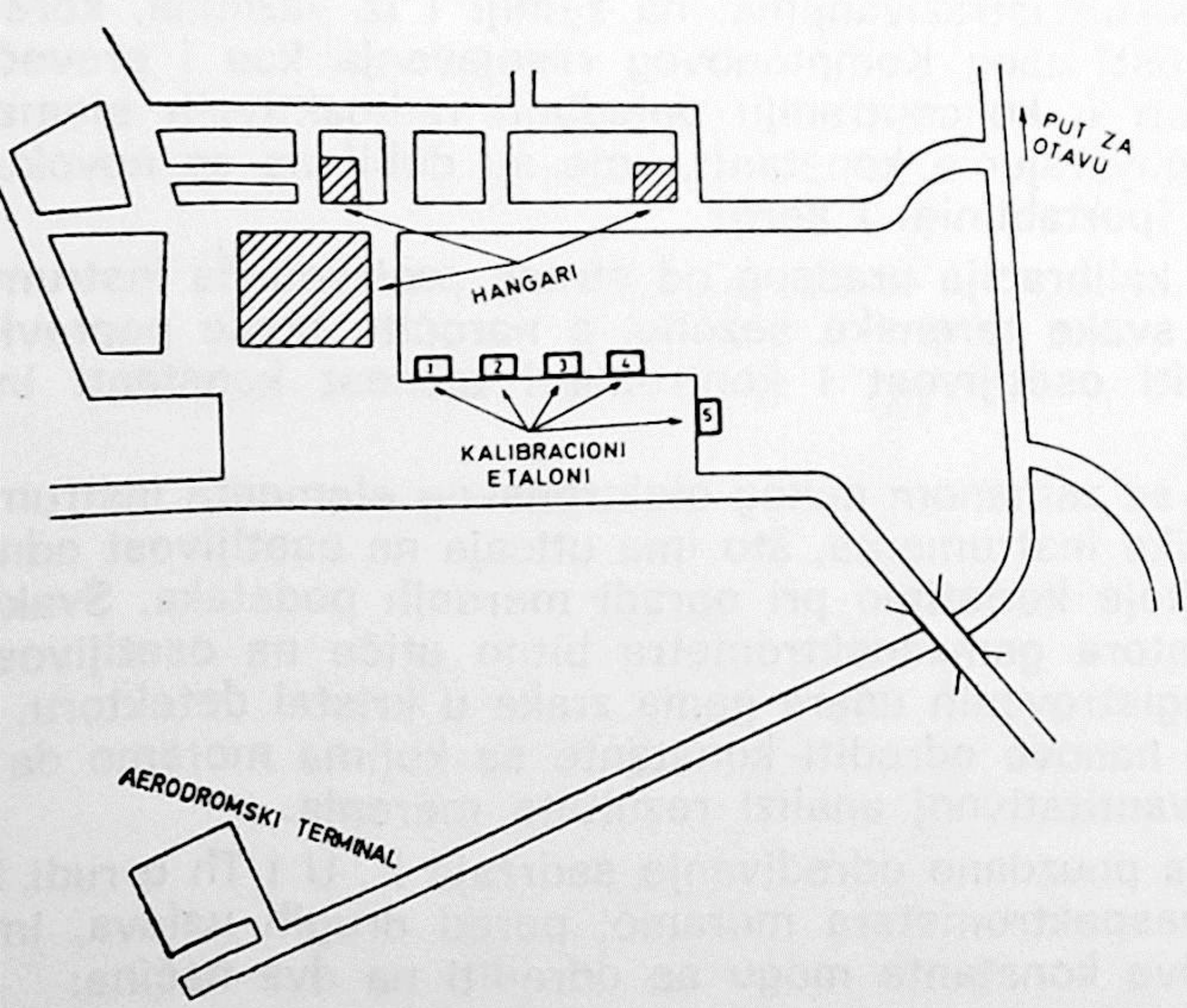
Prvi veštački etaloni za kalibraciju (portabilnih i aero) gamaspektro-ara urađeni su 1968. godine u Kanadi (aerodrom UPLAND, OTAVA), n 1976. u SAD (GRAND JUNCTION) i Iranu (TEHERAN) — tabela 1.

Za kalibraciju samo portabilnih gamaspektrometara izgrađeno je grupa kalibracionih etalona i to u Kanadi (Otava — 10 etalona i Kal- — 7 etalona), Danskoj (4 — etalona), Južnoj Africi (11 — etalona) i (5 — etalona) — tabela 2.

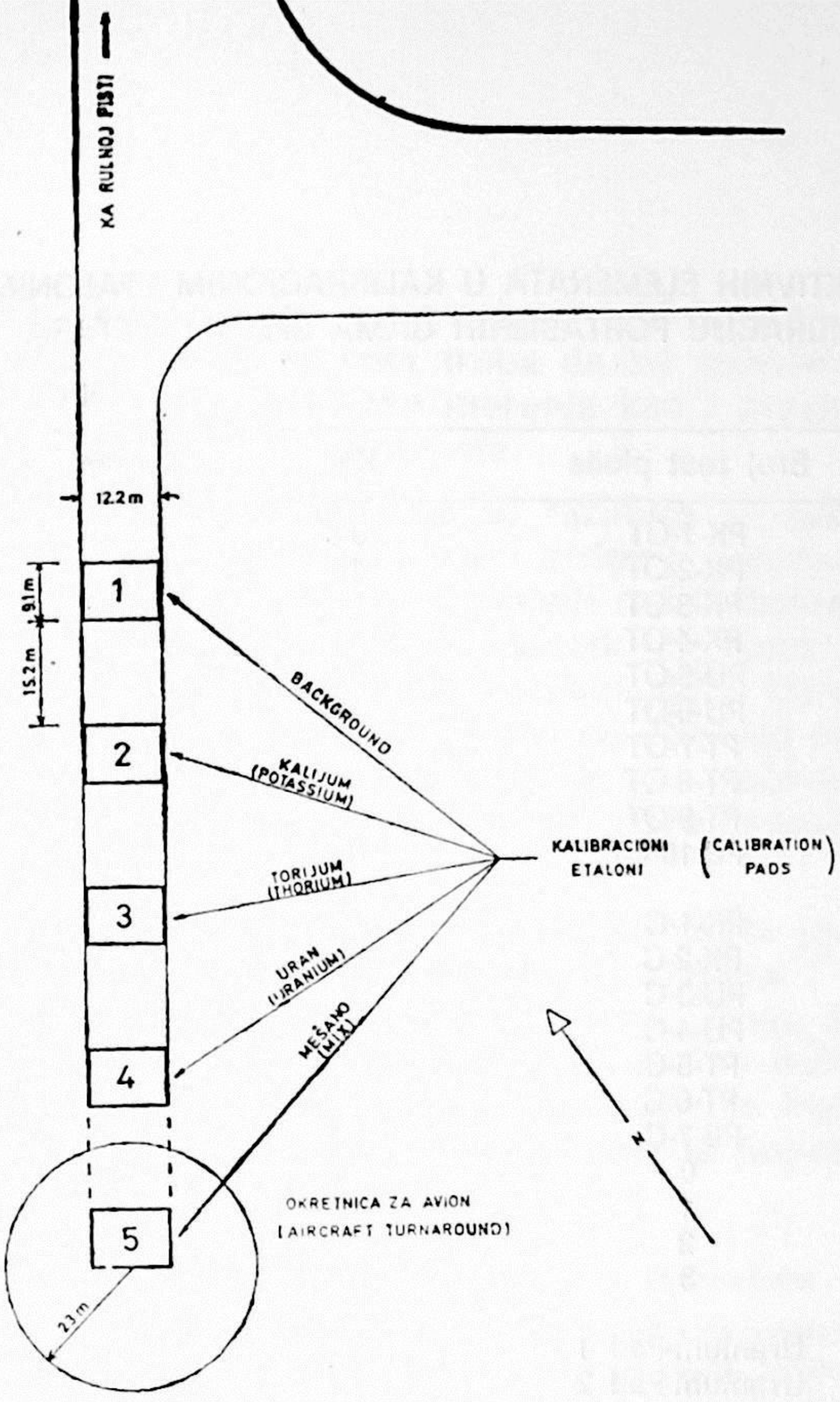
U tabelama 1 i 2 dat je pregled koncentracija kalijuma u (%) i ekvi-ntntog sadržaja urana i torijuma u (ppm) u kalibracionim pločama.

S obzirom da se portabilni gamaspektrometri koriste za kvantitativnu pretaciju pri istraživanju ruda urana i torijuma, to se za ove svrhe te etaloni sa rudnim koncentracijama radioaktivnih elemenata.

Na slikama 1 i 2 prikazan je razmeštaj i međusobni položaj etalona, se nalaze na UPLAND aerodromu kraj Otave u Kanadi i u Grand tion-u u USA.



Sl. 1
Fig. 1



Sl. 2
Fig. 2

KONCENTRACIJE RADIOAKTIVNIH ELEMENATA U KALIBRACIONIM ETALONIMA NAMENJENIM ZA KALIBRISANJE AEROGAMA SPEKTROMETARA

Tabela 1

Lokacija	Broj test ploče	K% ± 10	eU ppm ± 10	eTh ppm ± 10
Kanada[1] (Otava)	1	1.70 ± 0,08	2.4 ± 0.2	8.9 ± 0.6
	2	2.27 ± 0.10	7.3 ± 0.2	12.6 ± 0.7
	3	2.21 ± 0.08	3.0 ± 0.3	26.1 ± 0.9
	4	2.21 ± 0.01	2.9 ± 0.3	40.8 ± 1.9
	5	2.33 ± 0.09	11.7 ± 0.3	13.2 ± 0.7
		K% ± 20	eU ppm ± 2s	eTh ppm ± 20
USA[2] (Grand Junction)	1	1.45 ± 0.01	2.2 ± 0.1	6.3 ± 0.1
	2	5.14 ± 0.09	5.1 ± 0.3	8.5 ± 0.3
	3	2.01 ± 0.04	5.1 ± 0.2	45.3 ± 0.7
	4	2.03 ± 0.05	30.3 ± 1.6	9.2 ± 0.3
	5	4.11 ± 0.06	20.4 ± 1.3	17.5 ± 0.3
Iran[3] (Teheran)	1	2.31	1.80	7.91
	2	2.23	18.64	8.79
	3	2.17	2.80	46.0
	4	2.30	9.71	19.1
	5	2.09	1.93	9.11

[1] Grasty i Darnley (1981).
[2] Stromswold (1978).
[3] D. Blohm

KONCENTRACIJE RADIOAKTIVNIH ELEMENATA U KALIBRACIONIM ETALONIMA NAMENJENIM ZA KALIBRACIJU PORTABILNIH GAMA SPEKTROMETARA

Tabela 2

Lokacija	Broj test ploče	K%	eU ppm	eTh ppm
Kanada[1] (Otava)	PK-1-OT	0.8	—	—
	PK-2-OT	1.5	—	—
	PK-3-OT	3.0	—	—
	PK-4-OT	—	10	—
	PU-5-OT	—	45	—
	PU-6-OT	—	450	—
	PT-7-OT	—	—	8
	PT-8-OT	—	—	60
	PT-9-OT	—	—	300
	PB-10-OT	0.2	0.2	1
Kanada[2] (Kalgari)	PK-1-C	1.4	—	—
	PK-2-C	2.4	—	—
	PU-3-C	—	30	—
	PU-4-C	—	300	—
	PT-5-C	—	—	45
	PT-6-C	—	—	355
	PB-7-C	0.5	1	2
Danska[3]	0	1.0	0.8	2.4
	1	7.0	4.2	2.7
	2	0.8	6.3	151
	3	1.0	198	8
Južna Afrika[4] (Pelindaba)	Uranium-Pad 1	0.29	3731	290
	Uranium-Pad 2	0.33	2078	202
	Uranium-Pad 3	0.29	1255	114
	Uranium-Pad 4	0.37	458	44
	Uranium-Pad 5	0.33	12	0.9
	Thorium-Pad 1	1.66	280	12570
	Thorium-Pad 2	1.66	102	3870
	Thorium-Pad 3	1.66	68	3080
	Potassium Pad	10.1	0.4	0.9
	Mixed Pad	1.2	763	4395
	Background Pad	0.33	0.5	0.9
USA[5]	Background	2	5	10
	Potassium	7.8	5	10
	Uranium	2	500	10
	Thorium	2	30	700
	Mix	4	350	250

[1] Po preliminarnim podacima — Killeen i Conaway (1978).
[2] Po preliminarnim podacima — Richardson i Killen (1979).
[3] Po Lovborg-u (1978).
[4] Po Cornez-u i Toens-u (1979).
[5] Po Evans-u (1978).

Kalibracione konstante

Kvantitativno »in situ« određivanje koncentracije kalijuma (K), ekvivalentnog sadržaja urana (eU) i torijuma (eTh) može biti urađeno korišćenjem podataka dobijenih portabilnim gamaspektrometrima, pod uslovom da su ovi, na odgovarajući način, tačno kalibrisani. Uz prethodno utvrđen

normalni režim rada i energetsko podešavanje, kalibracijom instrumenta nad kalibracionom pločom treba da se odrede tri grupe konstanti, kojim se vrši korekcija podataka merenja kao i prevođenje vrednosti u koncentraciju radioaktivnih elemenata.

Kalibracione konstante su različite za svaki gamaspektrometar. Ima ih ukupno šest, i zovu se još i striping konstante, (α, β, γ, a, b i g) i sa njima se koriguju merene vrednosti radioktivnosti zbog efekata tzv. Komptonovog rasejavanja koje se događa prilikom prolaska gama zraka kroz materiju. Naime gama fotoni energije do 3 MeV pri prolazu kroz materiju gube deo svoje energije pri čemu se stvaraju novi gama fotoni nižih energija. Kao rezultat ovog efekta javlja se rasejavanje gama zračenja tako da se deo registruje sa primarnim gama zračenjem pa je neophodno otkloniti njegov uticaj.

Značenje pojedinih konstanti šematski je dato na sl. br. 3. Naime, deo radijacije koja potiče od urana, torijuma i kalijuma^{40} zbog Komptonovog efekta registruje se u »prozorima« druga dva elementa. Tako, na primer, u »prozoru« kalijuma registruje se deo radijacije koja potiče od urana i torijuma, u »prozoru« urana registruje se deo radijacije koja potiče od kalijuma i torijuma i u »prozoru« torijuma registruje se deo radijacije koja potiče od kalijuma i urana.

Prava vrednost Komptonovih konstanti je sledeća:

α — broj impulsa iz spektra torijuma koji se registruju u uranskom »prozoru« prema broju impulsa registrovanih u torijumskom »prozoru«,

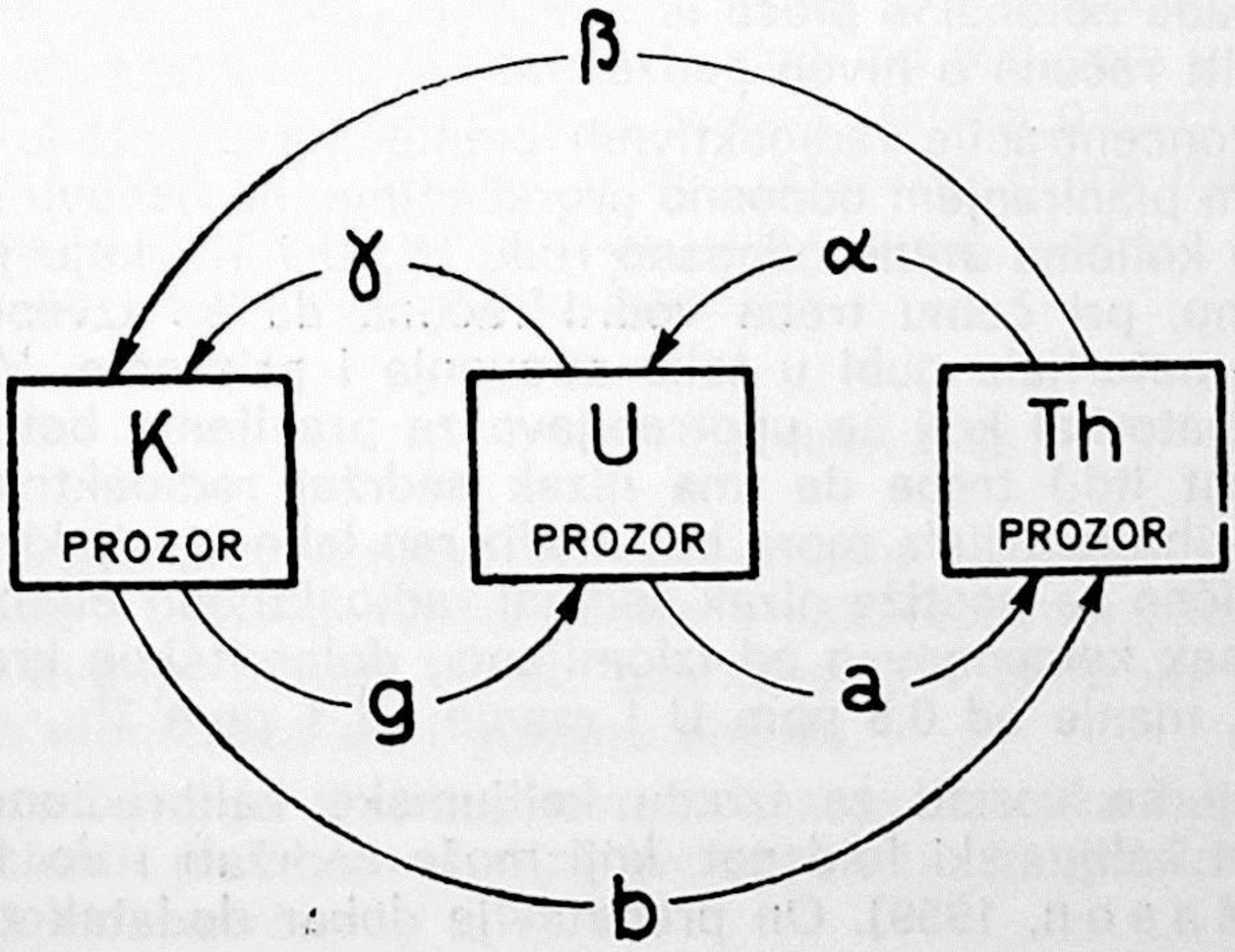
β — broj impulsa iz spektra torijuma koji se registruje u kalijumskom »prozoru: prema broju impulsa registrovanih u torijumskom »prozoru«,

γ — broj impulsa iz spektra urana koji se registruje u kalijumskom »prozoru« prema broju impulsa registrovanih u uranskom »prozoru«,

a — broj impulsa iz spektra urana registrovanih u torijumskom »prozoru« prema broju impulsa registrovanih u uranskom »prozoru«,

b — broj impulsa iz spektra kalijuma, registrovanih u torijumskom »prozoru« prema broju impulsa registrovanih u kalijumskom »prozoru« i

g — broj impulsa iz spektra kalijuma registrovanih u uranskom »prozoru« prema broju impulsa registrovanih u kalijumskom prozoru.



Sl. 3

Fig. 3

Pored konstanti kojima otklanjamo uticaj Komptonovog efekta rasejavanja u obradi gamaspektrometrijskih podataka koriste se: — **konstante osetljivosti,** kojih ima ukupno tri (Ks, Us i Ths), a koje predstavljaju odnos merene vrednosti radioaktivnog gama zračenja (korigovane za bekgraund i Komptonov efekat) i koncentracije radioaktivnog elementa u kalibracionom etalonu.

— Konstante bekgraunda, kojih ima ukupno tri, (Kb, Ub i Thb) a koje predstavljaju fonsku vrednost radioaktivnosti izmerene nad kalibracionom pločom kod koje je sadržaj sva tri radioaktivna elementa minimalan.
U praksi se konstante (α, β i γ) koriste pri obradi gamaspektrometrijskih podataka dok se za konstante (a, b i g) uzima da su jednake nuli, izuzev konstante (a), za prostore sa visokom koncentracijom urana gde ona dostiže vrednost od oko 0,05 (G r a s t i, 1975).

Konstrukcija i izrada kalibracionih etalona

Pre nego što se pristupi izradi kalibracionih ploča neophodno je detaljno isplanirati sve radnje koje treba sprovesti pri njihovoj izradi, a to su:

1. Određivanje veličine kalibracione ploče, vodeći računa o sadašnjim i budućim potrebama,
2. Određivanje prostora na kojem će se raditi, imajući u vidu da je neophodno obezbediti njihovu zaštitu, ali i zaštitu okoline ukoliko je radioaktivnost kalibracionih ploča znatno veća u odnosu na okolinu,
3. Način pripremanja i proceduru utvrđivanja koncentracije i međusobnih odnosa radioaktivnih materijala u betonu od kojeg će biti izrađene kalibracione ploče,
4. Utvrđivanje postupka pripreme radioaktivnih materijala i njihovog mešanja sa drugim materijalima kod izrade betona,
5. Izbor odgovarajuće mešalice, po mogućstvu velike zapremine,
6. Pouzdana kontrola koncentracije radioaktivnih elemenata u betonu,
7. Zaštita ljudstva u toku radova.

Proračuni pokazuju, a iskustvo potvrđuje, da su najmanje dimenzije kalibracionih ploča za aerogamaspektrometre 8 m x 8 m x 0,5 m.

Rastojanje između etalona mora biti najmanje 15 m, jer se na taj način eliminiše uticaj radioaktivnosti jedne na drugu betonsku ploču. Određivanje mesta izrade betonskih ploča je značajno zbog bezbednosti. Istovremeno treba voditi računa o nivou podzemnih voda u toku cele godine.

Što se tiče koncentracije radioaktivnih elemenata u betonu ista se određuje prethodnim planiranjem odnosno proračunima, na osnovu čega se sračunava potrebna količina stene odnosno rude (K, U i Th) koju je neophodno dodati betonu, pri čemu treba voditi računa da se izvesna količina radioaktivnog materijala gubi u toku mlevenja i pripreme. Važno je istaći da osnovni materijal koji se upotrebljava za pravljenje betona (pesak, šljunak, cement itd.) treba da ima nizak sadržaj radioaktivnih elemenata. Svaki od ovih materijala mora biti analiziran laboratorijskim gamaspektrometrom. Obično se postiže nizak sadržaj radioaktivnih elemenata u slučaju kada je pesak komponovan od izlomljenog dolomitskog krečnjaka, koji sadrži 0,2% K, manje od 0,5 ppm U i manje od 1 ppm Th.

Materijalu koji se koristi za izradu kalijumske kalibracione ploče može se dodati čist kalijumski feldspat, koji može sadržati i do 14% kalijuma (B e r r y i M a s o n, 1959). On predstavlja dobar dodatak za pode-

šavanje koncentracije kalijuma u ploči i omogućava dobijanje visoke koncentracije K, čak iznad 7% (L ö v b o r g, 1978).

Pegmatiti sadrže, takođe, velike količine K-feldspata, međutim, oni su najčešće obogaćeni uranom i torijumom, koji su u ovom slučaju nepoželjni. Za kalijumske kalibracione ploče izrađene kraj Otave i Kalgarija, korišćen je nefelinski sijenit, bogat kalijumskim feldspatima, koji sadrži manje od 1 ppm U i 1 ppm Th. Za ploče dimenzija 3 m u prečniku, i 0,5 m debljine bilo je neophodno obezbediti 3,5 m^3 nefelin sijenita.

Pri izgradnji uranske kalibracione ploče koristi se obično ruda urana, u kojoj uran mora biti u radioaktivnoj ravnoteži sa članovima svog niza. U ove svrhe ne može se koristiti žuti kolač jer je uran u tom slučaju praktično odvojen od svojih produkata raspadanja.

U Kanadi je pri izradi uranske kalibracione ploče korišćena, kao dodatak, ruda urana sa pehblendom, kao glavnim mineralom, iz rudnika Beaverlodge (Saskatchewan). Ova ruda ima dve značajne prednosti:

— Prisutna je radioaktivna ravnoteža i
— Neznatan sadržaj torijuma.

Maksimalna koncentracija urana dostiže 7% torijuma 15 ppm pa se pri izradi ploča koriste male količine rude. Na primer, za ploču dimenzija 3 m x 0,5 m sa 50 ppm urana potrebno je oko 6 kg rude, a za ploču sa 500 ppm urana bilo je dovoljno 60 kg rude kao dodatka. Međutim, sa druge strane mala količina uranske rude stvara problem pri mešanju, odnosno nejednakom rasporedu urana u betonskoj ploči, s obzirom da je ukupna težina uranske kalibracione ploče oko 8 tona.

Da bi se postigao homogen raspored prethodno se ruda urana meša sa hematitom, rudom gvožđa, sa ciljem da se poveća masa uranskog dodatka. Ruda gvožđa je odabrana zbog velike gustine a to omogućava bolje mešanje. Obično se koristi ruda urana sa pehblendom samlevena u prah sa desetostruko većom količinom hematita.

Kao dodatak torijumskim kalibracionim pločama obično se koristi monacitski pesak ili neka ruda torijuma. Međutim, torijum je najčešće u bliskoj vezi sa uranom te je teško naći odgovarajuću rudu torijuma.

Monacitski pesak može sadržati i do 5% pa i više Th. U mnogim monacitima odnos U/Th često se kreće do 1:20 pa bi, na primer, pri koncentraciji torijuma u kalibracionoj ploči od 500 ppm urana bilo 25 ppm U. Zbog toga je za izgradnju torijumskog etalona pogodnije koristiti mineral torijuma torit (ThO_2) jer je u njemu prisustvo urana manje.

Slično kod izrade uranske kalibracione ploče i ovde se torit melje i meša sa većim količinama hematita.

UZORKOVANJE

Uprkos proračunima pri određivanju potrebne količine radioaktivnih elemenata i njihove koncentracije u kalibracionim pločama, neophodno je, u toku livenja betona, vršiti uzorkovanje i kontrolu koncentracije radioaktivnih elemenata ali i gustine betona.

Uzorkovanje podrazumeva uzimanje uzoraka betona, u toku livenja kalibracionih ploča, za analizu koncentracije (portabilnim i laboratorijskim) gamaspektrometrima.

Dodatni uzorci moraju biti uzeti za eventualne buduće radove kao što su: petrografske analize, analize poroznosti ili magnetskog susceptibiliteta.

Za vreme izgradnje kalibracionih etalona kraj Otave, u Kanadi, uzorkovanje je sprovedeno za vreme livenja betona. Uzet je određen broj uzoraka tako da reprezentuju materijal sa svih delova etalona. Na primer 14 — uzoraka je uzeto za svaki etalon, od 3 m u prečniku, tako da je 5 uzoraka, podjednako udaljenih, i bližih spoljnoj ivici etalona, uzeto, kao i 2 uzorka bliže centru. Ovo je urađeno u dva navrata svakih 25 cm debljine etalona.

U cilju određivanja kvaliteta betona uzeto je više uzoraka uz pomoć cilinda prečnika 15 cm visine 30 cm. Ovi uzorci se čuvaju kao dodatni uzorci posle kontrole kvaliteta betona.

Postoje još dva načina uzorkovanja: prvi je vađenje uzorka mokrog betona neposredno po završetku livenja kalibracionog etalona i drugi vađenje uzorka bušenjem sa jezgrovanjem, posle očvršćavanja betona, ali se ovaj način ne preporučuje jer se šteti kalibracioni etalon.

Mere zaštite

Doza radijacije je kumulativna i osoblje koje radi sa radioaktivnim etalonima mora biti zaštićeno tako da se ne primi količina radijacije iznad dozvoljene u toku određenog vremena.

Jugoslovenski propisi dozvoljavaju maksimalno dozvoljenu dozu zračenja od 0,05 siverta u godini (Sv/god) dana, za radnike koji rade u oblasti atomske radijacije i jednu desetinu od tog za ostalo osoblje (0,005 Sv/god). Količina radioaktivnosti dobijena sa uranskog etalona koja ima u sebi 1 ppm U je 0,1 x 10^{-2} mikro Sv/h. Najveća koncentracija radioaktivnih etalona je 500 ppm U i ona daje radioaktivnost od 310 x 10^{-2} mikro Sv/h u centru etalona (u kojem se može posmatrati kao beskonačno veliki izvor). Iz ovog se vidi da bi bilo nemoguće da radnici sa radioaktivnih etalona prime maksimalnu dozu radijacije (od 0,05 Sv/god) čak i kad bi se nalazili u centru ploče 24 časa u toku 365 dana.

Za dobijanje maksimalno dozvoljene doze radioaktivnosti od 0,005 Sv/god bilo bi potrebno da se bude 1612^h svake godine u centru radioaktivnog etalona, što je ekvivalentno boravku od $4{,}4^h$ svakog dana u toku godine ili 8^h u toku 202 dana.

Druga stvar o kojoj se mora strogo voditi računa jeste vezana za postupak i organizaciju lomljenja rude urana do veličine zrna peska. Specijalna zaštita osoblja mora biti preduzeta posebno od radioaktivne prašine. Zbog toga je neophodno da osoblje koristi zaštitne maske u toku rada sa radioaktivnom rudom.

Treća takođe značajna zaštita okoline odnosi se na pranje vozila-mešalice i odlaganje radioaktivne vode i ostatka neutrošenog betona. Redosled (postupak) livenja ploča mora biti takav da se pri poslednjem livenju u mešalicama nađe beton sa najmanjom količinom radioaktivnih primesa urana i torijuma:

1. **Lije se prvo etalon sa visokim sadržajem radioaktivnog U,**
2. **Etalon sa niskim sadržajem U,**

3. Etalon sa visokim sadržajem Th,
4. Etalon sa niskim sadržajem Th,
5. Etalon sa visokim sadržajem K,
6. Etalon sa niskim sadržajem K,
7. Etalon bez sadržaja radioaktivnih sastojaka — Bekgraund ploča.

Ostatak betona posle izlivanja Bekgraund etalona može biti korišćen za livenje malog betonskog bloka koji se kasnije može ili odneti ili koristiti za analizu radioaktivnosti.

Računanje potrebne količine radioaktivnih aditiva

Dimenzije i oblik etalona koji treba uraditi, saglasno potrebama, prethodno se planiraju. Osnovni smisao izrade radioaktivnih etalona je da se u što većoj meri odražavaju uslovi koji se najčešće sreću u prirodi i to u pogledu gustine materijala, sadržaja radioaktivnih elemenata i geometrije.

Zbog toga najbolja gustina betona bi bila 2,67 gr/cm^3 i ona bi simulirala kristalaste stene ili nešto niža, koja bi simulirala peščare ili druge sedimente.

Generalno, veoma je teško napraviti beton sa gustinom većom od 2,4 gr/cm^3 bez dodavanja rude teških metala (kao što je barit). U ovom slučaju dodavanje ovih metala nije preporučljivo jer bi oni uticali na oblik spektra gama zračenja, što bi moglo prouzrokovati pogrešne rezultate kalibracije.

Kalibracioni etaloni kraj Otave imaju gustinu 2,4 gr/cm^3 postignuti dodavanjem dolomita kao glavne komponente.

Za računanje količine aditiva (K), (U) ili (Th) koji dodajemo betonu prilikom izrade kalibracionih etalona moramo znati sledeće veličine:

— Zapreminu etalona u kubnim metrima (Vm^3),
— gustinu etalona u gr/cm^3 (gr/cm^3),
— koncentraciju radioaktivnog elementa u etalonu (Ke),
— koncentraciju radioaktivnog elementa u aditivu (K_{adit}),
— koncentraciju radioaktivnog elementa u agregatu (K_{agr})
— masu etalona (Me)
— masu radioaktivnog elementa u aditivu (M_{Readit}),
— masu radioaktivnog elementa u agregatu (M_{Reagr}).

(Agregat koji se koristi u ovom slučaju saduži sve materijale uključujući pesak i cement — osim aditivnih sredstava).

Iz prethodnih veličina možemo izračunati sledeće:

a) Totalna masa etalona
$$Me = Vm \qquad (1)$$

b) Koncentracija radioaktivnih elemenata u etalonu biće
$$Ke = (M_{Readit} + M_{Reagr}) \qquad (2)$$

c) Masa radioaktivnog elementa u aditivu biće:
$$M_{Readit} = M_{adit} \cdot K_{adit} \qquad (3)$$

d) Masa radioaktivnog elementa u agregatu biće:
$$M_{Reagr} = M_{agr} \cdot K_{agr} \qquad (4)$$

Ako jednačinu (2) podelimo sa ($M_{adit} + M_{agr}$) dobićemo koncentraciju radioaktivnog elementa u etalonu (Ke):

$$Ke = \frac{(M_{adit} \cdot K_{adit}) + (M_{agr} \cdot K_{agr})}{M_{adit} + M_{agr}} \qquad (5)$$

dalje masa agregata biće

$$M_{agr} = M_e - M_{ad} \qquad (6)$$

i masa aditiva

$$M_{adit} = M_e \frac{(Ke - K_{agr})}{(K_{adit} - K_{agr})} \qquad (7)$$

Formule od 1—7 dovoljne su za proračun potrebnih količina svih sastojaka potrebnih za pristupanje izradi adekvatnih kalibracionih etalona.

ZAKLJUČAK

U radu je diskutovano o potrebi konstruisanja radioaktivnih kalibracionih ploča koje bi služile za kalibraciju (portabilnih i aero) gamaspektrometara koji se primenjuju u geološko-geofizičkim istraživanjima.

Ukazano je na neophodnost pristupa izradi ovakvih etalona s obzirom na sve širu primenu radioaktivnih metoda, u našoj zemlji pri istraživanju nuklearnih mineralnih sirovina ali i istraživanjima olova, cinka, bakra, boksita i dr. kao i rešavanju problema geološke građe.

Takođe je u tekstu, na osnovu iskustava koja su stekli stručnjaci Geological Survay of Canada u toku izrade više različitih grupa etalona, opisan način pripreme, planiranja, izrade i zaštite okoline pri izgradnji radioaktivnih etalona.

Predato za štampu 30. V 1984. Recenzent Milan Petrović

LITERATURA

1. R. L. Grasty and A. G. Darnley, 1971: The calibration of gamma-ray spectrometers for ground and airborne use. Geological Survey of Canada paper 71—17. Ottawa Canada.
2. K. A. Richardson and P. G. Killeen, 1979: Calibration facilities for gamma-ray spectrometers mode available by Geological Survey of Canada, The Northern miner march 1979. Canada.
3. G. W. Cameron and P. G. Killeen 1977: Radiometrics Calibration facilities, Geological Survey of Canada.
4. G. W. Cameron and P. G. Killeen, 1977: Computation of in situ Potassium, Uranium and Thorium concentrations for portable gamma-ray spectrometer data, Geological Survey of Canada paper 77-1A.
5. P. G. Killeen, 1979: Construction of calibration facilities for gamma-ray spectrometric equipment preliminary report. Geological Survey of Canada.
6. P. G. Killeen, 1979: Gamma-ray spectrometric methods in uranium exploration application and interpretation, Geophysics and Geohemistry in the search for Metalic Ores.

Summary

CALIBRATION FACILITIES FOR GAMMA-RAY SPECTROMETERS AND THEIR CONSTRUCTION

by

Milan Milojević

In this paper we are discussed about need of producing radioactive test pads which would serve in geological-geophysical researches.

It has been pointed at the indispensability of approaching producting of such test pads taking into consideration laerger use of radioactive methods in Yugoslavia not only in research of nuclear mineral raw materials, but in research of Al, Cu, Pb-Zn and probbably other mineral materials.

In text was at the basis of the experience of experts of Geological Survay of Canada (P. G. Killen 1979) while constructing many different groups of radioactive test pads beginning with the first made in 1968. with the last ones practiced in Calgary (Alberta).

By using mostly informations from geological Survey of Canada was discused the way of preparation, planing, producing and protection of environment when constructing radioactive test pads.