RADOVI

INSTITUTA ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

GODINA VI / BROJ 7 / BEOGRAD 1971.

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM:

Vojislav Vujanović
Desanka Popović
Stanislav Višić
Milorad Arsenijevć
Milorad Teofilović
Gavrilo Deleon
Živadin Jakovljević
Spasoje Konjović

ODGVORNI UREDNIK:

Milorad Teofilović

Tiraž: 500 primeraka

Štampa: Grafičko preduzeće »Radiša Timotić«, Beograd, Jokšićeva 9 — 1972.

SADRŽAJ — CONTENT

GEOLOGIJA

		Strana / Page
1.	Milan Ristić i Cvetko Markov: Mineraloško-geohemijske odlike, sredina taloženja, indikatori orudnjenja i način postanka ležišta urana Žirovski Vrh u SR Sloveniji	1
	Milan Ristić and Cvetko Markov: Mineral and geochemical features, depositional environment, mineralization indicators and the formation of Žirovski Vrh uranium deposit, Slovenia	32
2.	Stanislav Višić: Uranonosna područja oblasti Šumadije	35
	Stanislav Višić: Uranium — bearing areas in Šumadija	52
3.	Milorad Arsenijević i Vera Ćebić: Volfram u rudonosnoj strukturi »Jezero« olovno-cinkovog ležišta Rudnik	53
	Милорад Арсенијевић и Вера Ћебић: Волфрам в рудосодержаюшчей структуре »Jезеро« Pb-Zn месторождения Рудник	72
4.	Slobodan Vukašinović: Opšte geostrukturne karakteristike Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti koje proističu iz podataka geofizičkih ispitivanja	75
	Slobodan Vukašinović: General geostructural features of Kratovo-Zletovo volcanic area based on the Data of geophysical investigations	83
5.	N. Krstić: Ostrakodi kongerijskih slojeva 6: Ilyocypris, Stenocypia (?) i Ilyodromus (?)	85
	N. Krstić: Ostracodes of the congerian beds 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) and Ilyodromus (?)	89
6.	Živojin Petrović i Toplica Jančić: Inženjersko-geološka i geoelektrična ispitivanja na planini Papuk u cilju izbora tipa kaptaže za izvor Veličanke	91
	Živojin Petrović and Toplica Jančić: Engineering-geological and geoelectrical investigation for the selection of captage type of the Veličanka spring on the mountain Papuk	104
7.	Petar Milanović: Pretpostavka o generalnom pravcu dreniranja podzemnih voda koje poniru u dnu Popovog Polja	105
	Petar Milanović: Hypothesis on the general direction of drainage of underground waters sinking at the bottom of Popovo Polje	108
8.	Stanimir Putnik i Svetomir Stojković: Rudne pojave i mineralizacija bakra u rudonosnoj zoni Radanovci—Taor	109
	Stanimir Putnik and Svetomir Stojković: Ore occurrences and mineralization of copper in ore bearing zone Radanovci—Taor	116

Strana
Page

GEOHEMIJA

9. V. Vujanović, M. Teofilović i M. Arsenijević: Regionalna proučavanja mineralnih voda i banja u Srbiji i AP Vojvodini i njihove osnovne geološke, geohemijske i genetske karakteristike 117

V. Vujanović, M. Teofilović and M. Arsenijević: Regional study of basic geological, geochemical and genetic characteristics of mineral waters and spas in Serbia and AP Vojvodina 135

10. Milica Simović: Primena kolorimetrijske metode za odredivanje sadržaja Ni sa α furyl-dioxime-om u ultrabazičnim stenama 139

Milica Simović: An application of colorimetric method for determination the content of Ni by α furyl-dioxime in ultrabasic rocks . . . 149

11. Milica Simović: Primena kolometrijske metode za određivanje sadržaja Co sa 3N butyl-amine-om u ultrabazičnim stenama 151

Milica Simović: An application of colorimetric method for determination the content of Co with 3N bytilaminne in ultrabasic rocks . . 160

GEOFIZIKA

12. Slobodan Vukašinović: Značaj, zadaci i tehničko-metodološki aspekti sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije 161

Slobodan Vukašinović: The importance, Task and technical and methodological aspects of systematic aeromagnetic investigations in Yugoslavia 171

13 Slobodan Vukašinović: O potrebi i metodologiji geomagnetskih ispitivanja na seizmogenom području Bosanske Krajine 173

Slobodan Vukašinović: The role and methods of geomagnetic investigation in the Bosanska Krajina seizmic area 176

14. Stanislav Višić i Dimitrije Lakić: Istraživanje olova i cinka primenom metode IP na lokalnosti Sedrenik 179

Stanislav Višić and Dimitrije Lakić: Exploration of lead and zinc by the IP survey employing time domain techniques at the Sedrenic locality 191

15. Šandor Slimak: Izučavanje seizmičkog efekta masovnih miniranja 193

Šandor Slimak: Forschung der seismischen Effekte der Massensprengungen 212

SAOPŠTENJA I RASPRAVE

16. Milorad Arsenijević: Nova pojava mineralne vode u Vitanovcu (kod Kraljeva) 213

17. Milorad Arsenijević: Retki i drugi mikroelementi i njihov zonarni raspored u sulfidnim mineralima ležišta olova i cinka Rudnik . . . 217

18. Slobodan Vukašinović i Toplica Jančić: Rasprava o seizmičnosti terena Bosanske Krajine 219

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

MILAN RISTIĆ
CVETKO MARKOV

UDK: 549:550.4:546.791 (497.12)

MINERALOŠKO-GEOHEMIJSKE ODLIKE, SREDINA TALOŽENJA, INDIKATORI ORUDNJENJA I NAČIN POSTANKA LEŽIŠTA URANA ŽIROVSKI VRH U SR SLOVENIJI

(sa 15 slika)

Obimni prospekcioni, istražni i studijski radovi koji su do sada izvršeni u gredenskim peščarima Savskih bora u SR Sloveniji, kao i naša izučavanja, omogućila su da se uspešno izvrši određivanje mineralnog sastava, načina postanka, sredine stvaranja orudnjenja i mineraloško-geohemijskih odlika ležišta urana Žirovski Vrh.

Izučavanjima čiji se rezultati prikazuju u ovom radu ne samo da je rešen niz pitanja od interesa za procenu ekonomske vrednosti ležišta, nego su ona dala i niz korisnih informacija o indikatorima orudnjenja, što omogućava lakše otkrivanje skrivenih koncentracija minerala urana u ovom ležištu i rudnom rejonu Gorenje Vasi.

UVOD

Gredenski peščari Savskih bora ocenjeni su, na osnovu metalogenetske analize rezultata svih do sada izvršenih izučavanja, kao vrlo perspektivan petrogeni kompleks za nalazak produktivnih ekzogenih orudnjenja urana, kako zbog postojanja u njima ležišta urana srednje veličine (Žirovski Vrh), tako i zbog postojanja izvora urana i povoljnih fizičko-hemijskih uslova za taloženje urana.

Zadatak izvršenih izučavanja bio je određivanje mineralnog sastava, geneze i sredine stvaranja orudnjenja i izučavanje njegovih mineraloško-geohemijskih odlika radi određivanja indikatora orudnjenja.

Istorijat

Prva orijentaciona prospekcija izvršena je u ovoj oblasti 1951—1952. godine, ali otkrivene anomalije radioaktivnosti nisu proveravane. Prospekcija je obnovljena 1960. godine, kada je autoradiometrijskom prospekcijom otkriveno i ležište urana Žirovski Vrh (Đ. I v a n o v i ć). Prospekcija je završena 1969. godine aeroradiometrijskim ispitivanjem istočnog dela Savskih bora. Obimni istražni i pripremni radovi izvode se u rudnom rejonu Gorenje Vasi već oko 10 godina. Ovim je radovima otkriveno i istraženo ležište urana srednje veličine, u lokalnosti Žirovski Vrh.

Geografski položaj

Oblast Savskih bora nalazi se u centralnoj Sloveniji i prostire se od Radeča na istoku do Cerkna na zapadu. Severnu granicu Savskih bora čini linija Žiri—Trebnja i Kranj—Celje. Ova oblast ima razuđen planinski reljef sa duboko usečenim rečnim dolinama i sa veoma strmim padinama. U nižem zapadnom delu planinski vrhovi imaju apsolutnu visinu nešto preko 1000 m, dok ona u višem zapadnom delu iznosi oko 1500 m. Ovi su delovi odvojeni ljubljanskom kotlinom.

REZULTATI PROSPEKCIJE I ISTRAŽIVANJA

Rudni rejon Gorenje Vasi nalazi se u SZ delu tektonske jedinice Savskih bora, koja se u pravcu JI prostire oko 100 km i ima širinu od oko 20 km. Šire područje rudnog rejona izgrađeno je najvećim delom od karbonskih, permskih i trijaskih sedimenata, koji su u kredi i tercijaru iskraljuštani (B. S i k o š e k). Vrlo složena tektonska građa otežava izdvajanje i praćenje pojedinih stratigrafskih članova, što se naročito odnosi na razvoj permskih peščara u kojima se nalaze orudnjenja urana.

U užem području ležišta urana Žirovski Vrh sedimenti gornjeg karbona leže transgresivno preko donjeg karbona i paleozoika. Permski sedimenti sastoje se od srednjepermskih krečnjaka i gredenskih peščara i od gornjopermskih belerofonskih krečnjaka i dolomita (sl. 1.).

Gredenski slojevi srednjeg permna razvijeni su u kontinentalnoj i marinskoj faciji (S. R a d o š e v i ć), a sastoje se od sivkastih i crvenkastih peščara, alevrolita, alevrolitičnih glinaca i konglomerata. Peščari su najzastupljeniji litološki tip. Epizonalan metamorfizam zahvatio je i ove slojeve u kojima je česta pojava epigenetskih kvarcnih žilica. Oni su na Žirovskom Vrhu debeli oko 800 m. Podinu im čine argilošisti i peščari a povlatu belerofonski krečnjaci.

Gredenski se slojevi sastoje iz 2 dela, od kojih se donji sastoji od sivozelenih peščara debljine više desetina metara, u kojima se nalaze pro-

---

Sl. 1. — Geološka karta rudnog rejona Gorenje Vasi (izrađena prema podacima IGRI, Beograd)

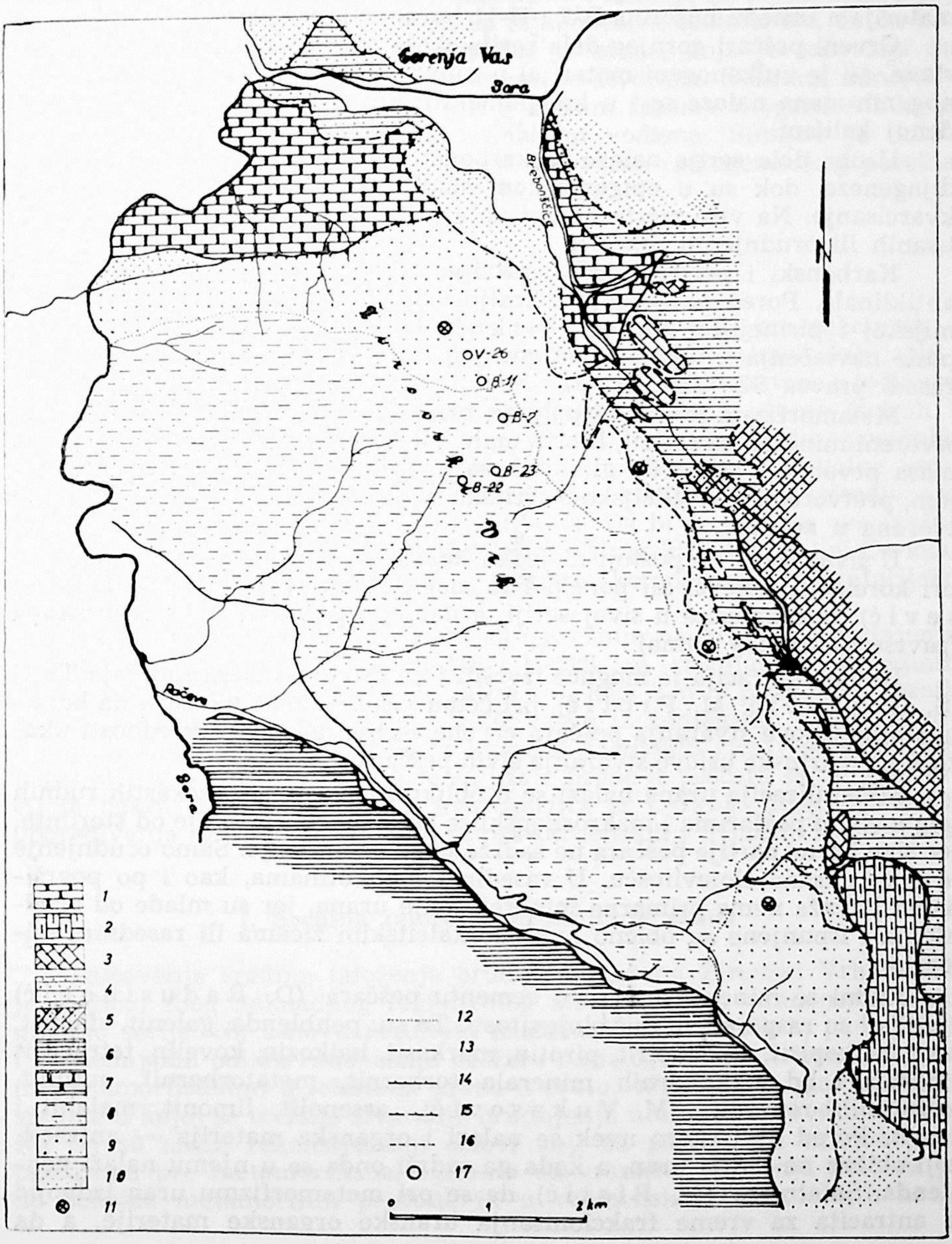
1 — Glavni dolomit; 2 — Dolomiti gornjeg trijasa; 3 — Tamnosivi krečnjaci tufozne serije; 4 — Tufozna serija — prelaz između s. i g. trijasa; 5 — Beličasti prekristalisani dolomiti; 6 — Verfenski sedimenti; 7 — Belerofonski krečnjaci i dolomiti — g. perm; 8 — Crveni peščari i glinovito-peskoviti škriljci — s. perm; 9 — Sivi peščari, konglomerati i breče — s. perm; 10 — Argilošisti i peščari — karbon; 11 — Mineralizacije urana površinskog raspadanja; 12 — Postupan prelaz — nedefinisana granica; 13 — Pokrivena granica; 14 — Navlaka; 15 — Pretpostavljena navlaka; 16 — Rased; 17 — Bušotina.

Fig. 1. — Geological map of Gorenja Vas mining area

1 — Upper Triassic dolomite; 3 — Dark-gray limestones from the tuffic sequence; 4 — Tuffic sequence; 5 — Light coloured recrystallized dolomite; 6 — Werfen sediments; 7 — Upper Permian Belerophone limestones and dolomites; 8 — Red sandstones and argillaceous and sandy shales — Middle Permian; 9 — Grey sandstones, conglomerates and breccias — Middle Permian; 10 — Argilloschists and sandstones — Carboniferous; 11 — Uranium mineralization inside the zone of near-surface decomposition; 12 — Gradual transition — boundary not defined; 13 — Covered boundary; 14 — Overtrust; 15 — Inferred overtrust; 16 — Fault; 17 — Drill hole.

slojci crvenih peščara i alevrolita, a gornji deo od crvenih peščara i alevrolita sa proslojcima sivih i sivozelenih sedimenata.

Sivi se peščari sastoje od fragmenata i zrna kvarc-porfira i vulkanogenog kvarca, zatim nevulkanogenog kvarca, odlomaka metamorfnih stena i retkih zrna plagioklasa, muskovita i sericita (S. R a d o š e v i ć). Cement peščara je mikrokristalast, kontaktnog i pornog tipa sastavljen



od silicijsko-sericitske materije, mestimično zamenjen sekundarnom karbonatnom materijom.

Idući od paleoreljefa naviše izdvojeno je 5 ritmova sivih članova ove serije, čija se debljina postepeno smanjuje, kao posledica sve kraćih faza produbljivanja basena. Između bušotina B-23 i B-22 u neposrednoj blizini vrha Javorski Grič nalazila se paleoobala (S. R a d o š e v i ć). Prostor oko bušotine B-11 bio je udaljen od obale oko 1 km, dok je pravac kretanja materijala između bušotina B-7 i B-11 bio S—SI 10—20°.

Crveni peščari gornjeg dela serije skoro su istovetnog mineralnog sastava, ali je vulkanogeni materijal u njima teže uočljiv. Fragmenti vulkanogenih stena nalaze se i u konglomeratičnim partijama, ali su u podređenoj količini.

U oba dela serije nalaze se karbonatne konkrecije nastale procesom dijageneze, dok su u epigenetskom stadijumu nastali karbonatizacija i kvarcisanje. Na više mesta kvarcisanje je izvršeno iznad i ispod mineralisanih ili orudnjenih peščara.

Karbonski i permski sedimenti izgrađuju jezgro litijske i trojanske antiklinale. Pored navlačenja i kraljuštanja u savskoj, austrijskoj, laramijskoj i pirinejskoj fazi (B. S i k o š e k), ovo je područje izrasedano posle navlačenja u vremenu od gornjeg eocena do kvartara. Preovlađuju rasedi pravca SZ—JI i SI—JZ.

Metamorfizam je slabo ispoljen i pripada gornjem delu epizone. Novo stvoreni minerali su sericit, hlorit, male količine kalcita i brukit. Cementna masa prvobitno peskovito-glinovita sa gvožđevitom i organskom materijom, pretvorena je u silicijsko-sericitsku masu, a organska materija je pretvorena u antracit.

U sivoj seriji ne postoji ni jedan karakterističan sloj koji bi poslužio pri korelaciji slojeva, ali ponekad to mogu da budu crvene (S. R a d o š e v i ć) interkalacije u sivoj seriji, a naročito podinski deo prvog skupa (završetak drugog ritma).

Izdvajanje facija je moguće izvršiti i na osnovu odnosa sadržaja Th/U (S. G o j k o v i ć, M. P r o t i ć), pri čemu visoki odnosi ukazuju na kontinentalne uslove stvaranja peščara crvene serije, dok niske vrednosti ukazuju na marinske uslove stvaranja sivih peščara.

Mineralizacija urana nalazi se u obliku sočivastih ili trakastih rudnih tela u sivim peščarima i makroskopski se ne može da razlikuje od sterilnih, jer sive i crne partije peščara ne sadrže uvek orudnjenje. Samo orudnjenje je kontrolisano slojevitošću. U rasedima i pukotinama, kao i po površinama klivaža nema primarne mineralizacije urana, jer su mlađe od orudnjenja i ispunjene su obično kvarcno-kalcitskim žicama ili rasednim milonitom.

Rudni se minerali nalaze u cementu peščara (D. R a d u s i n o v i ć) i katkad su raspoređeni duž slojevitosti. To su: pehblenda, galenit, sfalerit, pirit, halkopirit, arsenopirit, pirotin, markasit, halkozin, kovelin, tetraedrit i bornit, a od sekundarnih minerala torbernit, metatorbernit, autunit, fosfuranilit-renardit, (M. V u k a s o v i ć), arsenolit, limonit, malahit i azurit. Pored njih skoro uvek se nalazi i organska materija — antracit, koji obično ne sadrži uran, a kada ga sadrži onda se u njemu nalazi pehblenda. Smatra se (M. R i s t i ć) da se pri metamorfizmu uran izdvojio iz antracita za vreme frakcionisanja uranske organske materije, a da

antracit može da bude naknadno orudnjen taloženjem pehblende po prslinama u antracitu, mikroskopskih ili submikroskopskih razmera.

Opšte je prihvaćeno mišljenje (M. Ristića) o epigenetskom načinu postanska orudnjenja urana o čemu će se u narednom odeljku dati opširniji prikaz. Postoji mišljenje (D. Radusinović) da je orudnjenje stvarano u već očvrslim peščarima i da je uran taložen redukcijom šestovalentnog urana u četvorovalentni usled redukcionih svojstava ugljenisane biljne materije i sulfida. Isto tako postoji i mišljenje (V. Omaljev) da je proces orudnjavanja završen sa dijagenezom sedimenata, te da kasniji procesi nisu mobilisali mineralizaciju urana, koja je sačuvana do sada u istom prostornom obliku, u kojem je stvorena. Sulfidna mineralizacija je postala na sličan način, ali u raznim fazama litogeneze bila je delimično mobilisana pseudohidrotermalnim vodama. Sumpor je došao iz organske materije, dok je deo olova verovatno radiogenetskog porekla (sekundarni galenit po prslinama uz pehblendu).

REZULTATI IZVRŠENIH IZUČAVANJA

Izvršena izučavanja, važna kako za programiranje prospekcionih i istražnih radova, tako i za izvođenje poluindustrijskih tehnoloških ispitivanja, obuhvatila su određivanje mineralnog sastava, strukture i teksture ruda, određivanje oblika i veličine sastojaka, oblika i odnosa štetnih i korisnih komponenata u tehnološkom procesu, određivanje načina postanka i starosti orudnjenja urana Žirovski Vrh, utvrđivanje eventualne veze orudnjenja sa nekim magmatskim petrogenim kompleksom i određivanje mineraloško-geohemijskih odlika orudnjenja. Da bi se izvršila ova izučavanja, pored geoloških promatranja u ležištu Žirovski Vrh i okolini Cerkna, izvršeno je i prikupljanje proba i njihovo kompleksno laboratorijsko ispitivanje.

Probe su prikupljene po profilima upravnim na pružanje orudnjenja u rudarskim prostorijama Pi, H-216 i H-220, sa rastojanjem pojedinih proba jedne od druge od 1—2 m, zatim sa svaka 2 m iz proslojaka raznih litoloških tipova jezgra bušotine V-26, zatim iz kontaktnih delova orudnjenja u H-1 i H-224 i sulfida iz kvarcno-kalcitskih žica i pojedinačnih nagomilanja u peščarima. Takođe su uzete probe iz peščara sa mineralizacijom bakra Sovodnje i probe kvarcporfira iz Cerkna. Zbog potrebnih upoređivanja uzet je i manji broj proba karbonskih i trijaskih sedimenata.

I. Sredina taloženja orudnjenja urana

Izučavanje sredine taloženja orudnjenja urana Žirovski Vrh veoma je otežano zbog naknadnog regionalnog metamorfizma uranonosne sedimentne serije. Na osnovu rezultata izučavanja mineraloških, petroloških i geohemijskih odlika rudonosnih peščara i analogijom sa sličnim stenama (nemetamorfisanim) u ležištima urana u svetu, određene su glavne odlike sredine u kojoj se izvršilo stvaranje orudnjenja urana na Žirovskom Vrhu. Na taj su način rekonstruisani uslovi koji su postojali u uranonosnim peščarima pre metamorfizma, odnosno od vremena taloženja peščara pa do početka metamorfnih procesa, ili u vremenskom intervalu u kome

se izvršilo stvaranje orudnjenja. Migracije urana iz orudnjenja posle metamorfizma vezane su samo za površinski deo orudnjenja, odnosno za njegovu oksidacionu zonu, koja za dublje delove orudnjenja praktično nemaju značaja.

P e t r o g r a f s k i s a s t a v. Petrogeni kompleks sive facije gredenskih sedimenata (S. R a d o š e v i ć, D. N a u m o v i ć) počinje brečama i konglomeratima sa obiljem fragmenata peščara i argilošista karbonske starosti, koji naviše postaju sve sitnozrniji i sa obiljem fragmenata eruptivnih stena, a završavaju se sitnozrnim peščarima i alevrolitima. Pored sivih u ovoj faciji se nalaze i proslojci crvenih peščara sa konkrecijama i fragmentima peskovitih krečnjaka, a i proslojci sericitsko-hloritskih škriljaca sivozelene, crvene, žute i ljubičaste boje. Pojedine partije ovih sedimenata su obezbojene i imaju sivu boju, pošto je gvožđeviti cement zamenjen sericitsko-silicijskim, odnosno cement je ispran, a zaostala glinovita materija je u procesu metamorfizma pretvorena u sericit i silicijsku materiju.

Materijal za stvaranje sedimenata ove facije potiče od eruptivnih stena, kvarcita, rožnaca, karbonatnih sedimenata i dr. Sadržaj fragmenata eruptivnih stena iznosi do 60%. Veći deo fragmenata je od kvarc-porfira, keratofira i njihovih tufova, manji deo čine andeziti i porfiriti, a sasvim su retki dijabazi i trahiti. Analogno tome u stenama peščarskog kompleksa preovlađuju feldspati iz kvarc-porfirskih stena i njihovih tufova.

Cement je kontaktnog, pornog i vrlo retko i bazalnog tipa, a sastoji se od silicijsko-sericitske materije, koja je veoma često zamenjena sekundarnim kalcitom. U crvenim vrstama cement je od mrkocrvene gvožđevite materije.

Prema dijagramu L. B. R u h i n a sivi peščari, breče i konglomerati su kvarcnog tipa i pripadaju grauvakama.

Sedimenti sive facije završavaju se uškriljenim alevrolitima koji prelaze u sitnozrne peščare.

U sedimentima sive facije nalaze se mineralizacije urana, ali se orudnjene stene po mineralnom sastavu ne razlikuju od ostalih, osim po nešto povećanom sadržaju organske materije, koja je ili finodispergovana po celoj masi stene ili se češće nalazi u obliku sočivastih obogaćenja pritkastih agregata. Ona je uvek zajedno sa kalcitom i kalcedonom.

Petrogeni kompleks crvene facije gredenskih sedimenata znatno je deblji od kompleksa sive serije. Njega čine kvarcni peščari, breče i konglomerati u kojima preovlađuju oštroivičasta zrna i fragmenti kvarca. Ostali minerali su ortoklas, albit, kiseli plagioklas i retko mikroklin, hlorit i muskovit. U ovim stenama nalaze se proslojci crvenih alevrolita analognih po boji, teksturi, strukturi i sastavu sa odgovarajućim stenama iz sive facije. Cement im je kontaktnog i pornog tipa i čini ga pretežno gvožđevita materija sa nešto silicijske materije i veoma retkim sericitom i hloritom. On je često zamenjen sekundarnim kalcitom. Među fragmentima u stenama ove facije preovlađuju kristalasti škriljci. Prema dijagramu R u h i n a to su kvarcni bezfeldspatski peščari.

U s l o v i s t v a r a n j a. Prema S. R a d o š e v i ć u, sredina taloženja sedimenata sive facije bila je u početku prilično nemirna i kolebljiva, na šta ukazuju slaba sortiranost mineralnih sastojaka i smenjivanje litoloških tipova. Sedimenti ove facije taložili su se blizu obale basena, uglav-

nom u plitkoj vodi. Prenos materijala nije bio dug, jer su oštroivičasta ili slabo zaobljena zrna mineralnih sastojaka.

Povremeno je ipak dolazilo do produbljavanja basena, što je odgovaralo vremenu taloženja sitnozrnijih sedimenata. Jednovremeno sa produbljivanjem basena vršila se i promena fizičko-hemijskih uslova zbog promene redukciono-oksidacionog potencijala, koji od redukcionog postaje oksidacioni.

Posle taloženja sedimenata sive facije, zbog promena klimatskih uslova, koji postaju tipični kontinentalno-pustinjski, kao i zbog delimične promene vrste klastičnog materijala, nastaje taloženje sedimenata crvene facije. Posle njihovog taloženja ponovo je izvršeno produbljavanje basena i nastalo je taloženje gornjopermskih belerofonskih krečnjaka i dolomita.

P o r o z n o s t r u d o n o s n i h p e š č a r a. Jedan od faktora koji su uticali na stvaranje i razmeštaj rudnih tela u rudonosnim nivoima peščara sive facije gredenskih sedimenata, nesumnjivo je bila njihova poroznost.

Slaba sortiranost rudonosnih peščara ukazuje na njihovu znatnu poroznost i propustljivost u stadijumu do početka dijageneze, kada se ona bitno smanjila. Poroznost se smanjila i u toku epigeneze i raspadanja, a naročito pri cementaciji peščara.

V r s t e i z a s t u p l j e n o s t o r g a n s k e i k a r b o n a t n e m a t e r i j e. Organska materija je u gredenskim peščarima ili individualisana kao antracit i semiantracit ili je rasuta u cementnoj masi peščara. Stoga se razlikuje teško i lako rastvorna organska materija. Sadržaj prve je jako varijabilan i iznosi od 0—3,35% sa srednjom vrednošću od 0,14% a u orudnjenim peščarima varira od 0,00—3,35% sa srednjom vrednošću od 0,47%. Sadržaj lako rastvorne organske materije varira u gredenskim peščarima od 0,22—0,96% sa srednjom vrednošću od 0,12%. Ona se, međutim, nalazi i u crvenoj seriji sa sadržajima od 0,02—0,15% i sa srednjom vrednošću od 0,06%.

Karbonatna se materija nalazi u gredenskim peščarima kako u njihovoj cementnoj masi, tako i u obliku žilica i konkrecija. Nju sačinjavaju kalcit, dolomit i ankerit. Detaljan opis ovih minerala i njihovog načina pojavljivanja izložen je u narednom poglavlju. Sadržaj kalcita u njima veoma varira od 0,00—8,32% sa srednjom vrednošću od 1,85%. U rudnim peščarima sadržaj kalcita varira od 0,09—7,89% sa srednjom vrednošću od 4,05%. Sadržaj se kalcita jako smanjuje u crvenim peščarima i iznosi 0,19—0,67%, sa srednjom vrednošću od 0,32%.

Dolomit i ankerit nalaze se u cementu peščara u kojima njihov sadržaj varira od 0,57—4,74% sa srednjom vrednošću od 1,72%. U orudnjenim peščarima njihov sadržaj varira od 0,18—3,86% sa srednjom vrednošću od 1,36%.

F i z i č k o - h e m i j s k i u s l o v i. Zbog metamorfnih procesa epizone koji su zahvatili gredenske peščare, o fizičko-hemijskim uslovima sredine taloženja mineralizacije urana može da se sudi samo analogijom sa recentnim pojavama ili na osnovu rezultata eksperimenata, vodeći pri tome računa i o velikoj migracionoj sposobnosti urana. Tako uran migrira u obliku karbonatnog i sulfatnog uranila. Njegovo je taloženje uslovljeno redukcijom jona uranila u urano jone, koji su skoro nerastvorni u običnoj podzemnoj vodi. Pod dejstvom atmosferskog vazduha ili slobodnog kiseo-

nika u vodi, vrši se oksidacija urana u uranil, koji stvara kompleksna jedinjenja sa jonima neorganskih kiselina. Ovi rastvorni kompleksni joni mogu biti isprani podzemnim vodama ili staloženi kao nerastvorni vanadati urana. Osim toga, uran gradi jedinjenja sa radikalima silicijske, fosforne, arsenske i drugih kiselina dajući sekundarne minerale urana. Stvaranje pak pehblende nije se moglo da izvrši u peščarima bez postojanja u njima partija sa redukcionom sredinom. Organska materija koja se obično nalazi svuda u peščarima, delovala je dvojako: s jedne strane ona absorbuje i redukuje uran, koji gradi urano-organske komplekse, a s druge strane služi kao reduktor urana i faktor njegovog taloženja. Prema tome, anaerobne bakterije su u prisustvu organske materije koja se lako razlaže redukovale sulfate izdvajajući H_2S, koji je docnije reagovao sa metalima, donetim meteorskim vodama za vreme izdizanja obala basena ili posle toga.

Partije peščara sive boje i sa ugljevitom materijom (neraspadnutom organskom materijom) ukazuju da te stene nisu bile staložene u ekstenzivnim aerobnim uslovima, za koje je svojstveno raspadanje organske materije i stvaranje stena crvene boje. Određivanjem izotopskog sastava sumpora, potvrđeno je da je poreklo sumpora u ležištu urana Žirovski Vrh bakterijalno. Ovde su rudonosne facije peščara imale dovoljno veliku redukcionu sposobnost da izazovu taloženje znatne količine minerala urana i sulfida. U tim se slojevima peščara obnavljala redukciona moć životnom delatnošću bakterija, sve dok nije nastalo aseptično stanje i izumiranje bakterija, odnosno sve dokle god je postojeći sadržaj organske materije mogao da osigura život bakterija. Sumporvodonik koji je tom prilikom stvoren mogao je da se na mestu postanka sačuva vrlo dugo, jer su u podini i povlati pojedinih orudnjenih partija peščara sive facije postojala nepropustljiva glinena sočiva, pa je mogao i docnije da reaguje sa uranom. Stoga bi raspodela urana zavisila od raspodele sumporvodonika.

Idealna bi sredina za stvaranje orudnjenja urana, prema tome, bili srednjezrni vodopropustljivi sivi peščari koji sadrže ugljevitu materiju.

II. Način postanka orudnjenja urana ležišta Žirovski Vrh

Radi provere nekih pretpostavki načinjenih prilikom tumačenja načina postanka orudnjenja urana Žirovski Vrh, izvršena su laboratorijska ispitivanja i promatranja na mestu. Rezultati ovih izučavanja su sledeći (D. Radusinović, N. Mihajlović, C. Markov, M. Vukasović, S. Hadži-Popović, S. Radošević i D. Kleut):

Mineralni sastav. Sadržaj i vrste petrogenih minerala su isti u orudnjenim i neorudnjenim peščarima i konglomeratima. Orudnjenje se nalazi u srednjezrnim, krupnozrnim i konglomeratičnim peščarima sive facije gredenskih sedimenata. Njihov mineralni sastav je sledeći:

Petrogeni minerali su: kvarc, feldspati (ortoklas i kiseli plagioklas), liskuni (muskovit, ređe biotit), hlorit, fragmenti stena (osnovna masa eruptiva, kvarcit, sericitski škriljac), cementna masa silicijsko-sericitska; karbonati — kalcit, dolomit, ankerit, ceruzit, malahit i azurit; organska materija — antracit i bitumija; teški minerali rezistati, providni — cirkon minerali titana, turmalin, apatit, minerali epidotske, amfbolske i piro-

ksenske grupe, granat, barit, disten; neprovidni — magnetit, martit, pirit, markasit, pirotin i limonit; minerali urana — pehblenda, autunit, torbernit, fosfouranilit-renardit, djumontit i beta uranotil;sulfidni minerali — pirit, halkopirit, tetraedrit, arsenopirit, galenit, sfalerit, markasit, halkozin, kovelin, bornit i realgar. Od njih su prvi put nađeni beta uranotil i cerusit.

Zrna raspadnutih minerala titana, koja preovlađuju u teškoj frakciji neorudnjenih peščara a sastoje se od rutila, sfena, leukoksena i sericitsko-silicijske mase, nema ili su u tragovima u orudnjenim peščarima. Pehblenda je najzastupljeniji mineral orudnjenja u kome se nalazi u cementu peščara i vrlo retko u organskoj materiji. Postoje 2 varieteta: svetliji — kompaktan i mikroskopske veličine, koji je u rudi sa preko 1% urana globularnih oblika od bubrežastih agregata, i tamniji — nepravilnih oblika. Čestice pehblende su ili submikroskopske veličine ili su zrna veličine nekoliko desetina mikrona. Količine sulfidnih minerala su veoma varijabilne. Pirit je najzastupljeniji, a halkopirit, arsenopirit, galenit i sfalerit pojedinačno su zastupljeniji u pojedinim rudnim telima. U oksidacionim uslovima stvarao se arsenolit od arsenopirita a limonit od pirita i markasita. Od sulfida Cu nastali su malahit i azurit, a od galenita ceruzit.

Što se tiče temperature stvaranja orudnjenja ona je, zbog odsustva tipičnih minerala geoloških termometara, određena posredno pomoću podataka o temperaturi pretvaranja organske materije u antracit, odsustva minerala titana u orudnjenim delovima peščara i pomoću oblika pojavljivanja sfalerita. Tako se ugljevita materija pretvara u antracit na temperaturi nešto većoj od 200°C; odsustvo kriptokristalaste mešavine minerala titana sa silicijskom materijom ukazuje na povišenu temperaturu rastvora koji su proticali kroz rudonosne peščare; nedostatak strukturnih izdvajanja i postojanje unutrašnjih refleksa u sfaleritima orudnjenja ukazuju na nešto nižu temperaturu njegovog stvaranja. Pokušaj da se odredi temperatura stvaranja kvarcno-kalcitskih žica, koje nekad sadrže sulfidnu mineralizaciju, pomoću knister metode nije uspeo, zbog vrlo finog prorastanja kvarca kalcitom.

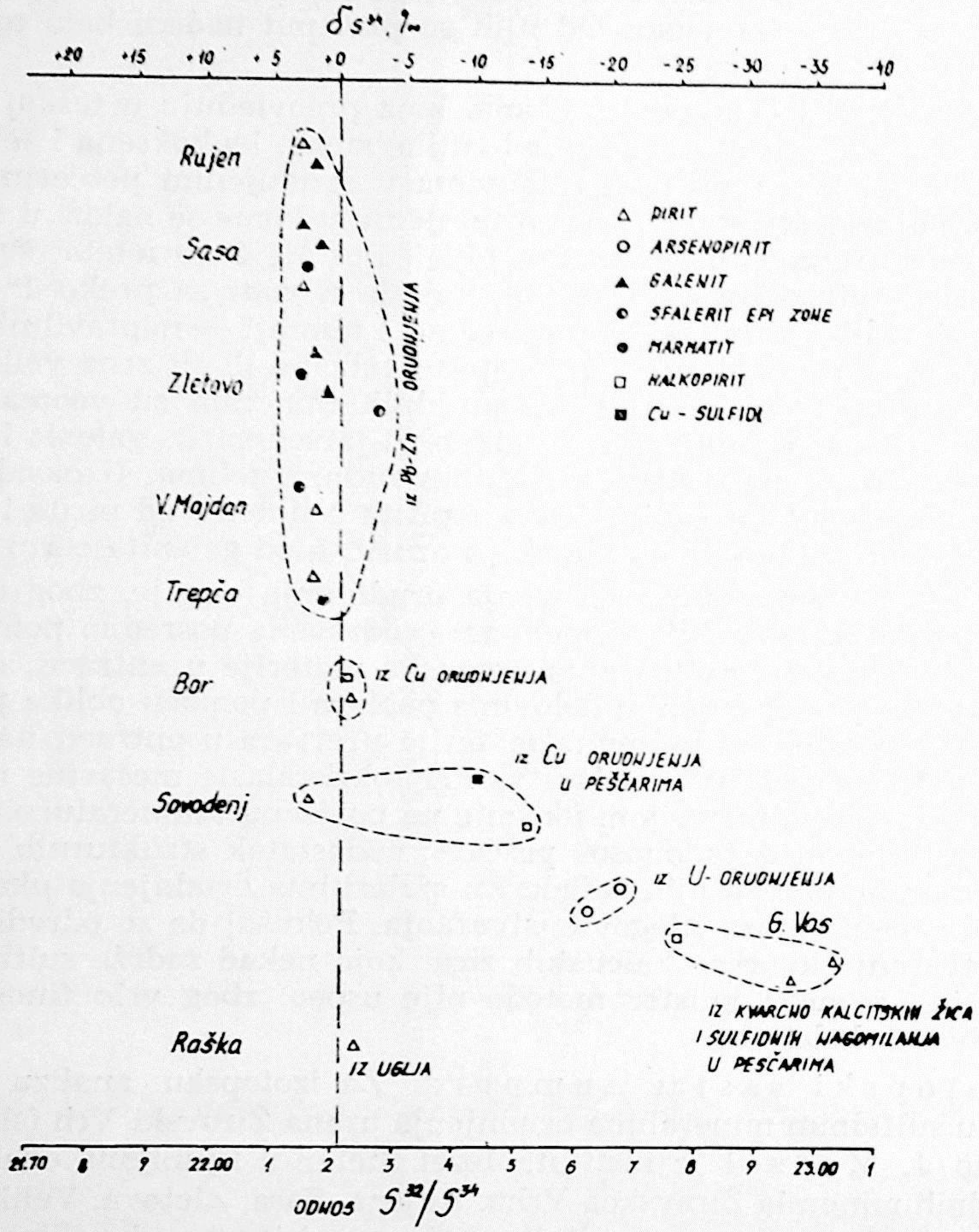
Izotopski sastav sumpora. Za izotopsku analizu sastava sumora u sulfidnim mineralima orudnjenja urana Žirovski Vrh (sl. 2) koju je izvršio J. Marsel iz Instituta Jožef Štefan u Ljubljani, odabrano je 25 sulfidnih minerala Žirovskog Vrha, Rujena, Sasa, Zletova, Velikog Majdana, Trepče, Bora, Sovodnja i Raške. Od toga pirita 9 proba (Žirovski Vrh 2 probe), galenita 5, marmatita 4, sfalerita 1, halkopirita 3 (Žirovski Vrh 1), arsenopirita 2 (Žirovski Vrh 2) i Cu-sulfida 1 proba (Sovodenj). Monomineralni koncentrati ovih minerala sprašeni su na veličinu zrna od 80 meša. Svi su rezultati izotopskih analiza sumpora dati u obliku ^{34}S u odnosu na troilitsku fazu meteoritskog standarda (meteorit Canon Diablo), za koga je uzeta međunarodna vrednost

$$\delta^{34}S = 0 \quad (^{32}S/^{34}S) = 22{,}22.$$

Relativna tačnost rezultata izvršenih analiza iznosi $\pm 0{,}01$ do 0,05%.

Iz odnosa izotopa sumpora $^{32}S/^{34}S$ u sulfidima iz sivih peščara Žirovskog Vrha zapaža se vrlo karakteristično obogaćenje lakim izotopom ^{32}S.

U sulfidima iz partija sivog peščara bez mineralizacije urana ovi su odnosi —18,2‰, a u sulfidima iz mineralizacije urana još su veća odstupanja —33,6 i 36,8‰. Odstupanja su uzeta kao $\delta^{34}S‰$ u odnosu na troilitsku fazu



Sl. 2. — Rezultati izučavanja izotopskog sastava sumpora iz sulfidnih minerala

Fig. 2. — Sulphur isotopic rations in sulphide minerals

meterorita Canon Diablo. Srednja vrednost za ova četiri primerka sulfida iz Žirovskog Vrha iznosi —26,9±3,2‰, što je znatno obogaćenje lakim izotopom, karakterističnim za sulfidne minerale stvorene u sedimentnim uslovima.

$$(^{32}S/^{34}S)\ \text{Canon Diablo}\ \delta^{34}S‰ = 1.091\ \frac{(Kx - Rs)}{Rs} = 2.3$$

Žirovski Vrh:

arsenopirit	iz orudnjenja	— 20.8
arsenopirit	„	— 18.2
halkopirit	iz kvarcne žice	— 25.1
pirit	„	— 33.6
pirit	„	— 33.8

$$\overline{X} = -26.9 \pm 3.2‰$$

Sovodenj:

Cu-sulfidi	iz crvenog peščara	— 10.2
pirit	iz koncentrata rude	+ 2.5
halkopirit	iz koncentrata rude	— 13.7

U piritu iz peščara rudnog rejona Sovodenj postoji vrlo malo obogaćenje teškim izotopom (+2.5), ali sulfidi bakra imaju svojstveno obogaćenje lakim izotopom od —10.2 i —13.7‰. Na osnovu ovih vrednosti postanak pirita bi se mogao objasniti dejstvom hidrotermalnih rastvora, mada može da bude i »nasleđen«. Sulfidi bakra, međutim, ukazuju na mogućnost sedimentnog postanka.

Ostali sulfidni minerali koji su ovom prilikom ispitivani, prikupljeni su iz hidrotermalnih ležišta Cu i Pb-Zn (Bora, Zletova, Trepče, Sasa, Velikog Majdana i Rujena, sl. 2). Oni imaju $\delta^{34}S$ između —2.7 i +3.3‰, sa srednjom vrednošću oko +2.2‰, što se slaže sa podacima iz literature o odnosu izotopa sumpora u sulfidnim mineralima hidrotermalnih ležišta u svetu. Izvesno povećanje ovog odnosa može da se objasni regionalnim faktorima, pošto je slično zapaženo i u sulfidnim mineralima hidrotermalnih ležišta u drugim oblastima u svetu (Japan, Australija).

Ispitivanje uticaja odnosa temperature stvaranja na odnose izotopa u hidrotermalnim sulfidnim mineralima nije moglo da se izvrši, jer je broj analiza nedovoljan za detaljniju statističku analizu.

Upoređenje odnosa $^{32}S/^{34}S$ u sulfidnim mineralima iz peščara Žirovskog Vrha sa takvim odnosima u istim mineralima u peščarima Platoa Kolorada (J e n s e n, 1958), pokazuje veliku njihovu sličnost. Srednja vrednost za 57 analiziranih primeraka sulfidnih minerala iz ležišta urana Platoa Kolorada iznosi —35.6‰, što se dobro slaže sa srednjom vrednošću od 32.5‰ za sulfidne minerale iz mineralizovane partije peščara Žirovskog Vrha.

Prema J e n s e n-u (1958) sulfidni minerali iz peščara Platoa Kolorada postali su dejstvom H_2S, stvorenog životnom delatnošću anaerobnih bakterija, na temperaturama između 25° i 40°C, na sulfatne rastvore koji su proticali kroz peščare.

Upoređenje odnosa izotopa sumpora u sulfidnim mineralima iz Žirovskog Vrha i sulfidnih minerala iz nekih naših hidrotermalnih ležišta Cu, i Pb-Zn, pokazuje primetno obogaćenje lakim izotopom (^{32}S) sulfidnih minerala iz Žirovskog Vrha, a vrlo malo obogaćenje teškim izotopom (^{34}S) u sulfidnim mineralima iz hidrotermalnih ležišta, ili njihov sadržaj varira oko nulte vrednosti (izotopski odnos troilita u meteoritu iz Canon Diablo).

U sulfidnim mineralima iz orudnjenja Žirovski Vrh ti odnosi odstupaju u proseku za oko 30‰. Ovo je odstupanje u sulfidnim mineralima iz sivih peščara nešto manje (—28.8 i —18.2) nego u sulfidnim mineralima iz orudnjenja u kojima obogaćenje lakim izotopom iznosi prosečno 34‰. Za hidrotermalne sulfidne minerale, prema podacima iz literature, ovi su odnosi tipični.

P r o m e n e s t e n a o k o o r u d n j e n j a. Izvršena vrlo detaljna izučavanja sivih peščara iz neposredne blizine orudnjenja, nisu otkrila minerale koji bi u toku izvršenog dinamometamorfizma (dikit, hidroliskun itd.) postali od produkata hidrotermalne alteracije, već one imaju isti sastav kao ostale partije neorudnjenih sivih peščara. Ovi, kao i rezultati izotopske analize sumpora, nesumnjivo ukazuju na način postanka orudnjenja urana, koji nije bio primarno hidrotermalan.

P o j a v e i z b e l j i v a n j a. Već je pomenuta sličnost mineralnog sastava sivih i crvenih gredenskih peščara. Razlika je, uglavnom, u boji cementa, o čijem poreklu su postojala dva mišljenja. Po jednom, cela serija peščara je bila crvene boje i postala je u kontinentalnim uslovima, a sivi su postali izbeljivanjem crvenih peščara. Po drugom, crveni su peščari kontinentalna facija, a sivi su bili staloženi u marinskoj sredini. Postojanje proslojaka crvenih alevrolita u sivoj seriji i sivih proslojaka u crvenoj, objašnjavalo se uglavnom oksidacijom sivih, odnosno redukcijom — izbeljivanjem crvenih proslojaka. Rezultati izvršenih izučavanja ukazuju na to da je boja sive serije primarna i posledica menjanja klimatskih i erozionih uslova koji su vladali na kopnu za vreme taloženja peskova. Klima je nesumnjivo bila topla i naizmenično suva i vlažna, sa vegetacijom za vreme vlažnijih perioda. Ona je na manjim visinama bila predstavljena šumama a na većim kserofitskim žbunjem.

Povećanjem intenziteta erozije smanjivala se alteracija stena, što je dovodilo do stvaranja crvenog peska nastalog dezagregacijom eruptivnih stena na kopnu. Ovaj je pesak zatim odnešen u basen sa svakim većim pljuskom ili većom sezonom kiša. Smanjenjem intenziteta erozije povećavao se intenzitet alteracije i stvarale su se šume ili šumarice, a za vreme sezone kiša ili pljuskova donošena je izvesna količina organskog detritusa u basen, uslovljavajući redukcionu sredinu i sivu boju peščarsko-konglomeratskog kompleksa.

V e z a o r u d n j e n j a u r a n a Ž i r o v s k o g V r h a s a m a g m a t s k i m k o m p l e k s o m C e r k n a. Radi utvrđivanja eventualne ovakve veze izvršeno je izučavanje eruptivnih stena sa mineralizacijom urana okoline Cerkna, a dobijeni rezultati su zatim upoređeni sa rezultatima izučavanja orudnjenja urana Žirovskog Vrha.

Eruptivne stene Cerkna sastoje se od intenzivno sericitisanih, delom hloritisanih, slabo argilitisanih i uškriljenih ignimbrita riolitskog (paleoriolitskog) sastava, od intenzivno uškriljenih, delom kvarcisanih, albitisanih i hloritisanih kvarc-porfira (paleoriolita) i delom metamorfisanih (uškriljenih) i intenzivno hidrotermalno alterisanih — sericitisanih, slabije hloritisanih i kalcitisanih riolita (kvarc-porfira). Ove stene pripadaju po hemijskom sastavu prelaznom varijetetu između kalko-alkalnog monconitskog granita i kalko-alkalnog kalijskog granita (bližeg monconit granitu), odnosno jozemit-granitskom tipu leukogranitske grupe magmi kalko-alkalnog niza.

Upoređenje mineralnih sastava, naročito intenzivno alterisanih i mineralisanih partija eruptiva Cerkna i orudnjenja urana Žirovskog Vrha, ukazuje na verovatnu posrednu vezu između njih, odnosno ukazuje da materijal od koga su postala orudnjenja urana Žirovskog Vrha, može da potiče od erodovanih mineralizacija urana u eruptivnim stenama sličnim onim iz Cerkna. Za preciznije utvrđivanje vrste veze između njih, potrebno je izvršiti obimnija i kompleksnija izučavanja.

Način postanka orudnjenja urana Žirovskog Vrha. Mineralizacije urana Žirovskog Vrha nalaze se uglavnom u gornjem delu facije sivih peščara, koja se pretežno sastoji od materijala eruptivnog porekla, a ima debljinu 200—400m. Ona se u njima nalazi u cementu peščara, prostire se duž njihove slojevitosti, a ređe ispunjava prsline klivaža. Cement peščara sastoji se od silicijsko-sericitske i gvožđevite materije. Pehblenda je dispersno rasuta po cementu peščara ili retko je udružena sa galenitom, piritom i halkopiritom. U orudnjenju postoje brojne nepravilne trakaste i trakasto-sočivaste mineralizacije, čija debljina ne prelazi 1 m, dužine 60 m i širine 20 m. One su vrlo često visokog sadržaja urana (do nekoliko procenata). Rudna su tela nepravilno razmeštena unutar 3 sedimentna ritma, čija debljina ne prelazi 20 m.

Prvo tumačenje načina postanka ovog orudnjenja dao je još 1960. godine M. Ristić. Ono je docnije upotpunjavano na osnovu izvršenih izučavanja i konačno je sledeće.

Uran se taložio iz podzemnih voda koje su proticale kroz srednjezrne sive peščare sa ugljevitom materijom. Taloženje se vršilo u redukcionim uslovima, nastalim stvaranjem H_2S životnom delatnošću anaerobnih bakterija, odnosno na geohemijskoj barijeri, koja se nalazila na granici između oksidacione i redukcione sredine i koja se vremenom pomerala u pravcu pada sedimentnog kompleksa. Bakterije su se hranile ugljevitom materijom i mogle su vrlo dugo da žive u partijama peščara kroz koje su proticale podzemne vode, u stvari sve dok nije nastala u njima aseptična sredina. Pri tome je jedan mali deo sadržanog urana mogao da bude složen na humusnim materijama u uslovima morskih basena. Kako morska i bočatna voda imaju znatno veći pH (7—8) od slatke vode, zbog čega se jedan deo urana nalazi u obliku jona karbonatskog kompleksa, koji ne može da apsorbuje organska materija, to se samo jedan deo — manji urana može da staloži humusnim materijama. Odnosi izotopa sumpora u sulfidnim minerlima orudnjenja urana, ukazuju na bakterijalno poreklo, jer imaju vrednosti koje su dobijene eksperimentima (Jensen) sa anaerobnim bakterijama hranjenim ugljevitom materijom.

Dalja koncentracija i preraspodela urana vršila se u toku progresivne epigenetske promene peščara. Ove su se promene epizonalnog intenziteta vršile zbog spuštanja serije gredenskih peščara u trijasu, juri ili kredi. Povećanjem temperature i pritiska izvršeno je pretvaranje glinovitih sastojaka i cementa peščara u sericit i hlorit, a ugljevite materije u antracit. Pretvaranje u antracit izvršeno je uz frakcionisanje i izdvajanje iz ugljevite materije apsorbovanog urana. Zbog manjeg apsorpcionog kapaciteta antracita, kao i zbog toga što se uran pretvara u četvorovalentan, on se izdvajao iz organske materije sa pojedinim frakcijama, pa se ili individualisao u obliku finih inkluzija pehblende ili je ostao zajedno sa pojedinim frakcijama organske materije.

Na taj je način završena koncentracija urana i drugih metala i njihova izdvajanja sa orijentacijom paralelnom liskama hlorita u određenim nivoima srednjezrnog peščara ujednačenog zrna.

Što se tiče porekla urana u orudnjenju Žirovski Vrh, smatra se da on najvećim delom potiče iz erodiranih mineralizacija urana i tektoniziranih i alterisanih partija kvarc-porfira (paleoriolita) sličnih onima iz okoline Cerkna, u kojima su se nalazili povećani sadržaji urana i drugih metala. Intenzivnom hemijskom alteracijom ovih stena raspali su se svi složeni silikati, alumosilikati, sulfidi i drugi minerali, a elementi koji su se u njima nalazili prešli su u rastvore i delimično su sa njima migrirali. Ostali njihov deo je bio apsorbovan micelama glinenih minerala i sa njima je migrirao. Iz tih rastvora je u peščarima, na povoljnim mestima, izvršena redukcija i taloženje urana i drugih metala koji su se nalazili u njima, a za vreme izvršenog dinamometamorfizma i konačna njihova koncentracija i to, bilo urana zajedno sa sulfidima, bilo urana sa frakcijama organske materije.

U vezi sa vrlo sličnim mineralnim sastavom orudnjenja urana na Žirovskom Vrhu i mineralizacija sa uranom u kvarc-porfirima okoline Cerkna, ne isključuje se mogućnost da su hidrotermalni rastvori sa uranom, iz kojih su se staložile mineralizacije urana u kvarc-porfirima, dospeli i u sistem podzemnih voda iz koga su zatim stvorena orudnjenja urana Žirovskog Vrha. Ali ova je pretpostavka malo verovatna, jer odnosi sadržaja pojedinih metala u orudnjenju ukazuju da je verovatnije njihovo poreklo iz eruptiva sličnih Cerknu.

III. Mineraloško-geohemijske odlike orudnjenja urana Žirovski Vrh

M i n e r a l n i s a s t a v p e š č a r a. Iz sive serije peščara određen je mineralni sastav i zastupljenost teških minerala u krupnozrnom, grubozrnom, krupnozrno-srednjezrnom, srednjezrnom, srednjezrno-sitnozrnom i sitnozrnom peščaru, kao i u jednom brečoidnom peščaru sa mineralizacijom urana.

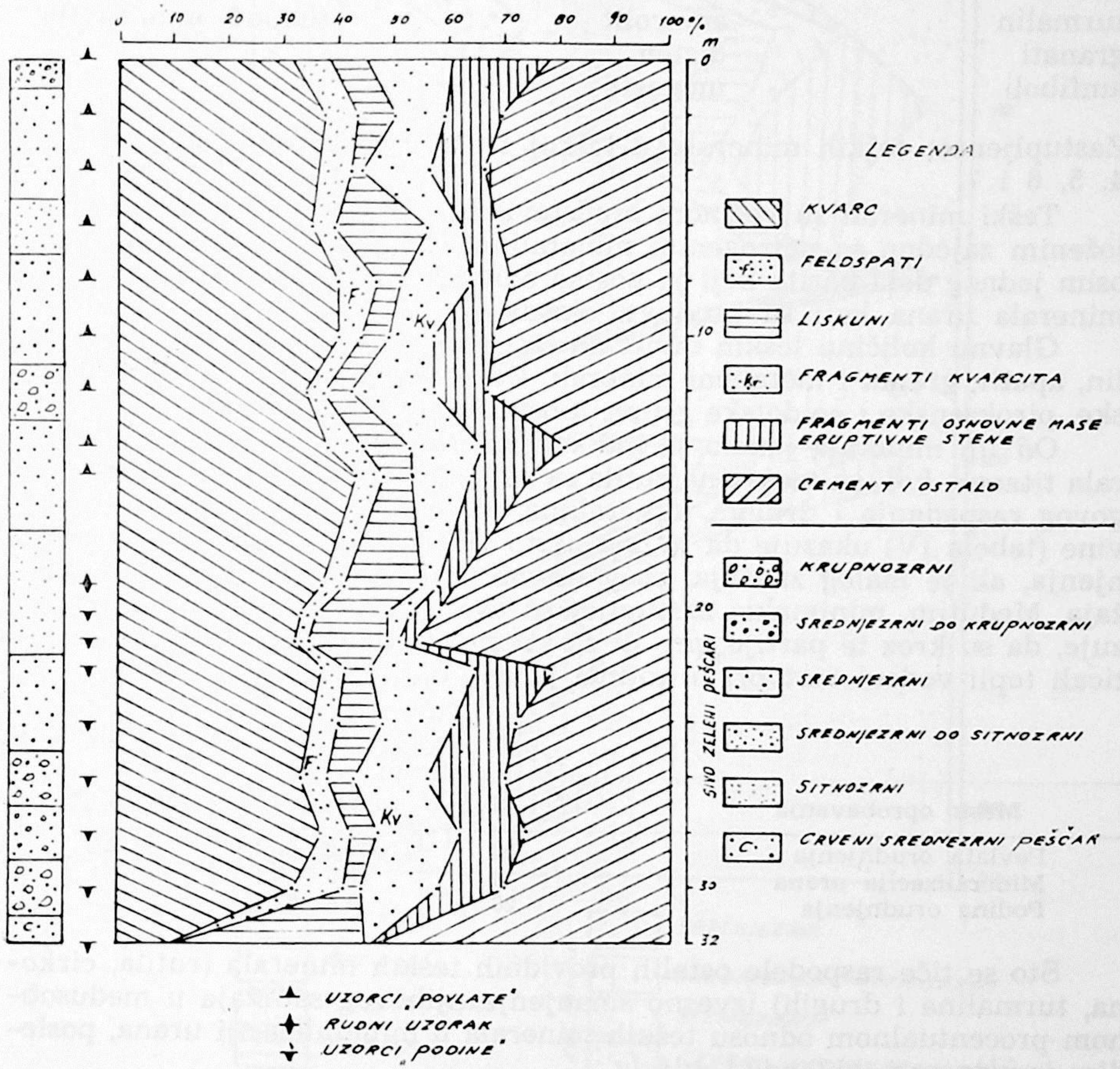
Petrogeni minerali ovih stena su: kvarc, feldspati, liskuni i hloriti, fragmenti stena i cementni materijal (sericitsko-silicijska masa). Zastupljenost ovih minerala u peščarima iz potkopa P_i prikazana je na slici 3 i na tabelama I i II.

Tabela I

	Kvarc	Feldspati	Liskuni	Fragmenti				
				Kvarcita	Sitn. er. s.	Seric. er. st.	Osn. mas. er. st.	Cement i ostalo
S. z. sitnozr. pešč.	37,06	3,66	13,85	3,25	—	—	3,45	38,72
S. z. sredn. zr. pešč.	29,94	3,72	12,03	11,56	—	—	13,18	29,55
S. z. krupn. zr. pešč.	35,66	0,69	4,73	18,92	—	—	13,97	26,02
S. z. brečoid. pešč.	13,81	3,24	4,93	4,97	6,91	19,49	15,86	30,78

Tabela II

Karbonati	N	sadržaj u %	$\overline{X}$ u %
Lako rastvorni (kalcit)	15	0,00—7,89	3,12
Teško rastvorni (dolomit i dr.)	15	0,57—3,86	1,61
Ukupni	15	1,02—9,34	4,73



Sl. 3. — Kumulativni dijagram zastupljenosti minerala u peščarima iz potkopa P_i
Fig. 3. — Cumulative diagram of mineral composition in sandstones from the adit P_i

Tabela III

Vrsta organske materije	N	sadržaj u %	$\overline{X}$ u %
Lako rastvorna	15	0,01—0,96	0,26
Teško rastvorna	15	0,00—3,35	0,45
Ukupna količina	15	0,08—4,31	0,71

Cement je kontaktnog, pornog i bazalnog tipa i sadrži pored silicijsko-sericitske materije organsku materiju, karbonate i teške minerale.

U peščarima sive serije nalaze se sledeći teški providni minerali:

leukoksen	minokl. pirokseni	apatit
rutil	hipersten	barit
sfen	epidot	šelit
brukit	epidot-alanit	korund
cirkon	zoizit	malahit
turmalin	staurolit	sekund. min. urana
granati	disten	
amfiboli	monacit	

Zastupljenost teških minerala u teškoj frakciji prikazana je na slikama 4, 5, 6 i 7.

Teški minerali su većinom predstavljeni mineralima rezistatima, staloženim zajedno sa petrogenim mineralima sedimenata gredenske serije, osim jednog dela barita koji je postao naknadno i malahita i sekundarnih minerala urana koji su produkti okisdacije.

Glavnu količinu teških minerala čine: minerali titana, cirkon, turmalin, apatit, granat i metalični minerali. Retki su: barit i minerali amfibolske, piroksenske i epidotske grupe, a ostali su vrlo retki i sporadični.

Od tih minerala jedino je indikativna raspodela »raspadnutih minerala titana«, koji su mešavina rutila sa neidentifikovanim produktima njegovog raspadanja i drugim mineralima bez titana. Raspodela ove mešavine (tabela IV) ukazuje da je ona nešto više zastupljena u povlati orudnjenja, ali je malog značaja, zbog veoma širokog variranja njenog sadržaja. Međutim, minimalna zastupljenost ove mešavine u orudnjenju ukazuje, da su kroz te partije, pre ili za vreme stvaranja mineralizacije proticali topli vodeni rastvori u kojima je ona bila nestabilna.

Tabela IV

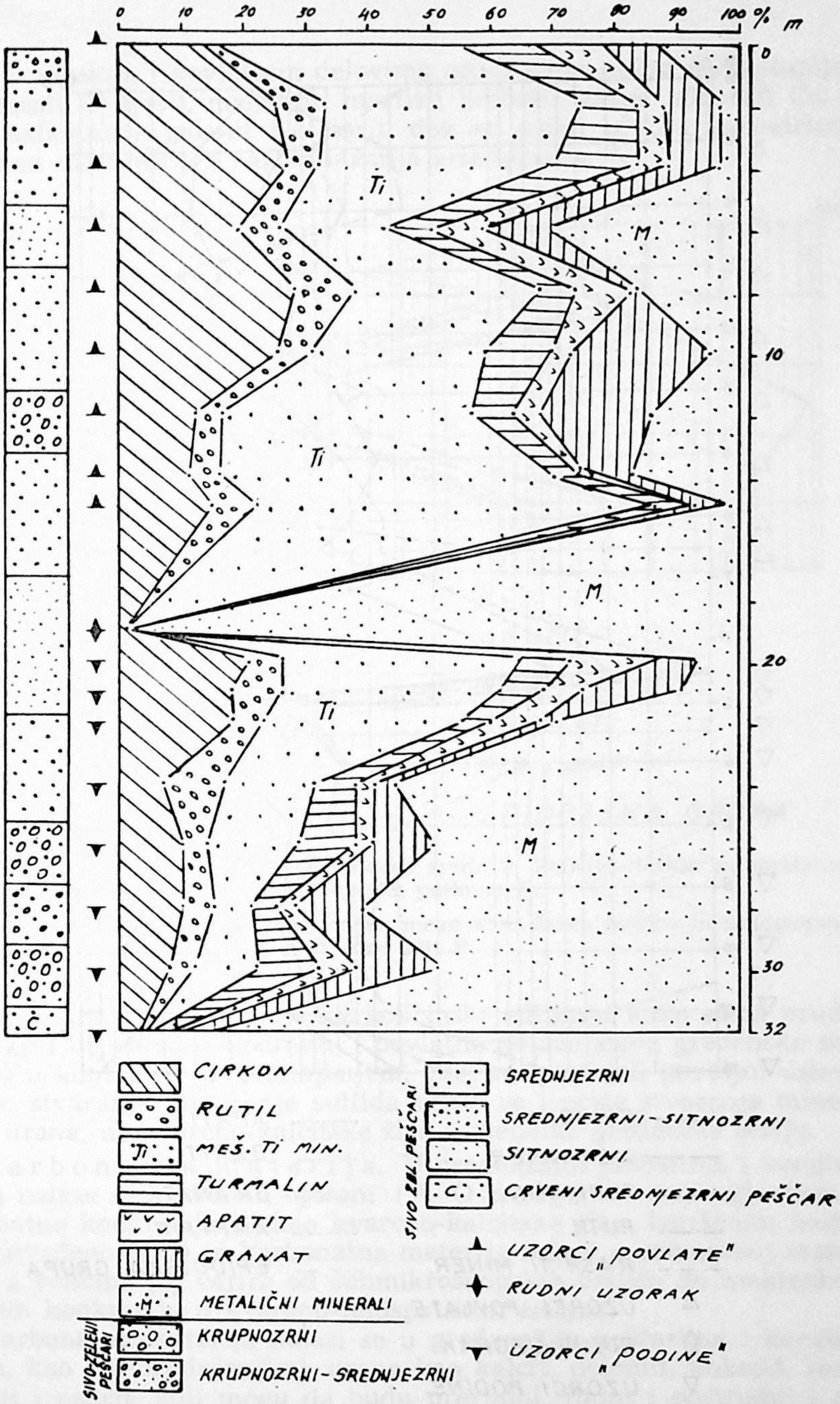
Mesto oprobavanja	N	Sadržaj u %	$\bar{X}$ u %
Povlata orudnjenja	23	14,0—66,4	43,2
Mineralizacija urana	4	0,0— 0,1	0,1
Podina orudnjenja	20	5,4—62,0	34,2

Što se tiče raspodele ostalih providnih teških minerala (rutila, cirkona, turmalina i drugih) izvesno smanjenje njihovog sadržaja u međusobnom procentualnom odnosu teških minerala u mineralizaciji urana, posledica je prinosa pehblende i sulfida.

Metalični minerali (slika 8, tabela V) dvojakog su postanka: staloženi zajedno sa ostalim petrogenim mineralima gredenskih peščara — magnetit, ilmenit, Cr-spinel i pirotin; i naknadno stvoreni — pirit, markasit, halkopirit, halkozin, kovelin, bornit, tetraedrit, arsenopirit, galenit i sfalerit.

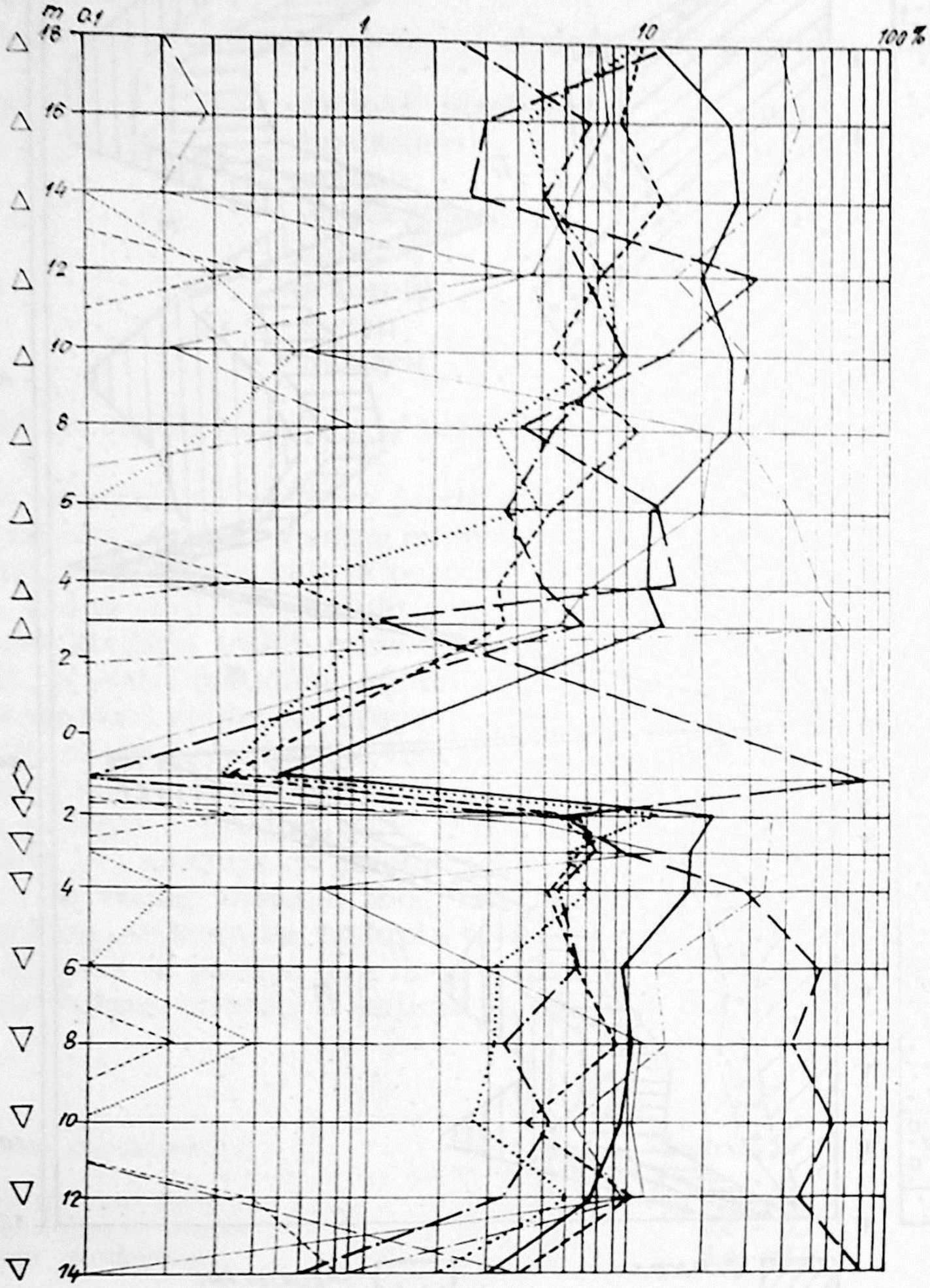
Tabela V

Mesto oprobavanja	N	Sadržaj u %	$\bar{X}$ u %
Povlata orudnjenja	23	0,7—57,1	11,9
Mineralizacija urana	4	81,4—99,0	92,0
Podina orudnjenja	20	1,7—60,6	21,7



Sl. 4. — Kumulativni dijagram međusobnih odnosa teških minerala u peščarima iz potkopa P_1

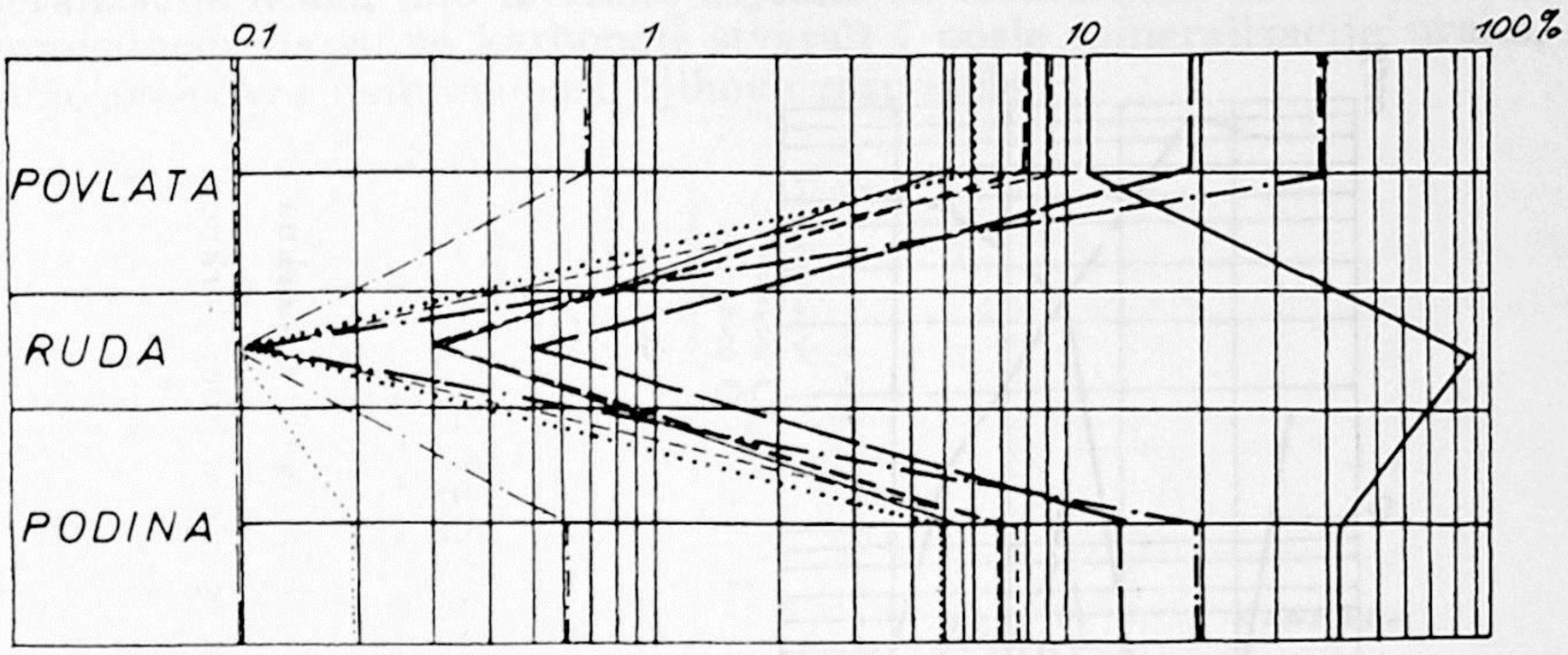
Fig. 4. — Cumulative diagram of heavy minerals rations in sandstones from adit P_1



Sl. 5. — Dijagram međusobnih odnosa teških minerala u sivim peščarima iz potkopa P_i

Fig. 5. — Diagram of heavy minerals rations in gray sandstones from adit P_i

U podinskim i povlatnim delovima orudnjenja urana najzastupljeniji su minerali Fe (pirit, magnetit, martit i limonit), zatim minerali Cu (naročito halkopirit), galenit i sfalerit, dok su ostali retki i sporadični, sa izuzetkom mestimičnog nagomilavanja arsenopirita.



Sl. 6. — Dijagram međusobnih odnosa srednjih količina teških minerala u peščarima iz potkopa P_i.

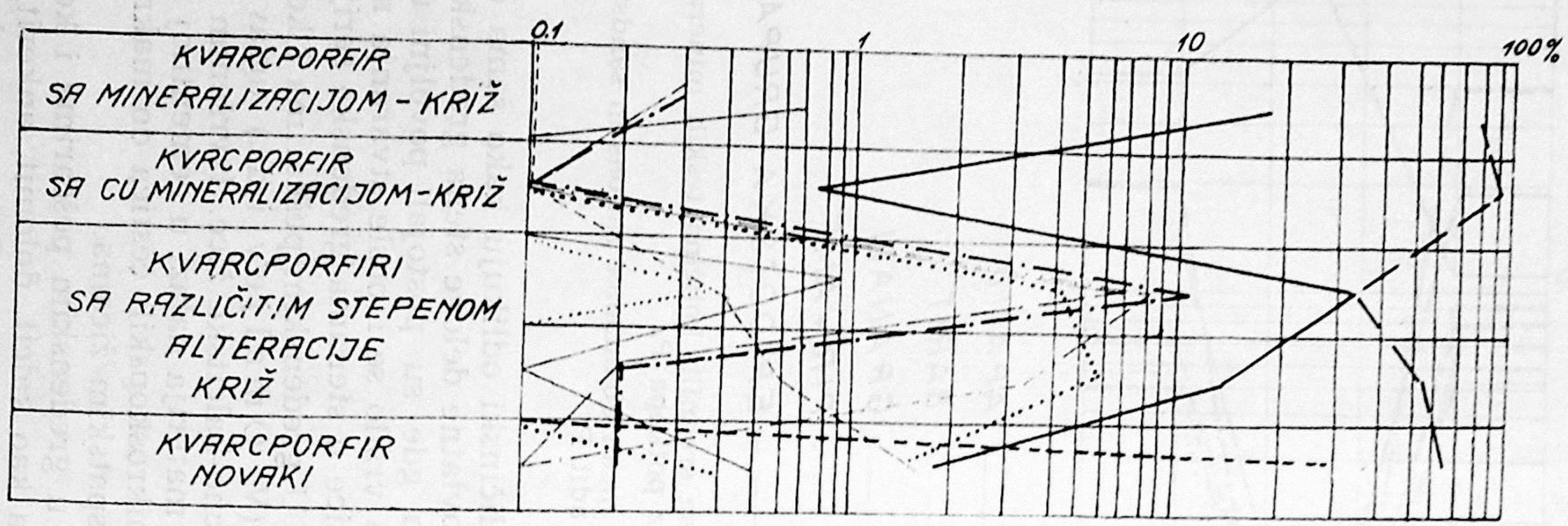
Fig. 6. — Diagram of heavy minerals mean abundance rations in sandstones from adit P_i

Naknadno stvoreni minerali količinski odlikuju kako sama orudnjenja, tako i neposredne podinske i povlatne delove stena gredenske serije, koje su u kontaktu sa orudnjenjem, gde su postojali povoljni uslovi za njihovo stvaranje. Stvaranje sulfida vršilo se i posle stvaranja mineralizacije urana, uz kvarcno-kalcitske žice u stenama gredenske serije.

K a r b o n a t n a m a t e r i j a. U gredenskim peščarima i konglomeratima nalaze se karbonati opisani (V. O m a l j e v i dr.) uglavnom kao karbonatne konkrecije ili kao kvarcno-kalcitske žice. Izvršenim izučavanjem utvrđeno je da se karbonatna materija nalazi u cementnoj masi peščara, a veličina joj varira od submikroskopskih čestica do makroskopski vidljivih konkrecija u kvarcno-feldspatskim žicama.

Karbonatna materija nalazi se u gredenskim peščarima i konglomeratima, kao i u orudnjenjima urana kao kalcit, dolomit, ankerit, ceruzit, malahit i azurit, koji mogu da budu prerudni, rudni i postrudni i da se nalaze u cementu peščara i konglomerata, u karbonatnim konkrecijama, u žilicama i u kvarcno-kalcitskim žicama.

Sadržaj karbonata u gredenskim peščarima Žirovskog Vrha varira od 1,02 do 9,34%, sa srednjom vrednošću od 3,58% ispitano na 154 proba

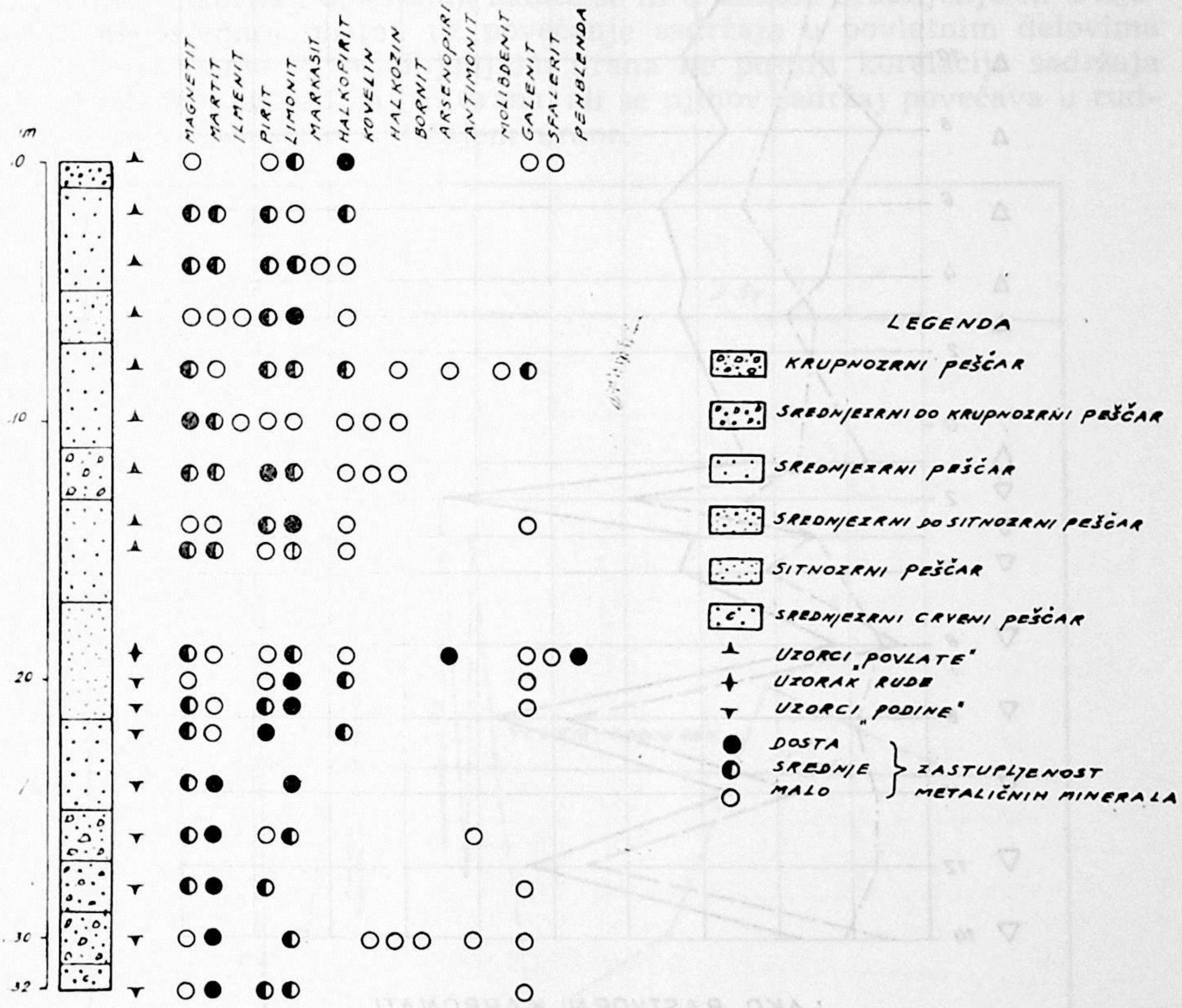


—— CIRKON
—— MET. MINER.
----- BRUKIT + ANATAS
—·—· RUTIL
..... APATIT
—— BARIT
—— GRANAT
------ AMF. + PIR.
—·—· EPIDOTSKA GRUPA
..... TURMALIN

Sl. 7. — Dijagram međusobnih odnosa akcesornih minerala kvarcporfira Cerkna

Fig. 7. — Diagram of accessory minerals rations in the quartzporphyries from Cerkno

Raspodela i korelacija karbonata prikazana je na slikama 9 i 10. S obzirom na različito genetsko poreklo karbonata njihova je raspodela veoma heterogena, ali se zapaža povečanje sadržaja na mestima sa orudnjenjem urana ili u blizini samog orudnjenja. To ukazuje da je epigenetsko stvaranje mineralizacije urana bilo izvršeno zajedno sa stvaranjem karbonata. Postoji verovatnoća da su se karbonati stvarali i posle mineralizacije urana, što samo povećava heterogenost njihove raspodele.

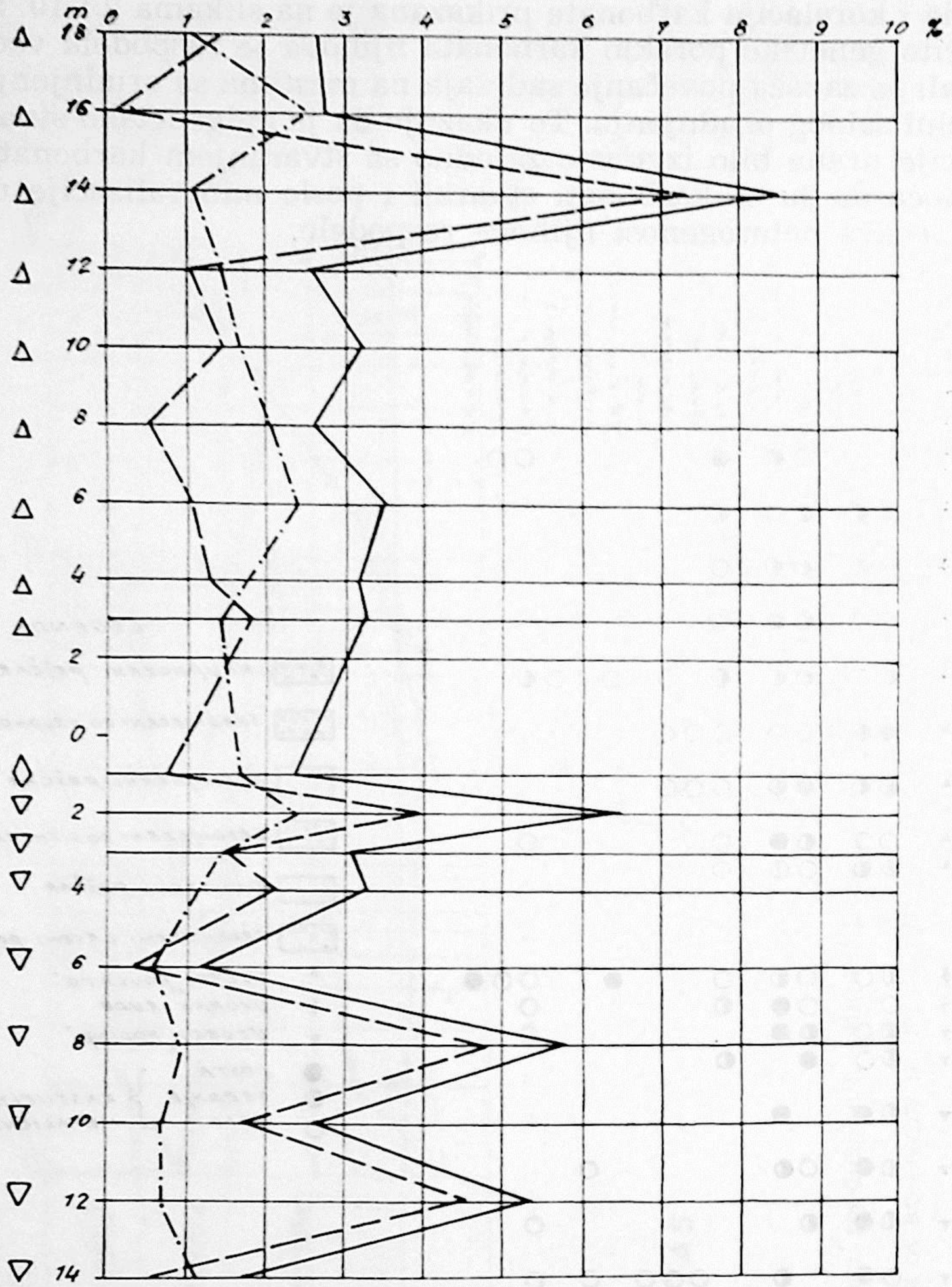


Sl. 8. — Metalični minerali u peščarima iz potkopa P_i

Fig. 8. — Metallic minerals in sandstones from adit P_i

U rudnim telima urana ne postoji korelacija sadržaja urana i karbonata, ali je njihova najveća koncentracija u rudnim telima sa sadržajem urana od 0,05—0,18%.

Sadržaj lakorastvornih karbonata u gredenskim peščarima i konglomeratima varira od 0,00 do 8,32%, sa srednjom vrednošću od 1,86%. Oni količinski odlikuju orudnjene delove ili njihovu povlatu i naročito podinu. U rudnim telima ne postoji korelacija sadržaja urana i lakorastvornih karbonata, ali je primetno povećanje njihovog sadržaja u telima sa 0,05—0,18% urana. Postoji, međutim, visoka linearna korelacija između lakorastvornih karbonata i mangana (sa $r=0{,}828$ i $r^2=68{,}6\%$), odnosno to je deo

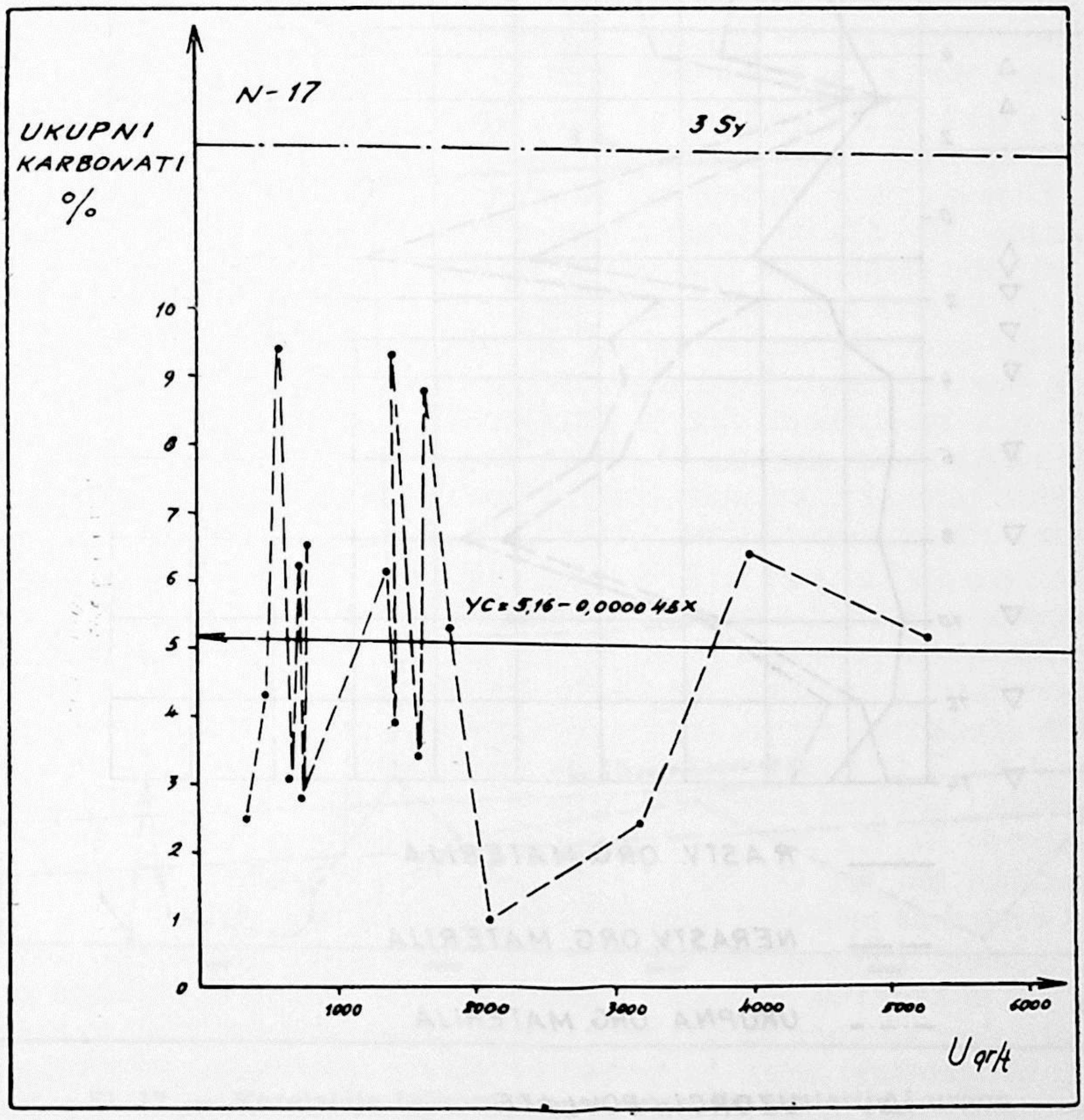


Sl. 9. — Dijagram zastupljenosti karbonata u sivim peščarima iz potkopa P_i

Fig. 9. — Diagram of carbonates abundance in grey sandstones from adit P_i

procentualnog sadržaja ukupne količine mangana u steni, koji je vezan za kalcit.

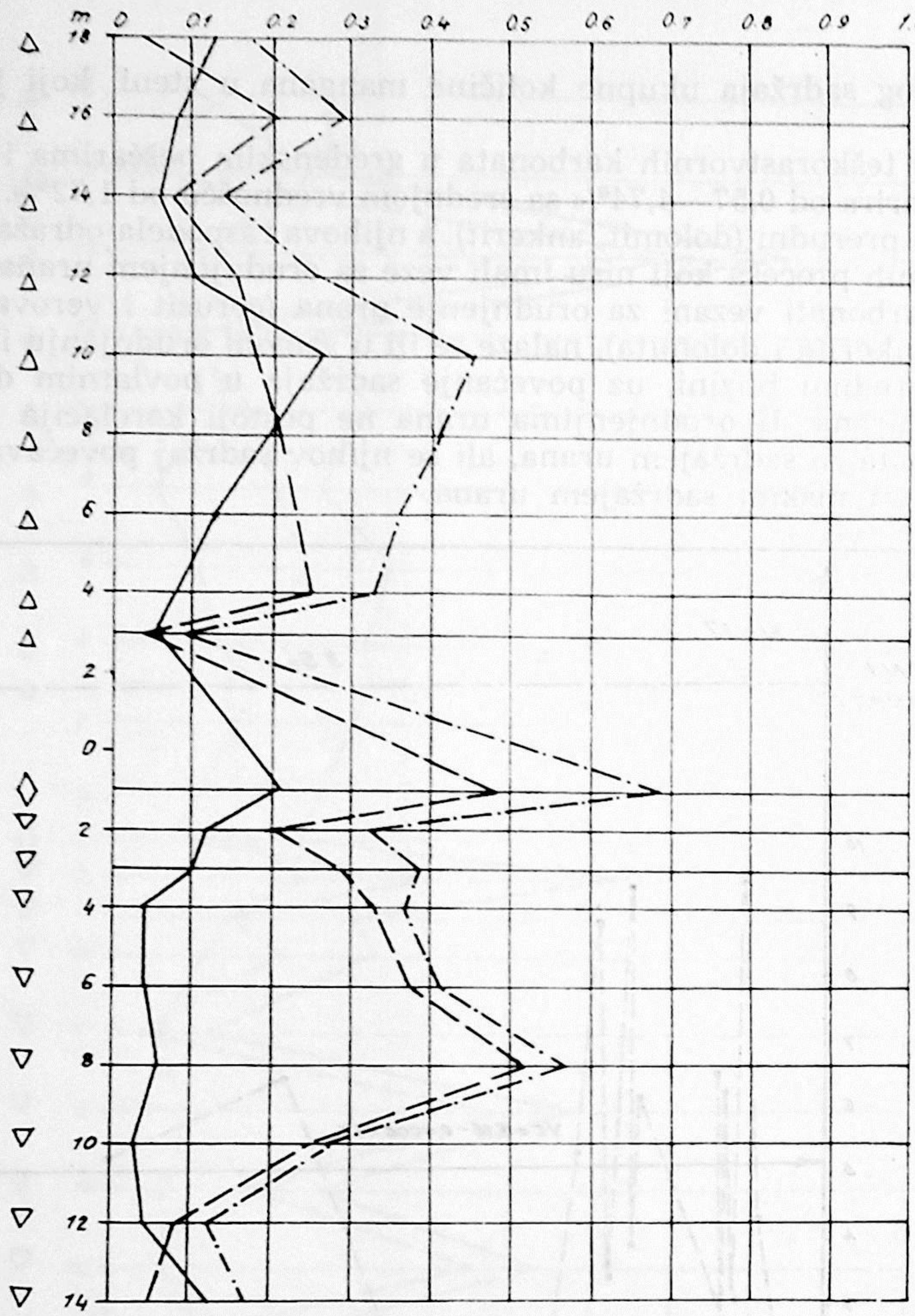
Sadržaj teškorastvornih karbonata u gredenskim peščarima i konglomeratima varira od 0,57—4,74% sa srednjom vrednošću od 1,72%. Od njih preovlađuju prerudni (dolomit, ankerit), a njihova raspodela odražava svojstva prerudnih procesa koji nisu imali veze sa orudnjenjem urana. Teškorastvorni karbonati vezani za orudnjenje urana (cerusit i verovatno deo sadržanog ankerita i dolomita), nalaze se ili u samom orudnjenju ili u njegovoj neposrednoj blizini, uz povećanje sadržaja u povlatnim delovima orudnjenja urana. U orudnjenjima urana ne postoji korelacija sadržaja ovih karbonata sa sadržajem urana, ali se njihov sadržaj povećava u rudnim telima sa niskim sadržajem urana.



Sl. 10. — Korelacija ukupne količine karbonata i urana
Fig. 10. — Correlation between the total carbonates and uranium

Organska materija. U gredenskim peščarima i konglomeratima organska materija je biljnog porekla i nalazi se kao teško- i lakorastvorna.

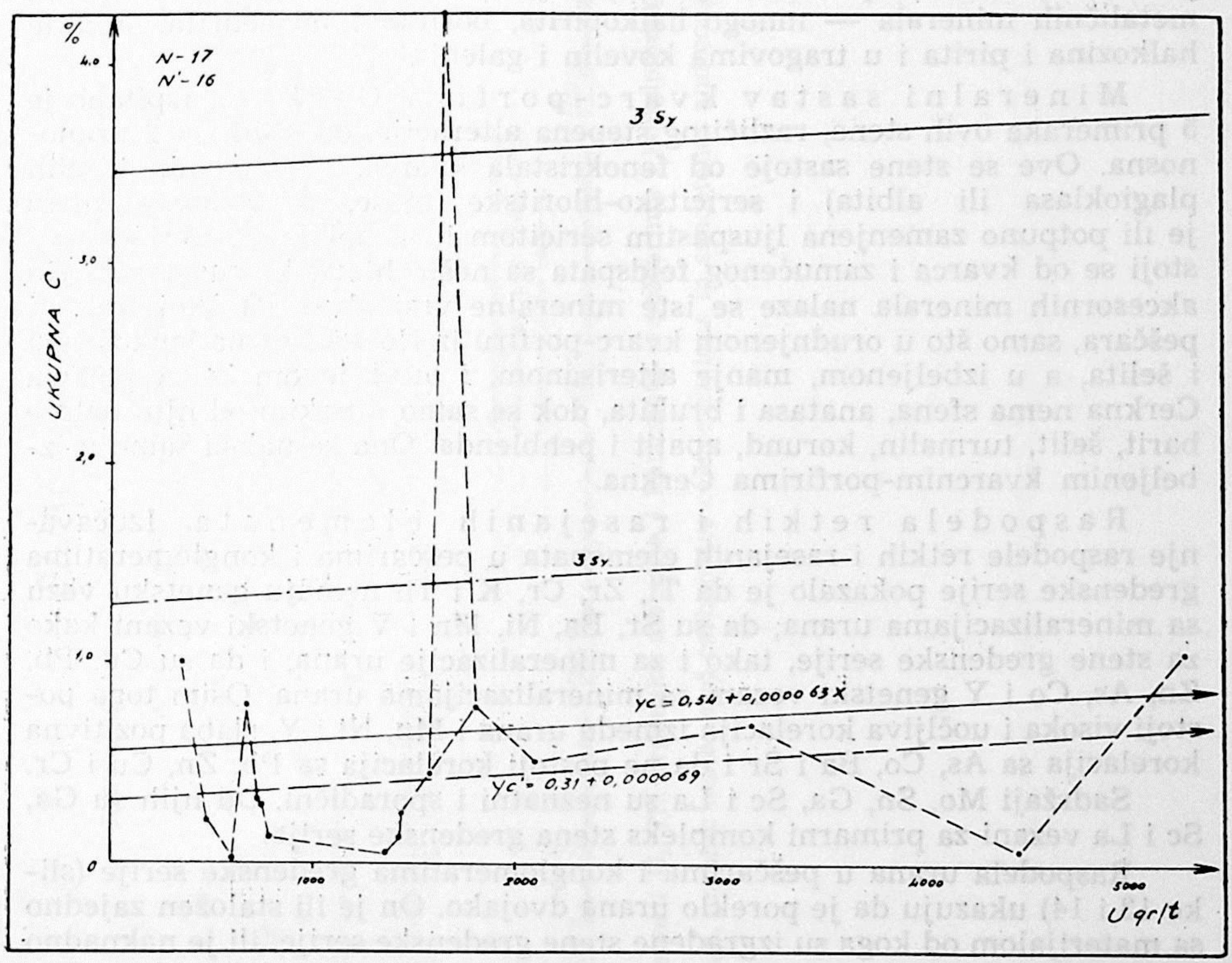
Teškorastvorna organska materija je predstavljena antracitom sa mestimičnim pretvaranjem u grafit, koji se nalazi kako u sivoj i crvenoj se-



Sl. 11. — Dijagram zastupljenosti organske materije u sivim peščarima iz potkopa P_i

Fig. 11. — Diagram of organic matter abundance in grey sandstones from adit P_i

riji, tako i u orudnjenjima i uz kvarcno-kalcitske žice, skoro uvek u asocijaciji sa sulfidnim mineralima, a naročito sa piritom. Njen sadržaj varira u gredenskim peščarima od 0—3,35% (slika 11), sa srednjom vrednošću od 0,14%. Heterogenenost njene raspodele potiče od velike varijacije sadržaja, kako u istim litološkim tipovima, tako i u orudnjenim i neorudnjenim delovima sive serije peščara. Uočljiva je, međutim, tendencija povećanja sadržaja organske materije u orudnjenim delovima, što ih je činilo najpovoljnijom sredinom za taloženje urana i drugih metala. Pri tome su izvesnog uticaja imali i metamorfni procesi. Izučavanje korelacije između urana i teškorastvorne organske materije u orudnjenjima (slika 12) ukazuje na pozitivnu neznatnu linearnu korelaciju ($r=0,08$ a $r^2=0,7\%$), koja nije značajna.



Sl. 12. — Korelacija teškorastvorne organske materije i urana

Fig. 12. — Correlation between the heavily dissolved organic matter and uranium

Lakorastvorna organska materija nalazi se dispergovana u cementu peščara i konglomerata, kako sive tako i crvene serije gredenskih peščara i konglomerata. Njen sadržaj ne prelazi 1%, a distribucija joj je slična teškorastvornoj i ne postoji korelacija između nje i urana. Postala je frakcionacijom organske materije za vreme dinamometamorfizma.

K v a r c n o - k a l c i t s k e ž i c e. Glavni minerali su kvarc i kalcit, u tragovima ima sericita, od ostalih minerala barita, amfibola, rutila, cirkona, šelita, malahita i metaličnih minerala. Od njih su halkopirit i halkozin najzastupljeniji, zatim limonit, manje je pirita i u tragovima galenit, magnetit i martit. Osim sulfida, kvarca i kalcita ostali su minerali zahvaćeni iz peščara.

M i n e r a l n i s a s t a v p e š č a r a S o v o d n j a. Neorudnjeni peščari sadrže u teškoj frakciji granat, cirkon, amfibole, piroksene, rutil, sfen, raspadnute minerale titana, turmalin, apatit i metalične minerale, od kojih uglavnom halkopirit i u tragovima pirit, limonit, bornit, magnetit i martit.

Orudnjeni peščari za razliku od neorudnjenih ne sadrže amfibole, piroksene, sfen i raspadnute minerale titana, ali sadrže brukit, barit i od metaličnih minerala — mnogo halkopirita, bornita i tetraedrita, srednje halkozina i pirita i u tragovima kovelin i galenit.

M i n e r a l n i s a s t a v k v a r c - p o r f i r a C e r k n a. Ispitano je 5 primeraka ovih stena, različitog stepena alteracije, od kojih su 2 uranonosna. Ove se stene sastoje od fenokristala kvarca, sericitisanih kiselih plagioklasa ili albita) i sericitsko-hloritske mase, a osnovna masa je ili potpuno zamenjena ljuspastim sericitom ili u nekim primercima sastoji se od kvarca i zamućenog feldspata sa nešto hloritske supstance. Od akcesornih minerala nalaze se iste mineralne vrste kao u teškoj frakciji peščara, samo što u orudnjenom kvarc-porfiru iz Novaka nema leukoksena i šelita, a u izbeljenom, manje alterisanom, i orudnjenom kvarc-porfiru Cerkna nema sfena, anatasa i brukita, dok se samo u nekim od njih nalaze barit, šelit, turmalin, korund, apatit i pehblenda. Ona se nalazi samo u izbeljenim kvarcnim-porfirima Cerkna.

R a s p o d e l a r e t k i h i r a s e j a n i h e l e m e n a t a. Izučavanje raspodele retkih i rasejanih elemenata u peščarima i konglomeratima gredenske serije pokazalo je da Ti, Zr, Cr, K i Th nemaju genetsku vezu sa mineralizacijama urana, da su Sr, Ba, Ni, Mn i V genetski vezani kako za stene gredenske serije, tako i za mineralizacije urana, i da su Cu, Pb, Zn, As, Co i Y genetski vezani sa mineralizacijama urana. Osim toga postoji visoka i uočljiva korelacija između urana i Mn, Ni i Y, slaba pozitivna korelacija sa As, Co, Ba i Sr i da ne postoji korelacija sa Pb, Zn, Cu i Cr.

Sadržaji Mo, Sn, Ga, Sc i La su neznatni i sporadični. Od njih su Ga, Sc i La vezani za primarni kompleks stena gredenske serije.

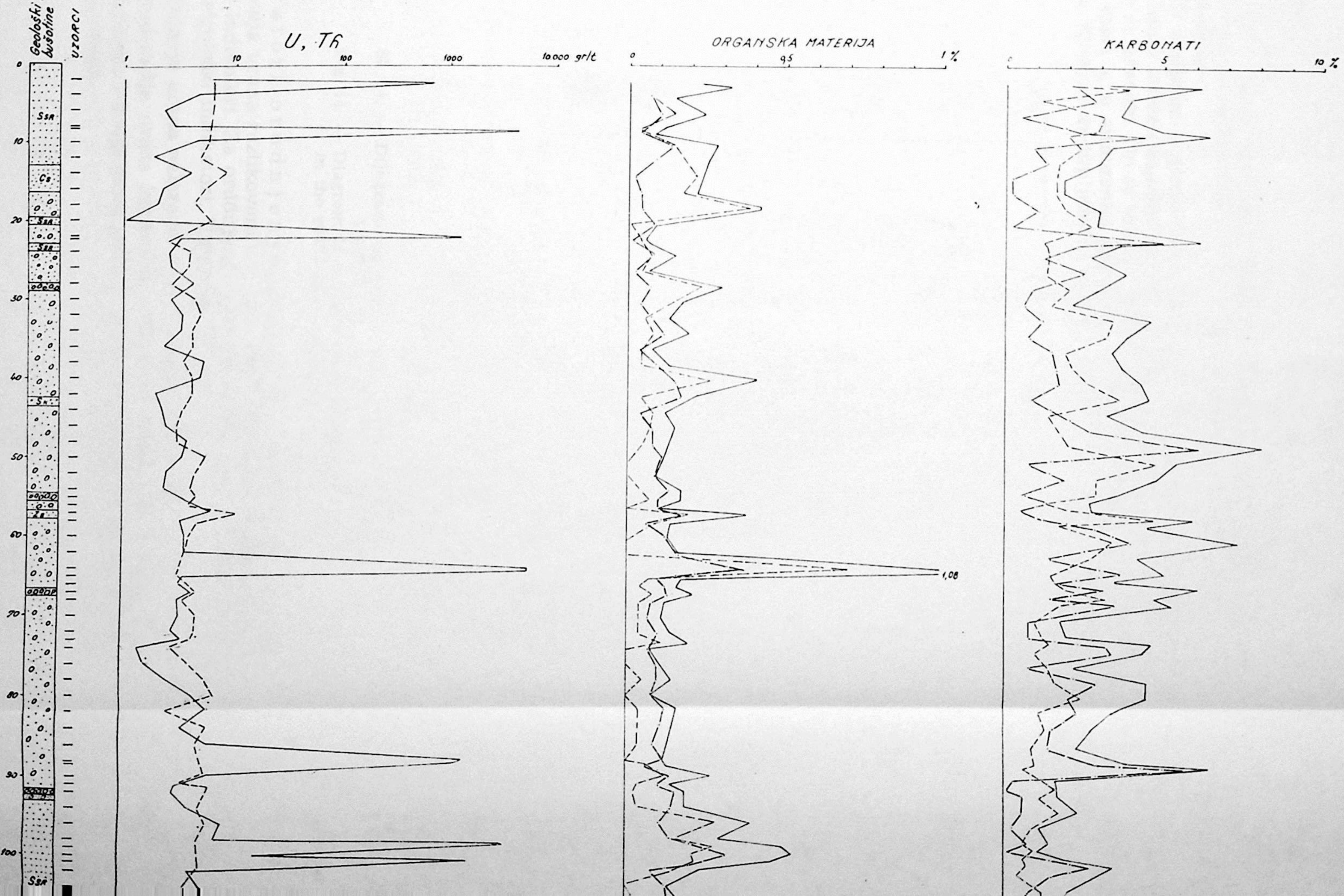
Raspodela urana u peščarima i konglomeratima gredenske serije (slike 13 i 14) ukazuju da je poreklo urana dvojako. On je ili staložen zajedno sa materijalom od koga su izgrađene stene gredenske serije, ili je naknadno unešen. Singenetski uran je vezan za glavne petrogene minerale u kojima se nalazi kao primesa, dok se epigenetski uran nalazi kao pehblenda i sekundarni minerali urana. Preko odnosa Th/U može da se uoči disperzija epigenetskog urana u neposrednoj blizini rudnih tela. To je naročito lepo uočljivo u svim srednjezrnim peščarima, koji su predstavljali najpovoljniju sredinu za taloženje epigenetskog urana.

Sadržaji torijuma u peščarima i konglomeratima gredenske serije (slike 13 i 14) ukazuju da je on staložen zajedno sa materijalom od koga se sastoje stene i da nema genetske veze sa epigenetskim uranom. On se nalazi kao primesa u petrogenim mineralima, a sadrže ga takođe teški mi-

DIJAGRAMI

ZASTUPLJENOSTI U, Th, ORGANSKE MATERIJE I KARBONATA

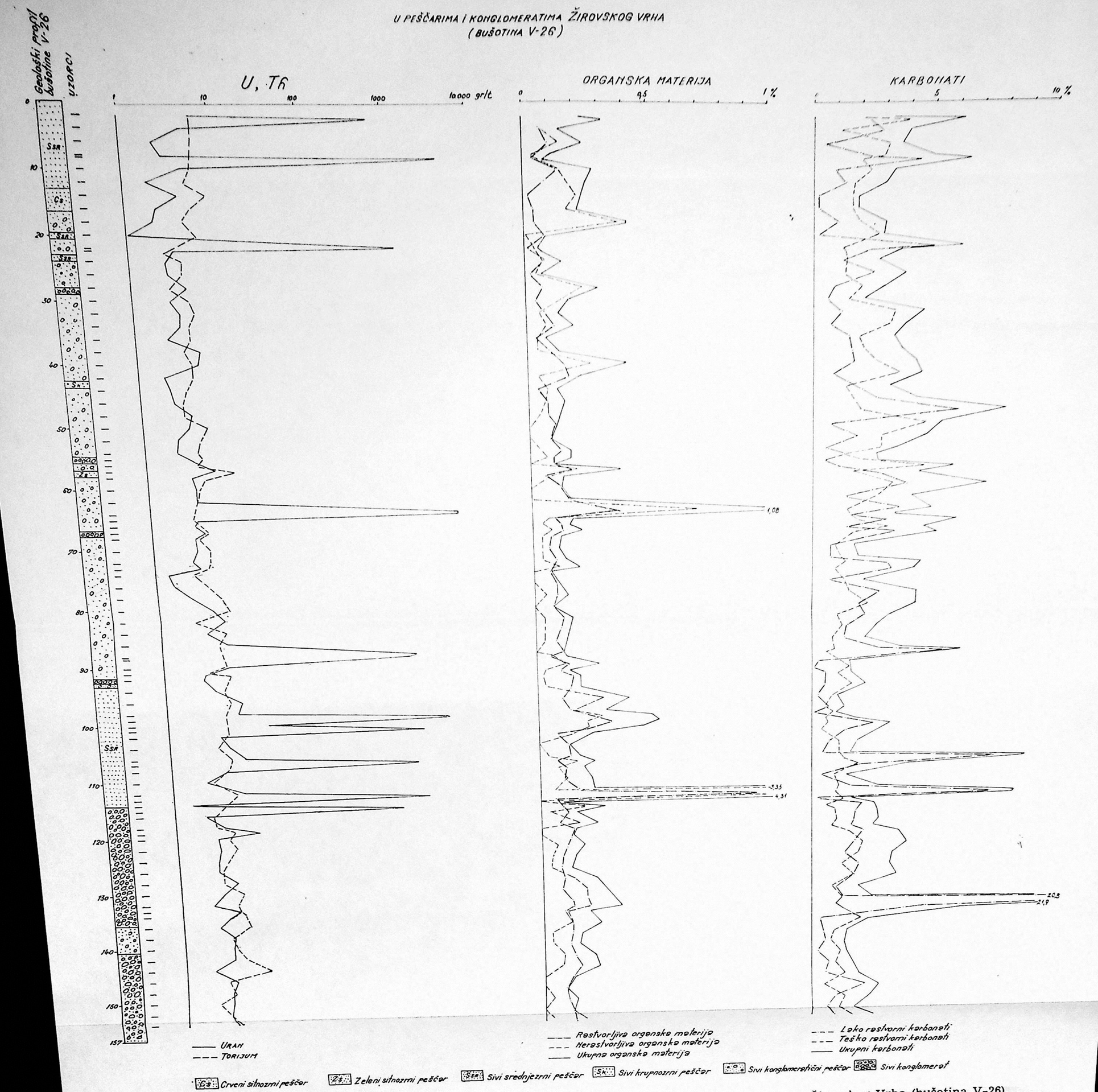
U PEŠČARIMA I KONGLOMERATIMA ŽIROVSKOG VRHA (BUŠOTINA V-26)



DIJAGRAMI

ZASTUPLJENOSTI U, Th, ORGANSKE MATERIJE I KARBONATA

U PEŠČARIMA I KONGLOMERATIMA ŽIROVSKOG VRHA
(BUŠOTINA V-26)

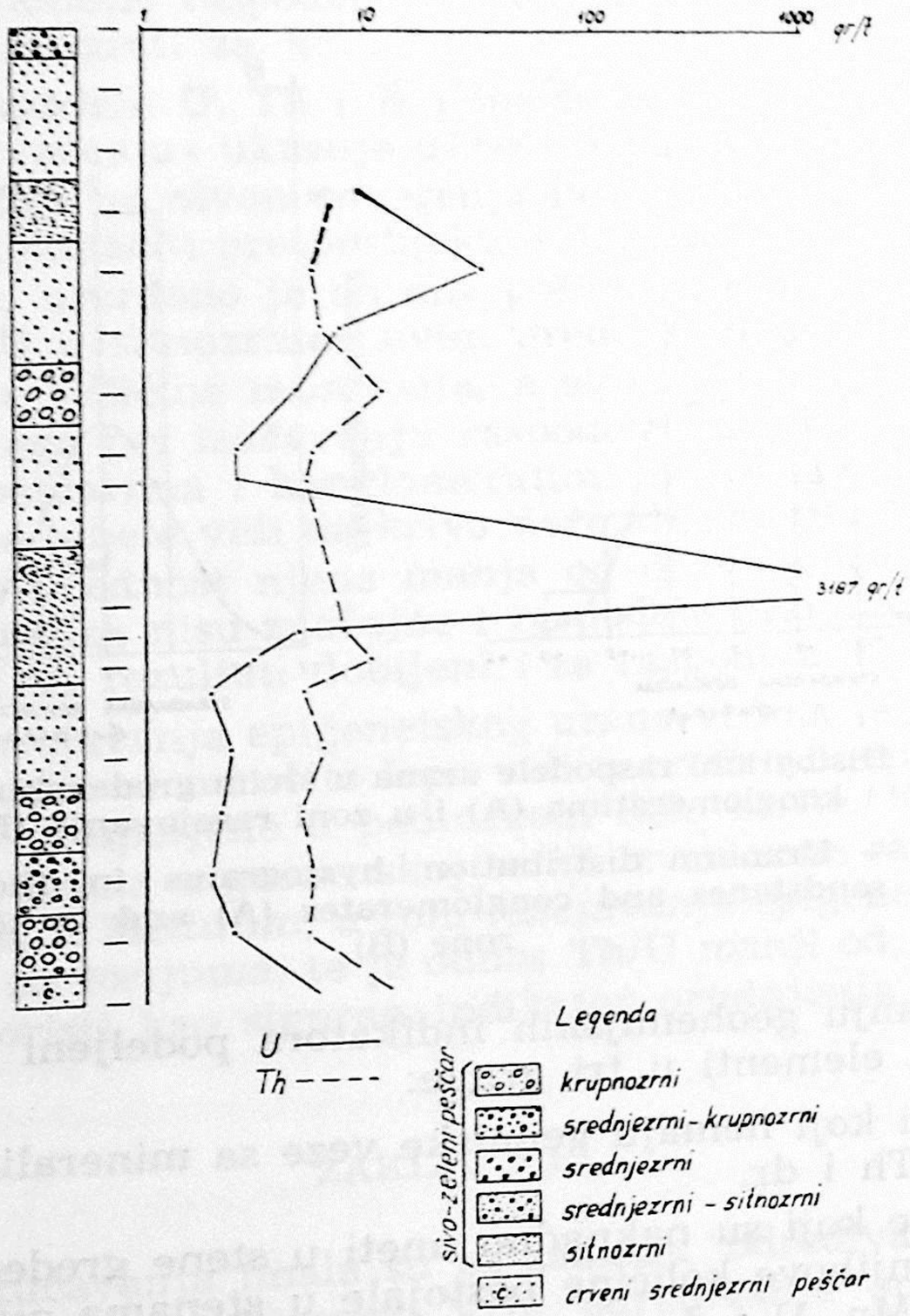


Sl. 13. — Dijagrami zastupljenosti U, Th, organske materije i karfonata u peščarima i konglomeratima Žirovskog Vrha (bušotina V-26).

Fig. 13. — Dijagram of uranium, thorium, organic mater and carbonates concentrations in sandstones and conglomerates from Žirovski Vrh (drill-hole V-26).

nerali (monacit, cirkon, minerali titana itd.), ali je njihova količina neznatna, tako da se može smatrati da je torijum uglavnom vezan za petrogene minerale.

Sadržaji kalijuma u gredenskim peščarima i konglomeratima ukazuju da je kalijum taložen zajedno sa petrogenim mineralima i da nema genetske veze sa uranom. On se nalazi u feldspatima, liskunima i sericitskoj cementnoj masi, a u sitnozrnim peščarima u muskovitu zbog čega se u njima, zbog njegove zastupljenosti, znatno povećava i sadržaj kalijuma.



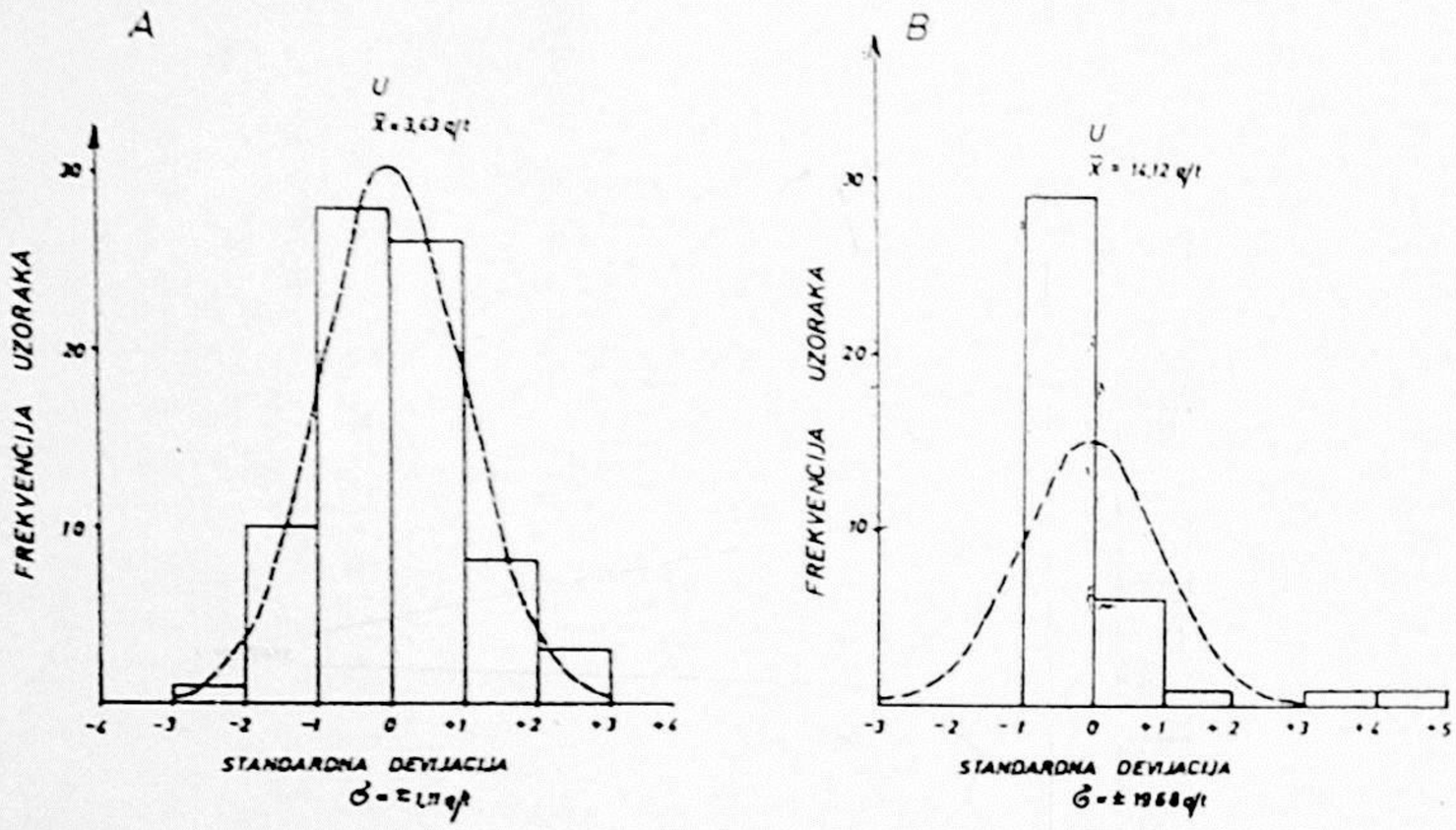
Sl. 14. — Dijagram sadržaja U i Th u stenama potkopa P_i

Fig. 14. — Diagram of U and Th concentrations in the rocks from adit P_i

I n d i k a t o r i o r u d n j e n j a u r a n a. Pri određivanju indikatora orudnjenja urana razlikovani su: geološki, petrološki, mineraloški i geohemijski indikatori. Za orudnjenje urana Žirovski Vrh već su poznati geološki i petrološki indikatori. Uglavnom to su:

a. Orudnjenja urana nalaze se samo u stenama sive serije.
b. Mineralizacije urana kontroliše slojevitost stena sive serije.
c. Srednjezrni i krupnozrni peščari su najpovoljnija sredina za taloženje urana.

Pri izučavanju minerala indikatora orudnjenja uzete su kao kriterijumi sledeće njihove odlike: da oni otkrivaju postojanje orudnjenja urana svojim koncentracijama u steni, da se nalaze zajedno sa mineralima urana u količinama većim od dispersije urana, i da njihovo izučavanje ne košta više od samog istraživanja urana. Na osnovu izvršenih izučavanja i ovih kriterijuma utvrđeno je, da ne postoji ni jedan mineral ili grupa minerala, koji bi sigurno indicirali blizinu rudnih tela i orudnjenja. Ipak su otkriveni neki minerali, čiji nalazak ukazuje na moguće postojanje mineralizacije urana.



Sl. 15. — Histogrami raspodele urana u sivim gredenskim peščarima i konglomeratima (A) i u zoni rasejavanja (B)

Fig. 15. — Uranium distribution hystograms in the frey Val Gardena sandstones and conglomerates (A) and in the diffusion zone (B)

Pri izučavanju geohemijskih indikatora podeljeni su svi otkriveni retki i rasejani elementi u tri grupe:

a. Elementi koji nemaju genetske veze sa mineralizacijom urana Zr, Ti, Cr, Th i dr.
b. Elemente koji su naknadno uneti u stene gredenske serije, ali su izvesne njihove količine postojale u stenama ove serije — V, Ni, Ba, Sr, Mn, U i dr.
c. Elemente unete u stene gredenske serije zajedno sa mineralizacijom urana — Pb, Cu, As, Y, Co.

Raspodela elemenata druge grupe sem U i Ba, manje-više je neposredno vezana za raspodelu organske materije, karbonate i sulfide, te se kao i elementi prve grupe ne može da koristi kao indikator, već njihovi povećani sadržaji u stenama mogu da ukažu na povoljnu mogućnost blizine orudnjenja urana. Ba je pretežno vezan za mineral barit, te je njegova dispersija analogna dispersiji ovog minerala. Međutim, epigenetska dispersija U oko rudnih tela može da posluži kao indikator orudnjenja urana.

Elementi treće grupe ne mogu da se koriste kao sigurni indikatori orudnjenja urana, jer imaju ili slabu dispersiju oko rudnih tela (Y, Co,

As), ili im je dispersija velika (Pb, Cu, Zn) ali bez ikakve pravilnosti. Stoga koncentracije ovih elemenata mogu da posluže samo kao povoljna mogućnost blizine orudnjenja urana.

Što se tiče dispersije epigenetskog urana oko orudnjenja urana, odnosno zona rasejavanja urana u blizini rudnih tela, ona je prikazana na histogramima (slika 15) i u tabeli VI sa parametrima raspodele urana. Ovi parametri opravdavaju izdvajanje zone rasejavanja urana, jer je V* za uran u zoni rasejavanja znatno veće, što ukazuje na njegovo rasejavanje. Nasuprot tome parametri raspodele Th, K i drugih elemenata imaju isto ili približno iste vrednosti za V*.

Ispitivanje raspodele U, Th i K pomoću teoretske krive normalnog rasejavanja i »hi kvadrata« ukazuje da se njena vrednost nalazi izvan dozvoljenog ograničenja na nivou poverenja P_{005}, odnosno da je razlika značajna i da se mora odbaciti pretpostavka o normalnoj raspodeli. Ispitujući uzroke ove pojave, utvrđeno je da ona potiče od povećanih (oko 5 puta) sadržaja K, Th i U u sitnozrnim sivim gredenskim peščarima, u kojima se nalaze povećane količine muskovita, a stoga i povećane količine ovih elemenata. Zbog toga pri izučavanju raspodele epigenetskog urana u sivim gredenskim peščarima i konglomeratima oni nisu uzeti u obzir (tabela VII). Iz ove se tabele vidi da kriva normalne raspodele i »hi kvadrata« ukazuju da je vrednost njena manja od dozvoljenog ograničenja za P_{005}, odnosno da razlike nisu značajne i raspodela urana može se smatrati normalnom. Slični su rezultati dobijeni i za raspodelu Th i K.

Širina zone rasejavanja epigenetskog urana veoma je različita i može da iznese i do 6 m, što se naročito lepo vidi u profilu hodnika H_{216}, gde je rasejavanje naročito ispoljeno u podinskom delu serije. Kako je torijum više zastupljen od urana u gredenskoj seriji izvan zone rasejavanja, to je odnos Th/U veći od 1. Međutim, u zoni rasejavanja epigenetskog urana, on je više zastupljen od torijuma, te je odnos Th/U manji od 1. Stoga se ovaj odnos može da koristi kao siguran indikator orudnjenja urana.

ZAKLJUČCI

1. Izvršena izučavanja imala su za zadatak određivanje mineralnog sastava orudnjenja urana Žirovski Vrh, određivanje sredine taloženja orudnjenja, određivanje njegovog načina postanka i izučavanje mineraloško-geohemijskih odlika orudnjenja radi utvrđivanja njegovih indikatora.

2. Na osnovu petrografskog sastava, poroznosti stena, vrsta i zastupljenosti organske materije i karbonata, kao i povoljnih geohemijskih uslova, utvrđeno je da su srednjezrni i grubozrni gredenski sivi peščari bili najpovoljnija sredina za taloženje orudnjenja urana i drugih metala.

3. Određen je sledeći mineralni sastav sivih gredenskih peščara:

kvarc	fragmenti stena
feldspati	cement (seric.-silicij. masa)
liskuni	

---

* Koeficijent varijacije.

Zastupljenost teških providnih minerala je neznatna, svega oko 0,1%. Od metaličnih minerala pored sulfida nalaze se još magnetit, martit, ilmenit, pirotin i limonit.

4. Određen je sledeći mineralni sastav orudnjenja urana:

kvarc	fragmenti stena
feldspati	cement
liskuni	

Cement orudnjenja sastoji se, međutim, od sericitsko-silicijske mase, lako i teško rastvornih karbonata, lako i teško rastvorne organske materije i teških minerala sa uranskom i sulfidnom mineralizacijom. Teški minerali su neznatno zastupljeni, a od njih su najzastupljeniji metalični minerali.

Metalični minerali nalaze se pretežno zajedno sa mineralizacijom urana, a ređe su akcesorni sastojci (sulfidi, oksidi, hidroksdi) stena sive gredenske serije u kojima se orudnjenje urana nalazi. Sulfidne minerale čine pirit (sa pretvaranjem u markasit), arsenopirit (sa pretvaranjem u arsenolit u oksidacionoj zoni), galenit (sa pretvaranjem u cerusit), halkopirit (sa pretvaranjem u halkozin, kovelin, bornit i karbonate), tetraedrit, sfalerit.

Uransku mineralizaciju čini pehblenda, koja se u oksidacionoj zoni pretvara u djumontit, renardit-fosfuranilit, autunit, torbernit i beta-uranotil. Sadržaji urana variraju u rudnim telima od 0,0472—9,14%, ali najčešće variraju od 0,070—0,2%.

5. Karbonatna materija u stenama sive gredenske serije, kao i u orudnjenjima nalazi se kao kalcit, dolomit, ankerit, cerusit, malahit i azurit, koji mogu da budu prerudni, rudni i postrudni minerali. Nalaze se u cementu stena, konkrecijama, žilicama i kalcitsko-kvarcnim žicama. U orudnjenjima urana ne postoji korelacija sadržaja urana i karbonata.

6. Organska materija nalazi se u gredenskim peščarima i konglomeratıma kao teškorastvorna (antracit) i lakorastvorna. Partije ovih stena sa povećanim sadržajem organske materije bili su povoljna sredina za taloženje mineralizacije urana. U rudnim telima ne postoji korelacija sadržaja urana i organske materije.

7. Orudnjenja urana Žirovskog Vrha su dinamometamorfisane uslojene mineralizacije urana u sedimentnim stenama sa organskom materijom. To su primarno bila epigenetska orudnjenja staložena u završnoj hercinskoj etapi razvoja mobilne zone, odmah posle taloženja peščara i za vreme dijageneze. Uran i drugi metali, poreklom iz mineralizacija urana i primarnih oreola rasejavanja metala u okolnim kvarc-porfirima, taloženi su iz podzemnih voda na geohemijskim barijerama, uslovljenim stvaranjem H_2S životnom aktivnošću anaerobnih bakterija. Za vreme epizonalnih progresivnih promena peščara izvršeno je i pretvaranje organske materije u antracit uz frakcionaciju i izdvajanje urana iz nje, čime je izvršena konačna koncentracija urana.

8. Ne postoje sigurni mineraloški indikatori orudnjenja urana, mada raspodela karbonata i organske materije ima veliku dispersiju, zbog odsustva pravilnosti i postojanja njihovih koncentracija bez mineralizacije urana, te ne može da se koristi kao indikator orudnjenja urana. Od geohemijskih indikatora jedino dispersija epigenetskog urana oko orudnjenja,

može da se koristi kao siguran indikator, koji može da se prati pomoću odnosa Th/U, jer je izvan zone rasejavanja epigenetskog urana veći od 1, a u zoni rasejavanja manji od 1.

(Predato za štampu marta 1971, god.)

LITERATURA

1. Adams J. W. i dr., 1956: — Wall-Rock Control of certen Pitchblend deposits in Golden-Gate Canyon, Jefferson Country, Colorado, Bull. Geol. Surv. 1030-G.
2. Agnolo M. D., 1962: — Il giacimento uranifero di Novazza in Val Golio, I. JISU, Roma.
3. Breger I. i dr.: — Association of Uranium with carbonaceus materials. U.S. Geol. Surv. Papers 2—3.
4. Dančev V. I., 1959: — Nekatorie voprosi genezisa uranovogo orudenenija v zvjazi s izučeniem efektivnoj poristosti rudosaderžaščih karbonatnih porod, Izv. A.N. SSSR. ser. geol. № 7.
5. Evseeva L. S.: Geohimija urana v zone gipergeneza. Gosgeoltehizdat, Moskva.
6. Germanov A. I., 1960: — Osnovnie čerti gidrogeologičeskih uslovii formirovanija nekotorih infiltracionih mestoroždenii urana. Izv. A.N. SSSR — ser. geol. № 8.
7. Heinrich E. W., 1958: — Mineralogy and Geology of radioaktive raw materials. New York.
8. Hostetler P. B. i dr.: Transportation and precipitation of uranium and vanadium of low temperatures, with special reference to sandstone-type uranium deposits.
9. Jensen M. L., 1959: — Isotopes and Hydrothermal Mineral Deposits. Econ. Geol. Vol. 54, № 3.
10. Katayama N., 1956: — Genesis of the Uranium Deposits in Tertiary Sediments in the Ninggo-Toge Area, Wester Japan. ICPUAE, P/1356.
11. Katayama N., 1960: — Geneza ležišta urana u sedimentnim stenama. XXI IKG, Kopenhagen. Prevod.
12. Kelley V. C., 1956: — Uticaj regionalne strukture na poreklo i raspodelu urana na platou Kolorada. IKZMOAE. Prevod.
13. Kerr P. E., 1956: — Rock alteration criteria in the search for uranium. ICOUAE, Proc. P/502.
14. Keys W. S., 1958: — Sedimentary Rock Features as related to Uranium Ores. ICUAE, Proc. P/1931.
15. Klepper M. R. i dr.: — Procesi koncentracije urana. Prevod.
16. Kotljar V. N., 1961: — Geologija i genetičeskie tipi promišljenosti mestoroždenij urana. Geol. rud. mest. № 3.
17. Krasnikov V. I. i dr.: — O prostranstvenoj i genetičeskoj svjazi ekzogenyh i osadočno-metamorfogenyh mestoroždenya urana s arynymi zonami sootvestvujuščih geologičeskih epoh. Dokl. A. N. SSSR.
18. Klys W. S., 1956: — Litofacies of continental sedimentary rocks related to significant uranium deposits in the Western United States, ICUAE, Proc. P.
19. Krilov A. Ju. i dr., 1958: — Nekotorye zakonomernosti v migracii urana v vodah S.Z. rajonov SSSR. Trudi RI A.N. SSSR, tom VIII.
20. Lang A. H., 1962: — Canadian Deposits of Uranium and Thorium.
21. Lenoble A., 1958: — Caractères géologiques des gisements français d'uranium.
22. Lisicin G. A. i dr., 1962: — O formah nahoždenija urana v podzemnyh vodah i uslovijah ego osaždenija v vide UO_2. Geohimija.
23. Magakljan M. G. i dr., 1960: — Genetičeskaja svjaz orudnenya s magmatižmom. Tr. 2, Vs. Petr. Sov.

24. Marineli G. i dr., 1962: — Genesis of uranium mineralizationes associated with permian sediments and volcanites and origin of uranium itself, I Savetovanje, Rim.
25. McKay E. J., 1955: — Criteria for outlining areas favorable for uranium deposits in parts of Colorado and Utah. Geol. Surv. Bull. 1009-J.
26. McKelvey i dr., 1955: — Origin of uranium deposits. Acon. geol. vol. I.
27. Nel L. T., 1960: — Genetski problem uraninita u Južno-Afričkim zlatonosnim konglomeratima. XXI ICG, Kopenhagen. Prevod.
28. Nininger D. i dr., 1960: — The genesis of uranium deposits, XXI ICG, Kopenhagen.
29. Noble A. E., 1960: — Postanak uranskih pojaseva Kolorado Platoa. XXI ICG, Kopenhagen. Prevod.
30. Omaljev V., 1967: — Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu Žirovski Vrh. Radovi Instituta, god. III, br. 3.
31. Omaljev V., 1968: — Korelacija slojeva u ležištu urana Žirovski Vrh. Radovi Instituta, god. IV, br. 4.
32. Protić M., 1961: — Teksture i strukture sedimentnih stena kao faktori koji kontrolišu uransku mineralizaciju. Radovi Instituta, god. I, br. 1.
33. Protić M., 1968: — Litološki odnosi i geohemijska obeležja gredenskih peščara Savskih bora (SR Slovenija). Radovi Instituta, god. IV, br. 4.
34. Radošević S., 1969: — Litofacijalne karakteristike permskih terigenih sedimenata Pohorja i njihovo upoređenje sa istim sedimentima Žirovskog Vrha i Škofje Loke u Sloveniji. Radovi Instituta, god. V, br. 5.
35. Radusinović D., 1967: — Mineraloški sastav i geneza uranskog ležišta Žirovski Vrh. Radovi Instituta, god. III, br. 3.
36. Roubault M., 1962: — Les minerais uranifères français et leurs gisements.
Ristić M., 1955: — Uranium and Thorium Deposits in Yugoslavia. ICPUAE, Ženeva.
38. Ristić M., 1960: — Tipovi pojava i ležišta urana Jugoslavije. Referat na savetovanju u Poljskoj.
39. Ristić M., 1963: — Genetsko-strukturni tipovi radioaktivnih mineralizacija Stare Planine. Radovi Instituta, god. III, br. 3.
40. Ristić M., 1964: — Ležišta urana Stare Planine. Rud. geol. i met. № 8.
41. Ristić M., 1965: — Genetsko-strukturni tipovi uranskih mineralizacija Jugoslavije. (Doktorska disertacija).
42. Sikošek B., 1958: — Tektonik der jugoslavischen Südalpen. Zb. G. I. Žujević, k. 10.
43. Soboleva V. I., 1963: — Mineraly urana.
44. Vukasović M., 1963: — Sekundarni minerali urana iz oblasti Žirovskog Vrha kod mesta Gorenja Vas u Sloveniji. Radovi Instituta, god. III, sv. 2.

Summary

M. RISTIĆ and C. MARKOV*

MINERAL AND GEOCHEMICAL FEATURES, DEPOSITIONAL ENVIRONMENT, MINERALIZATION INDICATORS AND THE FORMATION OF ŽIROVSKI VRH URANIUM DEPOSIT, SLOVENIA

The Gorenja Vas area, where the Žirovski Vrh is situated, is located in the Central Slovenia. A medium size uranium deposit is inside the Val Gardena sandstones, that represents a part of the Sava folds of the Dina-

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

rides System. The Val Gardena sandstones form the Žirovski Vrh nappe that overtrusts the autochtone Poljane-Verhnika sequence.

In order to determine the indicators of concealed ore bodies inside the mentioned sandstones, as well as to determine the mineral components of the ore for further technology, the mineral composition, depositional environment, mineral and geochemical features and the genesis of mineralization have been determined.

Total of 174 samples, collected from the uranium mineralization and along a number of perpendicular cross-sections, as well as from a drill--hole, were investigated.

As the most favorable depositional environment, the middle- to coarse-grained gray sandstones, with coal, were determined. These sandstones are the members of the Vall Gardena sandstone sequence.

The mineral composition of the mineralized and baren sandstones of components are different. In addition to petrogene minerals, they contain also the sericite-silica cement, and, in the mineralized portions, the carbonates, organic matter and heavy minerals with uranium and sulphide mineralization.

The carbonates are both easily dissolved — 0 to 7.89% calcite, and those difficult to disslove — dolomite and ankerite, 0,6 to 3,9%, the presence of carbonates complicate the technology of such ores.

The organic matter consists also of easily dissolved and the difficult to disslove antracite, up to 3,25%. The concentration of carbonates and organic matter is higher in the sandstones formed before, during and after the mineralization, but there is no correlation between the carbonate and organic matter concentrations and those of uranium.

The metallic minerals represent the highest percentage among the heavy minerals, between 81,4 and 99%, although the total percentage of heavy minerals in sandstones is around 0,1%. These minerals are also present as the accessory minerals (sulphides, oxydes and hydroxides) inside the gray sandstones. The sulphide minerals are pyrite (with transformation into marcasite), arsenopyrite (transforming into arsenolite in the oxidation zone), galena (transforming into cerusite), chalcopyrite (transforms into chalcosite, covellite, bornite and the carbonates), tetraedrite and sphalerite.

Uranium mineralization consists of pitchblende, that trasforms in the oxidation zone into dumontite, rendardite-phosphouranilite, autunite, torbernite and beta-uranotile. The uranium concentrations inside the ore bodies vary between 0,0472 and 9,14%, but usualy between 0,07 and 0,2%.

The mineralization of the Sava folds are epigenetic and were deposited during the Hertzian phase of development of mobile zone. They morphologicaly represent the stratified type of uranium mineralization inside the sediments with the organic matter. The best investigated Žirovski Vrh deposit is inside the coal-containing upper levels of the tuffaceous grey sandstones. The mineralization was slow and complex, and has started immediately after the sandstones were deposited, as well as during the diagenesis. Those initial mineralizations were later displaced and occupied the positions along the strata along the oxidation-reduction boundaries. The origin of uranium may be attributed to the eruptive rocks, presently preserved in the area od Cerkno, that contain higher than average

uranium concentrations, as well as to the uranium mineralizations inside these rocks. This theory is supported by the fact that the uranium occurrences, of generaly similar mineral composition, as those at Žirovski Vrh, were discovered in this area as well. The surface waters have dissolved the uranium from the oxidized uranium outcrops and from the eruptive rocks and transported it by the underground flow into the sediments off--shore, along the reductive barriers. In addition to uranium, the other metals, such as Cu, Pb, Zn and others, were also deposited along these barriers, but their concentrations were usualy small, due to the originaly small concentrations in the original rocks. These barriers were formed by the presence of H_2S, liberated by the work of anaerobic bacteriae feeding on the remnants of organic matter. The sulfur isotope rations ($^{32}S/^{34}S$) were similar to those from the sediments of Colorado Plateau.

Some concentration and redistribution of metallic components of mineralization took the place during the successive epizonal transformations in the sandstones. Due to these transformations, introduced mainly by the elevated temperature and pressure, the argillaceous cement was altered into sericite and chlorite and the organic matter into antracene, followed by the fractionation and separation of uranium. By the way the final concentration of uranium and other metals took place, and they were deposited parallel to the chlorite flakes inside the mineralized portions of relatively uniformly sorted sandstones. The migrations during these processes was slight, represented only by the redistribution of various elements inside the individual ore bodies. The oxidation processes at the surface have only produced the slight migration of uranium an formation of secondary minerals of uranium and other metals. No traces of any hydrothermal alterations around the ore bodies were discovered.

As far as the geological indicators of uranium mineralization are concerned, it has been established that the mineralization appears only in the gray Val Gardena sandstones, controlled by the stratification; the optimum environment are the medium- to coarsegrained sandstones. There are no certain mineralogical indicators; although the distribution of organic matter, carbonates and sulphides may point out to the favorable medium, due to their high dispersion, irregularity and their concentrations in the rocks without the accompanying uranium mineralization, they do not represent safe indicators. Among the geochemical indicators, only the dispersion of epigenetic uranium represents a safe indicator, that may be traced by the Th/U ratio. This ratio is usualy less than 1 inside these zone, being appreciably higher than 1 outside.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

STANISLAV VIŠIĆ

UDK: 553.495 (497.11)

URANONOSNA PODRUČJA OBLASTI ŠUMADIJE

(sa 3 slike)

U ovom radu se tretiraju rezultati dosadašnjih geofizičkih ispitivanja u vezi sa istraživanjima urana na teritoriji Šumadije u periodu od 1958. do 1970. godine. Iznešeni rezultati se odnose, kako na fazu regionalne prospekcije, tako i na fazu poludetaljnih i detaljnih ispitivanja. Interpretacija odgovarajućih podataka korišćena je pri izradi metalogenetske karte urana za navedenu oblast, a ovde prezentirani materijal predstavlja u izvesnoj meri dopunu te interpretacije.

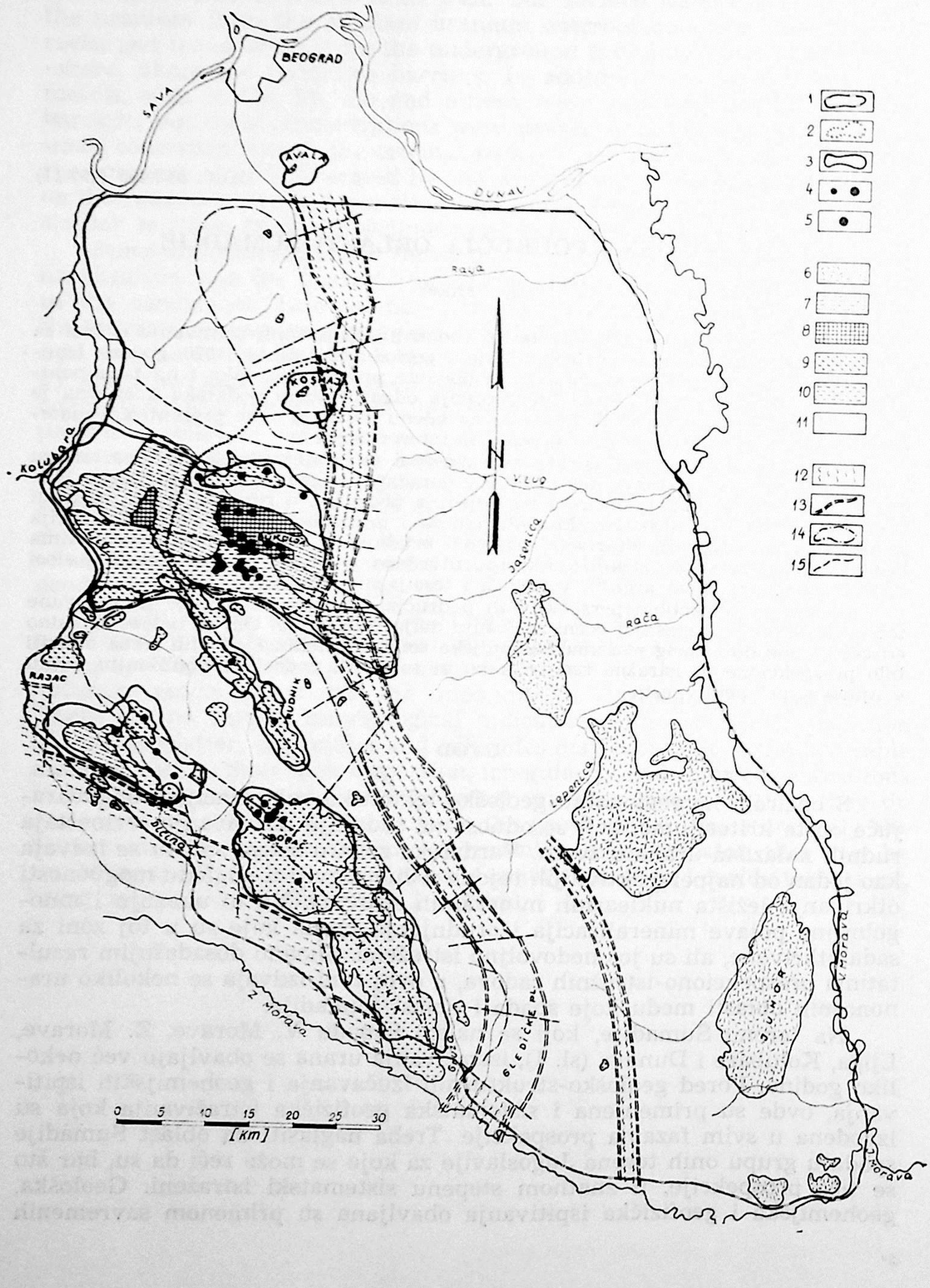
Pri razmatranju stepena istraženosti, iznešeni su i najbitniji elementi na osnovu kojih se može sagledati kvalitet podataka dosadašnjih geofizičkih ispitivanja. Njihovo tumačenje je dato s obzirom na pojedina područja, a rezultati su razmatrani u svetlu osnovnih geološko-strukturnih odnosa i uranonosnosti pojedinih formacija sa osvrtom na najbitnije otkrivene pojave i orudnjenja urana. Shodno rezultatima dosadašnje provere geofizičkih indikacija, utvrđeno je da su u ovoj oblasti nosioci ležišta urana uglavnom graniti, vulkaniti i tercijarni sedimenti.

U vezi sa selekcijom perspektivnih područja, ukazano je na uže lokalizovane terene koji, prema sadašnjoj oceni zaslužuju dalja izučavanja. Oni se nalaze zapadno od centralnog dubinskog razloma Šumadijske zone. Na nekima od njih treba obaviti bilo prospekcione ili istražne radove kako bi se dobili podaci za pouzdaniju ocenu o njihovoj perspektivnosti.

UVOD

S obzirom na regionalnu geološko-tektonsku rejonizaciju i odgovarajuće opšte kriterijume, koji se odnose na sadašnje poznavanje razmeštaja rudnih nalazišta urana u svetu, Vardarska zona u širem smislu se izdvaja kao jedan od najperspektivnijih rejona u Jugoslaviji u pogledu mogućnosti otkrivanja ležišta nuklearnih mineralnih sirovina. Na to ukazuju i mnogobrojne pojave mineralizacija i orudnjenja urana koje su u toj zoni za sada otkrivene, ali su još nedovoljno istražene. Shodno dosadašnjim rezultatima prospekciono-istražnih radova, u ovoj zoni izdvaja se nekoliko uranonosnih oblasti među koje spada i oblast Šumadije.

Na terenu Šumadije, koji se nalazi između V. Morave, Z. Morave, Ljiga, Kolubare i Dunava (sl. 1), istraživanja urana se obavljaju već nekoliko godina. Pored geološko-strukturnih izučavanja i geohemijskih ispitivanja, ovde su primenjena i sistematska geofizička istraživanja koja su izvođena u svim fazama prospekcije. Treba naglasiti da oblast Šumadije spada u grupu onih terena Jugoslavije za koje se može reći da su, bar što se tiče prospekcije, u znatnom stepenu sistematski istraženi. Geološka, geohemijska i geofizička ispitivanja obavljana su primenom savremenih


BEOGRAD
SAVA
AVALA
DUNAV
RAVA
KOSMAJ
KOLUBARA
LIG
JUKOVA
RAJAC
RUDNIK
JASENICA
RAČA
LEPENICA
BISERNA
MORAVA
GLEDIČKE PL.
JUNOVA
N
0 5 10 15 20 25 30
[km]
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

metoda kako pri regionalnoj tako i u fazama poludetaljne i detaljne prospekcije. Međutim, neophodno je takođe istaći i činjenicu da je efikasnost navedenih ispitivanja znatno umanjena usled relativno velike pokrivenosti terena Šumadije. Zbog toga, pri razmatranju rezultata dosadašnjih ispitivanja, ovu okolnost treba imati u vidu kako bi se buduća istraživanja usmerila na izučavanja koja bi omogućila proširenje saznanja o uranonosnosti pojedinih područja i geoloških formacija u dubljim nivoima.

Pri regionalnim geofizičkim ispitivanjima, osim radiometrijskih metoda, korišćena je i aeromagnetska prospekcija. Rezultati ovih ispitivanja su već bili predmet detaljnije studije u odgovarajućim radovima Vukašinović S. (24, 25), na osnovu kojih je data iscrpna analiza u vezi sa najnovijim podacima o geološko-strukturnim odnosima oblasti Šumadije. S obzirom na tu okolnost kao i na činjenicu da se u nizu drugih radova, koji se odnose na istraživanje urana (Pejatović S., Filipović V. i dr.) i na studiju o metalogeniji urana ove oblasti (Teofilović M. i dr.), razmatraju geološki odnosi i strukturna građa, u ovom radu neće se posebno tretirati problematika geološko-strukturnih odnosa Šumadije.

Stepen istraženosti

Radiometrijska ispitivanja obavljana su u toku skoro 10 godina. Pri tome su korišćene skoro sve varijante odgovarajućih metoda. Zavisno od perioda u kome su vršena ispitivanja, korišćena je odgovarajuća tehnika i metodologija. Paralelno ovim ispitivanjima, obavljana su i geološka kao i geohemijska izučavanja. Istovremeno su vršeni i istražni radovi koji

---

Sl. 1. — Pregledna karta istraženosti na uran oblasti Šumadije sa geologijom (prema geološkoj karti Jugoslavije 1 : 500 000 IGRI — Beograd) i tektonikom (prema S. Vukašinoviću)

1 — Oblast ispitana primenom aerogeofizičkih metoda (radiometrija i magnetometrija); 2 — teren ispitan primenom automobilske prospekcije; 3 — područja ispitana primenom radiometrije (uglavnom gama metoda u fazi poludetaljne prospekcije); 4 — lokalnosti ispitane korišćenjem različitih geofizičkih metoda (gama, gama-beta, emanacija, geoelektrika i dr.) u fazi detaljne prospekcije; 5 — lokalnosti istraživane obimnijim rudarskim radovima i/ ili bušenjem; 6 — kristalasti škriljci; 7 — paleozojski škriljci; 8 — graniti; 9 — vulkaniti; 10 — miocenski sedimenti; 11 — uglavnom tercijarni i kredni sedimenti; 12 — zone pojavljivanja bazita (serpentiniti i dr.); 13 — granice strukturnih zona (dubinskih razloma) sa bazitima; 14 — granice pretpostavljenih plutonita; 15 — rasedne zone

Fig. 1. — Map showing areas explored for uranium with generalized geology (after Geological Map of Yugoslavia 1 : 500 000 IGRI Beograd) and tectonic (after S. Vukašinović) of Šumadija region

1 — Area investigsted by airborne geophysical methods (radiometric and magnetometric); 2 — area covered by vehicular prospecting; 3 — areas investigated by application of radiometry (mainly gama method) — semi detailed prospection; 4 — localities where detailed investigation has been cerried out by application of different geophysical methods (gamma, gamma-beta, emanation, geoelectric etc.); 5 — localities explored by more extensive underground workings and/ or drilling; 6 — crystaline schists; 7 — paleozoic schists; 8 — granites; 9 — volcanites; 10 — miocene sediments; 11 — mainly tertiary and cretaceous sediments; 12 — zones with basic rocks (serpentines and others); 13 — boundaries of structural zones (deep faults) with basic rocks; 14 — boundaries of inferred plutonites; 15 — fault zones

su obuhvatali pored obimnih raskopavanja još i rudarske radove i bušenja, tako da su geofizičke indikacije u znatnoj meri proverene kako bi se o njima moglo određenije govoriti uključivši i izdvajanje najperspektivnijih područja oblasti Šumadije.

Regionalna radiometrijska prospekcija obuhvatila je tri vida ispitivanja: pešačku gama-beta, automobilsku i aeroradiometrijsku prospekciju.

Gama-beta metoda primenjivana je u najranijem periodu aktivnosti na istraživanjima nuklearnih sirovina u našoj zemlji. Pri tome nisu otkrivene značajnije anomalije radioaktivnosti, što je prvenstveno posledica tada korišćenih, nedovoljno usavršenih uređaja.

Prospekcija iz automobila je izvođena u toku 1968. godine pri čemu je zahvaćen samo jedan deo oblasti Šumadije — područje Kosmaja, Klještavice, Bukulje i Belanovičkog tercijarnog basena (sl. 1). Ovaj teren je kasnije prekriven aeroradiometrijskim ispitivanjima, a postignuti rezultati odgovaraju ispitivanjima iz vazduha. S obzirom na ovu okolnost, odgovarajući podaci se uklapaju u razmatranje aeroradiometrijskih rezultata.

Prospekcija iz vazduha izvođena je 1965. godine. Zahvaćen je teren površine preko 7000 km² koji se nalazi između V. Morave, Z. Morave, Ljiga, Kolubare i Dunava (sl. 1). Neispitan deo ovako ograničene oblasti je severno od linije Umka—Avala—Grocka. Pri ovim ispitivanjima korišćeni su (14, 23): helikopter — na terenima sa istaknutijim reljefom (visina leta do 50 m, maršrute paralelne osnovnim hidrografskim jedinicama) i avion — u područjima sa blago izraženom topografijom (visina leta 50—70 m, maršrute pravca istok—zapad). Razmera ispitivanja 1 : 15.000 do 1 : 25.000. Kvalitet aeroradiometrijskih ispitivanja zadovoljava zahteve metodologije i tehnike koja se sada koristi od strane ovog Instituta.

Poludetaljna prospekcija je vršena u područjima koja su izdvojena bilo na osnovu rezultata aeroradiometrijskih spitivanja ili na bazi geološko-strukturne građe. U toj fazi prospekcije korišćena su dva osnovna metodološka postupka. Jedan se odnosi na sistematska ispitivanja većih površina reda 10 do 500 km², a drugi na prospekciju manjih površina reda 1 km². Drugi metodološki postupak je primenjivan u toku izvođenja aeroradiometrijskih ispitivanja i odgovara proveri lokalnih anomalija. Površina terena koji je poludetaljno ispitan iznosi oko 1000 km², što predstavlja približno 15% od ukupne površine zahvaćene regionalnom prospekcijom (sl. 1).

U vezi poludetaljnih ispitivanja primenjivana je gama metoda i isti tip radiometara, koji se mogu smatrati kao pouzdani, tako da je sa te strane kvalitet podataka zadovoljavajući. Međutim, primenjivana metodologija se u desetogodišnjem periodu znatno menjala. Ovo se pre svega odnosi na prilično neujednačenu razmeru ispitivanja — od 1 : 5.000 do 1 : 25.000. Tome treba dodati da je u nekim područjima poklanjana pažnja samo izdancima stenske podloge, dok je u drugima metodologija prilagođena i mogućnošću otkrivanja širih oreola rasejavanja. Imajući, međutim, u vidu da se nepovoljniji terenski postupak uglavnom odnosi na područja izgrađena od manje perspektivnih geoloških formacija i da je primenjen na znatno manjoj površini, onda se može smatrati da su podaci poludetaljne prospekcije dovoljno reprezentativni da se na osnovu njih mogu donositi pouzdani zaključci.

Diskusija rezultata

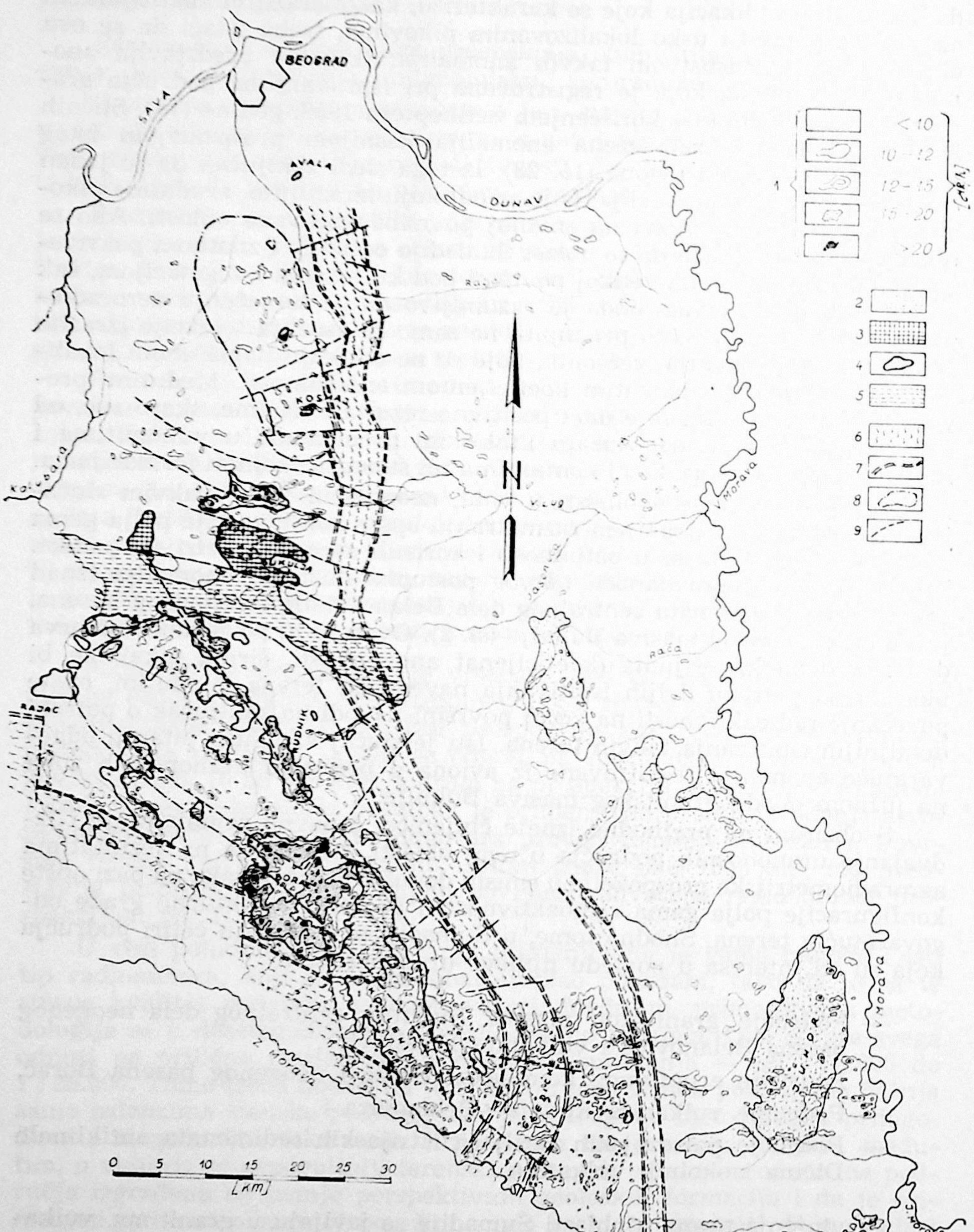
Razmatrajući podatke aeroradiometrijske prospekcije sa aspekta izdvajanja onih indikacija koje se karakterišu, kako izrazitim koeficijentom anomalnosti, tako i usko lokalizovanim pikovima, treba istaći da se ova oblast odlikuje odsustvom takvih anomalija. Izuzetak predstavlja anomalija Paun Stena, koja je registrovana pri ispitivanjima područja granitskog masiva Bukulje korišćenjem helikoptera 1958. godine (14). Sličnih karakteristika nije zabeležena anomalija kasnijom prospekcijom istog terena pri korišćenju aviona (15, 23). Iz toga sledi zaključak da je jedan od uzroka odsustva anomalija, koje se odlikuju izrazitijim, »rudnim« pikovima, u korišćenju aviona na znatnoj površini ispitivane oblasti. Ako se ovome doda i činjenica da se oblast Šumadije odlikuje i znatnom pokrivenošću terena, koji je na velikoj površini pod kulturama i vegetacijom, čak i u brdovitim delovima, onda je razumljivo da se tumačenju aeroradiometrijskih rezultata mora pristupiti, ne samo sa aspekta selekcije izrazito lokalizovanih anomalija, već onih, koje se ne odlikuju naglašenom lokalizovanošću i ne tako izrazitim koeficijentom anomalnosti. Međutim, provera takvih anomalija nije dala pozitivne rezultate. Naime, skoro sve, od oko 100 proverenih, odgovaraju litološkim promenama u vulkanitima i kristalastim škriljcima, kao i kontaktima tih stena sa okolnim formacijama.

Imajući navedene okolnosti u vidu, neophodan je u ovakvim slučajevima i pristup svestranijem razmatranju opšte konfiguracije polja gama radioaktivnosti da bi se u potpunosti iskoristili aeroradiometrijski podaci. Najbolji primer opravdanosti takvog postupka ilustruje anomalija iznad uranonosnih sedimenata centralnog dela Belanovičkog tercijarnog basena, južno od granitskog masiva Bukulje (sl. 2). Ovde se ni po jednom od prva dva navedena kriterijuma (koeficijenat anomalnosti, širina pika), ne bi ukazalo na potrebu daljih ispitivanja navedenog terena. Međutim, opšte povećanje radioaktivnosti na većoj površini navodi na zaključak o potrebi detaljnijih ispitivanja takvih terena. Isti je slučaj kad su u pitanju odgovarajuće anomalije registrovane iz aviona u području uranonosnih zona na južnom obodu granitskog masiva Bukulje.

S obzirom na prethodno iznete činjenice, osnovno rejoniziranje i izdvajanje uranonosnih područja u ovoj oblasti, zasniva se na rezultatima aeroradiometrijske prospekcije u smislu donošenja zaključaka na bazi opšte konfiguracije polja gama radioaktivnosti i geološko-strukturne građe odgovarajućih terena. Shodno tome, u Šumadiji se izdvajaju četiri područja koja su od interesa u pogledu njihove uranonosnosti:

— Područje granitskog masiva Bukulje, centralnog dela neogenog basena Belanovica i vulkanita Klještevice,
— Područje eruptivnog kompleksa Borač i neogenog basena Borač,
— Područje vulkanita Rudnik—Belanovica i
— Područje paleozojskih škriljaca i trijaskih sedimenata antiklinale Dičina i okolnih vulkanita.

Orudnjenja urana u oblasti Šumadije se javljaju u granitima, vulkanitima, tercijarnim sedimentima i paleozojskim škriljcima. Na osnovu dosadašnjeg stepena poznavanja ovih orudnjenja, od većeg interesa su ona


BEOGRAD
SAVA
AVALA
DUNAV
RUDNIK
RAJAC
KOLUBARA
JASENICA
RAČA
V. MORAVA
Z. MORAVA
N
1
< 10
10 - 12
12 - 15
15 - 20
> 20
[cm]
2
3
4
5
6
7
8
9
0 5 10 15 20 25 30
[km]

koja se nalaze u granitima i tercijarnim (miocen) sedimentima. Sva gore navedena uranonosna područja se nalaze zapadno od centralnog dubinskog razloma Šumadijske zone (sl. 3). Do sada otkrivene značajnije rudne pojave u magmatskim stenama kontrolisane su uglavnom rasednim zonama koje su skoro upravne na centralni razlom Šumadije. Rudne pojave u sedimentima tercijara kontrolisane su određenim položajem sedimenata u odnosu na obližnje granite ili vulkanite, njihovim petrografskim sastavom i prisustvom organske materije kao i hidrogeološkim uslovima.

Po obimu do sada izvršenih prospekciono-istražnih radova, izdvajaju se prva dva područja, s tim što je u domenu prvog najviše obavljeno rudarskih istražnih radova i bušenja. Saglasno sadašnjoj oceni o perspektivnosti gore navedenih područja (sl. 3), takođe se izdvajaju prva dva, pri čemu treba imati u vidu činjenicu da je u ovom momentu njihov stepen istraženosti daleko veći od poslednja dva. Svakako da se izdvajanje prvog područja kao najperspektivnijeg zasniva i na osnovu povoljne okolnosti da je savremeni erozioni nivo baš u tom području otkrio i najznačajnije rudne pojave.

Ako se uzmu u obzir tumačenja V u k a š i n o v i ć S. (24, 25), koja se zasnivaju na geološkoj interpretaciji aeromagnetskih podataka, onda u oblasti Šumadije za dalja istraživanja, odnosno za otkrivanja skrivenih hidrotermalnih ležišta urana u Šumadiji, od interesa su područja u kojima se očekuje prisustvo većih, neotkrivenih masa plutonita. Pretpostavljeni plutoniti se takođe nalaze zapadno od centralnog Šumadijskog razloma (sl. 3). Jedan od njih je u području Kotlenik—Borač—Rudnik—Belanovica a drugi u području Kosmaj—Babe. Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, na terenima koji odgovaraju prvom plutonitu nalaze se pojave mineralizacija urana vezane za vulkanite i paleozojske škriljce ali bez rudnih izdanaka od većeg interesa. Koncentracija ovih pojava je najveća u zoni duž jugozapadnog oboda pretpostavljenog plutonita, a znatno manja u domenu rasedne zone Rudnik—Belanovica, koja je po svom položaju u blizini duže ose pomenutog plutonita.

Na terenu, koji odgovara drugom plutonitu (Kosmaj—Babe), za sada nisu otkrivene pojave mineralizacije urana (sl. 3). Ovaj teren se većim delom nalazi pod sedimentima tercijara, ali pojava urana nema ni tamo gde su erozijom otkriveni vulkaniti i metamorfisani kredni sedimenti. Da

---

Sl. 2. — Pregledna aeroradiometrijska karta oblasti Šumadije sa geologijom (prema geološkoj karti Jugoslavije 1 : 500.000, IGRI Beograd) i tektonikom (prema S. Vukašinoviću)

1 — Konture intenziteta gama radioaktivnosti; 2 — kristalasti škriljci Srpsko-makedonske mase; 3 — graniti Bukulje, Brajkovca i Kosmaja; 4 — vulkaniti Šumadijsko-vardarske zone; 5 — miocenski sedimenti basena Belanovice i Borača; 6 — zona pojavljivanja bazita (serpentiniti i dr.); 7 — granice strukturnih zona (dubinskih razloma) sa bazitima; 8 — granice pretpostavljenih plutonita; 9 — rasedne zone

Fig. 2. — Aeroradiometric map with generalized geology (after Geological Map of Yugoslavia, IGRI Beograd) and tectonic (after S. Vukašinović) of Šumadija area

1 — Contoures of gamma-ray intensities; 2-crystaline schists of Serbo-macedonien mass; 3 — granites of Bukulja, Brajkovac and Kosmaj; 4 — volcanites of Šumadija — Vardar zone; 5 — miocene sediments of Belanovica and Borač Basens; 6 — zones with basic rocks (serpentines and others); 7 — boundaries of structural zones (deep faults) with basic rocks; 8 — boundaries of inferred plutonites; 9 — fault zones

li se u dubljim nivoima omotača intruzivne mase nalaze uranonosne rasedne zone, za sada se ništa ne može reći, što je isti slučaj i sa sličnim geološkim sredinama u domenu plutonita Kotlenik—Borač—Rudnik—Belanovica. Buduća obimnija istraživanja i izučavanja obojenih metala u ovim područjima svakako da će pružiti izvesne podatke u vezi i sa uranonošnošću ovih područja.

Dublji nivoi stenske podloge Šumadije najviše su dostupni pri sadašnjem erozionom nivou u području Bukuljske antiklinale. Ovde je teren duž sistema rasednih zona pravca pružanja ZSZ—IJI izdignut tako da paleozojski škriljci sa hercinskim granitima Bukulje zauzimaju znatnu površinu između indiciranih plutonita na severu i na jugu (sl. 3). Baš na ovom terenu dosadašnjim istraživanjima otkrivena su najznačajnija hidrotermalna nalazišta urana u Šumadiji. Shodno stepenu sadašnjeg poznavanja, kristalasti škriljci nisu nosioci orudnjenja urana. Da li je isti slučaj ili nije kad su u pitanju ova geološka formacija ili druge, koje čine neposrednu okolinu pomenutih intruzija, još uvek nema pouzdanih indicija, mada se rudne pojave urana nalaze u paleozojskim škriljcima antiklinale Dičine, na obodu južnog plutonita (sl. 3). Dalja razmatranja ne tretiraju direktno ovu problematiku, već su ograničena samo na izdvajanje uranonosnih područja koja su nosioci pripovršinskih izdanaka pojava urana, delimično ukazujući i na mogućnost prisustva skrivenih nalazišta urana genetski vezanih za plutonite Šumadije.

Područje granitskog masiva Bukulje, centralnog dela neogenog basena Belanovica i vulkanita Klještevice. S obzirom na opštu konfiguraciju polja gama radioaktivnosti, dobijenu pri aeroradiometrijskim ispitivanjima i distribuciju anomalija registrovanih u fazi poludetaljnih ispitivanja, ovde se izdvaja nekoliko uranonosnih zona (sl. 2 i 3). U centralnom delu anomalijskog područja nalazi se granitski masiv Bukulje. U njemu se izdvajaju dva pojasa anomalija — jedan na južnim padinama, a drugi na severnim padinama planine Bukulje. Pravac njihovog prostiranja je saglasan pružanju sistema raseda, približno I—Z, duž kojih su spušteni tereni južno i severno od granitskog masiva, pri čemu su zahvaćeni i delovi samog masiva, tako da tercijarni sedimenti Belanovičkog i Aranđelovačkog basena danas stoje na pojedinim delovima u tektonskom odnosu prema granitima.

U južnom anomalijskom pojasu granita, gde se koncentrišu anomalije radioaktivnosti na njegovoj dužini oko 8 km, uočava se sistem raseda praćen intenzivnim kataklaziranjem i alteracijom granita u njihovim međuprostorima na širini preko 1 km (sl. 3). Pri sadašnjem erozionom nivou, krajnji obod na jugu granitskog masiva Bukulje čini rased Paun Stena, koji predstavlja tektonski kontakt između ovog masiva i facije breča i konglomerata neogenog basena Belanovice. Najmarkantniju tačku ovog kontakta predstavlja Garaški granitski klif koji ukazuje na najjužniji izdanak granita pomenutog masiva. Na ovom mestu urađen je potkop, koji preseca granite Garaškog klifa i rasednu zonu Paun Stena, a zatim prolazi kroz breče i konglomerate na dužini preko 150 m.

Detaljnim ispitivanjima na nekoliko lokalnosti (Paun Stena, Milanov potok, Podgroblje, Cigankulja i dr), utvrđeno je da najbitnije anomalije radioaktivnosti indiciraju uranonosne rasedne zone među kojima su najznačajnije Paun Stena i Cigankulja (sl. 3).

Otkrivena nalazišta urana nisu dovoljno istražena, a jedan od razloga obustavljanja istražnih radova se sastoji u tome što dobijeni pokazatelji kvaliteta orudnjenja ne zadovoljavaju ekonomske zahteve ovog perioda. Međutim, taj teren zaslužuje dalja izučavanja s obzirom da neki problemi, koji su istaknuti još u periodu istraživanja, nisu rešeni. Ovo se pre svega odnosi na dalje praćenje do sada poznatih rudonosnih zona i utvrđivanje da li su uranonosne i u delovima unutar geoloških sredina koje se razlikuju od onih do sada istraživanih i ako jesu — kakav je kvalitet orudnjenja. Naime, do sada su istraživani samo graniti a ne i delovi uranonosnih rasednih zona koji se nalaze unutar paleozojskih škriljaca i gnajseva.

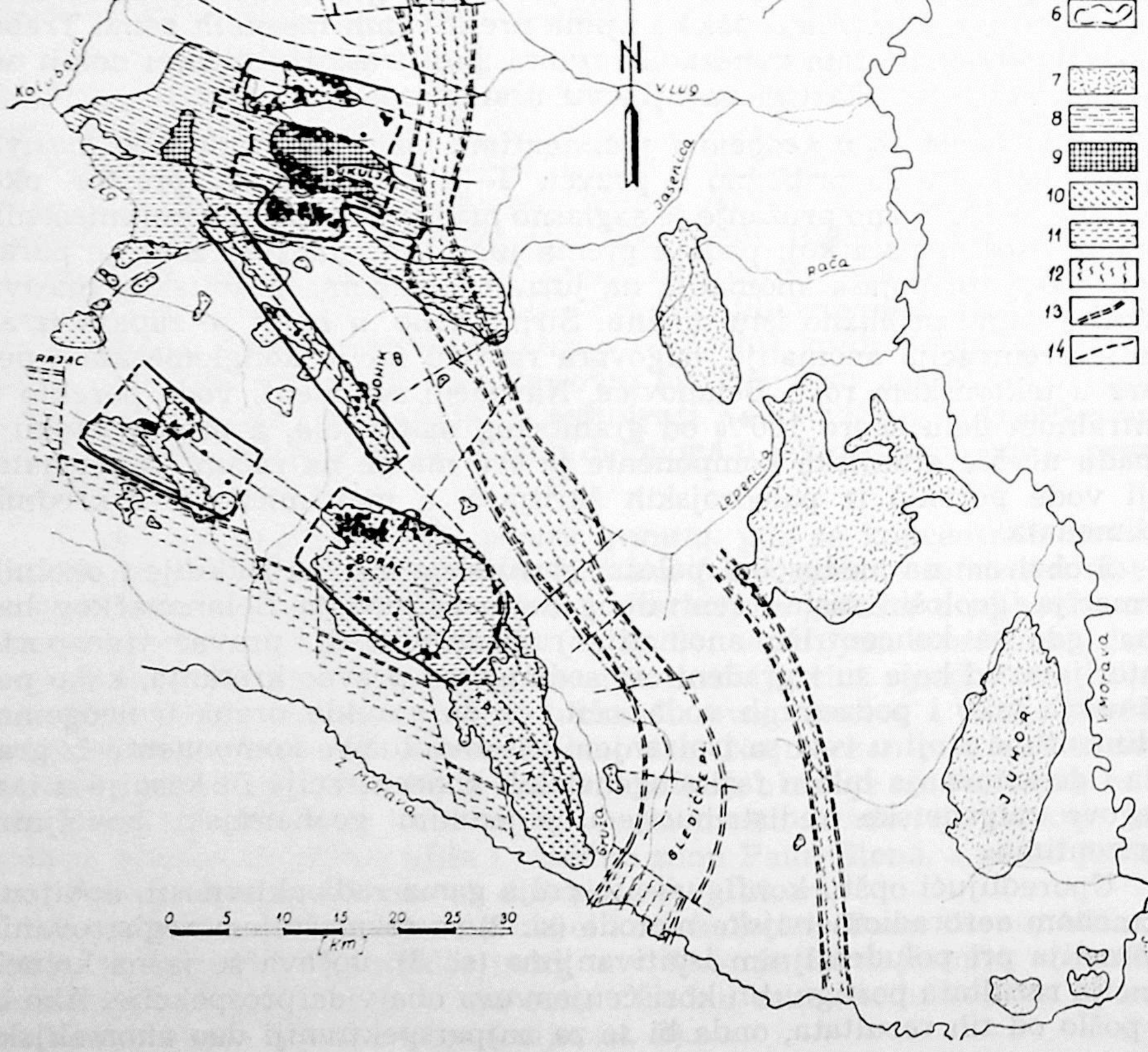
Severni anomalijski pojas granita, koji se takođe nalazi duž oboda granitskog masiva, znatno je uži od onog na južnom obodu (sl. 3). Osnovne dislokacije duž kojih je spušten Aranđelovački basen, ovde su zaplavljene neogenim sedimentima tako da nisu dostupne površinskim razmatranjima za razliku od onih dislokacija koje se nalaze na južnom obodu granitskog masiva Bukulje. Stepen kataklaziranja i alteracije je ovde znatno niži nego što je to slučaj na južnom obodu. Otkrivene anomalije i pojave mineralizacije ne ukazuju na prisustvo orudnjenja urana od većeg interesa, bilo da se nalaze unutar granita, ili u sedimentima u blizini kontakta sa granitima. Navedene okolnosti nisu ukazivale na potrebu izvođenja istražnih radova u ovom pojasu pa se za sada ne može ništa govoriti o uranonosnosti, kako obližnjih sedimenata, tako i njima prekrivenih rasednih zona. Treba samo istaći da hemizam mineralnih izvora, koji trasiraju blizinu nekih od rasednih zona, ne ukazuju na njihovu uranonosnost.

Zona anomalija u neogenim sedimentima južno od granitskog masiva Bukulje prostire se približno u pravcu I—Z, zahvatajući prostor oko 8×2 km (sl. 3). Njeno pružanje je saglasno pružanju neznatno poremećenih neogenih sedimenata koji padaju prema jugu. Anomalijska zona je paralelna dužoj osi pojasa anomalija na južnim padinama granitskog masiva Bukulje i ima približno istu dužinu. Širina zone, u kojoj se zapaža izrazita koncentracija anomalija, odgovara razviću facije konglomerata i peščara u tektonskom rovu Belanovice. Navedeni sedimenti vode poreklo u centralnom delu skoro 100% od granitskog materijala, a prema istoku i zapadu učešće granitske komponente je sve manje na račun fragmenata, koji vode poreklo iz paleozojskih škriljaca, a mestimično i iz krednih sedimenata.

S obzirom na međusobni položaj granitskog masiva Bukulje i okolnih formacija, geološki sastav centralnog dela sedimenata Belanovačkog basena (gde se koncentrišu anomalije radioaktivnosti), pravac transporta materijala, od koje su izgrađeni ovi sedimenti i pravac kretanja, kako površinskih tako i podzemnih voda, očito je da poreklo urana u neogenim sedimentima stoji u vezi sa ispiranjem njegove lužive komponente iz granita i deponovanja bilo u fazi singenetskih koncentracija ili kasnije u fazi njegove epigenetske redistribucije u pojedinim geohemijski povoljnim horizontima.

Upoređujući opštu konfiguraciju polja gama radioaktivnosti, dobijenu primenom aeroradiometrijske metode (sl. 2) sa razmeštajem registrovanih anomalija pri poludetaljnim ispitivanjima (sl. 3), uočava se jasna koincidencija rezultata postignutih korišćenjem ova oba vida prospekcije. Ako bi se pošlo od tih rezultata, onda bi se za najperspektivniji deo anomalijske

zone u uranonosnim sedimentima smatralo područje istočno od reke Bukulja, tj. južno od centralnog dela granitskog masiva Bukulje ili još tačnije rečeno od uranonosnog, istraživanog dela rasedne zone Paun Stena. Međutim, dosadašnja istraživanja su koncentrisana na teren zapadno od reke Bukulje, tj. u perifernom delu anomalijske zone, gde je, kako aero-



radiometrijskim, tako i pri poludetaljnim ispitivanjima, konstatovan manji broj anomalija i na znatno manjoj površini. Osnovni razlog za usmeravanje dosadašnjih istražnih radova u perifernom delu anomalijske zone treba tražiti u slučajnoj otkrivenosti na sadašnjem erozionom nivou kvalitetnijih izdanaka orudnjenja urana u zapadnom perifernom delu anomalijske zone (Kamenac, Preturica) nego što su oni koji su sada zasečeni erozionom površinom u centralnom delu (Šljivica, Kovačevac).

S obzirom na navedene okolnosti, normalno je istaći potrebu obimnijih istraživanja serije uranonosnih sedimenata u području najveće koncentracije anomalija, tj. istočno od reke Bukulje. Rezultati dosadašnjih istraživanja zapadno od reke Bukulje, na lokalnostima Kamenac i Preturica, ukazuju na »razbijen« tip kvalitetnijeg orudnjenja kako u pravcu vertikalnog tako i u pravcu lateralnog, relativno brzog, međusobnog smenjivanja konglomerata i peščara sa ugljevitom materijom za koju je uglavnom vezan uran. Kakva je situacija u centralnom delu anomalijske zone, tj. tamo gde je najveća koncentracija anomalija, za sada se ne može ništa više reći osim toga da na savremenom erozionom nivou nema kvalitetnijih izdanaka orudnjenja urana. Međutim, ako se pođe od činjenice da rezultate radiometrijskih ispitivanja u uranonosnim sedimentima treba tretirati samo kao indikatore određenog paketa sedimenata koji su od interesa, bez očekivanja da će ovi rezultati ukazati i na osnovne, uže lokalizovane rudonosne nivoe na površini terena, onda je sasvim jasno da istražni radovi moraju obuhvatiti celu seriju sedimenata kako bi se tek na osnovu njih utvrdilo postojanje rudonosnih nivoa i među njima izdvojili oni koji su možda od ekonomskog interesa.

Shodno prethodno iznetim podacima, osnovni način istraživanja radiometrijski izdvojene serije uranonosnih sedimenata na ovom terenu, sastoji

---

Sl. 3. — Karta uranonosnih područja oblasti Šumadije sa geologijom (prema geološkoj karti Jugoslavije 1 : 500 000, IGRI Beograd) i tektonikom (prema S. Vukašinoviću)
1 — Anomalije radioaktivnosti i pojave mineralizacija urana; 2 — ležište urana u granitima — rasedna zona Cigankulja; 3 — ležište urana u tektonskoj zoni kontakta granit — tercijarni sedimenti — rasedna zona Paun Stena; 4 — ležište urana u tercijarnim sedimentima Belanovičkog basena; 5 — uranonosna područja; 6 — područja pretpostavljenih plutonita — potencijalni nosioci skrivenih ležišta urana; 7 — kristalasti škriljci Srpsko-makedonske mase; 8 — paleozojski škriljci antiklinala Bukulje i Dičine; 9 — graniti Bukulje, Brajkovca i Kosmaja; 10 — vulkaniti; 11 — sedimenti miocenskih basena Belanovice i Borača; 12 — zone pojavljivanja bazita (serpentiniti i dr.); 13 — granice geostrukturnih zona (dubinskih razloma) sa bazitima; 14 — rasedne zone

Fig. 3. — Map showing uranium bearing areas and generalized geology (after Geological Map of Yugoslavia 1 : 500 000, IGRI — Beograd) and tectonic (after S. Vukašinović) of Šumadija area
1 — Gamma ray anomalies and occurrences of uranium mineralization; 2 — uranium deposit in granites — Cigankulja fault zone; 3 — uranium deposit in tectonic contact between granites and Miocene sediments — Paun Stena fault zone; 4 — uranium depozit in sediments — Belanovica Miocene basin; 5 — uranium bearing areas; 6 — areas of inferred plutonites — favorable areas of concealed uranium deposits; 7 — crystalline schists of Serbo-Macedonien mass; 8 — paleozoic schists of Bukulja and Dičina anticlines; 9 — granites of Bukulja, Brajkovac and Kosmaj; 10 — Volcanites; 11 — sediments of Belanovica and Borač Miocene basines; 12 — zones with basic rocks (serpentines and others); 13 — boundaries of structural zones (deep faults) with basic rocks; 14 — fault zones

se u sistematskom izvođenju istražnog bušenja duž profila upravno na osu anomalijske zone od kojih bi centralni sekao ovu zonu na njenom delu gde je najveća koncentracija anomalija. Dosadašnji obim istražnih radova u delu anomalijske zone istočno od reke Bukulje je nedovoljan da bi se na osnovu njega dala konačna ocena o uranonosnosti sedimenata ovog dela neogenog Belanovačkog basena.

Anomalijska zona Klještevice se nalazi na severnom obodu uranonosnog područja. Ona je jasno trasirana aeroradiometrijskim poljem radioaktivnosti (sl. 2) i brojnim gama anomalijama registrovanim pri poludetaljnim ispitivanjima (sl. 3). Centralnim delom ove zone se prostire radna zona Klještevice koja je upravna na dubinski Šumadijski razlom. Okolni teren je u znatnoj meri pokriven tercijarnim sedimentima aranđelovačkog basena dok je ostali izgrađen od vulkanita koji probijaju paleozojske škriljce i kredne sedimente.

Pojave mineralizacija urana u najvećem broju su vezane za hidrotermalno alterisane vulkanite, koji su u znatnoj meri piritisani. Nijedna od ovih pojava ne predstavlja značajnije orudnjenje urana. Treba naglasiti da je dosadašnji obim istraživanja na ovom terenu veoma mali da bi se na osnovu njega dala ocena o mogućnosti postojanja pojava urana od većeg interesa. Za sada se može reći jedino da se vulkaniti Klještevice odlikuju znatno povećanim koncentracijama radioaktivnih elemenata i da ove stene predstavljaju izvor obimnijih količina luživog urana. Zahvaljujući ovoj okolnosti u uranonosnoj zoni Klještevice postoji znatan broj sekundarnih pojava urana nastalih u procesu redistribucije urana. One se nalaze kako u vulkanitima tako i u okolnim tercijarnim sedimentima.

U ugljonosnim sedimentima Misače utvrđena je mineralizacija urana unutar različitih nivoa miocena. Na zapadu uranonosne zone takođe su ustanovljene pojave urana u tercijaru u neposrednoj okolini vulkanita. Zato se upravo mogu očekivati i značajnije koncentracije urana u sedimentima tercijara gde su povoljni geološki i hidrogeološki uslovi omogućili unošenje i precipitaciju urana koji vodi poreklo iz uranonosnih vulkanita Klještevice. Što se tiče samih vulkanita, treba naglasiti da isto tako postoji verovatnoća otkrivanja hidrotermalnih nalazišta urana kontrolisanih rasednim zonama i vulkanskim aparatima.

Područje eruptivnog kompleksa Borač i neogenog basena Borač

Teren između G. Milanovca, Knića i Mrčajevaca posebno se ističe u pogledu izrazitijih povećanja radioaktivnosti u opštoj konfiguraciji gama polja (sl. 2). U vezi sa tim zaslužuje svestranija razmatranja kako bi se ukazalo na potrebu daljih izučavanja sa ciljem donošenja realnije ocene o njegovom značaju.

Kompleks vulkanskih stena, u čijem se centru nalazi ceo sliv Boračke reke, zauzima teren izometrijskog oblika, prečnika oko 10 km i površine preko 100 km^2. U celini se odlikuje povećanjima radioaktivnosti koje variraju od 12 do 30 μR/h. Skoro 50% od ove površine odgovara intenzitetima gama radioaktivnosti preko 15 μR/h (sl. 2). Uopšte uzevši, raspored kontura, koje zahvataju pojedine izorade, ima koncentričnu formu. Najveće vrednosti intenziteta gama radioaktivnosti se javljaju približno po obodu

područja. Zapaža se, takođe, da je isti slučaj kad su u pitanju uže lokalizovane gama anomalije. U celini posmatrano, kompleks vulkanskih stena područja Borač jasno se razlikuje od vulkanita Kotlenika po tome što je nosilac duplo većih normalnih količina radioaktivnih elemenata, što je, izgleda, slična situacija ako se poredi i sa ostalim vulkanitima Šumadije. Pojedini petrografski članovi ovog eruptivnog kompleksa sadrže i do 20 gr/t urana, 80 gr/t torijuma i 5% kalijuma (Vujetinci).

Od interesa je ukazati i na neke morfološko-hidrografske i strukturološke odlike ovog područja da bi se sagledali neki od problema koji se odnose na uranonosnost ovog područja. Po obodu vulkanskog kompleksa, izgrađenog od andezito-dacita, dacita, kvarclatita, trahitoida i odgovarajućih piroklastita, grebeni povezuju istaknute vrhove Gradina (550 m), V. Vrh (766 m), Crni Vrh (902 m), Trijeska (733 m), Rastovljak (702 m), Bukovik (850 m), Oštrica (802 m) i Marino Brdo (670 m). Sa padina skoro kružno poređanih vrhova, radijalno teku pritoke Gruže, Despotovice, Dičine i Z. Morava. Samo se prema jugoistoku, između vrhova Gradiona i Marino Brdo, nalazi hidrografski »proboj«, kojim protiče Boračka reka odvodnjavajući na taj način znatnu površinu centralnog dela vulkanogenog kompleksa (sl. 2).

U pogledu strukturnog sklopa, koji je predisponirao odgovarajuću geološku građu, ovo se područje odlikuje time što u širem smislu predstavlja sutok regionalnih rasednih struktura. Ove su unekoliko radijalno raspoređene, a među njima preovlađuju i osnovnu ulogu imaju one sa pravcem pružanja SI—JZ i SZ—JI. Navedeni opšti strukturni odnosi odgovaraju i najnovijim podacima Vukašinović S., koji predstavljaju rezultate aeromagnetskih ispitivanja (25). S obzirom na neke od prethodno iznetih karakteristika, ovo područje podseća na kalderu koju sa svih strana oivičavaju istaknuti vrhovi povezani grebenima, među kojima neki verovatno ukazuju na nekovske vulkanske strukture, što potvrđuju i fotogeološka ispitivanja M. Markovića, s tim što ovaj autor ukazuje na postojanje nekoliko kaldera (5). S tim u vezi treba istaći značaj ovog područja s obzirom na mogućnost postojanja hidrotermalnih ležišta urana, lokalizovanih u pogodnim strukturama, čiji su odnosi, po svemu sudeći, veoma složeni u opštem međusobnom sklopu vulkanskih aparata.

Dosadašnji rezultati poludetaljnih ispitivanja ukazuju na najveću koncentraciju anomalija na severnom delu područja Borač, tj. na terenu Trijeska—Crni Vrh (sl. 3). Otkrivene pojave mineralizacije su vezane za apatitsku supstancu unutar alterisanog (izbeljenog) materijala rasednih zona. Istraživana lokalna orudnjenja su od interesa samo kao indikatori, koji ukazuju da je vulkanska aktivnost u ovom području eventualno kompletirana i uranonosnim hidrotermalnim akcijama. U vezi sa tim treba istaći da je dosadašnje usmeravanje detaljnih prospekciono istražnih radova zasnovano uglavnom na radiometrijskim podacima bez prethodnog svestranijeg izučavanja tektonsko-geološkog sklopa i dobijanja egzaktnije slike odgovarajućih strukturnih odnosa karakterističnih za vulkanogena područja, što je možda dovelo do toga da se ne izaberu najperspektivnije lokacije za obimnija istraživanja. Stoga je ovde neophodno izvršiti posebna izučavanja koja se odnose na strukturni sklop celog područja, višefaznost vulkanske aktivnosti, geološke odnose, tipove hidrotermalnih alteracija itd., kako bi se doneli pouzdaniji zaključci o mogućnostima očekivanja hi-

drotermalnih nalazišta urana u ovom području i tačnije usmerila eventualna dalja, obimnija istraživanja.

Uzimajući u obzir prethodna razmatranja, od interesa je takođe ukazati i na verovatnoću postojanja većih koncentracija urana u obližnjim tercijarnim sedimentima. Ovo se pre svega odnosi na sedimente jugoistočnog oboda eruptivnog kompleksa Borač (sl. 3). Kao što je već rečeno, samo jugoistočni rub pomenutog kompleksa (kaldere) je razoren, a današnja dolina Boračke reke predstavlja »fokusiran« pravac transporta erodiranog vulkanskog materijala i kretanja, kako površinskih, tako i podzemnih voda. Površina, koju zahvata sliv Boračke reke, sa koje je nošen i ispiran uran iznosi oko 60 km². Imajući u vidu ovako veliki prostor i povećan klark urana u vulkanskim stenama, kao i činjenicu istosmernog transporta materijala i kretanja uranonosnih voda prema tektonskoj depresiji između područja Borač i Kotlenik (sl. 2), sa dovoljno razloga se može pretpostaviti da u sedimentima Boračkog neogenog basena treba očekivati povećane koncentracije urana.

Prema tome, potrebno je ispitati da li su ostali uslovi odgovarali lokalizovanom deponovanju urana (prostorno razviće sedimenata, njihov litološki sastav i položaj, geohemijske karakteristike itd). Pri ovome treba još napomenuti da u navedenim sedimentima postoje pojave ugljevite materije, koja je, pri povoljnom prostornom razmeštaju i odgovarajućem položaju sedimenata, mogla odigrati ulogu apsorbenta ekonomskih količina urana. Prema nekim autorima (5, 7) moćnost ovih sedimenata je neznatna. Međutim, ovo treba utvrditi pouzdanijim načinom istraživanja, uz istovremeno izučavanje prostornih i vremenskih odnosa vulkanita područja Borač i sedimenata obližnjeg neogenog basena.

Prethodno izneti indirektni zaključci samo unekoliko nalaze potvrdu i u direktnim indikacijama. Naime, u tercijarnim sedimentima ovog basena, blizu kontakta sa vulkanitima, otkrivene su neke pojave mineralizacija sa sadržajima urana preko 100 gr/t (6). Pored toga, sa obe strane Boračke reke u sedimentima su registrovane i hidrogeohemijske anomalije (14, 20), dok aeroradiometrijska ispitivanja ukazuju na izvesna povećanja radioaktivnosti duž Boračke reke (sl. 2).

Područje vulkanita Rudnik—Belanovica

Duž regionalne strukture, koja se prostire od oboda vulkanogenog kompleksa Borač, pa se pruža u pravcu severozapada preko Rudnika i Belanovice prema Brajkovcu, nalaze se tri osnovne mase dacita, odnosno dacito-andezita i masiv Brajkovačkog granita (sl. 2). Radiometrijskim ispitivanjima, kako u fazi regionalne, tako i u fazi poludetaljne prospekcije, utvrđeno je da se vulkaniti samo u pojedinim njihovim delovima odlikuju opštim povećanjima radioaktivnosti, dok u domenu Brajkovačkih granita takva povećanja nisu konstatovana.

Detaljnijim ispitivanjima pojedinih delova vulkanita, koji se izdvajaju izrazitijim radioaktivnostima, konstatovano je da su obično u pitanju partije stena koje sadrže nešto povećane količine radioaktivnih elemenata ili se pak radi o većem stepenu otkrivenosti pojedinih delova vulkanskih stena. Na ovim terenima nisu registrovane anomalije koje se karakterišu

bar lokalno naglašenim pikovima. Jedna, koja se unekoliko izdvaja odgovara pojavi mineralizacije urana na lokalnosti Ridžinac. Pojava je lokalnog karaktera i nalazi se na tektonskom kontaktu krednih sedimenata i vulkanita. Ocenjena je, s obzirom na njene karakteristike, kao negativna.

Ovde treba napomenuti da vulkaniti područja Rudnik—Belanovica i njihova okolina nisu bili predmet sistematskih ispitivanja u fazi poludetaljne prospekcije, već su prospektovani po mreži maršruta duž potoka, znatno ređoj od one koja se poslednjih godina koristi pri razmeri 1 : 10.000. To je jedan od razloga da se za ovo područje ne može dati pouzdanija ocena. Da takav stav ima opravdanja potvrđuje otkrivanje, pri sistematskim poludetaljnim ispitivanjima, pojave Mandre, koja se nalazi na terenu gde je ranije vršena poludetaljna prospekcija slična onoj izvedenoj u području Rudnik—Belanovica.

Područje paleozojskih škriljaca i trijaskih sedimenata antiklinale Dičina i okolnih vulkanita

U pogledu opšte konfiguracije polja gama radioaktivnosti i koncentracije lokalnih anomalija, izdvaja se teren izgrađen od vulkanita Branetići—Lozanj, paleozojskih škriljaca Dičine i trijaskih sedimenata Brezna—Brajići—Banjani (sl. 2). Šire posmatrano, ovaj teren se nalazi između dve regionalne strukture koje se od eruptivnog kompleksa Borač prostiru prema severozapadu. Jugozapadnu trasiraju serpentiniti, a severoistočnu vulkaniti na potezu Takovo—Branetići—Slavkovica. Približno paralelno ovim strukturama prostire se osa antiklinale u čijem se jezgru nalaze paleozojski škriljci i duž koje protiče Dičina. Ova antiklinala tone prema severozapadu, gde preko paleozojskih škriljaca naležu trijaski sedimenti, koji su na jugozapadnom krilu antiklinale otkriveni na dužini oko 12 km (sl. 2).

U području navedene antiklinale uočeno je postojanje i rasednih zona nižeg reda koje, ili prate prethodno pomenute osnovne strukture, ili se od njih odvajaju trasirajući puteve lokalnih proboja vulkanita. Milovanović S. je na terenu Brajića konstatovao i rasede pravca pružanja sever—jug koji su nosioci sulfidnih mineralizacija (14). Kako u području vulkanita Branetići—Lozanj, tako i na terenima geoloških formacija antiklinale Dičina, uočene su pojave hidrotermalnih alteracija kojima izgleda odgovaraju povećanja radioaktivnosti konstatovana prilikom prospekcije iz vazduha (sl. 2). S obzirom na prethodno iznete podatke o radioaktivnosti i geološko-strukturnim karakteristikama, ovo područje je od interesa u pogledu uranonosnosti. Dosadašnja poludetaljna sistematska ispitivanja obuhvatila su ceo teren izgrađen od paleozojskih škriljaca. Pri tome je konstatovano prisustvo niza vulkanitskih proboja. Uočeno je takođe da je teren znatno pokriven humusom znatne debljine. Pored toga otkriveno je nekoliko pojava uranske mineralizacije u delovima izrazitije alterisanih vulkanita kao i unutar paleozojskih škriljaca. U ovim poslednjim registrovana je pojava izrazite radioaktivnosti u koritu jedne od desnih pritoka Dičine (sl. 3), na lokalnosti Mandre.

Navedena pojava se karakteriše visokim sadržajima urana i radijuma u uzorku (urana = 9000 gr/t, radijum = 9000 gr/t), a takođe i znatnim hemijskim sadržajem u probi (130 cm, uran = 800 gr/t), kao i malim sa-

držajem torijuma. Najverovatnije je da se nalazi u rasednoj zoni sa grafitiziranim škriljcima. Ova zona se ne može radiometrijski pratiti jer je okolni teren pokriven nanosnim i humusnim materijalom znatne debljine. Međutim, ona se indicira primenom metode izazvane polarizacije, zahvaljujući prisustvu grafitičnih škriljaca, a možda i prisustvu sulfida Fe, Cu, Pb. Maksimalne vrednosti IP su 26—30 milisekundi. Shodno ovim podacima, širina zone pomenutih škriljaca je oko 30—50 m, sa pružanjem u pravcu I—Z i padom prema severu. Otkrivene anomalije radioaktivnosti se nalaze u severnoj polovini zone.

Sudeći prema rezultatima mineraloških ispitivanja, na osnovu kojih je utvrđeno da je ova pojava nosilac, pored pehblende i obilja sulfida, još i izrazitije povećanih količina Ni, V i Co, moglo bi se reći da se ovde radi o takvoj pojavi koja ukazuje na sedimentno-metamorfna nalazišta urana, vezana za grafitizirane škriljce (1). Ako se pri tome imaju u vidu prethodno izneti podaci o znatnim sadržajima urana i eventualno uspostavljenoj radioaktivnoj ravnoteži, pojava bi se mogla oceniti pozitivno. Međutim, poslednji rezultati bušenja ukazuju na usko lokalizovane rudne pojave urana unutar grafitiziranih škriljaca u čijoj se užoj i široj okolini nalaze proboji vulkanita. I pored takvih rezultata, područje paleozojskih škriljaca Dičine i okolnih vulkanita zaslužuje dalja istraživanja.

ZAKLJUČCI

1. Regionalna radiometrijska prospekcija u široj oblasti Šumadije zahvatila je teren površine preko 7000 km². Oko 1000 km² od ovog terena, ili približno 13%, ispitano je u fazi poludetaljne prospekcije. Detaljna ispitivanja su vršena na oko 25 lokalnosti na ukupnoj površini približno 20 km², što čini oko 2% od poludetaljno ispitanih terena.

Kvalitet ispitivanja u svim fazama prospekcije odgovara metodologiji i tehnici koja se sada koristi od strane ovog Instituta. Dobijeni podaci su dovoljno reprezentativni za donošenje odgovarajućih zaključaka.

Po obimu izvršenih, kako prospekcionih, tako i istražnih radova, oblast Šumadije spada u grupu onih terena Jugoslavije koji po stepenu istraženosti na uran stoje na prvom mestu.

2. Na osnovu rezultata dosadašnjih prospekciono-istražnih radova izdvajaju se četiri područja koja se mogu smatrati, s obzirom na uranonosnost, kao najperspektivnija na teritoriji Šumadije:

— Područje granitskog masiva Bukulje, centralnog dela neogenog basena Belanovice i vulkanita Klještevice
— Područje eruptivnog kompleksa Borač i neogenog basena Knića
— Područje vulkanita Rudnik—Belanovica
— Područje paleozojskih škriljaca i trijaskih sedimenata antiklinale Dičina i okolnih vulkanita.

U prvom području, s obzirom na perspektivnost, uža lokalizacija terena obuhvata:

— Anomalijski pojas na južnom obodu granitskog masiva Bukulje i
— Anomalijski pojas u centralnom delu neogena Belanovačkog basena.

U prvom pojasu treba izvršiti detaljna geološko-strukturološka izučavanja jer je ovaj teren, izuzev nekih lokaliteta, do sada geološki ispitivan samo u razmeri 1 : 25.000. Shodno rezultatima tih ispitivanja, neophodno je nastaviti istraživanja uranonosnih zona sa ciljem utvrđivanja njihove uranonosnosti i u sredinama koje do sada nisu istraživane.

U drugom pojasu uočava se potreba za izvođenjem sistematskog istražnog bušenja u centralnom delu, gde je najveća koncentracija anomalija, sa ciljem otkrivanja rudonosnih nivoa koji nisu zasečeni sadašnjim erozionim nivoom.

U drugom području, s obzirom na njegovu perspektivnost, izdvajaju se:

— Eruptivni kompleks Borač i
— Neogeni basen Borač.

Na terenima vulkanita Borač neophodna su detaljna geološko-strukturološka i druga izučavanja sa ciljem utvrđivanja najpovoljnijih struktura koje bi bile potencijalni nosioci ležišta urana da bi se na taj način usmerila dalja istraživanja.

Na terenima neogenog basena Borač, niz okolnosti ukazuje da odgovarajući sedimenti mogu biti nosioci ležišta urana pa je zato neophodno izvršiti dopunska izučavanja na osnovu kojih bi se, pri povoljnoj oceni, obavilo istražno bušenje.

U trećem i četvrtom području, stepen istraženosti je nedovoljan za pouzdaniju ocenu o njihovoj perspektivnosti pa stoga i ove terene nadalje treba izučavati jer se u geološko-strukturnom pogledu odlikuju time što predstavljaju povoljnu sredinu za prisustvo ležišta urana.

(Predato za štampu maja 1971. god.)

LITERATURA

1. Dančev V. I., Lapinskaja T. A., 1965: — Mestoroždenija radioaktivnovo sirja, Nedra, Moskva.
2. Filipović V. Đ., 1965: — Prospekcija i istraživanje tercijarnih basena u 1964. god., Fond str. dok. IGRI — Beograd.
3. Filipović V., 1968: — Prospekcija oblasti Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
4. Filipović V., 1970: — Prospekcija oblasti Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
5. Marković M., Pavlović Z., 1967: — Fotogeološka ispitivanja vulkanita u eruptivnoj zoni Kotlenik — Borač, Geološki anali Balk-poluostrva, knj. XXXIII, Beograd.
6. Pavlović A., Zelenka J., 1968: — Poludetaljna i detaljna radiometrijska ispitivanja u oblasti Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
7. Pavlović Ž., Ilić M., Roglić Č., 1964: — Opšte karakteristike Boračko-kotleničkog eruptivnog kompleksa, Zapisnici Srpskog geološkog društva, 1969. god., Beograd.
8. Pejatović S., 1962: — Prospekcija i istraživanje urana u oblasti planine Bukulje, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
9. Pejatović S., 1962: — Prospekcija i istraživanje urana u oblasti planine Bukulje, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
10. Pejatović S., 1964: — Studija izvršenih istraživanja urana u oblasti Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
11. Pejatović S., 1965: — Istraživanje urana u rejonu Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
12. Pejatović S., 1966: — Prospekcija oblasti Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.

13. Pejatović S., 1969: — O intersektorskoj zonalnosti hidrotermalnih orudnjenja, radovi IGRI, sv. br. 5, 1969, Beograd.
14. Petrović M., 1959: — Radiometrijska prospekcija iz vazduha planine Bukulje, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
15. Petrović M., 1967: — Prospekcija urana iz vazduha u oblasti Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
16. Simić V., 1959: — Izvestaj o ispitivanju nekih radioaktivnih pojava u oblasti planine Bukulje, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
17. Teofilović M., 1970: — Metalogenija urana na teritoriji Jugoslavije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
18. Višić S., Petrović M., 1959: — Radiometrijska karta SFR Jugoslavije, razmera 1 : 500 000, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
19. Višić S., Pejatović S., 1959: — Izveštaj o istraživanjima urana u oblasti planine Bukulje, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
20. Višić S., 1960: — Pojave i ležišta urana u oblasti planine Bukulje, Radovi IGRI, sv. br. 1, Beograd.
21. Višić S., Mijušković V., 1961: — Izveštaj o istraživanju urana u oblasti planine Bukulje, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
22. Višić S., 1970: — Izveštaj o rezultatima studije po zadatku »Metalogenetska i prognozna karta Šumadije«, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
23. Vukašinović S., Pokrajac S., 1965: — Regionalna prospekcija Šumadijske oblasti, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
24. Vukašinović S., 1970: — Preliminarna geološka interpretacija aeromagnetskih podataka Šumadije, Fond str. dok. IGRI — Beograd.
25. Vukašinović S., 1970: — Neki novi podaci o geološko-strukturnom sklopu Šumadije, referat na kongresu geologa SFR Jugoslavije 1970. god. Zagreb.

Summary

STANISLAV VIŠIĆ*

URANIUM-BEARING AREAS IN ŠUMADIJA

This paper treats the results of geophysical explorations for uranium in Šumadija for the 1958—1970 period. Both the regional and semi-detailed prospecting are covered, as applied in preparation of metallogenetic pap of uranium mineralization for the mentioned areas; the data presented in this paper may be considered as the additional information related to this metallogenetic interpretation.

When dealing with the degree of exploration, the basic elements, that may be used in evaluating the quality of the geophysical explorations, presented in this paper, are also given. Their interpretation are given for the individual areas, and the results were treated from the point of view of geological and structural relations and the most important uranium mineralizations and occurrences as well. According to the investigation of the geophysical anomalies, performed so far, the main carriers of uranium in these areas are granites, volcanites and Tertiary sediments.

The individual localities were selected inside the described areas, that may be treated, according to the described explorations, as perspective for further investigation. Most of them are located in the west of the central fault zone of Šumadija. Some of these localities should be covered by a more detailed prospecting, and mining explorations to have a better evaluation of their prospective importance.

* Institute for geological and mining Exploration and investigation of nuclear nd other mineral raw materials, Beograd, Yugoslavia.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

MILORAD ARSENIJEVIĆ
VERA ĆEBIĆ

UDK: 546.78:553.44 (497.11)

VOLFRAM U RUDONOSNOJ STRUKTURI »JEZERO« OLOVNO-CINKOVOG LEŽIŠTA RUDNIK

(sa 6 slika i 5 tabela)

Raspored sadržaja volframa je proučavan na delu rudonosne strukture »Jezero« izgradene od skarnova, kornita i vulkanita. Otkriveni sadržaji volframa se kreću od 0—1,12%. Njihov raspored u prostoru, uglavnom u kontaktno-metamorfnom omotaču, odlikuje se pojavom primarnih oreola disperzije, retko visokog intenziteta. Obično su to mestimično jače ili slabije koncentracije volframa dajući izrazite nehomogene oreole primarne disperzije male površine ili usamljene anomalije. Najjače izraženi oreoli volframa vezani su za olovno-cinkova rudna tela, odnosno za dovodne kanale visokotemperaturnih rastvora koji su kasnije služili i pri odlaganju rudne mineralizacije.

Volfram je izražen u vidu šelita isključivo plave fluorescencije koji je mestimično koncentrisan ili je jako rasejan. Neujednačen stepen metamorfizma prati oštra neujednačenost rasporeda šelita u stenama, a takođe i rudnim telima. Nekada ne ide dalje od izmenjenih pukotina, a sa ovakvim pojavama je usko povezan njegov kristalinitet kao i veličina zrna uopšte. Kristali ili zrna, često reakciono izmenjena i čija je krupnoća uslovljena krupnoćom zrna skarna ili kornita, uklopljena su u hidrotermalnom kvarcu, hloritu, rudnim mineralima i kalcitu purpurnocrvene fluorescencije. U feldspatu se šelit ne javlja, kao ni u granatu, piroksenima i drugim skarnovskim sastojcima. Usled toga je stariji od rudne mineralizacije, hloritizacije, silifikacije, a takođe i karbonitizacije, a mladi od faze feldspatizacije i ranijih skarnovskih minerala.

Pojava volframa u olovno-cinkovom ležištu Rudnik poznata je od ranije. Još 1958. godine S. Rakić je utvrdio da se volfram javlja isključivo u vidu minerala šelita ($CaWO_4$). Ovaj mineral se, po S. Rakiću, nalazi u kontaktno-metamorfnim paragenezama kao redovan i relativno redak sporedni sastojak skarnovske i rudne mineralizacije. Sreće se u vidu kristala i često ispucalih zrna i njihovih agregata, a pukotine u njima su ispunjene kasnijim sulfidima. Na taj način je utvrđeno da šelit pripada prerudnoj generaciji minerala (lit. 5, 6).

Kasnije, u toku 1969. godine, prilikom geohemijskog proučavanja rasporeda retkih i drugih mikroelemenata u rudi i sulfidnim mineralima iz ovoga ležišta (lit. 1) obraća se pažnja i na sadržaj volframa u ležištu. Spektrohemijske analize rude su pokazale da se volfram mestimično nalazi u sadržajima i do 0,35% (Jezero), a kvalitativne mineraloške analize su potvrdile da se u takvim slučajevima zaista sreću povećane koncentracije šelita (C. Markov).

S obzirom na poznate podatke preduzeta su detaljnija proučavanja rasporeda volframa, odnosno šelita, na određenom delu rudonosne struk-

ture »Jezero«. Uzorkovanje je izvršeno na horizontu 726 i 717 m po profilima potkopa sa rastojanjem između tačaka od 5 m pri razmeri karte 1 : 500 i 1 : 200. Ovim ispitivanjem su zahvaćena rudna tela i kontaktno-metamorfne stene jače ili slabije impregnisane pirhotinom i drugim rudnim mineralima, kao i drugi litološki članovi.

Na prikupljenom materijalu izvršene su petrografske analize stena, spektrohemijske analize volframa i nekih pratećih elemenata, fluorescentno kvalitativna analiza, hemijske analize W (D. Nikolić) i mineraloške analize (N. Mihajlović-Vlajić i D. Kleut) karakterističnih i šelitom obogaćenih uzoraka. Ovakvim metodskim pristupom bilo je omogućeno da se utvrde litološke karakteristike sredine, raspored volframa u okolnim stenama i način pojavljivanja šelita u metamorfno-vulkanogenom kompleksu (lit. 2, 3, 4. i 5).

PETROGRAFSKI SASTAV

Detaljnim petrografskim ispitivanjem prikupljenih primeraka (uzoraka) utvrđeno je da se proučavana površina dela jame »Jezero« sastoji od kontaktno-metamorfnih stena i vulkanita. Kontaktno-metamorfne stene su na većem prostoru intenzivno obogaćene sulfidnom mineralizacijom dajući rudna tela. Raspored pojedinih vrsta stena prikazan je na karti primeraka (Sl. 1 i 2).

Kontaktno-metamorfne stene

Kontaktno-metamorfne stene zahvataju najveću površinu ispitivanog dela jame. Predstavljene su kornitima, skarniziranim kornitima i skarnovima.

Korniti. — Od svih uzoraka samo neki (br. 1, 21, 66) odgovaraju kornitima a javljaju se i intenzivno kornitisani piroklastiti (br. 17 i 18). U većini slučajeva kornitske stene su naknadno brečizirane i skarnizirane i one su detaljnije opisane uz skarnove.

Makroskopski, korniti su stene pepeljastosive do sive boje, izrazito sitnozrne teksture. Veoma su jedre i kompaktne a sastojci se makroskopski ne raspoznaju. U njima nije zapažena sulfidna mineralizacija.

Struktura ovih stena je sitnozrna granoblastična ili heteroblastična, a zapažaju se i relikti struktura prvobitnih stena. One se sastoje od diopsida, aktinolita, K-feldspata, kvarca, sericita, hlorita, kalcita, epidota i zoizita. Prema mineralnom sastavu se mogu podeliti na piroksenske i amfibolske kornite, u zavisnosti od zastupljenosti ovih minerala. Od sporednih sastojaka ove stene sadrže neprovidne minerale, sfen, cirkon i apatit. Takođe su zapaženi i zaostaci prvobitnih slabo metamorfisanih stena. Ovi zaostaci se prikazuju kao veoma sitnozrne ili neiskristalisale mutne mase u kojima se pojedini minerali ne raspoznaju.

Skarnovi su najrasprostranjenije kontaktnometamorfne stene. Predstavljeni su piroksensko-granatskim skarnovima, kao osnovnim tipom, koji sa povećanjem granata prelaze u granatite a sa povećanjem epidota i zoizita (br. 57) u epidozite. Skarnovi čine podlogu u kojoj je smeštena

sulfidna mineralizacija. Tako orudnjeni skarnovi su prethodno obogaćeni K-feldspatom, zatim kalcificirani, hloritisani, obogaćeni epidotom i zoizitom dok je kvarc relativno količinski podređen.

Posmatrajući odnose raznih vrsta stena (sl. 1 i 2), zapaža se veoma nepravilan raspored piroksensko-granatskih skarnova i granatita, jer ove stene se međusobno intimno mešaju i prelaze jedna u drugu na vrlo malom rastojanju. Sa skarnovima su intimno izmešani i skarnizirani korniti, a promene se zapažaju na još kraćem rastojanju nego između granatita i piroksensko-granatskih skarnova. Nekada se mogu videti zaostaci slabo metamorfisanog sedimenta koji su se zadržali i u vidu manjih zaobljenih masa prečnika do 3 cm smeštenih u orudnjenom skarnovskom materijalu (br. 59). Sve se ovo zapaža na rastojanju od nekoliko santimetara.

Pored toga što se skarnovske stene teško mogu makroskopski razdvojiti jedne od drugih, ipak je makroskopskim ispitivanjem bilo moguće izdvojiti više tipova.

Piroksensko-granatski skarnovi su stene sive, svetlosive do zelenkastosive boje. Skoro uvek su, mada u manjoj meri, impregnisane sulfidnim mineralima. Često sadrže manja ili veća nagomilanja feldspata ili kalcita koja su neravnomerno raspoređena u steni.

Strukture su granoblastične i heteroblastične sa čestim pojavama mehaničkih deformacija. Ove stene se sastoje od obilja srednje ili sitnozrnih agregata monokliničnog piroksena (diopsid) sa kojima je intimno udružen granat i promenljiva količina kvarca i K-feldspata. Gotovo uvek su prisutne izvesne količine epidota, zoizita i hlorita. Veličina zrna i kristala pojedinih minerala je vrlo promenljiva. Ponekada se piroksen javlja u srednje do krupnozrnim agregatima a epidot i zoizit u krupnim kristalima. Kalcit je uvek prisutan, samo što je nekada oskudno, a nekada obilno zastupljen. Javlja se kao proizvod pretvaranja piroksena i kao najkasnije iskristalisali sastojak stene. U prvom slučaju je sitnozrn i koncentrisan uz delove stene bogate diopsidom a u drugom slučaju to su krupni kristali koji »cementuju« sve ranije stvorene sastojke.

Jedna od karakteristika ovih stena je heterogen raspored sastojaka. Najčešće se zapažaju sitnozrni agregati diopsida razdvojeni srednjezrnim K-feldspatom, zatim i krupnijim kristalima granata, epidota, zoizita ili klinozoizita. Količina pojedinih minerala u različitim delovima stene je veoma promenljiva. Krupnozrni delovi ovih skarnova sadrže i povećane koncentracije rudnih minerala.

Od sporednih sastojaka ove stene sadrže sfen i apatit u veoma promenljivim količinama. Sfen je obilnije zastupljen, dok se apatit sporadično sreće u većim nagomilanjima (br. 59). Rudni minerali su uvek prisutni, dok je cirkon ređe zapažen.

Granatiti se makroskopski teško razlikuju od piroksensko-granatskih skarnova sa kojima su intimno izmešani i vezani postupnim prelazima. Karakterišu se heteroblastičnom strukturom a sastoje se uglavnom od granata i male količine diopsida, K-feldspata, kvarca, epidota, zoizita, klinozoizita i kalcita. Nekada su obogaćeni rudnim mineralima. Od sporednih sastojaka zapažena je veća količina sfena i apatita i malo cirkona.

Granat je razvijen u vidu krupnih kristala, anomalno polihroičnih a koji su obično grupisani u agregate čije međuprostore ispunjava mala količina kvarca, K-feldspata, hlorita i kalcita. Takođe se nalazi i u vidu

veoma sitnozrnih agregata koji su delimično hloritisani ili limonitisani. Vrlo često potiskuje sitnozrnu ili srednje zrnastu masu diopsida, koja se zapaža kao zaostatak u masi granata. Granati su mahom sveži, vrlo slabo limonitisani ili hloritisani a uklapaju diopsid i sporedne sastojke stene. Piroksen, pored toga što se javlja kao zaostatak u granatskoj masi, često gradi manja sitnozrna nagomilanja neravnomerno raspoređena u steni. Feldspati, kvarc i kalcit se javljaju na isti način kao i u piroksensko-granatskim skarnovima.

Česta je pojava krupnih kristala ili kristalnih agregata klinozoizita koncentrisanih u pojedinim delovima granatita ili rasutih u osnovnoj masi stene (br. 55).

Orudnjene i hidrotermalno izmenjene skarnovske stene su najrasprostranjenije na ispitivanoj površini jame »Jezero«. To su najčešće piroksensko-granatski skarnovi i skarnizirani korniti, dok su na granatitima ove izmene ređe zapažene.

Osnovna karakteristika ovih stena, pored intenzivne mineralizacije, je prisustvo veće količine K-feldspata i kalcita, zatim obogaćenje epidotom, zoizitom, hloritom i kvarcom. U ovim stenama je konstatovana povećana količina šelita i mestimične koncentracije apatita i sfena.

Makroskopski, ove stene se razlikuju od skarnova po tome što su intenzivnije impregnisane sulfidnom mineralizacijom a sadrže dosta feldspata, kvarca i kalcita. Ponekada je feldspatizacija intenzivno izražena, a stene su srednjezrne teksture i prljavobele boje, dok je sulfidna mineralizacija jedva vidljiva (br. 54, 56, 27 i 51).

U mikroskopskim preparatima, što se moglo zapaziti i makroskopski, uočen je različiti stepen obogaćenja feldspatom, kao i različit intenzitet hidrotermalnih promena. Pri tome se nekada zapažaju veće površine zaostalog skarnovskog materijala (agregat diopsida i granata) koje su prožete ili potisnute kasnijom feldspatizacijom i karbonitizacijom, hloritizacijom, epidotizacijom i ređe silifikacijom. Ne postoji određena pravilnost između orudnjenja i jačine hidrotermalnih promena skarnova. Takođe se primećuju razlike u intenzitetu i vrsti hidrotermalnih izmena u pojedinim tipovima skarnova (piroksensko-granatskim, granatima ili skarniziranim kornitima).

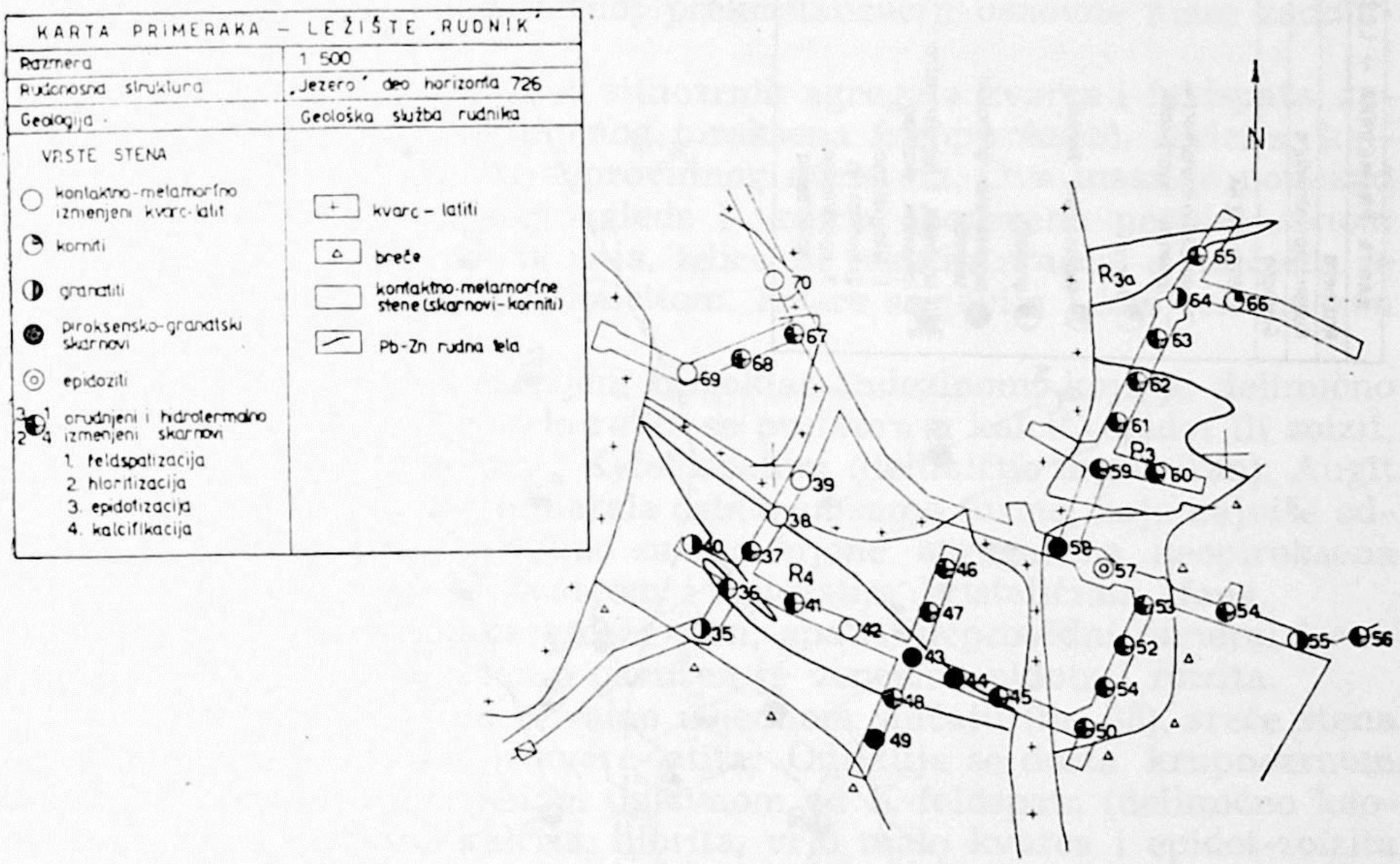
Promene u skarnovskim stenama su se vršile sledećim redom: feldspatizacija, hloritizacija, epidotizacija, stvaranje kvarca i najzad kalcifikacija. Stvaranje šelita i povećane koncentracije apatita su se dešavale pre hloritizacije, što se odnosi i na rudne minerale koji su mlađi od šelita.

Feldspatizacija se manifestuje u stvaranju srednjezrnih agregata ili individualisanih zrna, ređe kristala K-feldspata. Kiseli plagioklas je vrlo redak. Srednjezrni agregati K-feldspata potiskuju i uklapaju piroksensko-granatski agregat skarna koji se mestimično zadržava u feldspatskoj masi ili ga pak prožimaju i presecaju u vidu žilica ili nepravilnih masa. Zrna feldspata su najčešće zamućena usled obilja sitnih uklopaka piroksena i granata. Inače feldspati su obično bistri a dosta retko sericitisani. Individualisana zrna i kristali su rasuti po piroksensko-granatskoj masi.

Hloritizacija se manifestuje dvojako. Hlorit se najčešće javlja kao sekundarni produkt piroksena i granata kada je intimno udružen sa njima. Nekada su to veće plaže i žilice koje presecaju stenu ili su smešteni između zrna feldspata i rudnih minerala.

Epidot i zoizit se takođe javljaju na dva načina: kao sitnozrni agregati uz piroksen i granat ili u vidu pravilnih kristala koji su uklopljeni u plažama i kristalima kalcita. Ponekad su obilno zastupljeni u steni dajući epidozit (br. 57).

Kvarc je uglavnom oskudno zastupljen a smešten je u šupljinama između zrna feldspata i drugih ranije stvorenih minerala. Ponegde dostiže veće koncentracije i uklapa zaostatke feldspata i druge ranije stvorene minerale (br. 51).



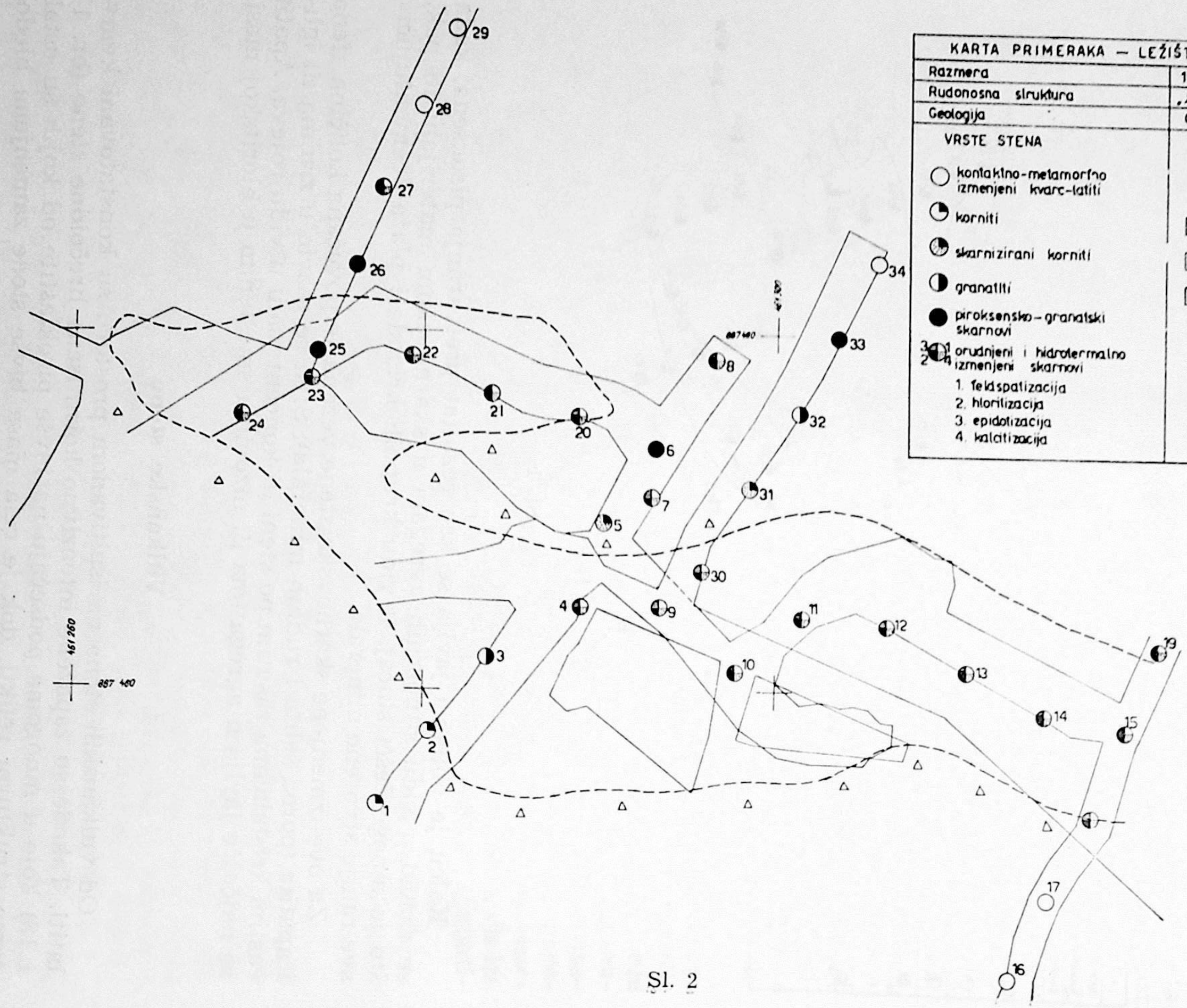
Sl. 1

Kalcit je obilan i javlja se kao rezultat pretvaranja piroksena, kada se razvio u vidu sitnozrnih agregata u skarnovskom materijalu ili pak, što je mnogo češći slučaj, u vidu krupnih kristala i plaža »cementujući« sve ranije stvorene minerale.

Za ove izmenjene skarnovske stene vezana je povećana količina sfena i apatita (pored šelita i rudnih minerala). Sfen se razvio u zrnima ili igličastim kristalićima rasutim po steni ili koncentrisani u vidu rojeva. Apatit se najčešće javlja u agregatima ili nizovima smeštenim u hloritskoj masi.

Vulkanske stene

Od vulkanskih stena na ispitivanom prostoru su konstatovani kvarc-latiti. Takođe su zapažene intenzivno kornitisane brečoidne stene (br. 17 i 18) koje u mnogome podsećaju na bivše piroklastite od kojih su ostali samo strukturni relikti, dok je cela masa bivše stene zamenjena bledozelenim amfibolom aktinolitsko-tremolitske grupe.



KARTA PRIMERAKA — LEŽIŠTE „RUDNIK"	
Razmera	1:200
Rudonosna struktura	„Jezero" deo horizonta 717
Geologija	Geološka služba rudnika
VRSTE STENA kontaktno-metamorfno izmenjeni kvarc-latiti korniti skarnizirani korniti granatiti piroksensko-granatski skarnovi orudnjeni i hidrotermalno izmenjeni skarnovi 1. feldspatizacija 2. hloritizacija 3. epidotizacija 4. kalcitizacija	breče kontaktno metamorfne stene (skarnovi-korniti) Pb-Zn rudna tela

Sl. 2

Kvarc-latiti zahvataju severne delove ispitivane površine i nalaze se na obodu kontaktno-metamorfnih stena i rudnih tela, osim njihove pojave u rudnom telu R-4 (br. 42).

Makroskopski, to su svetlosive veoma jedre i kompaktne stene sa izraženom porfirskom teksturom a retko su brečoidne (br. 70). Ponekada su mineralizovane (br. 96).

Kvarc-latiti se karakterišu holokristalasto-porfirskom strukturom. U skoro svim ispitivanim stenama se zapažaju slabije ili jače kontaktno-metamorfne promene. Kontaktni metamorfizam se ogleda u pojavi neopiroksena koji prožima osnovnu masu stene ili zamenjuje fenokristale Fe—Mg minerala, a takođe i u delimičnoj prekristalizaciji osnovne mase zadobijajući kornitsku strukturu.

Osnovna masa se sastoji od sitnozrnih agregata kvarca i feldspata, zatim manje količine monokliničnog piroksena (neopiroksen), sericita, kalcita, epidota i sitnih zrnaca neprovidnog minerala. Ova masa je ponekad veoma sitnozrna, kornitskog izgleda i veoma obogaćena neopiroksenom koji se razvio u vidu nagomilanja, žilica ili rasutih zrnaca, a najčešće je svež i ponekada je zamenjen kalcitom. Kvarc se javlja i kao sekundaran u vidu nagomilanja ili žilica.

Fenokristali su predstavljeni oligoklas-andezinom, koji je delimično argiliziran ili sericitisan a vrlo retko se pretvara u kalcit, epidot ili zoizit, zatim korodovanim kvarcom i K-feldspatom (delimično argiliziran). Augit je vrlo redak. Od Fe—Mg minerala ostale su samo forme, koje najviše odgovaraju amfibolima, a potpuno su zamenjene agregatima neopiroksena intimno izmešanim sa neokvarcom i igličastim kristalićima sfena.

Od sporednih sastojaka sadrže sfen, apatit, neprovidni mineral i cirkon. Alanit je retko zapažen a okružen je vencem epidota i zoizita.

Treba napomenuti, da se samo u jednom slučaju (br. 38), sreće stena koja se razlikuje od ostalih kvarc-latita. Odlikuje se dosta krupnozrnom osnovnom masom sastavljenom uglavnom od K-feldspata (delimično kaolinisan) i male količine kalcita, hlorita, vrlo malo kvarca i epidot-zoizita i monokliničnog piroksena. Od fenokristala sadrži samo K-feldspat, delimično sericitisan i kaolinisan. Prema strukturnim karakteristikama i sastavu stena bi odgovarala mikro-sijenitu (?).

RASPORED SADRŽAJA VOLFRAMA U STENAMA I RUDNIM TELIMA

Iz petroloških karakteristika matičnih stena vidi se da su pored vulkanita zastupljene kontaktno-metamorfne stene različitog stepena metamorfizma u kojima su smeštena rudna tela, često oivičena brečama ili presečena vulkanitima (kvarc-latitima) koji nose znake kontaktno-metamorfnih procesa. U ovoj sredini je i proučavan prostorni raspored volframa, a zahvaćeni su delovi horizonta 726 i 717 m.

Raspored sadržaja W u metamorfnoj seriji. Sadržaj volframa u ovim stenama se kreće od 0—1,12%. Srednja aritmetička vrednost volframa je $\overline{X}=323$ gr/t, a geometrijska sredina $\overline{\gamma}_{II}=230$ gr/t za populaciju sadržaja iznad granice osetljivosti (100 gr/t). Međutim, za celu masu uzoraka je $\overline{\gamma}_{I}=15$ gr/t (ispod granice osetljivosti). S obzirom na $\overline{\gamma}_{I}$, svi sadržaji W veći od 100 gr/t predstavljaju anomalno obogaćenje i naknadno unošenje

volframa u metamorfisanu seriju ili izmenjene vulkanite. Ali, ipak, $\bar{\gamma}_{II}$ bliže određuje delove osnovnog oreola dispersije W sa izrazitim obogaćenjem čime se jasnije utvrđuje količinska raspodela ovoga elementa u skarnovskim paragenezama u kojima leži 95% ispitivanih uzoraka (Sl. 3 i 4). Odnos $\bar{X}/\bar{\gamma}_{II}=1{,}4$ ukazuje na naglašeno rasejavanje a nalazi se blizu »iskustvenog« praga anomalnosti (1,1—2,2).

Ako se bliže ispita disperzija W u prostoru i u odnosu na rudnu mineralizaciju zapaža se da ona obuhvata sve litološke članove. Opšte rasejavanje je osnovna karakteristika raspodele volframa pa se stoga i ne zapaža isključiva korelativna veza između volframa i Pb, Zn i Cu (tabela 1). Povišeni sadržaji ovog elementa su nekada vezani za bogatu, a nekada za siromašnu mineralizaciju Pb, Zn i Cu. Najizrazitije rasejavanje volframa je zastupljeno u onim slučajevima gde je mineralizacija gotovo odsutna. Očigledno je, međutm, da su najviši sadržaji volframa vezani isključivo za rudna tela uprkos tome što disperzija volframa nije ograničena samo na njih.

Tabela 1

Volfram i neki drugi elementi u Pb-Zn ležištu Rudnik, Jezero (gr/t)

Br. uzorka Horizont		W	K-anomalnosti W	Mo	Sn	Pb	Zn	Cu
h=717 m								
1.		170	0,7	—	30	1000	900	600
2.		—	—	—	80	250	4000	1000
3.		—	—	—	80	200	—	500
4.		500	2,2	6	—	>1%	>1%	2000
5.		—	—	2	30	200	—	500
6.	HA=90	170	0,7	2,5	30	200	—	90
7.		—	—	4	30	700	900	200
8.		170	0,7	4	17	450	900	70
9.		—	—	2,5	37	700	1200	1000
10.		300	1,2	4	30	>1%	>1%	4500
11.		120	0,5	4	—	>1%	9000	1000
12.		160	0,6	4	30	>1%	>1%	1200
13.		300	1,2	—	80	1000	300	1200
14.		160	0,6	2,5	30	1300	4000	1400
15.		—	—	5	—	470	>1%	1400
16.		300	1,2	5	37	300	7000	1%
17.		—	—	10	80	300	—	180
18.		—	—	2,5	30	60	—	1000
19.		300	1,2	10	37	900	1500	4500
20.		160	0,6	10	10	900	1500	2000
21.		120	0,5	4	80	>1%	>1%	3000
22.		—	—	4	30	650	200	2000
23.		—	—	4	—	700	300	1000
24.		160	0,6	4	—	6000	>1%	2000
24a.		300	1,2	2,5	30	1700	3000	4500
25.		120	0,5	14	—	>1%	>1%	2000
26.		—	—	4	30	1000	500	1200
27.		—	—	2	37	200	—	100
28.		—	—	2,5	16	60	—	80
29.		—	—	2	14	60	—	25
30.	HA=1900	1600	6,9	10	80	900	300	2000
31.		—	—	—	140	600	300	700

Br. uzorka Horizont		W	K-anomalnosti W	Mo	Sn	Pb	Zn	Cu
32.		140	0,6	2,5	80	900	400	500
33.		140	0,6	4	30	600	2000	180
34.		300	1,2	5	30	300	—	45
35.		140	0,6	—	80	4000	200	180
36.		1200	5,2	6	50	300	—	1000
37.		300	1,2	2,5	30	2000	>1%	1000
38.		160	0,6	1,5	30	250	—	35
39.		400	1,7	4	—	250	—	35
40.		300	1,2	2,5	100	700	—	80
41.	HA=1,12	>1%	50,0	4	—	>1%	300	1000
42.		160	0,6	4	30	1300	200	1200
43.		300	1,2	4	80	>1%	>1%	1000
44.		300	1,2	2,5	30	900	1000	1400
45.		100	0,3	5	—	1300	400	1400
46.		—	—	4	30	900	300	1400
47.		—	—	4	17	300	400	2000
48.		—	—	2,5	30	6000	>1%	1400
49.		—	—	4	80	1300	400	120
50.		—	—	2,5	30	2200	—	80
51.		300	1,2	1,5	30	80	—	15
52.		—	—	1,5	—	900	200	4500
53.		—	—	—	17	650	120	1400
54.		—	—	—	30	200	—	120
55.		—	—	—	140	900	100	120
56.		—	—	1,5	37	900	1000	1400
57.		—	—	—	30	200	500	2500
58.		—	—	2,5	16	2000	500	2000
59.	HA=1500	1700	6,5	4	16	5000	1200	1%
60.		1000	4,3	6	10	4000	300	2000
61.		500	2,1	2	10	7000	300	1%
62.		—	—	1,5	30	1500	100	1400
63.		—	—	1,5	37	2500	100	2000
64.		—	—	—	50	400	100	280
65.		—	—	—	30	90	—	80
66.		—	—	2,5	16	35	—	15
67.		—	—	4	10	900	>1%	400
68.		300	1,2	6	—	650	100	20
69.		120	0,5	4	14	60	—	20
70.		120	0,5	4	16	60	—	16

Zahvaljujući ovakvom karakteru rasporeda, na fonu normalnog rasejavanja, ističu se delovi rudonosne strukture, odnosno rudnih tela, za koje se vezuju izraziti primarni oreoli disperzije W u vidu anomalnih i jako izraženih nehomogenih oreola male površine. Najizrazitiji među njima javljaju se u rudnim telima R-4 i R-3, na horizontu 726.

Rudno telo R-4. Izgrađeno je uglavnom od piroksenskih i piroksensko-granatskih skarnova, obično feldspatiziranih, zatim sulfidne mineralizacije, a nekad se sreću u njemu i kvarc-latiti. Sulfidnu mineralizaciju čine mase pirhotina sa galenitom, sfaleritom, halkopiritom i drugim mineralima.

Sadržaj volframa u ovom rudnom telu kreće se od 0,01—1,12%. Zavisno od toga, srednji sadržaj za rudnu mineralizaciju iznosi $\overline{X}=1540$ gr/t. Ovo anomalno polje, treba istaći, obuhvata celo rudno telo. Anomalija je

izdužena u pravcu njegovog pružanja, a bočno od glavnih anomalnih tačaka (br. 36 i 41) oštro opada po intenzitetu. Van ovog anomalnog polja javljaju se slabije anomalije, tragovi volframa ili ovaj nije uopšte utvrđen. Karakteristično je, pri tome, da anomalije van rudnih tela čine usamljene tačke mestimično se ističući na fonu normalnog rasejavanja ili opšteg osiromašenja volframom kontaktno-metamorfnog kompleksa (sl. 3, tabela 1 i 2).

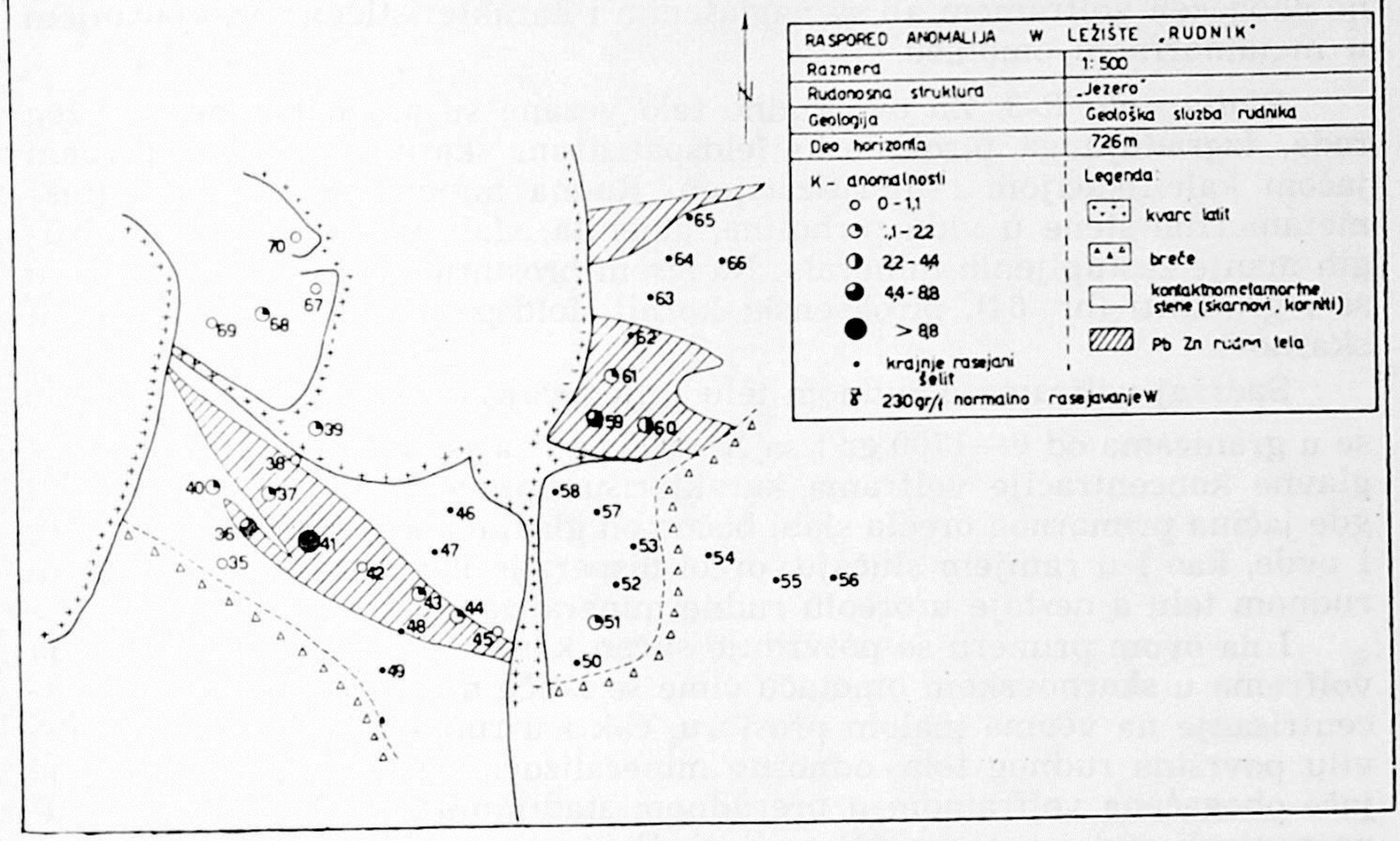
Tabela 2

Anomalni sadržaji volframa (gr/t) u rudnom telu R-4, Jezero, ležište Rudnik

Broj uzorka	W	K-anomalnosti W	Pb	Zn	Cu	Stene nosioci W i Pb mineralizacije
h-726 m						
41.	1%	50,0	1%	300	1000	Feldspatizirani i kalcificirani piroksenski skarn sa obilnim sfenom, apatitom, epidotom i zoizitom. Obilan šelit u zrnima i nagomilanjima sa purpurnocrvenom fluorescencijom kalcita.
	HA = 1,12%					
36.	1200	5,2	300	—	1000	Feldspatizirani i kalcificirani skarn sa epidotom, zoizitom, kvarcom, sfenom, piroksenom i apatitom. Šelit veličine zrna do 3 mm, u nagomilanjima sa purpurnocrvenom fluorescencijom kalcita.
37.	300	1,2	2000	1%	1000	Feldspatizirani, hloritisani i kalcificirani skarn sa dosta sfena, apatita i redim cirkonom. Šelit redak, mestimično uprskan u rudnoj mineralizaciji.
43.	300	1,2	1%	1%	1000	Skarnizirani kornit sa monokliničnim piroksenom i granatom. Šelit redak sa purpurnocrvenom fluorescencijom kalcita u rudnoj mineralizaciji.
44.	300	1,2	900	1000	1400	Piroksensko-granatski skarn sa hloritom i manjom količinom kalcita. Šelit redak sa mestimičnim nagomilanjima sa slabom rudnom mineralizacijom.

Ovakav karakter prostornog rasporeda volframa ukazuje na sledeće:

a) Najveće količine volframa su odložene na dovodnim kanalima nastalim u prerudnom procesu, i to uglavnom na pravcu kasnijeg deponovanja olovno-cinkove mineralizacije impregnacionog tipa.



Sl. 3

Tabela 3.

Anomalni sadržaji volframa u rudnom telu R-3, Jezero, ležište Rudnik (gr/t).

Broj uzorka	W	K-anomalnosti W	Pb	Zn	Cu	Stene nosioci W u Pb-Zn mineralizacije
59.	1700	6,5	5000	1200	1%	Trakasti piroksenski skarn, feldspatiziran, hloritisan i kalcificiran sa dosta apatita, sfena, epidota i zoizita. Šelit čest u nagomilanjima do 6 mm; duž prslina; redak u masi i odsutan u nepromenjenim delovima sa kalcitom purpurnocrvene fluorescencije.
60.	1000	4,3	4000	300	2000	Feldspatizirani skarn sa hloritom, kalcitom, epidotom, zoizitom i obilnim sfenom i apatitom. Šelit u agregatima do 10 mm po obodu pirhotinske mase, redak u pirhotinskoj masi, prisutan purpurnocrveni kalcit.
61.	500	2,1	7000	300	1%	Feldspatizirani skarn sa kvarcom, piroksenom, uglavnom hloritisanim nagomilanjima sfena i apatita. Šelit u redim nagomilanjima do 3 mm sa purpurnocrvenim kalcitom.

b) Oreol rudne mineralizacije, obod rudnog tela, takođe je mestimično obogaćen volframom ali sa naglašenim i karakterističnim rasejavanjem u metamorfnom omotaču.

Rudno telo R-3. Za ovo rudno telo vezane su anomalije nešto nižeg reda. Izgrađuju ga piroksenski feldspatizirani skarnovi, nekada praćeni jačom kalcifikacijom i hloritizacijom. Rudna mineralizacija impregniše metamorfne stene u vidu pirhotina, galenita, sfalerita, halkopirita i drugih manje zastupljenih minerala. Na širem prostoru oko rudnog tela sreću se i granatiti (br. 64), piroksenski kornit, feldspatizirani ili epidotizirani skarnovi.

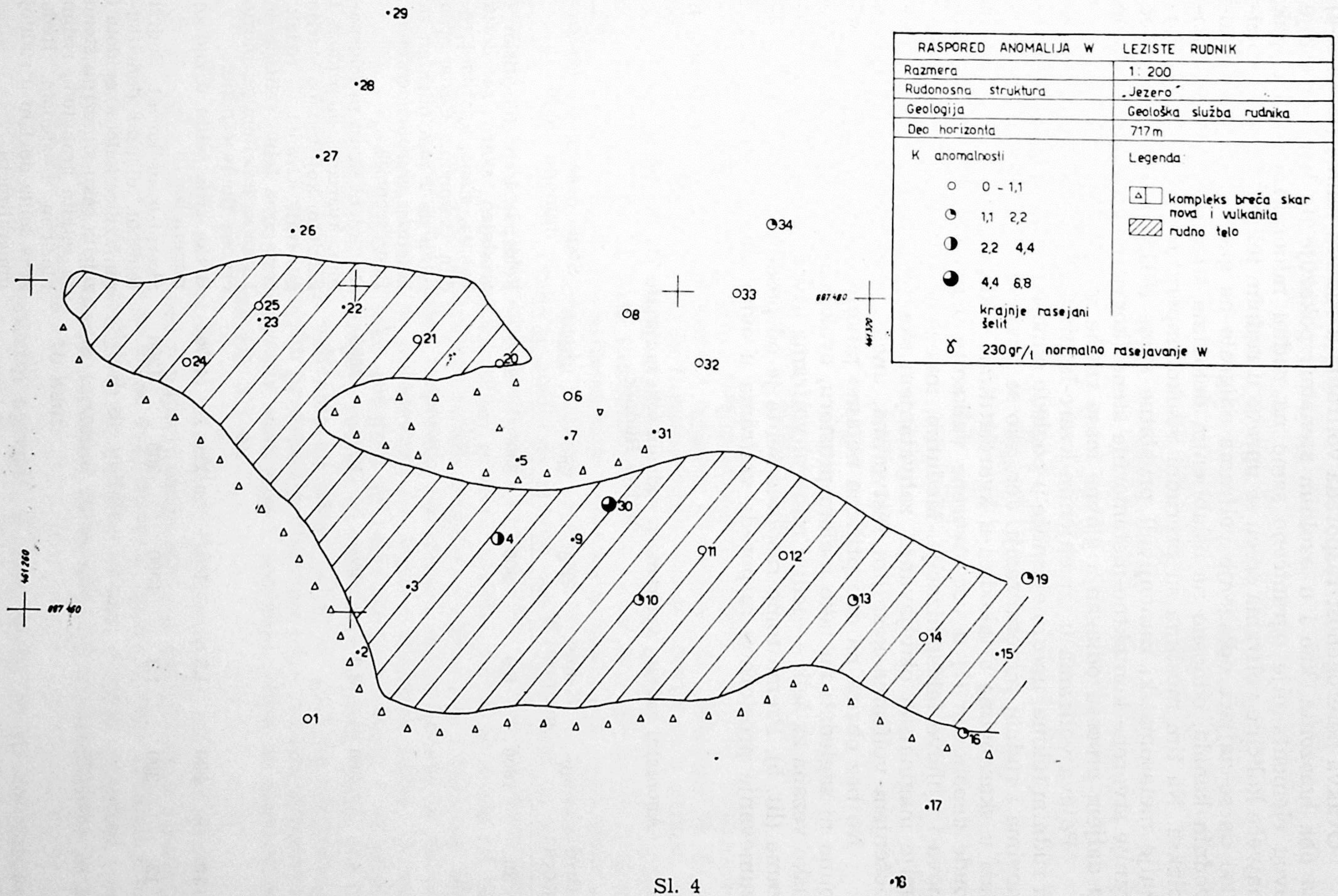
Sadržaj volframa u rudnom telu i njegovoj neposrednoj okolini kreće se u granicama od 0—1700 gr/t sa $\bar{X}$=800 gr/t za samo rudno telo. Ustvari, glavne koncentracije volframa karakterišu upravo rudno telo (tabela 3) gde jačina primarnog oreola slabi bočno od glavne anomalne tačke (br. 59). I ovde, kao i u ranijem slučaju, oreol disperzije naglo slabi još u samom rudnom telu a nestaje u oreolu rudne mineralizacije.

I na ovom primeru se potvrđuje sličan karakter prostornog rasporeda volframa u skarnovskom omotaču čime se ističe njegovo mestimično koncentrisanje na veoma malom prostoru, čak i u rudnom telu. Kao po pravilu površina rudnog tela, odnosno mineralizovanog dovodnog kanala, je jače obogaćena volframom u prerudnom stadijumu gde su se kasnije superponirali rudni i postrudni procesi. Pojava anomalija dalje od rudnog tela ukazuje da je glavna količina volframa doneta istovremeno i koncentrišući se i van rudne površine. Međutim, unošenje volframa u nerudne skarnove, kao na pr. u nemineralizovane granatite (br. 40), feldspatizirane skarnove (br. 51) ili vulkanite (br. 39), odlikuje se karakterističnim i izrazitim rasejavanjem a povišeni sadržaji se javljaju u vidu usamljenih anomalija koje dostižu najviše do 400 gr/t volframa.

Horizont 717 m. Na ovom horizontu javljaju se slične kontaktno-metamorfne stene i predstavljene su granatitima, kornitima, feldspatiziranim skarnovima, granatsko-piroksenskim i piroksensko-granatskim skarnovima. U isto vreme su kalcificirane, hloritisane i jače ili slabije feldspatizirane. Ovo se posebno odnosi na rudno telo impregnacionog tipa, a koje leži u pomenutim stenama (sl. 4).

Sadržaj volframa u orudnjenim ili neorudnjenim skarnovima kreće se od 0—1600 gr/t. Najveća obogaćenja volframom su vezana za rudnu Pb-Zn mineralizaciju čije je $\bar{X}$=242 gr/t, dok je normalno rasejavanje $\bar{Y}_{II}$, zajedničko za celu masu sadržaja na oba horizonta, istaklo određene anomalije (sl. 4). Otkrivene anomalije kao i u ranijim slučajevima, ne sreću se u granatitima, već prate feldspatizirane vrste skarnova.

Opšti raspored volframa u metamorfnoj seriji i odnos prema normalnom rasejavanju naglašavaju da se površina rudnog tela odlikuje retkim anomalijama višeg intenziteta. Uglavnom se ističe pojačano rasejavanje volframa sa mestimično jačim anomalijama (br. 30 i br. 4). Odsustvo homogenih oreola i njihova asimetričnost odražavaju mestimično koncentrisanje volframa na malim površinama u stalno prisustvo opšte kontaminacije matičnih stena. Pomenute anomalije su vezane isključivo za rudno telo, dok one nižeg reda su raspršene van rudne mineralizacije, u metamorfnom kompleksu.


RASPORED ANOMALIJA W LEZISTE RUDNIK
Razmera 1: 200
Rudonosna struktura „Jezero"
Geologija Geološka služba rudnika
Deo horizonta 717 m
K anomalnosti
0 - 1,1
1,1 2,2
2,2 4,4
4,4 6,8
krajnje rasejani šelit
230 gr/t normalno rasejavanje W
Legenda
kompleks breča skarnova i vulkanita
rudno telo

Sl. 4

Ovakva heterogenost rasporeda volframa u rudnim telima (R-3 i R-4) sa oba horizonta, kao i u okolnim stenama, pokazuje da koncentrisanje ovog elementa nije ograničeno samo na rudnu mineralizaciju. Pa ipak najveće količine volframa sreću se upravo u rudnim telima. Iz toga proizilazi da se najjače odlaganje volframa odigralo na glavnim otvorima dovodnih kanala, odnosno na oslabljenim delovima strukture ovoga kompleksa. Na tim mestima su prerudni visokotemperaturni rastvori najsnažnije metasomatski zamenjivali prvobitne stene (flišna serija) ili su već ranije stvorene kontaktno-metamorfne stene (korniti i skarnovi) menjane u daljem procesu odlaganja glavne mase rudne mineralizacije.

Pojava volframa u izmenjenim kvarc-latitima, koji seku ili se nalaze u rudnim telima, unosi nejasnoće u pogledu odnosa ovih stena prema skarnovima i rudnoj mineralizaciji. Jer, ako se povišeni sadržaj volframa nalazi u skarnovima a takođe i u kvarclatitima, onda bi volfram mogao da bude deponovan (?) u već stvorene vulkanite u procesu stvaranja skarnova i njihove feldspatizacije. Međutim, mnogo je verovatnije da su kasnije magmatska oživljavanja, zahvatanjem skarnova sa šelitom ili prenošenjem volframa kasnijim rastvorima, unele volfram u kvarc-latite.

No bez obzira na ovo prilično nejasno pitanje, koje se ne može potpuno ni sagledati na tako malom prostoru, ovakva raspodela volframa je usko vezana za šelit — jedini mineral volframa utvrđen u ovim paragenezama (lit. 5). Prema tome raspored šelita je od posebnog značaja i za razumevanje prostornog rasporeda volframa u ovim stenama.

Tabela 4.

Anomalni sadržaj volframa u rudnom telu horizonta 717 m/gr/t. Jezero, ležište Rudnik

Broj uzorka	W	K-anomalnosti W	Pb	Zn	Cu	Stene nosioci W i Pb-Zn mineralizacije
30.	1600	6,9	900	300	2000	Feldspatiziran, hloritisan i orudnjen skarn sa dosta kalcita, sfena, apatita i redim cirkonom; Česta zrna šelita do 1 mm udružen sa kalcitom purpurnocrvene fluorescencije.
4.	500	2,2	1%	1%	2000	Orudnjeni skarn sa feldspatom, kvarcom, diopsidom i kalcitom koji uklapa starije minerale. Granat — redak; česta zrna šelita veličine do 1 mm sa kalcitom purpurno crvene fluorescencije.
10.	300	1,3	1%	1%	4500	Retka zrna šelita u rudnoj mineralizaciji.
13.	300	1,3	1000	300	1200	Skarnizirani kornit. Sadrži feldspat, diopsid (kalcificiran); žilice kalcita, epidota i zoizita seku sitnozrnu stenu sa retkim granatom, redim hloritom i sfenom. Ređa zrna šelita do 1 m u rudnoj mineralizaciji.

Broj uzorka	W	K-anomalnosti W	Pb	Zn	Cu	Stene nosioci W i Pb-Zn mineralizacije
19.	300	1,3	900	1500	4500	Feldspatizirani, orudnjeni skarn sa epidotom, zoizitom, diopsidom i retkim kalcitom. Mestimično češći i rasejan šelit.
24a.	300	1,3	1700	3000	4500	Feldspatizirani i orudnjeni skarn, kalcificiran, sa epidotom, diopsidom, sfenom i apatitom, šelit rasejan i u nagomilanjima veličine do 5 mm.
16.	300	1,3	300	7000	1%	Orudnjeni skarn sa epidotom, malo piroksena, zoizitom, feldspatom i kvarcom. Retka sitnozrna nagomilanja šelita ili rasejana zrna sa purpurnocrvenom fluorescencijom kalcita.

RASPORED ŠELITA I NJEGOVO MESTO U PARAGENEZI

Utvrđivanje prisustva i rasprostranjenja šelita u ovoj rudonosnoj strukturi vršeno je na osnovu njegove fluorescencije. Pokazalo se da se šelit javlja isključivo plave fluorescencije. To se potvrđuje i niskim sadržajem molibdena u šelitu (tabela 6) i matičnim stenama čime se isključuje prisustvo šelita žute fluorescentne boje ili drugih prelaznih nijansi. Pojava niskih sadržaja i osiromašenja rastvora molibdenom je posebno izražena kod onih primera gde sadržaj volframa dostiže 1%. Zahvaljujući tome i fluorescenciji lako se uočilo da je šelit opšte rasprostranjen mineral u ispitivanim skarnovima, kornitima, rudnim telima, pa čak i vulkanitima.

Prema kvalitativnoj vizuelnoj proceni, sadržaj šelita se kreće od bogatih koncentracija do krajnje retkih tragova, a nekada je i odsutan. Međutim, upoređenjem opšteg rasporeda volframa i šelita, zapaža se da odsustvo volframa u nekim slučajevima ne znači i odsustvo šelita. Gotovo uvek tragovi volframa (oko 100 gr/t) ili odsustvo u stenama i mineralizaciji prouzrokovani su krajnje retkim ili rasejanim zrnima šelita. Na taj način anomalni sadržaji volframa su odraz jačeg ili slabijeg obogaćenja podloge ovim mineralom, što predstavlja direktnu vezu između primarnog geohemijskog oreola disperzije volframa i sadržaja šelita u skarnovima ili rudnim paragenezama (sl. 3 i 4).

Paragenetske odlike šelita. Koristeći fluorescentnu metodu direktno je posmatrano mesto i način pojavljivanja šelita u skarnovskim i rudnim paragenezama. Zapazilo se da se ovaj mineral javlja u vidu zrna ili zrnastih agregata od jedva uočljivih do veličine 10 mm. Njegov raspored i način pojavljivanja u stenama i rudnoj mineralizaciji makroskopski je izražen u raznim vidovima i to kao:

a) Mestimično krupnozrni agregati u masi stene ili su ovi rasejani duž pukotina.

b) Sitnozrna nagomilanja i impregnacije u neravnomerno izmenjenim matičnim stenama.

c) Krajnje neujednačeno rasejana zrna u raznim litološkim članovima.

Izrazita jača nagomilanja šelita u krupnozrnim ili sitnozrnim agregatima po pravilu su vezana za skarnove mineralizovane pirhotinom, halkopiritom, galenitom, sfaleritom a praćena su kalcitom purpurnocrvene fluorescencije. Slabije koncentracije i krajnje rasejana zrna karakterišu kako rudna tela tako i vulkanski i metamorfni omotač. U poslednjem slučaju šelit je različite veličine zrna i samo retko dostiže do 3 mm.

Stanje rasporeda šelita govori da je ipak dominatno rasejavanje volframa. Ono je izvršeno na širokom prostoru dajući mestimično bogatija nagomilanja. Ovo se potvrđuje i ranijim opštim podacima o ekstenzitetu šelita u okviru celog kontaktno-metamorfnog i rudnog pojasa na ovom ležištu (lit. 5).

Kao što se i makroskopski zapaža, a mikroskopski sasvim potvrđuje, krupnoća zrna i kristalinitet šelita zavisi dobrim delom i od stepena metamorfizma stena. Ukoliko su bivši flišni sedimenti pretrpeli snažniju skarnizaciju, njegovi sastojci su krupnozrniji, što se odrazilo i na šelitu koji, počev od sitnozrne građe, dostiže do pravih kristalnih oblika. Ovakva gradacija je najizrazitija u jako feldspatiziranim skarnovima obogaćenim rudnim mineralima. Sličan slučaj se zapaža upravo na anomalijama u rudnom telu R-4 (br. 41) i u R-3 (br. 59).

U rudnom telu R-4 (br. 41) najviši sadržaj volframa dostiže 1,12%. Sadržaj šelita preračunat iz hemijske analize iznosi 1,60%, dok se integriranjem dobija do 1,71% sa $\bar{X}=1{,}30\%$. Nosilac šelita je feldspatizirani, hloritisani i kalcificirani piroksenski skarn. U stvari, ove stene su zelenkastosive, mestimično prljavobele boje, impregnisane rudnim mineralima ili se ovi javljaju i u vidu žilica. U odnosu na prisutne nepotpuno metamorfisane i sitnozrne stene ova je snažno zahvaćena metasomatskim promenama. Izgrađena je od srednjezrnih agregata svežih ili delimično sericitisanih feldspata, kvarca, monokliničnih piroksena i hlorita. Epidot i zoizit se sreću mestimično u pojedinim delovima. Sfen je obilan a apatit je ređi. Od rudnih minerala zastupljeni su pirhotin, galenit, sfalerit, halkopirit i ređe pirit.

Šelit je veoma čest sastojak i javlja se na dva načina.

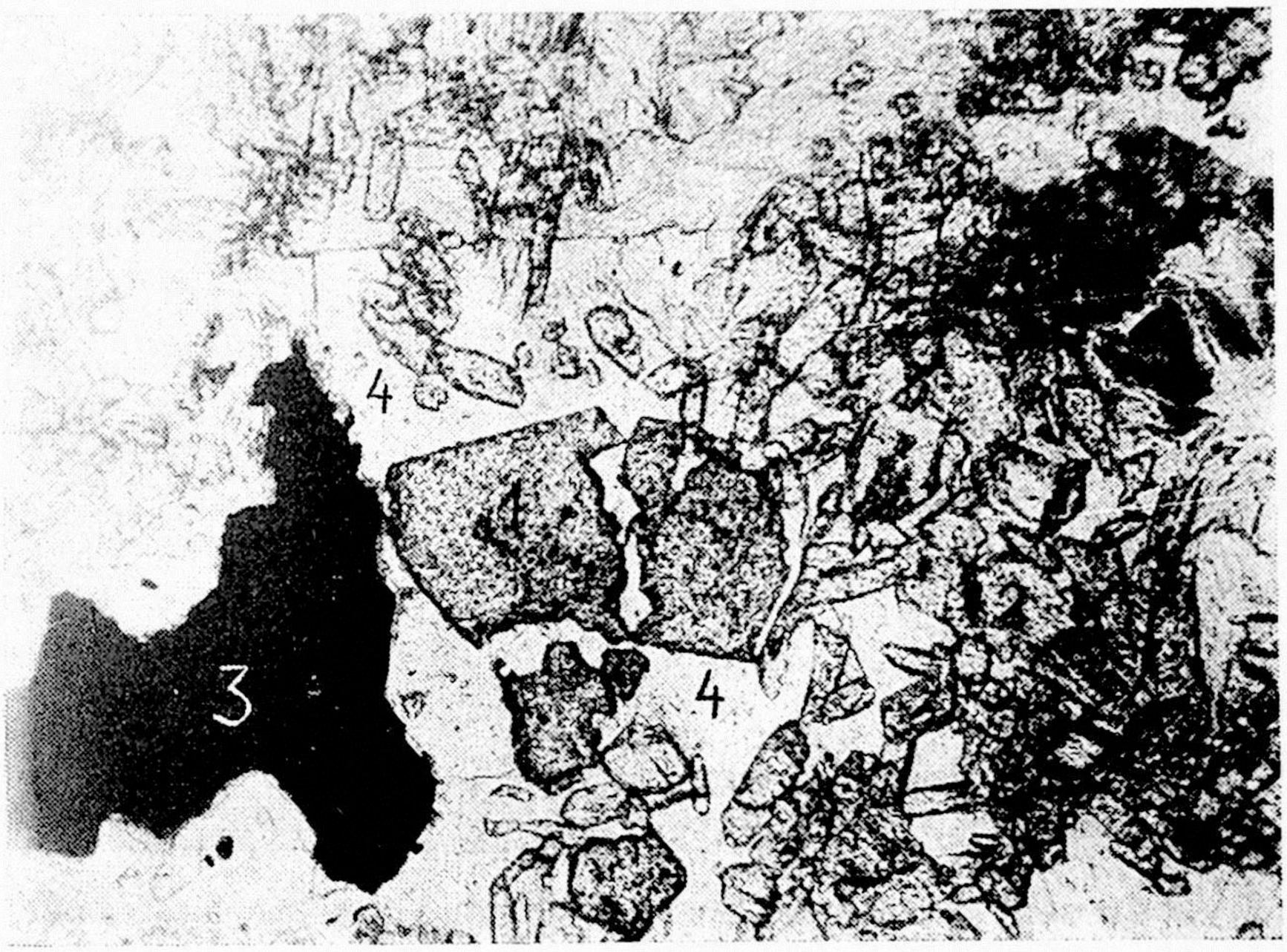
a) Usamljena zrna i agregati

b) Kristalni oblici.

Pojedinačna krupnija ili sitnija zrna, dimenzija do $0{,}9\times0{,}50$ mm, su ispucala i uklopljena u masi hlorita, kalcita, kvarca ili kontaktiraju sa feldspatom. Nekada su jasno zahvaćena rudnim mineralima ili kalcitom purpurnocrvene fluorescencije zajedno sa silikatima starije generacije (kvarc, feldspat, epidot, piroksen, i dr.). Usamljena zrna ili zrnasti agregati su obično zaobljeni ili jasno korodovani na čijem se kontaktu nalaze kvarc, feldspat ili hlorit često zapunjavajući korodovane ivice zrna. Korodovanje je ponekada toliko jako izraženo da je zrno pretvoreno u izduženu masu sa različitim udubljenjima po obodu.

Kristalni automorfni oblici šelita se sreću često. To su manje ili više pravilne zarubljene tetragonalne bipiramide, zarubljeni piramidalni obli-

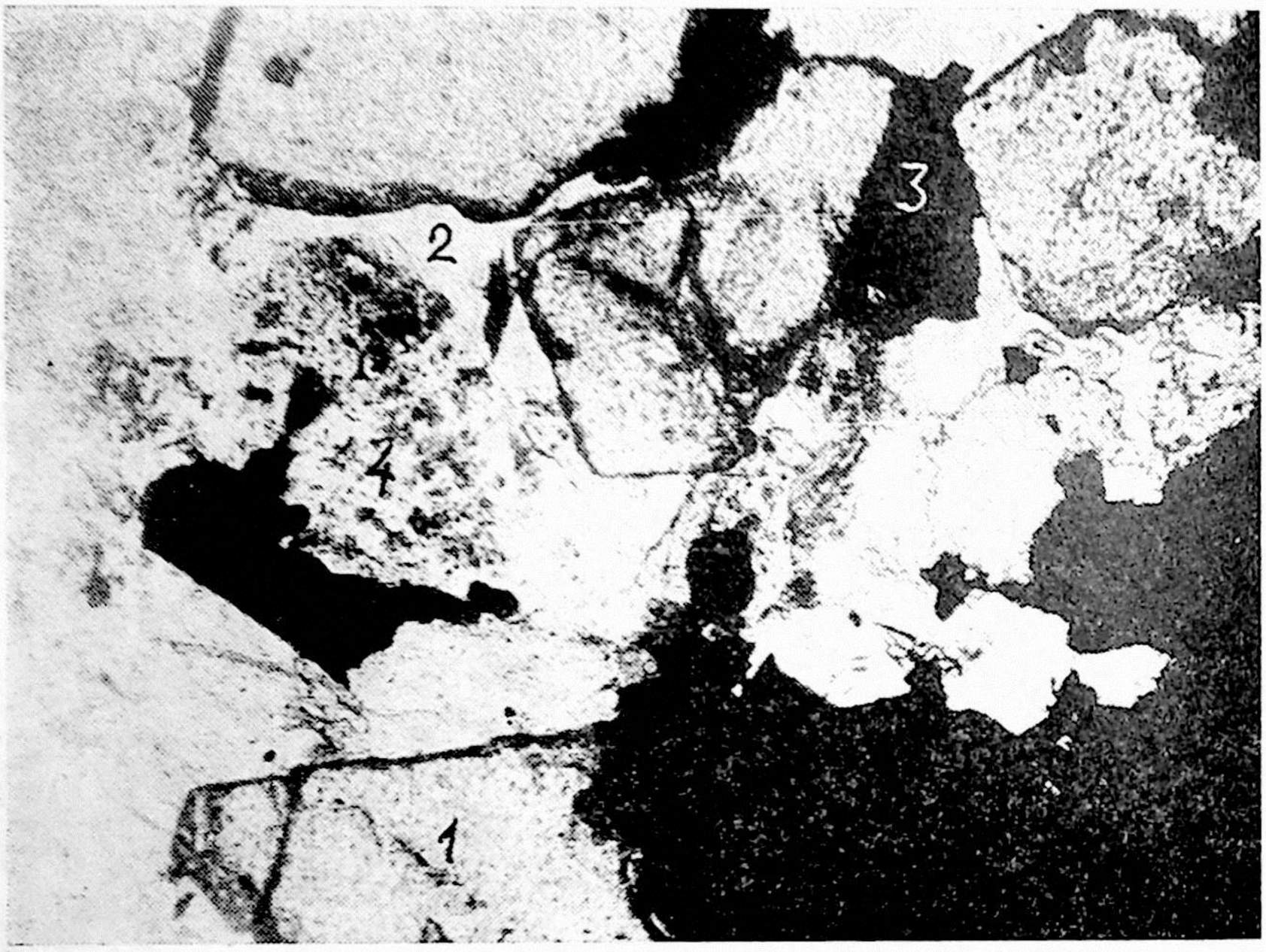
ci, kvadratni ili samo trougaoni preseci. Kristali su ponekada polomljeni i leže u kvarcu, kalcitu, kvarcno-feldspatskom gangu, hloritu ili ih oivičava kalcit. Karakteristično je da ih obuhvataju i rudni minerali, kao što je slučaj sa trougaonim presecima šelita ili zrnima. Tom prilikom šelit je na kontaktu korodovan a nagrižene ivice ispunjavaju sulfidni minerali, dok je kontakt sa kalcitom pravilan i bez tragova korodovanja (sl. 4). Kristali u kvarcu takođe su sa oštrim pravilnim ivicama gde korozija nije napredovala.



Sl. 5. Šelit uklopljen u kalcitu sa drugim silikatima (br. 41)
Šelit (1), epidot i zoizit (2), rudni mineral (3) i kalcit (4)

Nasuprot tome, imajući u vidu mnogobrojne intermedijarne primere, šelit iz rudnog tela R-3 (br. 59) pokazuje i nešto drukčije osobine u pogledu kristaliteta. Nalazi se u hloritisanim, kalcificiranim sitnokristalastim skarnovima. To su nekada trakaste zelenkaste stene izrazito neujednačeno metamorfisane i to do te mere da se u skarniziranoj masi, uz impregnaciju pirhotinom, ređim magnetitom, halkopiritom, galenitom i sfaleritom i markasitom nalaze gotovo neizmenjena siva ostrvca bivšeg sedimenta. Izgrađene su od velike količine kalcita, koji prožima stenu, zatim hlorita, manje feldspata i kvarca. Monoklinični piroksen (diopsid) se javlja u vidu prizmatičnih kristala, često zamenjenih kalcitom, ređe hloritom. U heterogeno raspoređenim mineralima sreću se epidot i zoizit. Uočljiva su gnezdasta nagomilanja apatita u zrnima i kristalima u hloritskoj masi, a ređi je u vidu raspršenih zrna u steni.

Šelit je rasejan u vidu retkih sitnih zrna ili se nalazi u nagomilanjima duž pukotina u steni, koje su jače skarnizirane i feldspatizirane. Nagomilanja i sitnozrni agregati dostižu veličinu i do 6 mm. U masi stene je veoma redak dok u neizmenjenim delovima nije uopšte zapažen. Obično su to sitna zrna, ispucala i zaobljena. Kao i obično nalazi se u hloritskoj masi, kvarcu ili je udružen sa feldspatom, takođe sa tragovima korozije.



Sl. 6. Kristalni agregati šelita (br. 41), ležište Rudnik:
trougaoni presek piramidalnog oblika (1); šelit u kvarcu (2) i rudnim mineralima (3); kristal feldspata sa uklopcima minerala (4) ranije generacije (uvećanje 20 puta).

S obzirom na ovakav način udruživanja i mesto u paragenezi, njegov mikrosastav, kao i drugih minerala, nosi delimično otisak složenih odnosa minerala nastalih pri metamorfizmu. Uklapanje, pretvaranje i sve pojave koje su remetile primarne odnose minerala stvorenih počev od kontaktnog metamorfizma preko rudonosne faze sve do postrudnih procesa i magmatskog oživljavanja (kvarc-latiti), uticale su na sadržaj mikroelemenata u bilo kojem od njih. Usled toga mnogi elementi kao Bi, Ag, W, Pb, Zn, Cu, Mn i dr. su najčešće proizvod miksiranja ili inkluzivnog stanja i preraspodele. Sa druge strane ponašanje i sadržaji Mo, Y, La, Ni i Co donekle su karakteristični za pojedine minerale (tabela 5).

Molibden u šelitu dostiže 14 gr/t i zaista pokazuje da je ovaj elemenat deficitaran u visokotemperaturnim rastvorima a takođe i kroz ceo mineralizacioni ciklus stvaranja ovih parageneza. Itrijum je stalan sastojak šelita, dok su nikl i kobalt karakteristični za pirhotin, pirit i halkopirit. Je-

Tabela 5

Sadržaj mikroelemenata u nekim mineralima iz feldspatiziranih piroksenskih skarnova Jezero, Rudnik (gr/t)

	Br. 41 — Feldspatizirani piroksenski skarn						*Br. 59 — Feldspat. i karbonat. pirok. skarn*				
	Šelit	Piroksen	Galenit	Pirit	Pirhotin	Hal. pirit	Hal. pirit	Pirit	Galenit	Šelit	Q+F
Mg	300	>1%	100	30	100	700	2200	700	100	450	100
Mn	50	470	8	70	25	140	180	90	20	90	10
Pb	700	2000	>1%	~1%	~1%	4500	4500	7000	>1%	100	80
Ga	—	6	—	—	—	6	—	—	—	—	—
Fe	150	>1%	70	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	1700	180	700
W	>1%	~1%	—	170	170	300	300	—	—	>1%	—
Bi	170	400	4500	4500	2000	900	900	2000	4500	40	—
Al	7000	~1%	300	300	100	2700	8000	140	300	1200	—
Mo	14	2	—	—	—	—	3,5	—	—	11	—
Ca	>1%	>1%	300	—	—	1400	8000	1400	300	>1%	100
V	3	50	—	2	2	3,5	14	4	—	3	1
Cu	45	80	45	2000	7	>1%	>1%	4500	1400	180	120
Ag	60	160	1000	1000	500	500	1000	500	1000	12	3,5
Y	60	—	—	—	—	—	25	—	—	40	—
Zn	—	—	—	8000	300	3000	8000	7000	—	—	—
Ti	750	750	250	80	10	400	2200	100	80	2200	80
Ni	2	14	2	3700	3700	90	110	1500	5	—	—
Zr	20	70	20	—	—	—	—	—	20	70	—
Co	—	2	—	45	37	90	5	90	5	—	—
Cr	8	35	2	5	5	2	45	—	—	13	5
La	—	—	—	—	—	—	~1%	—	—	150	—
Ba	90	350	110	80	110	150	270	110	110	45	500
Sr	270	90	—	100	100	30	30	30	—	90	800
Sc	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ce	—	—	—	—	—	—	?	—	—	—	—

dino što sadržaj lantana u halkopiritu, koji je miksiran veoma sitnim zrnima nekih minerala (?), i nesigurno prisustvo cerijuma, ukazuje na učešće minerala nosioca lantana u jako karbonatiziranoj steni. Sasvim je moguće prisustvo izmenjenog alanita ili od njega nastalih karbonata. Bez obzira na ove činjenice, koje treba detaljnije proveriti, sigurno je da ovako visoka koncentracija La odražava visokotemperaturne uslove u ležištu i orijentaciju rastvora u pravcu obogaćenja lantanoidnom grupom elemenata na račun itrijske grupe.

Iz dosadašnjeg razmatranja rasporeda šelita i njegovog odnosa prema rudnoj mineralizaciji, kao i naknadnim promenama skarnovskih stena, proizilazi da je šelit stariji od rudne mineralizacije. Međutim, u odnosu na procese feldspatizacije, hloritizacije, epidotizacije i kalcifikacije, stvaranje šelita je izvršeno posle feldspatizacije skarnova. Ovo se potvrđuje prostornim odnosom feldspata i šelita, pri čemu se šelit nikada ne javlja u feldspatu. Nasuprot ovome, kvarc, rudni minerali, hlorit i kalcit ga najčešće uklapaju u kristalnoj masi i agregatima. Prema tome, šelit je mlađi od feldspata a stariji od svih drugih naknadno stvorenih ili unetih minerala u jače ili slabije feldspatizirane skarnove nastale pod dejstvom kisele magme na karbonatizirane flišne sedimente.

(Predato za štampu jula 1971. g.)

LITERATURA

1. Arsenijević M., 1971: — Retki i drugi mikroelementi u glavnim sulfidnim mineralima Pb—Zn ležišta Rudnik, Fond stručne dokumentacije Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd.
2. Janković S., 1960: — Ekonomska geologija, I deo, Beograd.
3. Milić R., 1958: — Izveštaj o istražnim radovima na rudniku »Rudnik«, Fond stručne dokumentacije rudnika, Rudnik.
4. Milić R., Pavlović Z. i Marković V., 1970: — Magmatizam i metalogenija ležišta Rudnik, VII kongres geologa SFRJ, Zagreb.
5. Rakić S., Vuković M., 1957: — Pregled mineralizacionog cirkusa »Rudnika« u Šumadiji, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, knjiga XIV, Beograd.
6. Rakić S., 1958: — Novi prilog poznavanju mineralnih parageneza Pb—Zn ležišta »Rudnik« u Šumadiji, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, knjiga XV, Beograd.

Рюзиме

М. АРСЕНИЈЕВИЋ*
В. ЋЕБИЋ*

ВОЛФРАМ В РУДОСОДЕРЖАЮЩЕЙ СТРУКТУРЕ „JEЗЕРО“ Pb-Zn МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНИК

Распределение содержаний вольфрама было изученно на участке рудосодержающей структуре „Jезеро“ которая находится вскарнах и роговыках прорванных вулканитами и жилами плутонитов. Вольфрам

* Институт для иследование ядорнога сирья.

содержится в породах до — 1,12%. Его пространственно распределение, главным образом связанное с контактово-метаморфическими породами, характеризуется появлением первичных ореолов дисперсии. Выявленые ореолы очень редко отличаются большой контрастностей. Обыкновенно эти ореолы явно маленкие или они выраженны в форме одиноких аномалий на фоне резкого рассеивания W в скарнах и роговыках (растояние между точками на профиле 5 м). Самые сильные выраженные ореолы вольфрама приуроченные к Pb-Zn рудным телам контролируя пути циркулации высокотемпературных растворов в позднем стадии скарнизирования отложений нижнего и горнего мела в ослабленных зон.

Вольфрам выражен в месторождении ислючительно в виде шелита синей флуоресценции в агрегатах размеров до 10 мм. Пространственно совпадение их обогащений очень хорошо выясняет происхождение аномалии W и его сильно рассеивание в метаморфическому комплексе подчеркивая почти общую контаминацию пород шелитом в рудной зоне. Надо заметить что размеры зерн, кристалов и агрегатов шелита часто обусловлены ступеней зернистностей скарнов уменьшаясь, в тот же время как и их количество, по мере роста удаления от скарнизированных трещин в роговиках к пустой породе. Кристалы и зерна шелита в крупноискристализованном скарне с рудной Pb-Zn минерализацией, часто затронутые реакционными процессами, инклудированны в гидротермальном кварце, в хлоритовых агрегатах, рудных минералах и в калците вместе с минералами раньшей генерации (гранат, пироксен, епидот и др.). Шелит никогда не встречается в полевом шпате. В следствии этаго он считается более молодым или почти одновременным с процессом фельдшпатизации. Из этих причин, процессы гидротермальной силификации, потом рудоотложения, хлоритизации и карбонатизации поступают позже чем отложение шелита в скарнизированных породах. Присуствующие признаки корозии зерн шелита позволяют вторичную миграцию W в гидротермальному процессе и его перераспределение вероятно в форме шелита.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

UDK: 550.83:552.3 (497.17)

OPŠTE GEOSTRUKTURNE KARAKTERISTIKE KRATOVSKO-ZLETOVSKE ERUPTIVNE OBLASTI KOJE PROISTIČU IZ PODATAKA GEOFIZIČKIH ISPITIVANJA

(sa 1 slikom i 1 prilogom)

U ovom radu prikazani su rezultati interpretacije podataka geofizičkih ispitivanja izvršenih u Kratovsko-zletovskoj eruptivnoj oblasti. Podaci su interpretirani sa aspekta strukturne geologije, naravno imajući pri tome u vidu i podatke najnovijih geoloških istraživanja. Međutim, izvedeni zaključci nalaze se uglavnom u okviru onoga što iniciraju podaci regionalnih geofizičkih ispitivanja, tako da zaključke ne treba shvatiti kao isključive, naročito onaj po pitanju rudno-perspektivnih područja.

U proteklim godinama u Kratovsko-zletovskoj eruptivnoj oblasti izvedena su prilično obimna geofizička ispitivanja, regionalnog i detaljnog kartiranja. Ispitivanja su vršena sa svrhom istraživanja različitih mineralnih sirovina, u prvom redu olova, cinka i urana. Primenjivane su raznovrsne geofizičke metode: aeromagnetska, aeroradiometrijska i gravimetrijska u ispitivanjima regionalnog karaktera i električne (SP, IP, SEO) i radiometrijske metode pri detaljnim istraživanjima rudnih ležišta.

S obzirom na fenomene na kojima se zasnivaju primenjivane metode, sa aspekta izučavane teme najinteresantniji su rezultati aeromagnetskih i gravimetrijskih ispitivanja. Izvedena interpretacija u ovome radu poglavito se zasniva na podacima aeromagnetskih ispitivanja, jer se korišćenje gravimetrijske karte,* zbog njene poverljivosti, ograničavalo na konsultativan karakter. Interpretacija aeromagnetskih podataka vršena je i ranije (4, 10, 12), ali u preliminarnom vidu pošto se nije mogla bazirati na magnetskim karakteristikama stena, koje su određivane tek u okviru izrade ove teme.

Opšte karakteristike anomalnih polja i fizičke osobine stena

Uobičajeno je da se pre iznošenja rezultata geofizičkih izučavanja dâ detaljan prikaz i opis polja koja su izučavana, odnosno interpretirana. U ovome radu samo se ukratko zadržavamo na karakteristikama anomalnih

---

* Izrađena od strane Zavoda za geološka i geofizička istraživanja — Beograd (autor inž. Dragiša Ivković), za potrebe Naftagasa — Novi Sad i Fonda za finansiranje geoloških istraživanja — Skopje.

polja, o kojima je inače detaljno pisano u ranijim radovima (3, 6, 10, 12), pa se bar delimično mogu smatrati poznatim. Interpretacijom izvedeni rezultati prikazani su na karti dijagrama ΔT intenziteta, koja omogućava sticanje opšte slike o anomalnom magnetskom polju u Kratovsko-zletovskoj eruptivnoj oblasti. S obzirom da su promene magnetskog polja inicirale osnovne rezultate interpretacije, smatramo da karte drugih anomalnih polja (gravimetrijskog, radiometrijskog) u ovoj prilici nisu neophodne. Osnovne karakteristike gravimetrijskog i radiometrijskog anomalnog polja dajemo uz komparaciju sa magnetskim, kao prilog potkrepljenju verovatnosti izvedenih zaključaka. Karta dijagrama ΔT intenziteta obuhvata teren koji je 1965. godine ispitivan aparaturom ASG-46 (osetljivosti 5 gama). Za ostali neznatni deo eruptivne oblasti, kao i za sagledavanje položaja ove oblasti u odnosu na superregionalne strukture, korišćeni su podaci ranijih ispitivanja izvršenih sa aparaturom ASG-25 (osetljivosti 25 gama).

Magnetsko polje Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti znatno je deformisano, tako da su prisutne anomalije visokog intenziteta oba znaka (v. prilog). I pored dosta složenih dijagrama ΔT, po karakteristikama anomalnog polja moguće je izvršiti rejoniranje eruptivne oblasti, na delove koji nesumnjivo odgovaraju osnovnim geostrukturama ovoga terena. Po intenzitetu anomalija najizrazitije se izdvaja područje Rajčani — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka, gde su na velikom prostranstvu zastupljene samo anomalije pozitivnog znaka. Na pravcima Asanica — Kostomor — Lezovo i Zubovica — Crni Vrh — Vrbica dosta markantno se ističu anomalne zone »linijske« forme, od kojih se prva odlikuje prilično postojanim gradijentom. Zapadno od linije Strojininci — Kukovo — Kalište zapaža se postojanje anomalija pretežno pozitivnog znaka, raspoređenih tako da jasno obeležavaju individualitet ovoga terena. Osobitu crtu anomalnog magnetskog polja predstavlja činjenica da se severno od Krive reke prostiru poglavito negativne vrednosti ΔT intenziteta. Pored navedenih izdvaja se i više geomagnetskih struktura (anomalnih zona) nižega reda, koje karakteriše forma lineamenta.

Gravimetrijsko anomalno polje karakteriše takva konfiguracija na osnovu koje proističe rejoniranje skoro u potpunosti indentično onom izvedenom po aeromagnetskim podacima. Na području Rajčane — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka i u reonu zapadno od linije Strojininci — Kukovo — Kalište prostiru se minimumi, dok se na pravcima Asanica — Kostomor — Lezovo i Zubovac — Crni Vrh, kao i na području Pantelej — Kočane nalaze relativni maksimumi. Severno od Krive reke, odnosno Stracina, prostire se minimum i bliski njemu maksimum reziduala, oba u pravcu istok — zapad. Opšta je karakteristika da se Kratovsko-zletovska eruptivna oblast nalazi u sniženom gravimetrijskom polju, u odnosu na polje susednih terena. Poredba aeromagnetske i gravimetrijske karte nesumnjivo ukazuje na njihovu veliku saglasnost (po broju i položaju uočljivih struktura), što je svakako od značaja za pouzdaniju interpretaciju geofizičkih podataka.

Radioaktivno polje Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti dosta je varijabilno, što je i razumljivo s obzirom na petrografski sastav terena. Varijabilnost se ogleda kako u intenzitetu, tako isto i u prostranstvu pojedinih anomalija, ili anomalnih zona. Ipak, postoje neke razlike u osnovnoj

konfiguraciji polja između pojedinih delova eruptivne oblasti. Učestanost anomalija višeg intenziteta najveća je u području Rajčane — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka i na području severno od Krive reke. Zapadno od linije Strojininci — Kukovo — Kalište i na pravcu Asanica — Kostomor — Lezovo izražena je orijentacija zona relativno povišene aktivnosti; to znači da je u ovim delovima terena praktično ostvarena koincidencija osa magnetskih, gravimetrijskih i radiometrijskih struktura. Kao što je poznato radioaktivno polje posledica je uticaja uzročnika koji se nalaze isključivo na površini terena, tako da ova koincidencija anomalija ima određeno značenje.

Od fizičkih osobina stena u okviru rada na ovoj temi određivan je magnetski susceptibilitet i remanentno namagnetisanje. Odredba gustine nije vršena ni ranije, što znači da se tumačenje gravimetrijskih podataka moralo zasnivati na opštim poznavanjima gustine pojedinih vrsta stena. Radioaktivnost stena ispitivana je kroz višegodišnja istraživanja urana u ovoj oblasti.

Magnetske karakteristike stena određivane su na uzorcima prikupljenim po profilima, čiji je pravac približno upravan na generalni pravac geomagnetskih struktura. Ukupno je prikupljeno i ispiitano 117 primeraka, među kojima su obuhvaćene tipične vrste vulkanita iz ove oblasti. Laboratorijskim ispitivanjima* određivane su vrednosti intenziteta remanentnog (Ir) i indukovanog (Ii) namagnetisanja. Iz dobijenih rezultata proizilazi zaključak o priličnoj varijabilnosti Ir i Ii u svim vrstama vulkanita, i to tako da je teško govoriti o karakterističnim vrednostima Ir, Ii ili ukupnog namagnetisanja za osnovne članove vulkanogene serije. Karaktestika namagnetisanja vulkanita je i nemogućnost diferencijacije ovih stena po faktoru Q (Ir/Ii). Prosečne vrednosti namagnetisanja za pojedine vrste vulkanita su sledeće:

	$Ir \times 10^{-6}$	$Ii \times 10^{-6}$
Tufovi	200	150
Andeziti	1800	1600
Ignimbriti	2000	1800
Daciti	700	1400
Silif. vulkaniti	50	50
Alter. vulkaniti	50	50

Radioaktivnost vulkanita je uglavnom visoka, tako da se po radioaktivnom polju jasno izdvajaju u odnosu na okolne stene (kristalinik, sedimente). Međutim, po radioaktivnosti nije moguće pouzdano raščlanjavanje unutar vulkanogene serije, bar ne na većem delu eruptivne oblasti.

Rezultati izučavanja

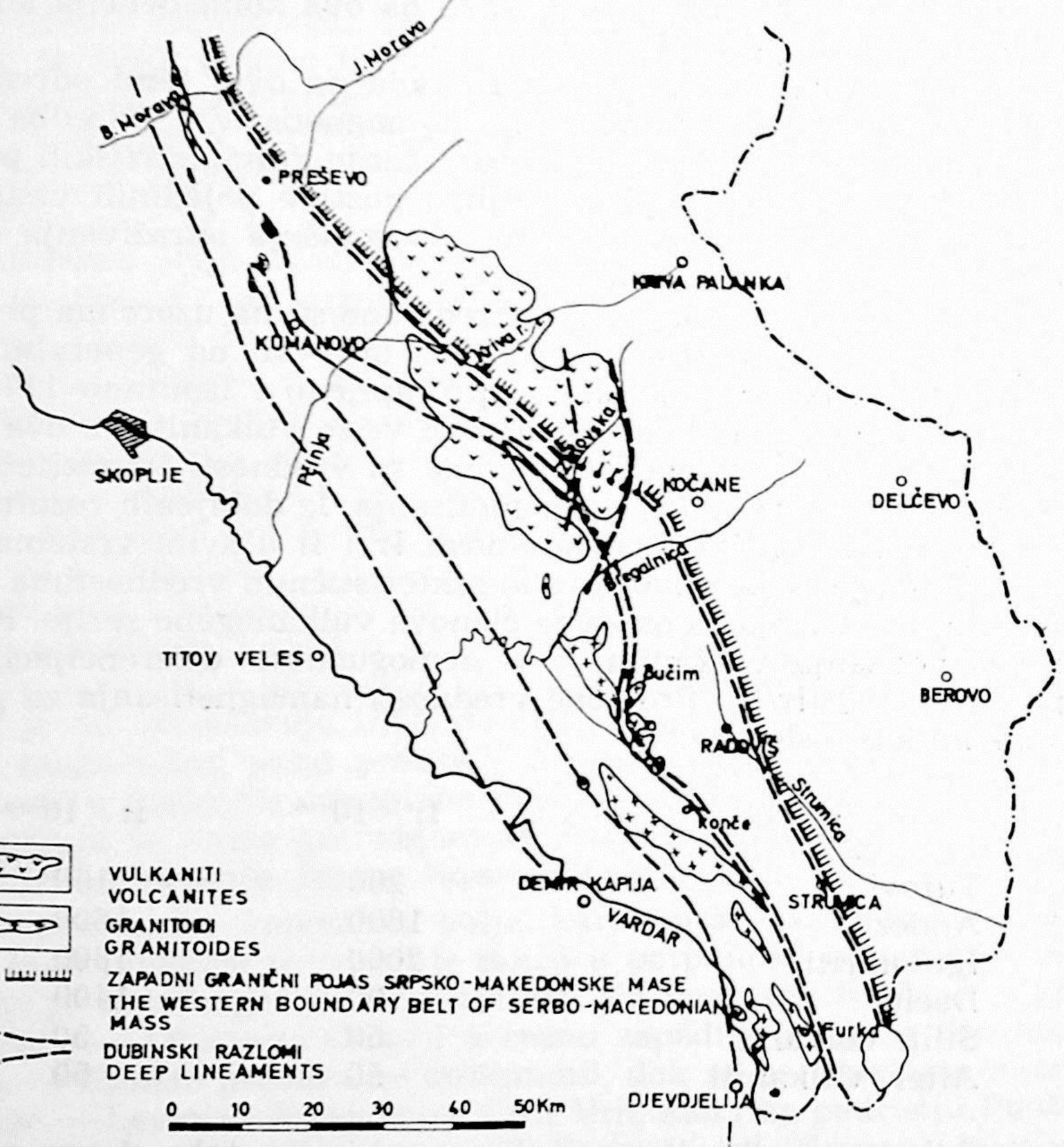
Izvršena interpretacija podataka dosadašnjih geofizičkih ispitivanja u Kratovsko-zletovskoj oblasti zasniva se ne samo na geološko-geofizičkom dokumentacionom materijalu (kartama, utvrđenim fizičkim osobinama)

---

* Laboratorijska ispitivanja obavljena su u Geomagnetskom institutu — Grocka.

koji se odnosi na samu oblast, već i na znatno prostranstvo izvan nje. Bez ovoga interpretacija bi bila nepotpuna, ako ne i nemoguća. Neosporno, veliku olakšicu u interpretaciji pružili su nam i objavljeni radovi, koji tretiraju sličnu problematiku sa različitih magmatogenih područja u svetu.

Osnovne geostrukturne interpretacije za širi region bile bi sledeće (delimično ilustrovane na skici).



SKICA GEOSTRUKTURNOG POLOŽAJA GRANITOIDA I VULKANITA U GRANIČNOM PODRUČJU SRPSKO-MAKEDONSKE MASE I VARDARSKE ZONE NA POTEZU DOJRAN-BINIČKA MORAVA

THE SCHEMATIC PRESENTATION OF GEOSTRUCTURAL POSITION OF GRANITOIDES AND VOLCANITES INSIDE THE BOUNDARY BELT BETWEEN THE SERBO-MACEDONIAN MASS AND THE VARDAR ZONE IN THE DOJRAN-BINAČKA MORAVA AREA

Sl. 1

1. Mestimične pojave bazita na pravcu Dojran — Strumica — Radoviš — Tulari — Požar — Kragujevac obeležavaju graničnu dislokaciju između Srpsko-makedonske mase i Vardarsko-šumadijske zone. Ovoj dislokaciji se pridaje značaj u predispoziciji terena za izlivanje andezitsko-dacitskih stena u Kratovsko-zletovskoj i Radanskoj oblasti.

2. Utvrđen je kontinuitet zone bazita, ispod tercijarnih sedimenata, na potezu Demir Kapija — Skopska Crna Gora. Ovi baziti markiraju južni deo centralnog dubinskog razloma Vardarsko-šumadijske zone.

3. U predelu Skopske Crne Gore od centralnog dubinskog razloma Vardarsko-šumadijske zone odvaja se ogranak razloma sa bazitima na pravcu Kumanovo — ušće Zletovske reke — Bučim — Konče — Furka. Pre aeromagnetskih ispitivanja Kratovsko-zletovske oblasti i detaljne interpretacije rezultata smatrali smo da se ogranak nadovezuje na bazite Panteleja i Pehčeva (9, 11, 12).

4. Najveći deo magmatita Unutrašnjih Dinarida, naročito tercijarne starosti, nalazi se u onim predelima u kojima se presecaju ili spajaju zone bazita, odnosno dubinske dislokacione zone.

5. Granitoidi Vardarsko-šumadijske zone pojavljuju se u domenu centralnog dubinskog razloma (granitoidi Kosmaja, Željina, Kopaonika, Skopske Crne Gore) ili između njega i njegovog ogranka na pravcu Kumanovo — Bučim — Konče — Furka (granitoidi Štipa, Gradeških pl., Plavuša, Furke).

Polazeći od ovih postavki, koje su najvećim delom zasnovane na ranijoj interpretaciji aeromagnetskih podataka za širi region, detaljno smo analizirali geofizičke podatke Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti. Pokazalo se da je izložena koncepcija o regionalnim geostrukturama prihvatljiva i za deo vulkanske oblasti i da se čak u njenom domenu može izvršiti detaljnija lokalizacija pojedinih struktura (v. prilog).

Napred pomenuta magnetska struktura na potezu Zubovica — Crni Vrh — Vrbica (severozapadno od Crnog Vrha njena osa praktično koincidira sa gravimetrijskom) po našem mišljenju odgovara dubinskom razlomu, koji obeležava granicu između Srpsko-makedonske mase i Vardarsko-šumadijske zone. Na ovaj zaključak navodi nas: 1) jasno izražena linijska forma gravimagnetne anomalije u pojasu gde se granica inače (po podacima sa šireg regiona) očekuje; 2) činjenica da su na nekim delovima (Dojran — Radoviš — Pantelej — Požar) ove granične strukture utvrđeni baziti (stene veće magnetičnosti i gustine), pa se delimično mogu očekivati ispod vulkanita i na delu Kratovsko-zletovske oblasti i to u predelu koincidencije magnetske i gravimetrijske anomalije; istina u pitanju je koincidencija anomalnih osa, a ne i anomalnih površina, što po našem mišljenju ne umanjuje verovatnoću zaključka, jer su neki različiti efekti alterisanih stena i površinskih uzročnika (vulkanita) na magnetsko i gravimetrijsko polje mogli doprineti ovome; u svakom slučaju koincidencija anomalnih osa baš u predelu gde se očekuje istočna granica Vardarsko-šumadijske zone nije slučajna već je u uzročnoj vezi sa ovom granicom; 3) realna verovatnoća da su vulkaniti koristili kao put i reaktiviranu staru dislokacionu zonu; 4) po tipu aeromagnetskih anomalija zapaža se uticaj dubljeg (baziti) i plićeg uzročnika (vulkaniti). Postojanju izlivnog kanala vulkanita, dajkovske forme, a to znači i razlomne zone, idu u prilog izvesna zapažanja (7) da odnos lava i piroklastičnih produkata znatno raste sa približavanjem izlivnom kanalu, zbog čega naravno raste i efektivno namagnetisanje vulkanogene serije. U području Vrbice ova granična dubinska razlomna struktura ispresecana je sistemom dislokacija približno meridionalnog pravca, razlomnom zonom (na prilogu obeležena graničnim dislokacijama Pantelej — Kunovo i donji tok Zletovske reke — Kratovo),

duž koje je došlo do izlivanja vulkanita i intenzivnih kretanja. Kretanja su bila posebno intenzivna duž istočnih dislokacija, koje su uz rubne rasede Kočanskog polja uslovile sadašnji položaj gabroidnog masiva Pantelej, odnosno pomeranje granice Vardarsko-šumadijske zone prema istoku (v. skicu). Ova poprečna razlomna zona i magmatska aktivnost duž nje uslovili su diskontinuitet u bazitima na graničnoj dubinskoj dislokaciji Vardarske zone, pa otuda i odsustvo gravimetrijskih anomalija jugoistočno od Crnog Vrha do Panteleja.

Gravimagnetska struktura na pravcu Asanica — Kostomor — Lezovo obeležava deo ogranka centralnog dubinskog razloma Vardarsko-šumadijske zone, koji se od nje odvaja u predelu Skopske Crne Gore. To je znači deo dubinske dislokacije delimično zapunjene bazitima, koja se preko Bučima, Konča, Furke produžava dalje u pravcu jugoistoka. Na delu Kratovsko-zletovske oblasti postojanju magnetske anomalije pored bazita doprineli su i vulkaniti, uslovljavajući porast gradijenta na dijagramima ΔT intenziteta. Razlozi za ovakvu interpretaciju magnetske i gravimetrijske anomalne zone Asanica — Kostomor — Lezovo slični su napred navedenim kod tumačenja dubinskog razloma na potezu Zubovica — Crni Vrh — Vrbica. Dodali bismo samo da ovde i radiometrijske indikacije ukazuju na postojanje strukture, koja je omogućila naknadnu preraspodelu radioaktivnih elemenata, što bi značilo da je stara dislokaciona zona kasnije oživljavana. Na naknadnu preraspodelu radioaktivnih elemenata upućuje činjenica da zone povišene radioaktivnosti nisu vezane isključivo za jedan litološki član, već zadržavaju svoj pravac prostiranja bez obzira na promene u petrografskom sastavu.

Po našem mišljenju, područje Rajčani — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka (po geološkoj karti izgrađeno pretežno od ignimbrita), na kome se prostire izrazita magnetska anomalija pozitivnog znaka i gravimetrijski minimum, predstavlja centar vulkanske aktivnosti, odnosno glavni koreni deo u Kratovsko-zletovskoj eruptivnoj oblasti. Razlog ovoj konstataciji nalazimo u sledećem: 1) forma magnetske anomalije i utvrđeni relativno mali gradijent po visini, ukazuju na znatno zaleganje uzročnika (vulkanita) po dubini; 2) napred pomenuto opšte zapažanje da efektivno namagnetisanje raste sa približavanjem korenom delu vulkanita; 3) jasna izraženost gravimetrijskog minimuma, koji inače često u vulkanogenim oblastima obeležavaju položaj vulkanskih aparata; 4) po svoj prilici postojeća, prostrana razlomna zona u ovom području (na prilogu obeležena graničnim dislokacijama Pantelej — Kunovo i donji tok Zletovske reke — Kratovo) uslovila je zajedno sa dubinskim dislokacijama, koje dijagonalno seče, tektonsku predispoziciju terena za vulkansku aktivnost u tercijaru.

Na području zapadno od linije Strojininci — Kukovo — Kalište, na kome takođe koincidiraju magnetske anomalije (pretežno pozitivnog znaka), gravimetrijski minimum i zona povišene radioaktivnosti, ima opravdanja očekivati sekundarne centre erupcije, odnosno eruptivne korene manjih razmera. Polazeći od izvesne geostrukturne zakonitosti u pojavljivanju granitoida u Vardarsko-šumadijskoj zoni i karakteristika njihovih gravimagnetskih polja, u okviru Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti ima

ova očekivati granitoide na području zapadno od linije Strojininci —

vo — Kalište.

Sekundarni izlivni kanali mogu se očekivati i u domenu drugih geomagnetskih struktura i izvedenih raseda nižega reda, koji su naznačeni na strukturnoj karti (v. prilog). Druge delove Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti, koje nismo posebno pominjali, smatramo da izgrađuju vulkanitske ploče i piroklastiti, kadkada reversno namagnetisani (rejon severno od Krive reke). Po mirnom magnetskom polju na većem prostranstvu, posebno se izdvaja pojas duž rečice Studeno klance, koji verovatno predstavlja tektonski rov pretežno ispunjen tufovima i sedimentima.

Interpretaciji podataka regionalnih geofizičkih ispitivanja sa aspekta metalogenije prethodilo je izučavanje odnosa postojećih rudnih ležišta i pojava prema konfiguraciji anomalnih polja, odnosno učinjen je pokušaj da se otkrije eventualna veza između geološko-geofizičkih struktura i distribucije mineralnih sirovina. Na osnovu detaljne analize svih raspoloživih geološko-geofizičkih podataka proizašla je činjenica da se po anomalnom polju, i to magnetskom (uzevši u obzir uticaj morfologije, promene visine leta, na zapis ΔT), jasno izdvaja jedino zona sa orudnjenjima olova i cinka na potezu Dobrevo — Rajčani. Poznato je da su u mineralnim asocijacijama sa ovoga područja utvrđeni feromagnetični minerali (magnetit, pirhotin), pa je nesumnjivo da su oni, uz druge geološko-petrografske osobenosti područja, doprineli deformaciji magnetskog polja Zemlje, koja je ustanovljena aeromagnetskim ispitivanjima. Činjenica da su magnetski izdvojenom zonom obuhvaćena najznačajnija do sada otkrivena orudnjenja, opravdava zaključak da je, po regionalnim geofizičkim pokazateljima, ovaj teren najperspektivniji za otkrivanje novih (skrivenih) rudnih ležišta Pb—Zn. Naravno da zbog različitih razloga, koji mogu sprečiti magnetsko indiciranje rudnih zona, ocena u manjoj perspektivnosti drugih rejona ne mora biti u potpunosti opravdana. Po našem mišljenju, na osnovu geostrukturne interpretacije podataka regionalnih geofizičkih ispitivanja, može se sa više opravdanja izdvojiti kao perspektivan i teren u domenu rasedne strukture na pravcu Strojininci — Crni Čukar, gde su geološkim kartiranjem ustanovljeni hidrotermalno izmenjeni vulkaniti na znatnom prostoru.

Što se tiče ocene o mogućnosti otkrivanja ležišta urana i ostalih mineralnih sirovina, smatramo da izuzev elemenata koji proističu iz opšte zakonitosti njihovog pojavljivanja u zavisnosti od geostrukturnog sklopa (pojave urana uz vulkanske aparate, hidrotermalna ležišta u područjima sučeljavanja dislokacija itd.) za sada nema drugih koji bi omogućavali pouzdanu rejonizaciju rudno-perspektivnih terena.

ZAKLJUČAK

1. Kratovsko-zletovsku eruptivnu oblast presecaju dve posebno markantne dislokacije, koje ustvari predstavljaju delove dubinskih razloma, čije prostiranje znatno premašuje granice eruptivne oblasti. Reč je o dubinskim razlomima koji su imali vanredan značaj za razvoj Vardarske zone. U Kratovsko-zletovskoj oblasti dislokacije se prostiru na pravcima Zubovica — Crni Vrh — Vrbica i Asanica — Kostomor — Lezovo. Prva je deo dubinskog razloma koji obeležava granicu Vardarsko-šumadijske zone prema Srpsko-makedonskoj masi, na potezu Dojran — Strumica — Radoviš — Crni Vrh — Tulari — Požar — Kragujevac. Druga dislokacija

je deo dubinskog razloma koji se od centralnog dubinskog razloma Vardarsko-šumadijske zone odvaja u predelu Skopske Crne Gore prema ušću Zletovske reke, Bučimu, Furki i dalje u pravcu jugoistoka. Karakteristično je da se između ovog ogranka i centralnog dubinskog razloma Vardarsko-šumadijske zone pojavljuju graniti Štipa, Gradeških planina, Plavuša i Furke. Poprečno na dubinske razlome Vardarskog pravca u području Zletovske reke, pruža se još jedna markantna disjunktivna struktura u Kratovsko-zletovskoj oblasti. Ova mlađa razlomna zona, uz postojeće sučeljavanje zona pravca SZ—JI, imala je veliki značaj u predispoziciji terena za magmatsku aktivnost u tercijaru.

2. Centar vulkanske aktivnosti Kratovsko-zletovske oblasti nalazi se u području Rajčani — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka, dakle u domenu poprečne razlomne zone. Otuda pojavu vulkanskih aparata treba prvenstveno očekivati u ovom području. Po geofizičkim podacima proizilazi verovatnoća da su i navedeni dubinski razlomi Vardarskog pravca, kao i niz struktura nižega reda, takođe služili kao dovodni putevi tercijarnim vulkanitima, ali nesumnjivo bili su od manjeg značaja. Polazeći od geostrukturne analogije, u predelu zapadno od dubinskog razloma na potezu Asanica — Kostomor — Lezovo moguće je očekivati granitoidne stene u dubljim nivoima.

3. Uopšte uzevši, sa aspekta rudnih ležišta kao perspektivne ima osnova tretirati one delove terena koji se nalaze u domenu prikazanih disjunktivnih struktura. Ipak, smatramo da je u rudnom pogledu daleko najznačajniji pojas na pravcu Dobrevo — Rajčane, gde se može očekivati otkrivanje novih (skrivenih) ležišta olova i cinka. Ovo zato jer se ovaj pojas, koji delom obuhvata poznate rudne pojave, posebno markantno izdvaja po aeromagnetskim podacima, što svakako nije slučajno.

(Predato za štampu maja 1971. godine).

LITERATURA

1. Antonović A., 1968: — Proučavanje vulkanita Jugoslavije — Stručni fond IGRI, Beograd.
2. Ivanov M. i dr., 1969: — Poiski vulkaničeskih aparatov metodom gravimetrii — Razvetka i Ohrana, № 5, Moskva.
3. Ivković D., 1966: — Izveštaj o gravimetrijskim ispitivanjima u Makedoniji Stručni fong ZGII, Beograd.
4. Pantić R., Simić V., 1968: — Izveštaj o izradi metalogenetske i prognozne karte Kratovsko-zletovske vulkanske oblasti — Stručni fond IGRI, Beograd.
5. Pavlović A., 1967/68: — Izveštaji o poludetaljnim i detaljnim geofizičkim ispitivanjima u Kratovsko-zletovskoj oblasti — Stručni fond IGRI, Beograd.
6. Petrović M., 1963: — Izveštaj o regionalnoj prospekciji urana oblasti Rodopa — Stručni fond IGRI, Beograd.
7. Rivoš A., Šejnberg G., 1964: — Geofizičeskoe izučenie kamčatskih vulkanov — geologija i geofizika, № 7, Novo — Sibirska.
8. Vujanović V., i saradnici: 1968: — Metalogenija urana na teritoriji SFRJ, Stručni fond IGRI, Beograd.
9. Vukašinović S., 1963: — Anomalno magnetno polje Makedonije i njegova veza sa geološkom građom terena — Trudovi, sv. 10, Skoplje.
10. Vukašinović S., 1965: — Izveštaj o aeromagnetnim ispitivanjima Vardarsko-zletovske oblasti. Fond stručne dok. IGRI, Beograd.

11. Vukašinović S., 1966: — Prostranstvo i kontinuitet bazičnih stena u Vardarskoj zoni, na potezu Đevđelija — Priština, prema podacima aeromagnetnih ispitivanja — Geološki anal. Balk. pol., knj. XXXII, Beograd.

12. Vukašinović S., Sikošek B., 1966: — Prilog poznavanja geološke građe Vardarske zone na bazi rezultata aeromagnetnih ispitivanja — VI Savetovanje geologa Jugoslavije, Ohrid.

13. Vukašinović S., 1968: — O prostranstvu i strukturnom položaju bazita na području Unutrašnjih Dinarida — Radovi IGRI, sv. 4, Beograd.

Summary

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ*

GENERAL GEOSTRUCTURAL FEATURES OF KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA BASED ON THE DATA OF GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS

The Kratovo-Zletovo volcanic area has been subjected to relatively extensive, both regional and detailed, geophysical exploration during the recent years, oriented toward the discovery of the deposits of mineral raw materials, mainly zinc, lead and uranium. The aeromagnetic, aeroradiometric and gravimetric methods were applied in the regional, and electrical (SP, IP, SER) and radiometric in the detailed investigations.

In respect to the phenomena that represent the basis of the mentioned geophysical methods, from the point of view of these investigations the most interesting are the results of aeromagnetic and gravimetric methods. The interpretation presented in this paper is based mainly on the results of aeromagnetic investigations, with the results of gravimetric map having the informative character only. The interpretation of aeromagnetic data has been attempted before (4, 11), but only as preliminary due to the fact that the data on the magnetic features of rocks were available only during this study.

The interpretation of the geophysical data may be summared as the following:

1. The Kratovo-Zletovo volcanic area has been intersected bu two large dislocations, actulay the parts of the deep lineaments, that extend far beyond this volcanic area; these lineaments played an important role in development of the Vardar Zone. Inside the Kratovo-Zletovo area, the dislocations have the direction of Zubovica—Crni Vrh—Vrbica and Asanica—Kostomor—Lezovo. The first one is a part of the deep lineament that represents the boundary between the Vardar-Šumadija Zone and the Serbo-Macedonian Mass, along the direction of Dojran—Strumica—Radoviš—Crni Vrh—Tulari—Požar—Kragujevac. The second disclocation is a part of a deep lineament that separates from the central lineament of Vardar-Šumadija Zone near Skopska Crna Gora at the estuary of Zletovska Reka, Bučim and Furka and further toward the SE. It is interesting to note that between this branch and the central lineament of Vardar-Šumadija Zone, there are the granites of Štip, Gradeška Planina, Plavuša

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

and Furka. Perpendicularly to the lineament of Vardar direction near Zletovska Reka, there is marked disjunctive structure in the Kratovo--Zletovo area. This young dislocation zone, in addition to the already existing zones of NW—SE direction, has been highly important in predisposing the area for magmatic activity in Tertiary.

2. The center of volcanic activity in Kratovo-Zletovo area has been around Rajčani—Zletovo—Dobrevo—Oblovska Čuka, i.e., along the perpendicular dislocation, and the volcanic apparatuses may be expected primarily in this area. According to the geophysical data, it is also probable that the volcanism has been active along the deep Vardar Zone lineaments, as well as along the several minor structures, but of much less importance. According to the geostructural analogy, west of lineament and along the Asanica—Kostomor—Lezovo direction, the granitoide rocks may be expected at lower levels.

3. In respect of the probable mineral deposits, they may be expected in the areas of the mentioned disjunctive structures. It is our oppinion that, as the most promissing, the belt Dobrevo—Rajčani should be considered, where the new (concealed) lead-zinc deposits may be expected. In addition to the already known deposits, this belt is particularly pronounced in aeromagnetic data, a factor which is far to be explained by a chance coincidence alone.

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

GEOSTRUKTURNA KARTA

KRATOVSKO-ZLETOVSKE ERUPTIVNE OBLASTI

(IZRAĐENA NA OSNOVU AEROMAGNETSKIH PODATAKA)

THE GEOSTRUCTURAL MAR

OF KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA

(BASED ON THE AEROMAGNETIC DATA)

1 2 3 km

DIJAGRAMI ΔT INTENZITETA
THE DIAGRAMS OF ΔT INTENSITY

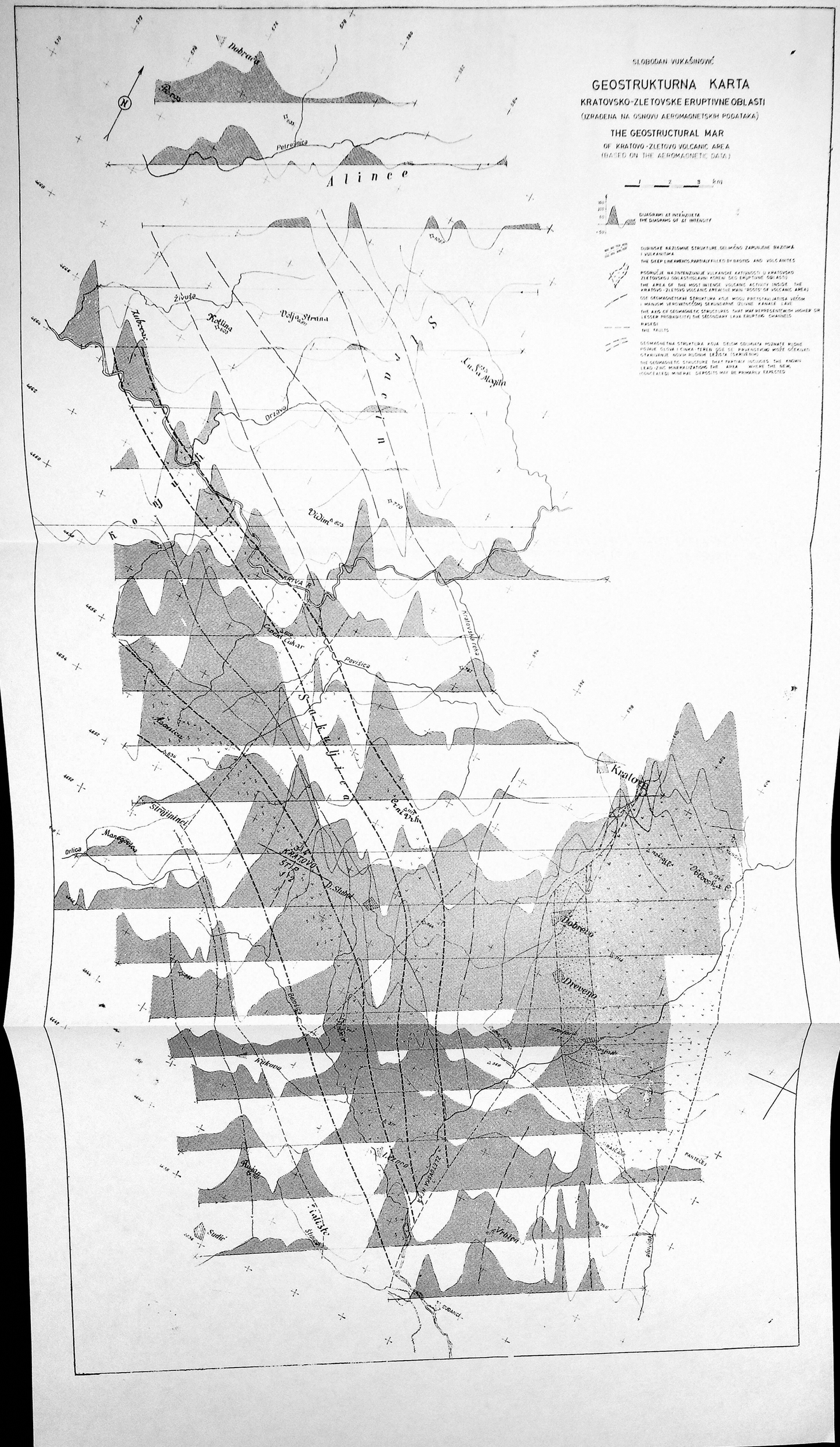
DUBINSKE RAZLOMNE STRUKTURE, DELIMIČNO ZAPUNJENE BAZITIMA I VULKANITIMA
THE DEEP LINEAMENTS PARTIALY FILLED BY BASITES AND VOLCANITES

PODRUČJE NAJINTENZIVNIJE VULKANSKE AKTIVNOSTI U KRATOVSKO ZLETOVSKOJ OBLASTI (GLAVNI KONENI DEO ERUPTIVNE OBLASTI)
THE AREA OF THE MOST INTENSE VOLCANIC ACTIVITY INSIDE THE KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA (THE MAIN "ROOTS" OF VOLCANIC AREA)

OSE GEOMAGNETSKIH STRUKTURA KOJE MOGU PRETSTAVLJATI SA VEĆOM I MANJOM VEROVATNOĆOM) SEKUNDARNE IZLIVNE KANALE LAVE
THE AXIS OF GEOMAGNETIC STRUCTURES THAT MAY REPRESENT (WITH HIGHER OR LESSER PROBABILITY) THE SECONDARY LAVA ERUPTING CHANNELS

RASEDI
THE FAULTS

GEOMAGNETNA STRUKTURA KOJA DELOM OBUHVATA POZNATE RUDNE POJAVE OLOVA I CINKA - TEREN GDE SE PRVENSTVENO MOŽE OČEKIVATI OTKRIVANJE NOVIH RUDNIH LEŽISTA (SKRIVENIH)
THE GEOMAGNETIC STRUCTURE THAT PARTIALY INCLUDES THE KNOWN LEAD-ZINC MINERALIZATIONS THE AREA WHERE THE NEW, (CONCEALED) MINERAL DEPOSITS MAY BE PRIMARILY EXPECTED


SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ
GEOSTRUKTURNA KARTA
KRATOVSKO-ZLETOVSKE ERUPTIVNE OBLASTI
(IZRAĐENA NA OSNOVU AEROMAGNETSKIH PODATAKA)
THE GEOSTRUCTURAL MAP
OF KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA
(BASED ON THE AEROMAGNETIC DATA)
1 2 3 km
DIAGRAMI AT INTENZITETA
THE DIAGRAMS OF AT INTENSITY
DUBINSKE RASEDNE STRUKTURE DELIMIČNO ZAPUNJENE RAZLIČITIM I VULKANITIMA
THE DEEP LINEAMENTS,PARTIALY FILLED BY BASITES AND VOLCANITES
PODRUČJE NAJINTENZIVNIJE VULKANSKE AKTIVNOSTI U KRATOVSKO ZLETOVSKOJ OBLASTI(OKVIR SAS ERUPTIVNE OBLASTI)
THE AREA OF THE MOST INTENSE VOLCANIC ACTIVITY INSIDE THE KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA(THE MAIN ROOTS OF VOLCANIC AREA)
OSE GEOMAGNETSKIH STRUKTURA KOJE MOGU PREDSTAVLJATIKE JEDNIM I MANJIM INTENZITETOM) SEKUNDARNE ERUPTIVNE KANALE LAVE
THE AXIS OF GEOMAGNETIC STRUCTURES THAT MAY REPRESENT(WITH HIGHER OR LESSER PROBABILITY) THE SECONDARY LAVA ERUPTIVE CHANNELS
RASEDI
THE FAULTS
GEOMAGNETNA STRUKTURA KOJA DELOM OBUHVATA POZNATE RUDNE POJAVE OLOVA I CINKA-TEREN OSE SE PRAVDOPODNO MOGE OČEKIVATI OTKRIVANJE NOVIH RUDNIH LEŽIŠTA (SEKUNDARNI)
THE GEOMAGNETIC STRUCTURE THAT PARTLY INCLUDES THE KNOWN LEAD-ZINC MINERALIZATIONS THE AREA WHERE THE NEW, (CONCEALED) MINERAL DEPOSITS MAY BE PRIMARILY EXPECTED
Dobrača
Petrašnica
Alince
Živuše
Kotlina
Velja Strana
Zubovci
Orzava
Lisa Mogila
Vidim
Kratovska Reka
Pavlica
Kamenovo
Strojinci
Manastirska
Orlica
Kratovo
Zletovska Reka
Dobrevo
Drevena
Rikavac
Rudina
Studir
Crnilište
Sopotnica
Pantelej
Zletovo

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

N. KRSTIĆ

UDK: 56:551.782

OSTRAKODI KONGERIJSKIH SLOJEVA 6:

Ilyocypris, Stenocypria(?) i Ilyodromus(?)

(sa 3 table)

Predstavnici rodova Stenocypria(?) i Ilyodromus(?) nisu sa sigurnošću mogli biti uvršćeni u ova dva roda zbog toga što su skoro sve nađene ljušturice prevučene debljom ili tanjom skramom kalcijumkarbonata te njihova unutrašnja građa nije mogla biti do detalja proučena. Malobrojni predstavnici roda Ilyocypris bez teškoća su uvršćeni u ovaj rod jer su spoljašnje karakteristike Ilyocypris-a markantne, a pošto su dobro sačuvani proučena im je i unutrašnja građa.

Rod Ilyocypris

Tipična vrsta: *Cypris gibba* Rhamdor, 1808.

U kongerijskim slojevima sporadično se nalaze pojedinačni kapci iliociprisa, ukrašeni jamicama, bodljama, tuberkulama i udubljenjima. Udubljenja se nalaze na mestima gde se pričvršćuju mišići. Prema E. Triebel-u (1941) grbice nisu uvek razvijene na svim individuama, ali kada su razvijene za jednu vrstu je vezan određen tip i raspored grbica (tuberkula). Otisci mišića zatvarača, karakteristični za podfamiliju Ilyocyprinae, raspoređeni su u vidu otiska šape (N. Krstić, 1960, tab. IV, sl. 24). Lateralni kanali su jednostavni. Marginalni kanali retki do srednje gustine, tanki, nerazgranati. Pojas srastanja srednje širine, unutrašnji obod takođe.

Ilyocypris expansa (Rss)

tab. III, sl. 8, 9

1850. — *Cytherina expansa* m. — Reus: ... str. 60, tab. IX, sl. 11.
1960. — *Ilyocypris brady* Sars — Krstić: ... str. 276, tab. I, sl. 9 i IV, sl. 24.

Iliociprisi iz V. Moštanice (7/4) i Malog Bučja potpuno se slažu sa primerkom *I. expansa* (Rss) koji se nalazi u ćelijici 98 zbirke A. Reuss-a (1850) u Prirodnjačkom muzeju u Beču. Slažu se ne samo po obliku već i po dimenzijama (fotografisani primerci d — 0,90, v — 0,50; d — 0,88, v — 0,48 mm).

Rod Stenocypria

Tipična vrsta: *Cypris fischeri* Lilljeborg, 1833.

Dve vrste izdvojene iz srednjopanonskih peskova stavljene su uslovno u rod Stenocypria.

Šta me je rukovodilo pri odredbi rodovske pripadnosti: Stenocypria kao pripadnik tribusa Erpetocyprini ima slepe marginalne kanale (tabla I, sl. 2 i 4b). Dvostruka punktacija, takođe karakteristična za tribus, jasno je uočena na nekim ljušturama (sl. 3b) (uporedi E. Triebel, 1953, tab. I/6). Za rod Stenocypria karakteristično je povijanje unutrašnjeg kraja na prednjem i još više na zadnjem delu ljušture. Interesantno je da povijanje unutrašnjeg kraja nije zapaženo kod svih individua, a kod onih kod kojih je primećeno nije uvek izraženo u podjednakoj meri. Opšti oblik ljušture i kosa osa prednje okrugline (naročito na D) (D=desni kapak) takođe su karakteristični za rod, a šire gledano i za tribus.

1. *Stenocypria*? cf. *elegans* (Meh.)

tab. I sl. 1, 4; tab. II sl. 6, tab. III sl. 1—3

U odnosu na Mehešove (1907, str. 535, tab. VI/14—17) primerci iz okoline Beograda su manje polumesečasti i u proseku nešto manjih dimenzija. Dimenzije fotografisanih primeraka: D: d-1, 41, v-0, 68; otvorena Lj (ljuštura) ♀ : L: (levi kapak) d-1, 35, v-0,65; D: d-1,32, v-0,62 mm. Mužjaci su nešto sitniji od ženki. U okolini Beograda *Stenocypria*? cf. *elegans* nađena je u srednjem panonu: Velika Moštanica (Sibovik — 7/3 i 7/4). Ripanj (ispod Mehane), Vrčin (potok Slatina, potok Karagača) i u gronjem panonu: Vrčin (Jarićište) i Dražanj (usek Autoputa). Izgleda da je vezana za faciju peska.

2. *Stenocypria? veteris* n. sp.

tab. I sl. 2, 3, 5; tab. II sl. 7; tab. III sl. 5

Ime: Prema lat. veteris=stara, jer je verovatno predačka forma sadašnjih Stenocypria.

Holotip: Otvorena Lj ♀ , br. 0—355, Prirodnjački muzej, Beograd.

Paratipoidi: 31 L i D i više Lj ♀♀, br. 0—356.

Tipično nalazište: Vrčin, potok Karagača.

Tipičan nivo: srednji panon?

Opis: Ljušturica sitna, polumesečasta, vitka, velikog glavnog dela. Dorzalni kraj L blago izvijen, skoro prav, nagnut unazad pod uglom od oko 15°; prednji kraj u gornjem delu prav i kos (oko 30°) u donjem povija gradeći uzanu okruglinu čija je osa upravljena naniže pod uglom od 20—25°, ventralni kraj udubljen na 3/7; zadnji kos, sa horizontalom zaklapa ugao od 60—65°. Gornji deo prednjeg i dorzalni kraj D lako udubljeni tako da sa široko zaobljenim anterodorzalnim uglom daju izgled grbe (ovo je mnogo manje uočljivo na L). Mužjaci, i pored niza lepo sačuvanih prime-

raka, nisu zapaženi. Unutrašnji elementi građe kapaka opisani su u deskripciji roda.

Dimenzije fotografisanih primeraka: holotip: L: d — 1,14, v — 0,55; d — 1,12, v — 0,53; paratipoidi: D: d — 1,18; v — 0,53; otvorena Lj: L: d — 1,14, i — 0,27; D: d — 1,12, i — 0,23 mm.

Nalazišta: Dosada je nađena jedino u potoku Karagači u Vrčinu.

Srodnosti: I pored toga što se po dimenzijama približava sitnim *Stenocypria?* cf. *elegans* (tab. LXXVIII sl. 2, 3) oblikom se lako razlikuje jer *S.?* cf. *elegans* nema tako izrazitu »grbu« na D.

Rod Ilyodromus

Tipična vrsta: *Ilyodromus obtusus* Sars, 1894.

U asocijaciji sa Stenocypria nalaze se i ljušturice čiji oblik podseća na oblik roda Ilyodromus, ali su znatno sitnije. U najvećem broju slučajeva prevučene su tankom skramom kalcijumkarbonata tako da je teško uočiti njihovu unutrašnju građu. Ipak je na nekim individuama primećena, mada ne dovoljno jasno, dvostruka punktacija, što je i poslužilo kao osnov za uključivanje u rod Ilyodromus.

1. *Ilyodromus? pyramidatus* n. sp.

tab. II, sl. 1—3; tab. III sl. 7

Ime: Prema obliku.

Holotip: L ♀, br. 0—357, Prirodnjački muzej, Beograd.

Paratipoidi: 20 l, D i ll Lj, br. 0—358.

Tipično nalazište: Vrčin, potok Karagača.

Tipičan nivo: srednji panon?

Opis: Ljušturica trouglasta, visoka, srednje ispupčena. Dorzalni kraj L na sredini dužine ljušture uglast, u prednji prelazi neprimetno, a u zadnji preko slabo izraženog ugla; osa prednje okrugline iskošena naniže pod uglom od oko 30°; ventralni kraj lako udubljen na sredini, a prema zadnjem se izdiže; zadnji kraj zahvata sa horizontalom ugao od oko 60°. D je nešto niži, mesto najveće visine i ventralno udubljenje su mu pomereni od sredine prema prednjem kraju. Detalji građe, uključujući i otiske mišića, teško su uočljivi (v. opis roda).

Dimenzije fotografisanih primeraka: holotip: d — 1,11, v — 0,57; paratipoidi: L: d — 1-09, v — 0,58; D: d — 1,12, v — 0,57; Lj: d — 1,07, i — 0,46 mm.

Nalazišta: Do sada je konstatovan u srednjem panonu Velike Moštanice (Sibovik-5) i u potoku Karagači u Vrčinu.

Srodnosti: Od *I. olivaceus* (Br. & Norm.) dosta se razlikuje jer je vitkiji, ima izrazitije uglast dorzalni kraj L i ugao mu je medijalno postavljen (kod *I. olivaceus* je pomeren od sredine prema prednjem kraju) i nešto je manji. Znatno je srodniji *I.? crassus* n. sp. (v. opis *I.? crassus*).

2. *Ilyodromus? crassus* n. sp.

tab. II, sl. 4,5

Ime: Prema velikoj ispupčenosti (debljini) lat. crassus = debeo.

Holotip: Lj ♀ (?), br. 0—359, Prirodnjački muzej, Beograd.

Paratipoidi: 9 L i D i 14 Lj odraslih individua i jedan D larve, br. 0—360.

Tipično nalazište: Vrčin, potok Karagača.

Tipičan nivo: srednji panon?

Opis: Zadnja polovina ljušturice jako ispupčena; sa strane gledano ljušturica je polumesečasta sa najvećom visinom na sredini. Oblik se može videti sa fotografija. D i L se minimalno razlikuju: najveća visina na D je pomerena prema prednjem kraju dok je na L tačno na sredini. Unutrašnja građa nije proučena jer su ljušturice prevučene tanjom ili debljom skramom kalcijumkarbonata. U rod Ilyodromus stavljen je uslovno, po analogiji sa *I.? pyramidatus* n. sp. Nije isključeno da su neke, ispupčenije individue mužjaci (uključujući holotip i fotografisani paratipoid), ali je isto tako moguće da je veća ispupčenost posledica varijabiliteta.

Dimenzije fotografisanih primeraka: Holotip: d — 1,10, i — 0,48 (napred) i 0,57 (nazad); paratipoid: (D): d — 1,08, v — 0,54 mm.

Nalazišta: Odrasle individue su nađene u Karagači i Ripnju (ispod mehane), a jedna larva iz Velike Moštanice (Sibovik-11) stavljena je u ovu vrstu zbog velike ispupčenosti zadnjeg dela ljušture.

Srodnosti: Veoma je sličan *I.? pyramidatus* n. sp. tako da se može pomisliti da su razlike među njima ustvari posledica polnog dimorfizma. Kako su larve ispupčene u istoj meri, ako ne i više od odraslih, ova pretpostavka mora otpasti. Od *I.? pyramidatus* se razlikuje manjom visinom i velikom ispupčenošću.

LITERATURA — BIBLIOGRAPHIE

1. Farkas H., 1958: — Kagylósrákok ostracoda, Fauna Hungariae, *4*, 3, str. 301—368, sl. 74, Budapest.
2. Fox M., 1965: — Ostracod Crustacea from ricefields in Italy, Mem. Inst. Ital. Idrobiol., *18*, str. 205—214, sl. 1 (a—n), Pallanza.
3. Fox M., 1966: — Ostracods from the environs of Pallanza, ibid., *20*, str. 25—39, sl. 4.
4. Krstić N., 1960: — Prilog poznavanju panonskih ostrakoda okoline Beograda, Geol. an. Balk. pol., *27*, str. 269—284, tab. 4, Beograd.
5. Mehes, G., 1907: — Beiträge zur Kenntnis der pliozänen Ostracoden Ungarns, I. Die Cypridaeen der unterpannonischen Stufe, Földt. Közl., *37*, str. 495—536, tab. 4, sl. 6, Budapest.
6. Moroni A., 1967: — Ostracodi delle risaie italiane, Studium Parmense, str. 79, sl. 25, Parma.
7. Petkovski T., 1957: — Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Ostracoden-Fauna Jugoslaviens, Folia Balcanica, *9*, 1, str. 51—56, sl. 8, Skopje.
8. Petkovski T., 1958: — Süsswasser-Ostracoden aus Jugoslavien, II. Subfam. Ilyocyprinae, Fragmenta Balcanica, *8*, 2, str. 53—58, sl. 11, Skopje.

9. Petkovski T., 1959: — Beitrag zur Kenntnis der Ostracoden-Fauna Jugoslaviens (V), Hidrobiologi, B, *4*, 4, str. 158—165, sl. 23, Istanbul.
10. Reuss, A., 1850: — Die fossilen Entomostraceen der österreichischen Tertiarbeckens, Heid. Naturw. Abh., *3*, 1, str. 41—92, tabl. 4, Wien.
11. Triebel E., 1941: — Zur Morphologie und Oekologie der fossilen Ostracoden, Senck. leth., *23*, 1/2, str. 294—400, tab. 15, Frankfurt a/M.
12. Triebel E., 1953: — Genotypus und Schalen-Merkmale der Ostracoden-Gattung Stenocypris, ibid., *34*, 1/3, str. 5—14, tab. 1.

Summary

N. KRSTIĆ*

OSTRACODES OF THE CONGERIAN BEDS, 6:

Ilyocypris, Stenocypria(?) and Ilyodromus(?)

Only one species of the Ilyocypris genus is found until now into the congerian beds. Two species of the Cypridida are doubtfully inserted in the Stenocypria genus and the other two in the Ilyodromus, also doubtfully.

Stenocypria

Type species: *Cypris fischeri* Liljeborg, 1883.

What has guided me by classifying the genus appertainance: Stenocypria as the subject of the tribus Erpetocyprini has the blind marginal canals (table I, figs. 2 and 4b). Double pucture, also characteristical for the tribus, is clearly expressed on some shells (fig. 3b, comparison E. Triebel, 1953, plate I/6). For the Stenocypria genus the bending of the inner margin of the anterior and more on the posterior part of the carapace is characteristic. It is interesting to realise that the bending of the inner margin is not observed by all individuals, but by those by which is observed, it is not always expressed in equal measure. The general form of the carapace and the oblique axis of the frontal roundness (especially in R — right valve) are also characteristic for the genus and for the tribus as well.

Stenocypria? veteris n. sp.

Description: Small carapace, half-moon form, slender, with big head part. Dorsal margin of L (left valve) slightly bended, nearly straight, gently inclined back at an angle of about 15°, the inner margin of the upper part straight and oblique (about 30°) in the lower part bended building narrow roundness, which axis directed downwards under an angle of 20—25°, ventral margin concaved at 3/7, the posterior with the horizontal margin makes an angle of 60—65°. The upper part of the anterior and the dorsal margin of R are slightly concaved, so that with the widely

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

rounded anterdorsal angle give the impression of a hump (this is less evident on L). The males, even by the better preserved speciess, are not remarked. The inner structures are mentioned in the genus description.

Relationships: Besides that this species approaches by its dimensions to the small individuals of *Stenocypria (?)* cf. *elegans* (pl. III, figs. 2, 3) it differs easily by its shape, because *S.?* cf. *elegans* does not have such a well expressed hump on R.

Ilyodromus

Double pucture, remarked on some individuals, although not clear enough, has served as a basis for inclusion the two following species in the Ilyodromus genus.

1. *Ilyodromus ? pyramidatus* n. sp.

Description: Shell triangular, tall, averagely wide. The dorsal part of L in the middle of the carapace length is angular, passing into the anterior margin unperceptibly, and in the posterior through the slightly expressed angle, the anterior convexity is obliqued downwards at an angle of 30°, the ventral margin is slightly concaved in the middle, and towards posterior is bended, the posterior margin forms with the horizontal an angle of about 60°. R is somewhat lower, the place of the biggest height and the ventral concavity are moved forward. The inner structure, including the muscles scars are difficult to see.

Relationships: From the *I. olivaceus* (Br & Norm) it is quite different, as it is more slender, has more expressive angular dorsal margin L and its angle is medially placed (by *I. olivaceus* is dislocated from the middle forwards) and slightly smaller. It is essentially similar to the *I. ? crassus* n. sp. (see description of *I.? crassus).*

2. *Ilyodromus ? crassus* n. sp.

Description: The posterior half of the carapace is very wide: in the side view the carapace has the form of half moon with biggest height in the middle. The shape can be seen from the pictures. R and L differ minimally, the biggest height of R is moved forwards, by L it is exactly in the middle. The inner structure is not examined, as the carapaces are covered by thinner or thicker film of calciumcarbonate. In the Ilyodromus genus it is classified conditionnaly, by analogy with *I. ? pyramidatus* n. sp. It is not excluded that some widely individuals are males (including holotyp and photographed paratypoid), but it is also possible that more significant width is the result of variability.

Relationships: It is very similar to *I. ? pyramidatus* n. sp., enabling us to consider the differences as a result of the sexual dimorphism. As the larves are wide in the same measure, if not more than the adults, this assumption should be accepted. From the *I. ? pyramidatus* they differ by smaller height and significant width.

TABLA I

1, 4. *Stenocypria?* cf. *elegans* (M e h.)
Vrčin, potok Karagača; srednji panon?

1. D ♀ iznutra — otisci mišića; uveličanje 200×
4. L ♀ spolja (prim. sa tab. III, sl. 2)
   4a. prednji kraj — pojas srastanja
   4b. isto, detalj — uveličanje 300×

2, 3, 5. *Stenocypria? veteris* n. s p., paratipoidi
Vrčin, potok Karagača; srednji panon?

2. otvorena Lj ♀ odozdo (prim. sa tab. III sl. 4)
   ventralni kraj — pojas srastanja
   vide se slepi kanali; 2a. desni, 2b. levi kanal
3. D ♀ iznutra (prim. sa tabl. III, sl. 5)
   anteroventralni kraj — pojas srastanja
5. D ♀ spolja (prim. sa tab. III, sl. 3)
   prednji kraj — pojas srastanja

Slikano u propuštenom svetlu u glicerinu
Uveličanje oko 150× (osim sl. 1 i 4b)

PLATE I

1, 4. *Stenocyripa?* cf. *elegans* (M e h.)
Vrčin, Karagača creek; middle Pannonian?

1. R ♀ inside — musclesscars; magnifying 200×
4. L ♀ autside (exemplar from pl. III, fig. 2)
   4a. anterior margin — concrescence zone
   4b. the same, detail — magnifying 300×

2, 3, 5. *Stenocypria? veteris* n. s p., paratypoids
Vrčin, Karagača creek; middle Pannonian?

2. opened Ć (carapace) ♀ from below (ex. from pl. III, fig. 4)
   ventral margin — zone of concrescence with blind pore canals 2a. R, 2b. L.
3. R ♀ inside (ex. from pl. III, fig. 5)
   anteroventral margin — zone of concrescence
5. R ♀ autside (ex. from pl. III, fig. 3)
   anterior margin — zone of concrescence

Magnifying about 150× (except figs. 1 and 4b)
Photographies in trensmited light in glycerin

TABLA (PLATE) I

N. Krstić: Ostrakodi kongerijskih slojeva 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) i Ilyodromus (?)

N. Krstić: Ostrakodes of the congerian beds 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) and Ilyodromus (?)

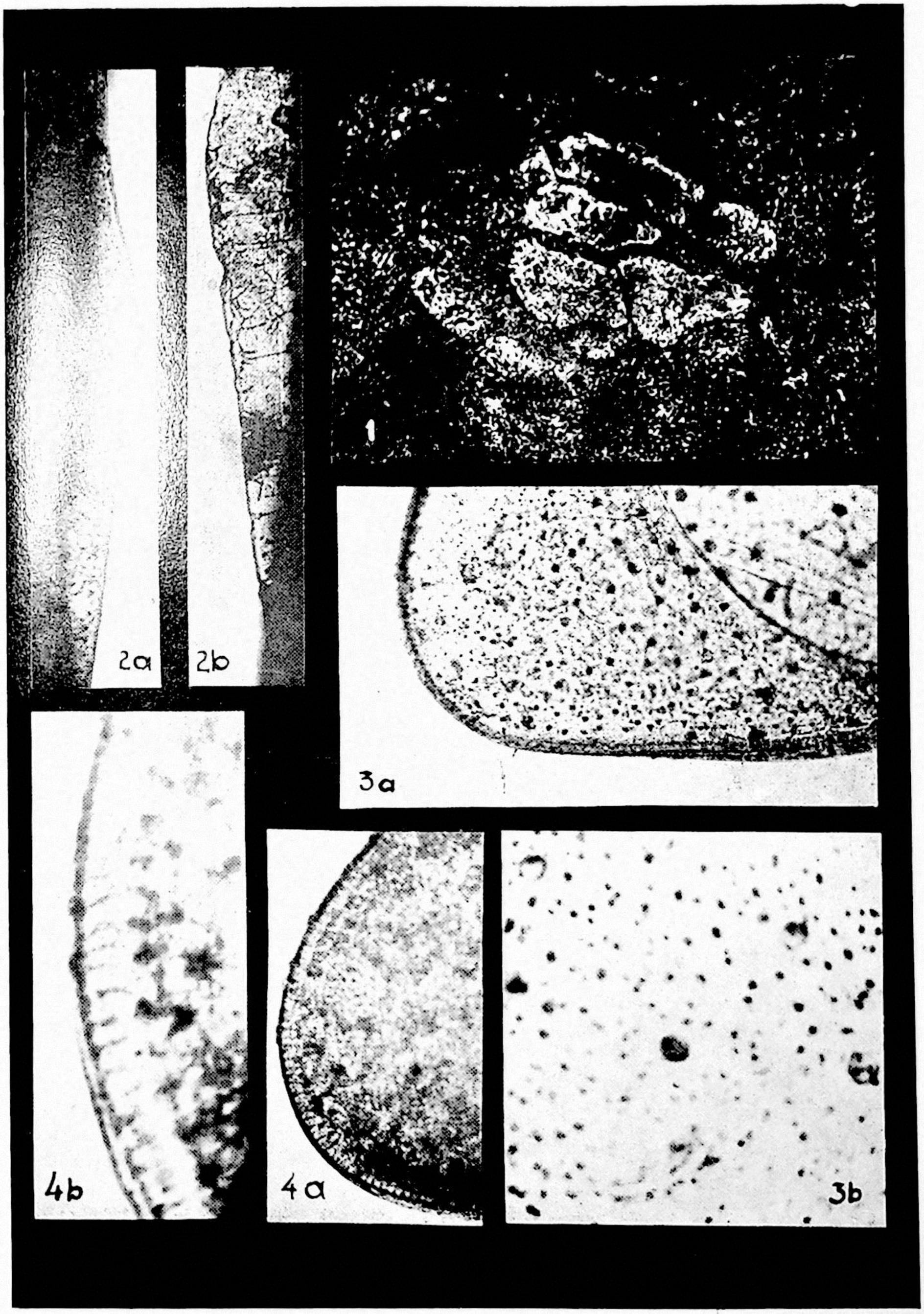


TABLA II

1—3. *Ilyodromus? pyramidatus* n. s p.
Srednji panon?; Vrčin, potok Karagača
4. L ♀ holotip; paratipoidi: 2. D ♀, 3. Lj ♀ odozgo

4, 5. *Ilyodromus? crassus* n. s p.
Srednji panon?; Vrčin, Karagača
4. D ♀, paratipoid, 5. Lj ♀ odozgo, holotip

6. *Stenocypria?* cf. *elegans* (M e h.)
Srednji panon?; Vrčin, Karagača
otvorena Lj ♀ : 6a. L, 6b. D

7. *Stenocypria? veteris* n. s p., holotip
Srednji panon?; Vrčin, potok Karagača
otvorena Lj ♀ : 7a L, 7b. D

Slikano u odbijenom svetlu
Uveličanje oko 50×

PLATE II

1—3. *Ilyodromus? pyramidatus* n. s p.
Middle Pannonian?; Vrčin, Karagača creek
1. L ♀, holotype; paratypoids: 2. R ♀, 3. C ♀ above

4, 5. *Ilyodromus? crasus* n. s p.
Middle Pannonian?; Vrčin, Karagača
4. R ♀ paratypoid, 5. C ♀ above, holotype

6. *Stenocypria?* cf. *elegans* (M e h.)
Middle Pannonian?; Vrčin, Karagača
6. opened C ♀ : 6a. L, 6b. R

7. *Stenocypria? veteris* n. s p., holotype
Middle Pannonian?; Vrčin, Karagača creek
opened C ♀ : 7a. L, 7b. R

Magnifying about 50×
Photographies in reflected light

TABLA (PLATE) II

N. K r s t i ć : Ostrakodi kongerijskih slojeva 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) i Ilyodromus (?)

N. K r s t i ć : Ostrakodes of the congerian beds 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) and Ilyodromus (?)

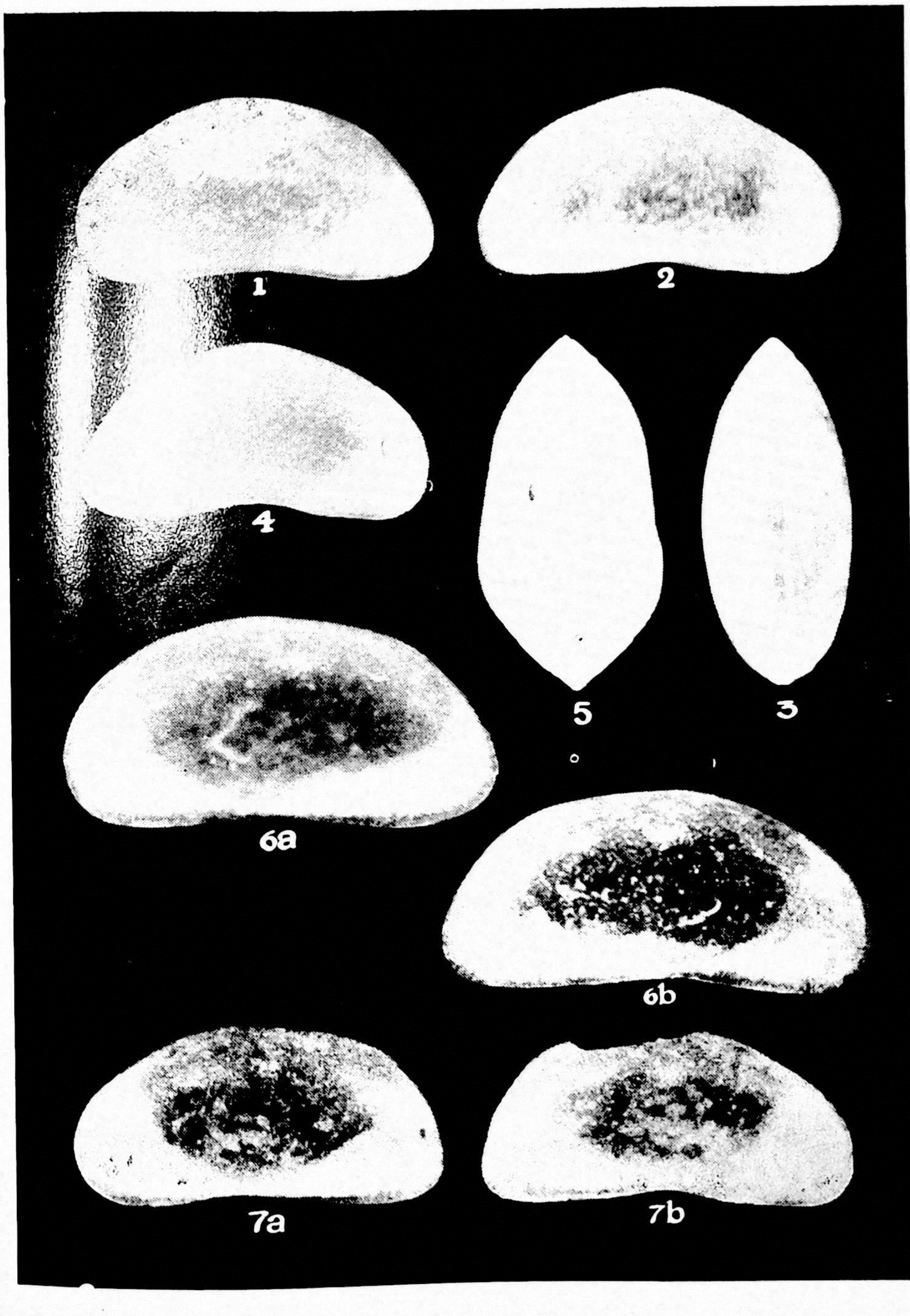


TABLA III

1—3. *Stenocypria?* cf. *elegans* (M e h.), DD ♀♀ i ♂ iznutra i spolja (3)
Srednji panon?; Vrčin, potok Karagača

4, 5. *Stenocypria? veteris* n. s p., paratipoidi
Srednji panon?; Vrčin, potok Karagača
4. otvorena Lj ♀ : 4a. D odozdo, 4b. L odozdo
5. D ♀ iznutra

6. *Stenocypria fischeri* (L i l l j.), D ♀
recentna; Beograd, Makiš (kol. N. Krstić)

7. *Ilyodromus? pyramidatus* n. s p., L ♀ iznutra
Srednji panon?; Vrčin, potok Karagača

8, 9. *Ilyocypris expansa* (R s s), LL ♀♀
Srednji panon; V. Moštanica, Sibovik 7/4

Slikano u propuštenom i odbijenom (8 i 9) svetlu
Uveličanje oko 50×

PLATE III

1—3. *Stenocypria?* cf. *elegans* (M e h) RR ♀♀ and ♂ inside and autside (3)
Middle Pannonian?; Vrčin, Karagača creek

4, 5. *Stenocypria? veteris* n. s p., paratypoids
Middle Pannonian?; Vrčin, Karagača creek
4. opened C ♀ : 4a. R below, 4b. L below
5. R ♀ inside

6. *Stenocypria fischeri* (L i l l j.), R ♀
Recent; Beograd, Makiš (coll. N. Krstić)

7. *Ilyodromus? pyramidatus* n. s p., L ♀ inside, paratypoid
Middle Pannonian?; Vrčin, creek Karagača

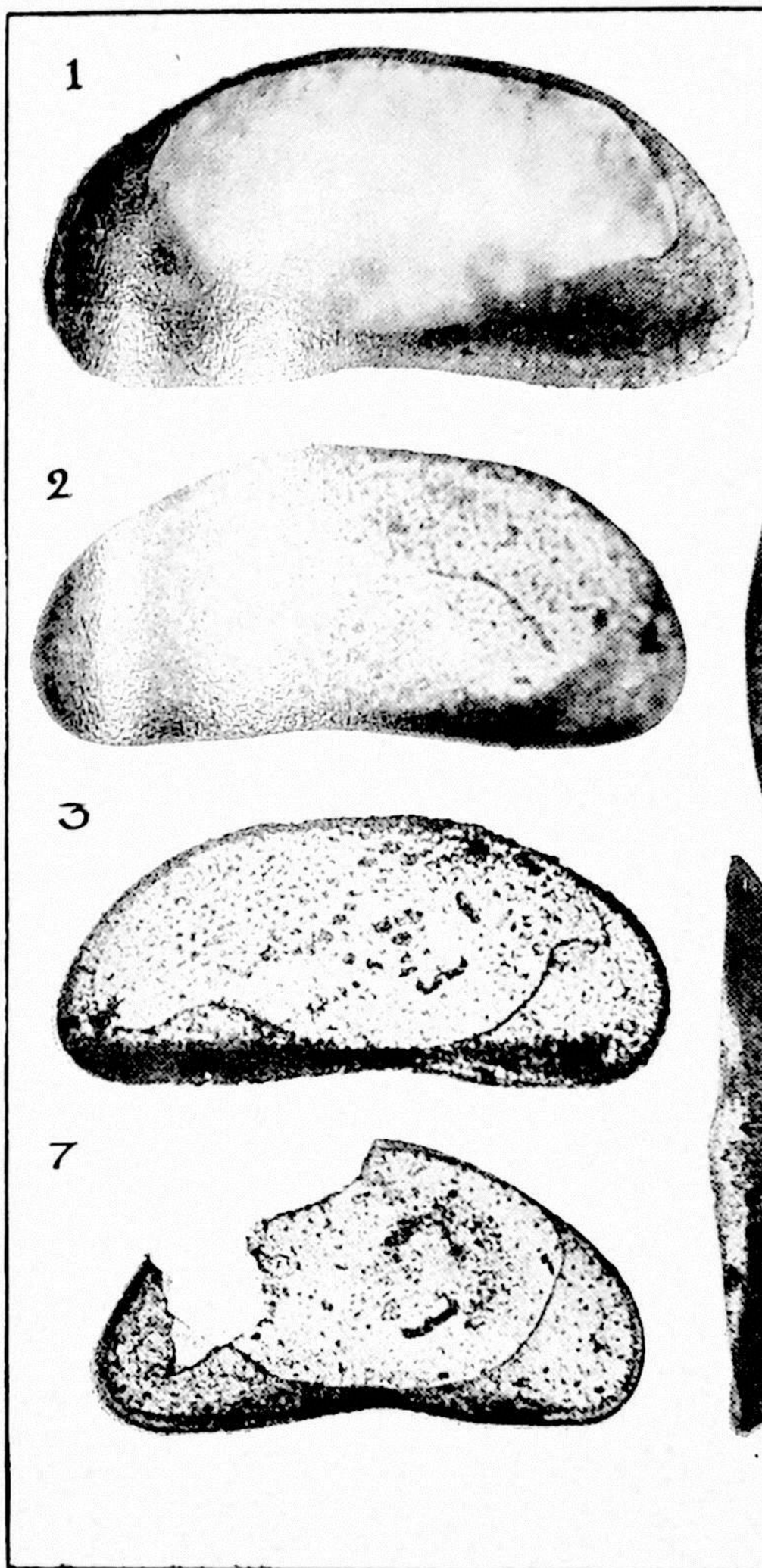
8, 9. *Ilyocypris expansa* (R s s), LL ♀♀
Middle Pannonian; V. Moštanica, Sibovik 7/4

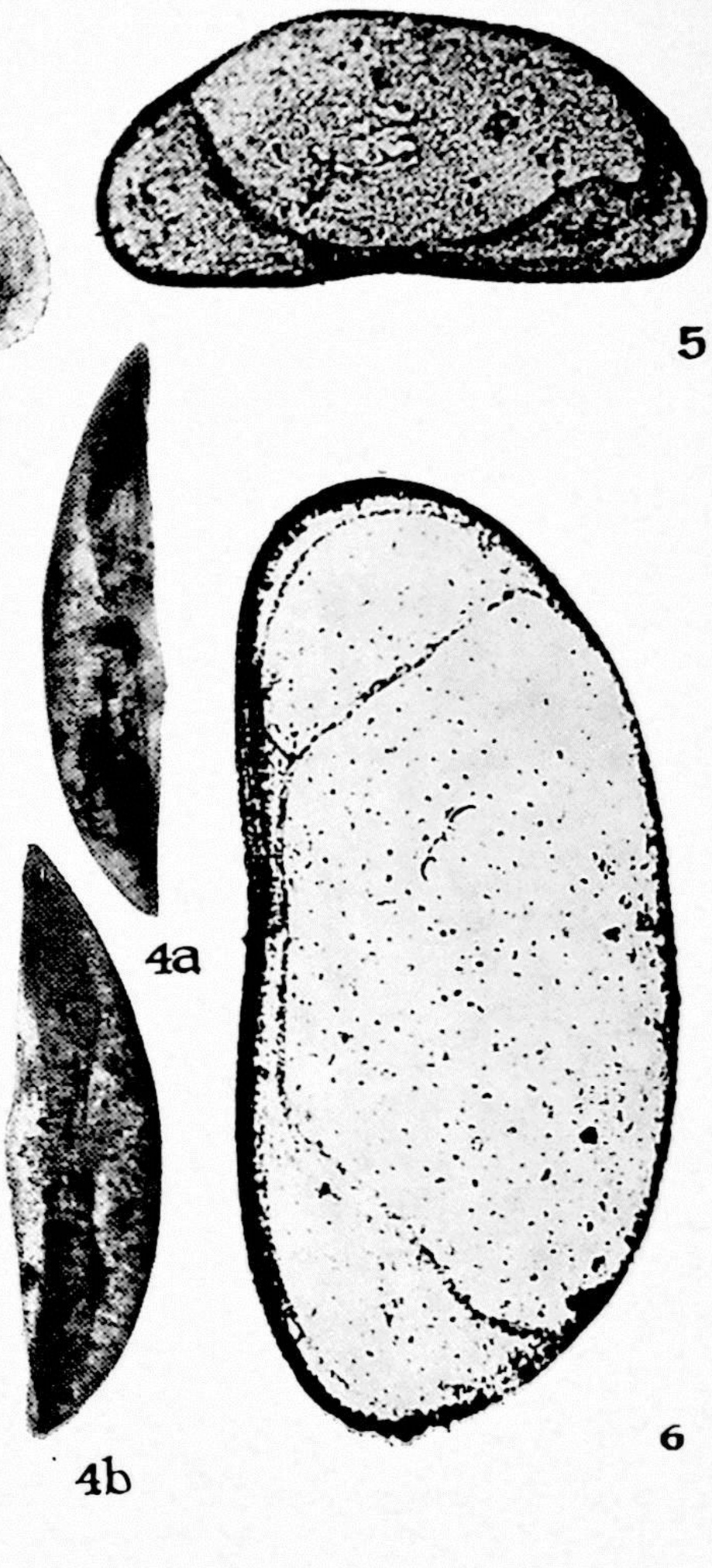
Photographies in transmited and reflected (8 and 9) light
Magnifying about 50×

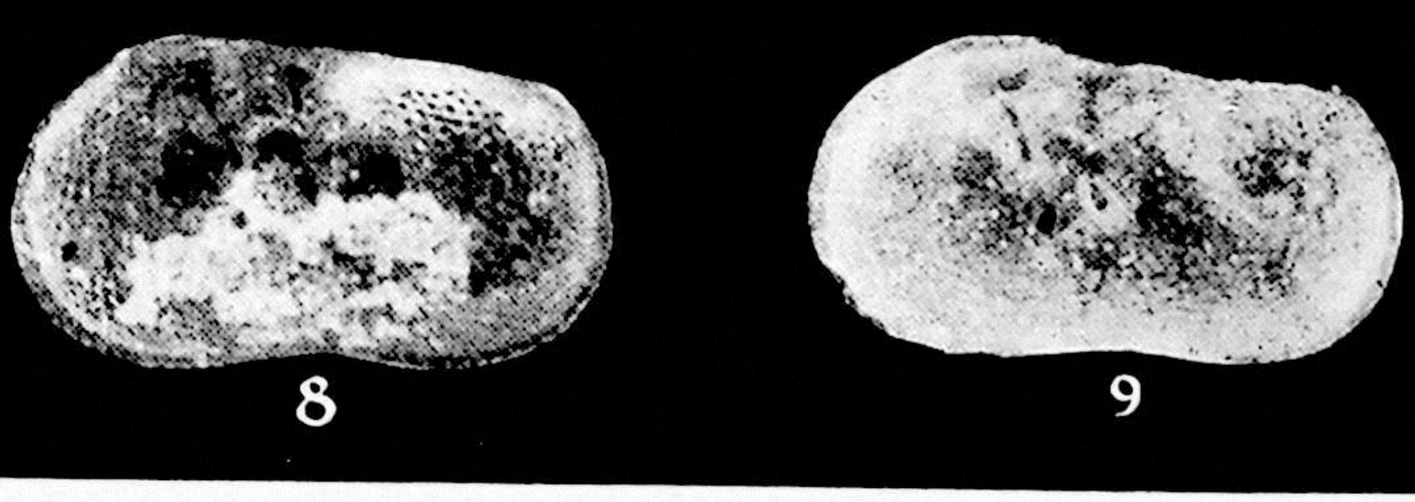
TABLA (PLATE) III

N. K r s t i ć : Ostrakodi kongerijskih slojeva 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) i Ilyodromus (?)

N. K r s t i ć : Ostrakodes of the congerian beds 6: Ilyocypris, Stenocypria (?) and Ilyodromus (?)







Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

ŽIVOJIN PETROVIĆ
TOPLICA JANČIĆ

UDP: 551.49+550.83 (497.12)

INŽENJERSKO-GEOLOŠKA I GEOELEKTRIČNA ISPITIVANJA NA PLANINI PAPUK U CILJU IZBORA TIPA KAPTAŽE ZA IZVOR VELIČANKE

(sa 1 prilogom i 5 slika)

U veoma složenim inženjersko-geološkim uslovima terena kakvi su obično oko izvora veće izdašnosti i karsnih vrela, da bi se izvršio izbor odgovarajućeg tipa kaptaže za ove vodopunktove, često je potrebno kombinovati različite metode izučavanja kako bi se dobili parametri za pouzdanu ocenu karakteristika terena.

Na južnim padinama Papuka, oko 20 km od Slavonske Požege, nalazi se izvor Veličanka koji, zajedno sa još dva manja izvora u neposrednoj blizini, ima izdašnost oko 50 l/sek. Da bi se izvršilo kaptiranje, odnosno izbor tipa kaptaže, teren neposredno oko izvora je detaljno proučen kombinovanom primenom inženjersko-geoloških i geoelektričnih metoda. Naime, ovde se radi o veoma složenim geološkim, hidrogeološkim i inženjersko-geološkim uslovima terena. Izvor Veličanka je u nožici aktivnog klizišta koje je zahvatilo veću kvarcitnu masu. Podinu kvarcita čini impermeabilni filit, a poreklo vode je iz karstifikovanih krečnjaka.

Da bi se postigao odgovarajući ekonomski efekat u fazi istraživanja, a da se istovremeno dobiju kvalitativno pouzdani podaci za interpretaciju karakteristika terena i stenskih masa, vršeno je kombinovano inženjersko-geološko izučavanje sa posebnim osvrtom na proučavanje klizišta i geoelektrično sondiranje i kartiranje ovog dela terena. Na taj način je eliminisana izrada skupih istražnih objekata (bušotina, galerije i dr.), a kvalitativno je postigut potpuni cilj istraživanja. Izučavanje geoelektričnih karakteristika stenskih masa u kombinaciji sa izučavanjem inženjersko-geoloških osobina terena dalo je sasvim pouzdane rezultate kako u pogledu prostornih odnosa i karakteristika pojedinih litoloških članova, tako i u pogledu jasnog definisanja prostornog položaja klizišta.

Iz navedenih razloga, autori ovog rada su mišljenja da ovako stečena iskustva mogu veoma korisno poslužiti u praksi.

GEOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Geološki sastav

U geološkoj građi terena — sliva Veličanke učestvuju petrološki članovi dvojake starosti (prilog 1):

a) staropaleozojske, najverovatnije silurske i
b) trijaske.

a) Silurski kompleks sedimenata i metamorfita čine: peščari različite krupnoće zrna, kvarciti, filiti i hloritsko-sericitski škriljci.

Kvarcit, kao poseban petrološki član, predstavljen je dvema izolovanim masama: jednom u severnom delu ispitivanog terena — severno od izvora Veličanke i drugom u jugozapadnom delu terena. Ovi kvarciti su veoma ispucali tako da se na strmim padinama pojavljuju u obliku izolovanih blokova većih dimenzija, koji su se gravitacijski kretali niz padine i po nekoliko stotina metara. U ovim delovima teren ima i posebna, veoma karakteristična, inženjersko-geološka obeležja.

Filit je zastupljen u celoj silurskoj masi. Međutim, to su partije koje su manjeg prostranstva i često, ali veoma postupno se smenjuju sa hloritsko-sericitskim škriljcima i škriljavim sitnozrnim peščarima. Zasebna, veća masa filita, izgrađuje jedan relativno uzan pojas (od 30—100 m širine) sa pružanjem istok—zapad i jednim delom čini neposrednu podinu severnoj masi kvarcita, a delom je u tektonskom kontaktu sa trijaskim kristalastim krečnjacima i dolomitima.

Najveći deo ispitivanog terena izgrađuje takozvana mešana škriljava serija u kojoj su zastupljeni: jako uškriljeni kvarcno-liskunski peščari neujednačene granulacije, zatim tankolistasti hloritsko-sericitski škriljci i filiti. Smenjivanje ovih litoloških predstavnika je veoma često i postupno, tako da na poludetaljnoj geološkoj karti nije moguće izvršiti precizno raščlanjavanje.

Krajnji severni deo i krajnji južni deo terena izgrađeni su od kristalastih krečnjaka i dolomita trijasa. Severna krečnjačka masa je i najinteresantnija sa hidrogeološkog stanovišta. Međutim, o tome će biti reči u kasnijem izlaganju. Ovde je važno istaći da su to stene koje su u istoriji razvoja terena pretrpele značajne fizičko-hemijske promene. Posledica ovakvih promena su svakako i pojave potpuno prekristalisalog krečnjaka, odnosno pojave tipičnog belog mermera. Jedna značajnija masa takvog mermera utvrđena je južno od Koprivnatog brda i ima približno pružanje istok—zapad. Međutim, sadašnji stepen istraženosti ne dozvoljava da se nešto detaljnije kaže o rezervama i kvalitetu ovog mermera.

U tektonskom pogledu karakteristično je da su sve stene koje učestvuju u geološkoj građi terena znatno izmenjene. Rasedi i tektonske pukotine su česta i značajna pojava. Rasedi uglavnom imaju pružanje istok — zapad, a najveći broj pukotina severozapad—jugoistok. Međutim, ovakva zakonomernost u pogledu pružanja pukotina više se odnosi na pukotine krečnjačke mase, a manje silurske sedimente i metamorfite. Kod stena mešane škriljave serije elementi pada i pružanja pukotina veoma su različiti, tako da je nemoguće utvrditi i izdvojiti određene sisteme ovih ruptura.

Od krupnih tektonskih oblika geološki je konstatovana i geofizički potvrđena jedna navlaka na severnom delu terena, gde je paleozojska serija sedimenata navučena preko trijaskih krečnjaka. Ova navlaka je uslovila i nastanak specifičnih hidrogeoloških pojava na ovom delu terena.

Elementi ubiranja sasvim jasno su vidljivi u škriljavoj seriji. Konstatovan je veliki broj manjih i većih nabora sa pružanjem severozapad—jugoistok i istok—zapad.

Hidrogeološke karakteristike terena

Hidrogeološke karakteristike terena i stenskih masa veoma su različite u pojedinim delovima proučavanog reona. Prema postojećim strukturnim tipovima poroznosti i stepenu ispucalosti, stenske mase sliva Veličkane delimo na tri grupe:

1. Hidrogeološki kolektor duboko alterisan sa genetski različitim tipovima superkapilarnih pora i veoma izraženim stepenom ispucalosti. Ovaj kolektor, pored brojnih tektonskih pukotina, karakteriše i prisustvo superkapilarnih pora nastalih fizičko-hemijskim radom površinskih i podzemnih voda. U ovakvoj strukturi poroznosti najznačajniji su svakako krupniji oblici karsnih pora, koji su omogućili i nastanak karsne izdani u kristalastim krečnjacima.

2. Hidrogeološki kolektor manjeg značaja u čiji sastav ulaze stene mešane škriljave serije i kvarciti. Nezaglinjene prsline i pukotine, koje karakterišu ovaj kolektor, koncentrisane su uglavnom u plitkoj, izrazito alterisanoj zoni. Ovde su takođe zastupljene superkapilarne pore genetski različitog porekla. Karakterističnu pojavu predstavljaju brojni rasedi, koji su najčešće zaglinjeni, tako da znatno smanjuju vodopropusnost stenskih masa. Uopšte je odlika ovog kolektora da ga karakteriše znatno slabije izražen stepen superkapilarne poroznosti (izuzev kvarcita) i znatno manja dubina alteracije koja je uslov za dobru vodopropustljivost i intenzivnije infiltriranje i cirkulaciju slobodnih podzemnih voda. Sočivaste mase i proslojci tipičnih škriljaca, posebno filita u mešanoj seriji, imaju funkciju hidrogeoloških izolatora i umanjuju intenzitet hidrodinamičkih procesa. Međutim, u celokupnoj ovoj masi, koja čini jedinstven hidrogeološki kolektor, kvarcit se znatno razlikuje po svojoj hidrogeološkoj funkciji od stena mešane serije. On je u celini prožet krupnim superkapilarnim porama koje su nezapunjene, tako da su u njemu uslovi čestih izmena i cirkulacije slobodnih podzemnih voda znatno povoljniji.

3. Tipični hidrogeološki izolator predstavlja pomenuta veća masa filita sa pružanjem istok—zapad. Prostorni položaj filita u opštoj geološkoj građi terena daje mu dvostruku funkciju kao hidrogeološkom izolatoru. Za vode karsne izdani predstavlja hidrogeološku barijeru, a za masu kvarcita severno od izvora Veličanke filit je podinski hidrogeološki izolator. Izvor Veličanka je na preseku kontakta filita i kvarcita sa morfologijom terena. Prema tome, sadašnje mesto izviranja Veličanke direktno je uslovljeno prostornim odnosima pomenutih petroloških članova, odnosno položajem filitske mase. Svakako, na to utiče i niz drugih hidrogeoloških činilaca.

Kvarcit koji leži u povlati filita ima funkciju kolektora sprovodnika. Naime, voda iz karsne izdani do izvorišta koristi poroznu sredinu kvarcita kao put gravitacijskog kretanja prema hipsometrijski nižim delovima terena.

U dosadašnjem izlaganju jasno se moglo videti da u proučavanom terenu postoje dva tipa izdani koje se po svom značaju znatno razlikuju.

U krečnjačko-dolomitskoj masi trijasa formirana je pukotinsko-karsna izdan. Kota nivoa izdani u toku godine ima znatne oscilacije i u direktnoj je zavisnosti od atmosferskih padavina. Na bazi podataka dobijenih geoelektričnim sondiranjem i hidrogeološkim kartiranjem, kota nivoa izdani

u obodnim delovima kreće se u granicama od 510—515 m. U prilog ovakvog tumačenja ide i podatak da izvori iz grupe Veličanke imaju približno iste nadmorske visine. U središnjem delu kolektora, u predelu hidrogeološke vododeonice, kota nivoa izdani svakako je znatno viša, a prema podacima geoelektričnog sondiranja kreće se od 550—570 m. Međutim, kada se govori o hidrogeološkoj vododelnici, onda je važno istaći, s obzirom na poznate karakteristike karstifikovanih terena, da se ona svakako ne poklapa sa morfološkim razvođem. Obim izvršenih ispitivanja ne dopušta da se sa potpunom sigurnošću na karti jasno označi položaj hidrogeološkog razvođa u predelu krečnjačke mase.

Drugi tip izdani, koji za svrhe vodosnabdevanja ima znatno manji značaj, je razbijena pukotinska izdan nastala u kolektoru mešane škriljave serije. Dubina ove izdani je relativno mala i odgovara dubini jače alterisane zone. Osim toga ova izdan je dosta diskontinuirana s obzirom na veoma često smenjivanje litoloških članova sa različitim hidrogeološkim karakteristikama, odnosno onih koje karakteriše različiti stepen superkapilarne poroznosti. Takođe, u delovima terena koji je izgrađen od sedimenata mešane serije, postoje veoma izraženi uslovi retencije slobodnih podzemnih voda, posledica čega su i česte pojave izvora i pištevina manje izdašnosti.

Hidrogeološkim izučavanjem terena vršeno je i kartiranje svih postojećih vodopunktova. Prema minimalnoj izdašnosti, sve vodopunktove proučavanog terena delimo u četiri grupe:

— izdašnosti do 0,1 l/sek.
— izdašnosti od 0,1 do 1,0 l/sek.
— izdašnosti od 1,0 do 10 l/sek.
— izdašnosti od 10 do 100 l/sek.

Najveći broj izvora i pištevina ima minimalnu izdašnost ispod 0,1 l/sek.

Selekcijom prema izdašnosti izdvojena su četiri izvora koji su bili podvrgnuti režimu osamnaestomesečnog osmatranja, kao potencijalni vodopunktovi koji mogu doći u obzir za kaptiranje i eksploataciju. Svakako najznačajniji od njih je izvor Velika Veličanka. Izdvojeni su još: izvor br. 2, izvor br. 3 (Mala Veličanka) i izbor br. 4 (Srednja Veličanka).

Sve pomenute izvore, koji su bili podvrgnuti osmatranjima, označili smo kao izvore iz grupe Veličanke. Prema načinu izviranja, svi su gravitacionog tipa, mada *»in situ«* može se steći vizuelni utisak da su prelivnog tipa.

Pregled izdašnosti izvora je sledeći:

— Ukupna maksimalna izdašnost izvora iz grupe Veličanke iznosi 158,5 l/sek.
— Ukupna minimalna izdašnost, dobijena merenjima u sušnom periodu, kod istih izvora iznosi 45,0 l/sek.
— Ukupna minimalna izdašnost svih kartiranih vodopunktova iz sliva Veličanke je 67,5 l/sek.

Analizom ovih podataka jasno se može zaključiti da oko 66% ukupne količine vode koja se izdrenira iz pomenutog slivnog područja otpada na izvore iz grupe Veličanke.

GEOELEKTRIČNA ISPITIVANJA

Radi upotpunjavanja podataka o geološko-strukturnim odnosima na terenu, a samim tim i boljeg poznavanja hidrogeološke situacije sliva Veličanke, primenjena su geoelektrična ispitivanja — sondiranje i kartiranje.

Ovim ispitivanjima bilo je potrebno utvrditi litološke promene stenskih masa sa dubinom, zatim otkriti i pratiti pojedine tektonske razlome koji mogu biti značajan faktor za akumuliranje i kretanje podzemnih tokova, kao i proučiti stepen karstifikacije krečnjačkih masa i eventualno odrediti nivo karsne izdani.

Odmah da naglasimo da je prilično složena geološko-strukturna građa istraživanog terena uticala na uspešnost primene geoelektričnih ispitivanja. Ipak, uopšte uzev, postojala je dovoljna razlika u vrednostima električne otpornosti (ρ) pojedinih litoloških sredina koje je trebalo izdvojiti. To je omogućilo da se preko podataka električnog sondiranja i kartiranja dobije potpunija slika o geološko-strukturnom sklopu reona Veličanke. Međutim, česte facijalne promene u steni (konglomeratična, peskovita, laporovita, glinovita facija), naročito karakteristične za mešanu škriljavu seriju, donekle su otežavale interpretaciju dobijenih rezultata, s obzirom da je u takvim slučajevima dolazilo do preklapanja vrednosti električne otpornosti za pojedine vrste stena.

Na osnovu podataka geoelektričnog sondiranja i kartiranja izdvojene su četiri glavne geoelektrične sredine koje su karakteristične za ispitivani teren, a odnose se na pojedine vrste stena konstatovanih tokom geološkog kartiranja:

1. Geoelektrična sredina sa vrednostima električne otpornosti od 80 do 300 Ωm koja bi odgovarala filitima i stenama mešane škriljave serije više glinovitog sastava, kao i humusu.

2. Geoelektrična sredina sa vrednostima električne otpornosti od 300 do 3000 Ωm koja bi ukazivala na mešanu škriljavu seriju izgrađenu pretežno od hloritsko-sericitskih škriljaca, kvarcnih peščara i kvarcita.

3. Geoelektrična sredina sa vrednostima električne otpornosti od 1500 do 8000 Ωm vezana za krečnjake različite tvrdine poroznosti i vlažnosti, delom karstifikovane.

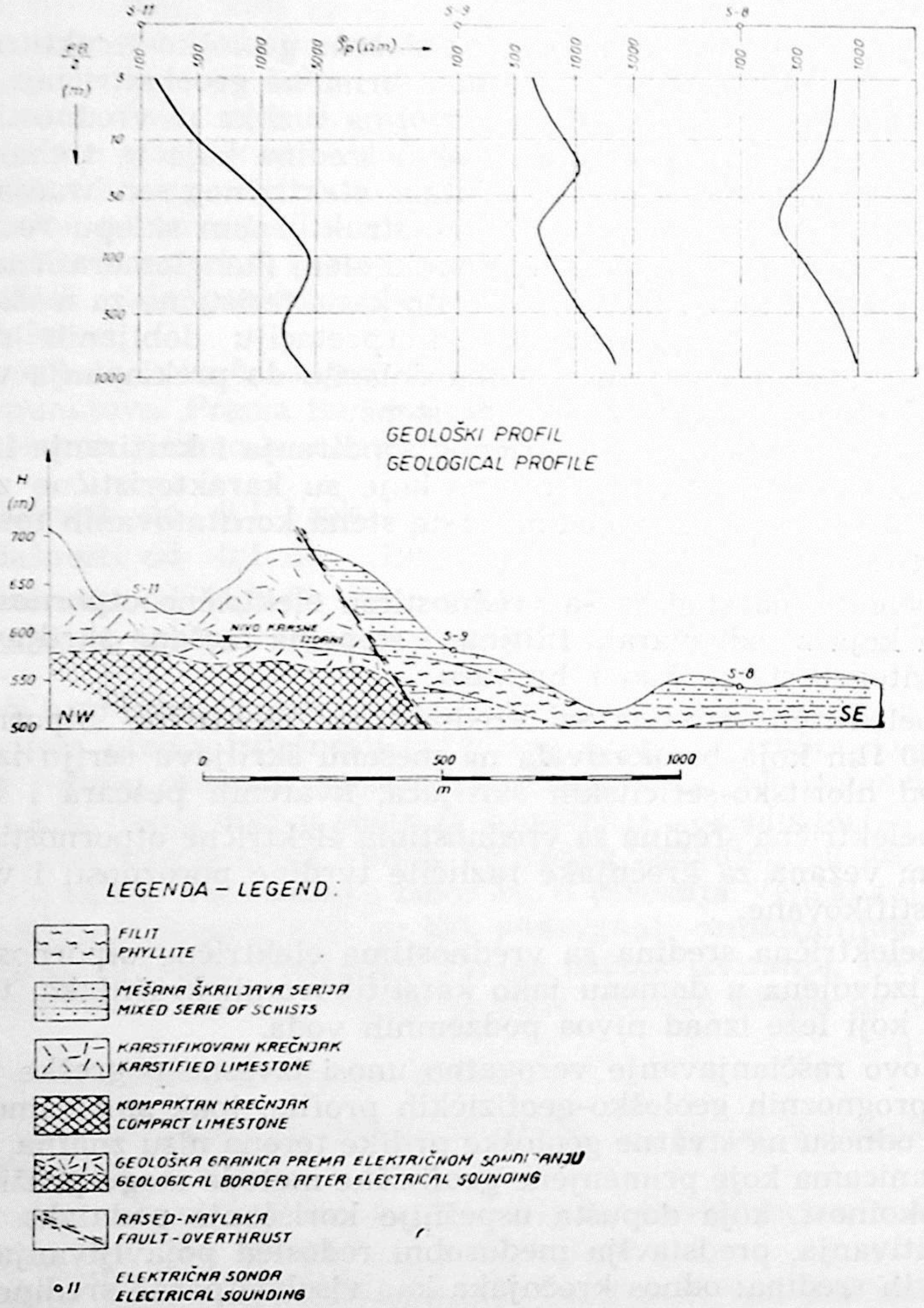
4. Geoelektrična sredina sa vrednostima električne otpornosti preko 10000 Ωm izdvojena u domenu jako karstifikovanih krečnjaka, tj. njihovih delova koji leže iznad nivoa podzemnih voda.

Mada ovo raščlanjavanje verovatno unosi izvesne pogreške prilikom stvaranja prognoznih geološko-geofizičkih profila, ipak smatramo da odstupanja u odnosu na stvarne geološke prilike terena nisu znatna, tj. da se kreću u granicama koje primenjene geofizičke metode mogu pružiti. Olakšavajuću okolnost, koja dopušta uspešnije korišćenje podataka geoelektričnih ispitivanja, predstavlja međusobni redosled pojavljivanja pojedinih geoloških sredina: odnos krečnjaka kao visokootporne sredine u električnom smislu prema ostalim petrološkim članovima i položaj filita, sredine sa veoma niskom električnom otpornosti, u mešanoj škriljavoj seriji.

Iz međusobnog odnosa pojedinih geoelektričnih sredina potvrđena je geološka postavka da najveću prostornu zastupljenost imaju hloritsko-sericitski škriljci i kvarcni peščari sa partijama kvarcita iz mešane škri-

ljave serije i krečnjačke mase, dok su filiti manje zastupljeni. Takođe je potvrđeno postojanje nenormalnog kontakta između krečnjaka trijasa i mešanje škriljave serije silura, tj. da su stene ove serije navučene preko krečnjačke mase.

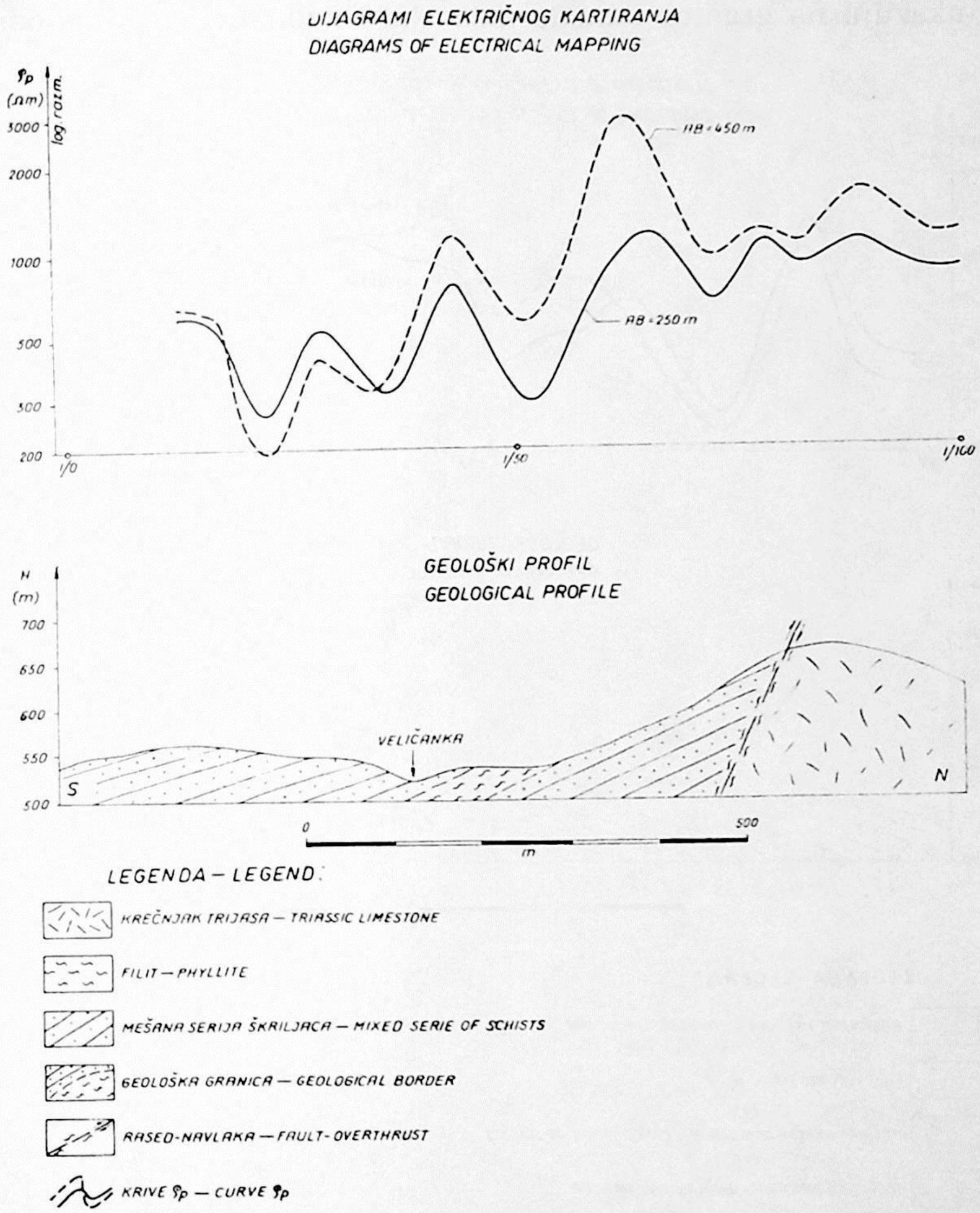
Najmarkantniji i za interpretaciju najpodesniji podaci dobijeni su duž profila geoelektričnog kartiranja I i II i na sondama 8, 9, 10, 11 i 12 u



Sl. 1. — Veličanka — geološki profil dobijen na osnovu električnog sondiranja

Fig. 1. — Veličanka — geological profile after electrical soundings data

izvorišnom delu Veličanke (prilog 1). Posebno bi izdvojili profil koji povezuje sonde 8, 9 i 11 (sl. 1), kao i profile geoelektričnog kartiranja I i II (sl. 2 i 3).

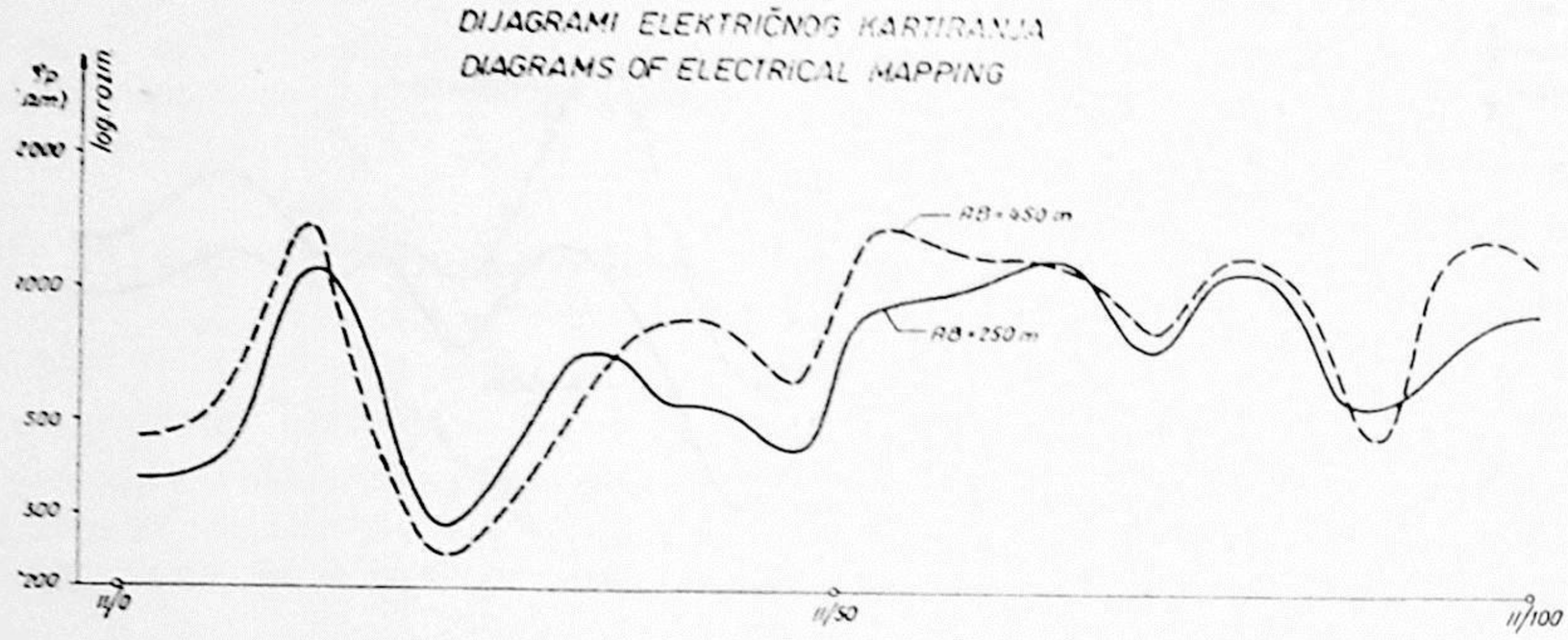


Sl. 2. — Veličanka — geološko-geofizički profil I

Fig. 2. — Veličanka — geological-geophysical profile I

Na sl. 1. se veoma jasno izdvaja zona niže električne otpornosti koja bi odgovarala filitima, a koji predstavlja vodonepropustljiv horizont. Praćenje položaja filita u kompleksu mešane škriljave serije je od posebnog značaja s obzirom da se isti može smatrati regulatorom podzemnih tokova uslovljavajući pojavu niza izvora na granici sa stenama krovine. Prisustvo kvarcita u mešanoj škriljavoj seriji (konstatovanog kod izvora Velika Veličanka) naglašeno je povećanjem prividne električne otpornosti

u gornjem delu dijagrama ρ_p kod sonde 9. Zona veoma visoke električne otpornosti iznad krečnjaka ukazuje na karstifikovane delove krečnjačke mase. Međutim, promene na dijagramu ρ_p (kod sonde 11), koje se manifestuju kroz pad električne otpornosti u približno istim uslovima karstifikacije, ukazuju na granicu između izdanske i nadizdanske zone, odnosno



Sl. 3. — Veličanka — geološko-geofizički profil II
Fig. 3. — Veličanka — geological-geophysical profile II

indiciraju nivo karsne izdani koji je pretpostavljen i hidrogeološkim izučavanjem terena. Ponovno povećanje vrednosti prividne električne otpornosti na dijagramu prouzrokuje već kompaktna krečnjačka masa iz dubljih nivoa. Povezujući ujedno podatke geološkog kartiranja na površini sa podacima geoelektričnog sondiranje na sondama 9 i 11 može se ukazati

na položaj nenormalnog, tektonskog kontakta, tj. da su stene mešane škriljave serije silura navučene preko trijaskih krečnjaka.

Rezultati geoelektričnog kartiranja prikazani na slikama 2 i 3 su u prvom redu ukazali na litološko-facijalne promene stenskih masa, jer se zapaža prilično kolebanje krivih prividne električne otpornosti (ρ_p) za oba rastojanja strujnih elektroda (AB=250 m i AB=450 m).

Koristeći podatke geološkog kartiranja na površini došli smo do izvesnih zaključaka o prostornom položaju i zastupljenosti pojedinih litoloških članova. Pre svega, iznad filita su utvrđene najniže vrednosti prividne električne otpornosti — ispod 200 Ωm, dok su iznad kvarcita konstatovane vrednosti do 3000 Ωm. Sudeći po krivama ρ_p mišljenja smo da, pored veće partije filita izdvojene geološkim kartiranjem, u mešanoj škriljavoj seriji postoje i partije filita manje debljine, koje, s obzirom na prostranstvo, nisu prikazane na geološkoj karti (prilog 1). Naglije promene vrednosti prividne električne otpornosti u neposrednoj blizini izvora Veličanke verovatno ukazuju kako na postojanje raseda ili pukotinske zone, tako i na prisustvo ispucalih kvarcita, što je od posebnog značaja za planiranje vodozahvata, tj. kod izvođenja kaptažnih radova. Na profilu II (sl. 3) takođe je lepo indiciran tektonski kontakt mešane škriljave serije sa krečnjacima naglašen izrazitim padom vrednosti prividne električne otpornosti.

Po svemu sudeći, geoelektrična ispitivanja u slivu Veličanke, iako ne tako obimna, pokazala su da se primenom ove metode mogu dobiti korisni podaci za bolje upoznavanje hidrogeoloških prilika na terenu stvarajući uslove za uspešnije tumačenje podataka do kojih se došlo inženjersko-geološkim, odnosno hidrogeološkim ispitivanjima.

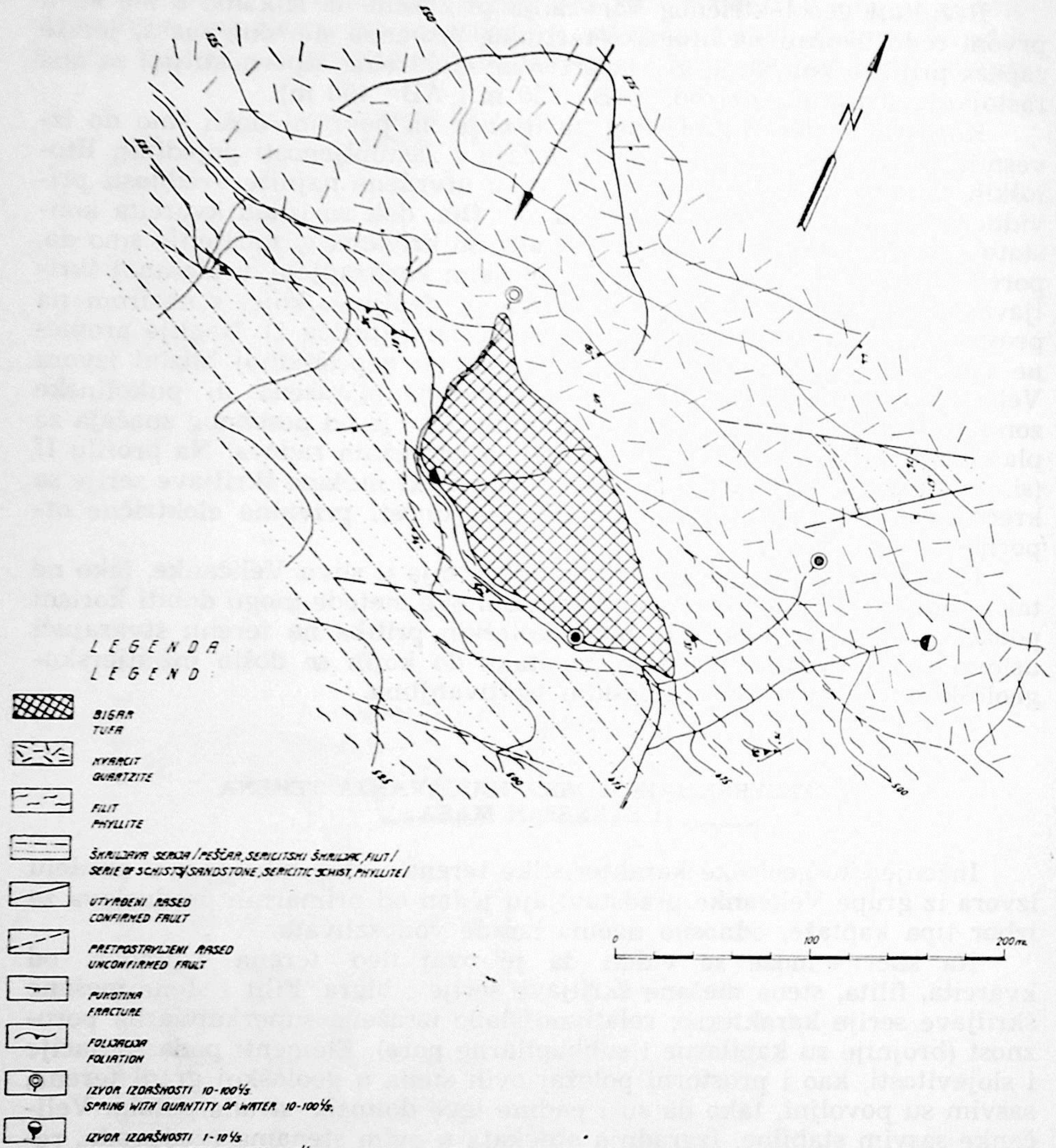
INŽENJERSKO-GEOLOŠKA IZUČAVANJA TERENA I STENSKIH MASA

Inženjersko-geološke karakteristike terena i stenskih masa u predelu izvora iz grupe Veličanke predstavljaju jedan od primarnih preduslova za izbor tipa kaptaže, odnosno načina izrade vodozahvata.

Na slici 4 može se videti da je ovaj deo terena izgrađen od kvarcita, filita, stena mešane škriljave serije i bigra. Filit i stene mešane škriljave serije karakteriše relativno slabo izražena superkapilarna poroznost (brojnije su kapilarne i subkapilarne pore). Elementi pada folijacije i slojevitosti, kao i prostorni položaj ovih stena u geološkoj građi terena, sasvim su povoljni, tako da su i padine leve dolinske strane potoka Veličanke sasvim stabilne. Izgradnja objekata u ovim stenama (vodovoda, rezervoara i prekidnih komora) moguća je bez posebnih mera obezbeđenja.

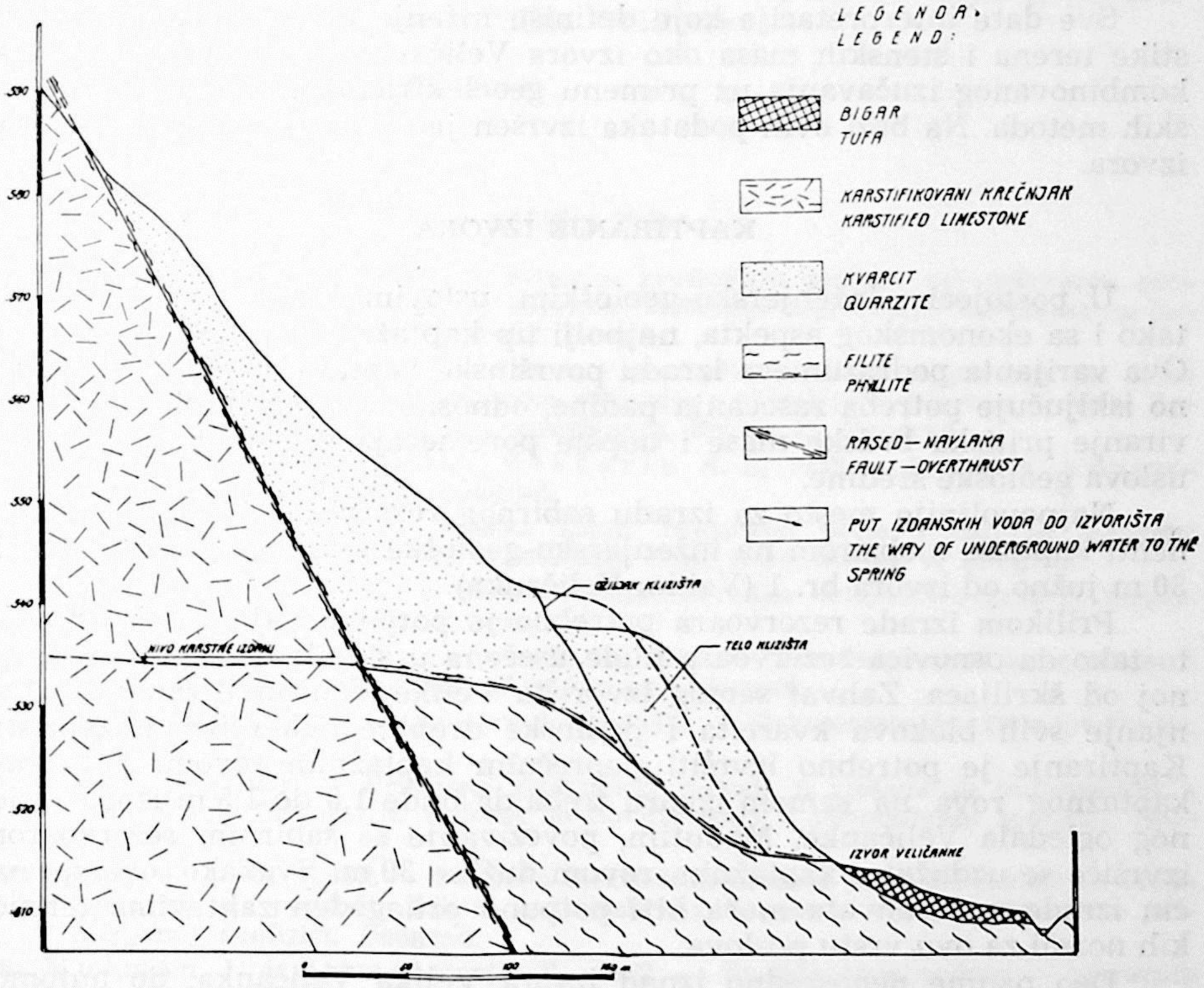
Bigar, koji izgrađuje jednu manju terasu neposredno ispod izvora Velika Veličanka, a čiji je postanak direktno uslovljen postojanjem ovog izvora, ima sva tipična svojstva koja karakterišu ovu stenu. Naime, on je veoma porozan, (sunđerasti tip pora), male zapreminske težine i male čvrstoće na pritisak. Debljina istaložene mase bigra, prema slobodnoj proceni, nigde ne prelazi 3 m. Direktnu podinu bigra čini filit.

Prisustvo kvarcita u geološkoj građi daje veoma karakteristična i interesantna obeležja delovima terena iznad izvora Veličanke. Kvarcit se odlikuje izrazitom izdeljenošću na blokove različitih dimenzija. Pukotine



SL. 4 INŽENJERSKO-GEOLOŠKA KARTA TERENA —— DETALJ OKO IZVORA VELIČANKE
FIG. 4 ENGINEERING-GEOLOGICAL MAP OF THE AREA —— DETAIL SURROUNDING THE VELIČANKA SPRING

su zjapeće, tako da su kohezione sile između blokova potpuno isključene kao elemenat veze i stabilnosti mase. Osim toga delovi terena izgrađeni od kvarcita odlikuju se veoma strmim padinama i uopšte oštrim »crtama« reljefa (sl. 5). Podinu kvarcitne mase čini filit. Izvor Velika Veličanka (i ostali iz ove grupe) hrane se iz pukotinsko-karsne izdani trijaskog krečnjaka. Kvarcit u ovom slučaju predstavlja hidrogeološki kolektor — sprovodnik, a filit podinski hidrogeološki izolator. Svi ovi elementi, posmatrano udruženo, uslovili su veoma izraženu deformabilnost, odnosno nestabilnost padine severno od izvora Velike Veličanke. Posledica jasnih diskontinuiteta i anizotropije same kvarcitne mase, zatim položaj kvarcita u geolo-



Sl. 5. — Detalj uzdužnog preseka klizišta iznad izvora Veličanke

Fig. 5. — Detail of longitudinal section of landslide above the Veličanka spring

škoj građi terena i voda Veličanke koja od karsne izdani do mesta izviranja permanentno raskvašava podinu kvarcita duž kontakta (podinski filit), uslovili su i nastanak jednog klizišta relativno velike površine (oko 56.000 m^2). Klizište je aktivno. Telo klizišta je skoro isključivo od kvarcita, a ožiljak mu je sasvim jasan. U nožici ovog klizišta je izvor Velika Veličanka.

Nepovoljne osobine klizišta i nepovoljni faktori koji na njega imaju uticaja su: velika strmina padine, mogućnost gravitacijskog otkidanja i kretanja blokova niz padinu, kao i postojanje puta za Jankovac koji je usečen u klizištu, pa saobraćaj duž ovog puta izaziva znatne vibracije tla. Relativno povoljne karakteristike su mu mala dubina i bujna vegetacija koja ga pokriva, a koja u velikoj meri onemogućava intenzivniji uticaj erozije.

Mada se, u celini gledano, radi o klizištu koje ima i neke povoljne karakteristike, samim njegovim postojanjem znatno su ograničene mogućnosti šireg izbora varijanti izrade vodozahvata, čijom bi se selekcijom mogla odabrati tehnički najprikladnija, a da se istovremeno postigne i najpovoljniji ekonomski efekat.

Sve date interpretacije koje definišu inženjersko-geološke karakteristike terena i stenskih masa oko izvora Veličanke predstavljaju rezultat kombinovanog izučavanja uz primenu geoelektričnih i inženjersko-geoloških metoda. Na bazi ovih podataka izvršen je i izbor varjante kaptiranja izvora.

KAPTIRANJE IZVORA

U postojećim inženjersko-geološkim uslovima, kako sa tehničkog, tako i sa ekonomskog aspekta, najbolji tip kaptaže je tz. varijanta »Rov«. Ova varijanta podrazumeva izradu površinske kaptaže pri kojoj se potpuno isključuje potreba zasecanja padine, odnosno stvaranje uslova za aktiviranje pritiska brdske mase i uopšte poremećaja prirodnih ravnotežnih uslova geološke sredine.

Najpovoljnije mesto za izradu sabirnog rezervoara i ostalih komponenti kaptaže, s obzirom na inženjersko-geološke karakteristike terena, je 30 m južno od izvora br. 1 (Velika Veličanka).

Prilikom izrade rezervoara potrebno je potpuno ukloniti sloj bigra i to tako da osnovica rezervoara bude usečena u stabilnoj podlozi izgrađenoj od škriljaca. Zahvat samog izvorišta Velike Veličanke zahteva uklanjanje svih blokova kvarcita i padinske drobine oko i iznad izvorišta. Kaptiranje je potrebno izvršiti poprečnim kaptažnim rovom. Kota dna kaptažnog rova na samom izvoru treba da bude 1,0 do 1,5 m ispod vodenog ogledala Veličanke. Međutim, povezivanje sa sabirnim rezervoarom izvršiće se uzdužnim kaptažnim rovom dužine 30 m. Svakako, ovakav način izrade vodozahvata mora biti potpuno prilagođen zahtevima tehničkih normi za ovu vrstu poslova.

Deo padine neposredno iznad izvora Velika Veličanka, do automobilskog puta Velika—Jankovac, predstavlja latentnu opasnost kako za izvorište tako i za kaptažu. Zato je saniranje ove padine neophodna mera kao sastavni deo realizacije celokupnog programa Veličanke. Neophodno je, pre svega, uraditi takav tip vodozohvata građevine na samom izvorištu, koja će, pored primarne namene, imati i ulogu kontrafora potencijalnim brdskim pritiscima. Potrebu saniranja padine od izvorišta do puta nameće klizište. To istovremeno podrazumeva i izradu jačeg potpornog zida za obezbeđenje samog puta.

Potpunim i efikasnim zahvatom vode Velike Veličanke presušiće izvor br. 4 (Srednja Veličanka). Naime, izvor br. 4 hrani se vodom koja kroz poroznu sredinu bigra dolazi od Velike Veličanke. Ako se postigne potpuni

efekat zahvata Velike Veličanke, onda će se isključiti potreba kaptiranja izvora br. 4 čiji je morfološki položaj dosta nepovoljan za uklapanje u predloženu kompoziciju vodozahvatnog objekta.

Rešenje kaptiranja izvora br. 2 i br. 3, koji se nalaze nizvodno od glavnog objekta, znatno je jednostavnije. I kod ovih izvora biće sasvim zadovoljavajuća izrada površinskih vodozahvata od kojih bi se voda, priključnim branama, spojila sa glavnom vodovodnom cevi. Jedino će kaptiranje Male Veličanke zahtevati nešto obimnije građevinske radove. Naime i iznad ovog izvora teren je dosta nestabilan i ima većih blokova kvarcita koje treba ukloniti. Takođe, neposredno iznad izvora nalazi se put koji je zaštićen potpornim zidom. Potrebno je i ovde, kao i iznad Velike Veličanke, potporni zid ojačati i dobiti odgovarajuće koeficijente sigurnosti za bezbednu eksploataciju Male Veličanke.

(Predato za štampu avgusta 1970. god.)

LITERATURA

1. Aranđelović D., 1961: — Primena geofizičkih metoda pri rešavanju problema inženjerske geologije u karstnim terenima Jugoslavije. Koreferat na Savetovanju o primenjenoj geofizici, Beograd.
2. Aranđelović D., 1962: — Primena geofizičkih metoda ispitivanja pri rešavanju nekih problema inženjerske geologije i hidrologije. Posebna izdanja Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knjiga 13, Beograd.
3. Bogomilov G. V. i Silin-Bekčurin A. I., 1959: — Specijalna hidrogeologija (prevod sa ruskog), Beograd.
4. Vlahović V., 1967: — Kraška izdan Nikšićkog polja i okoline. Geološki glasnik Zavoda za geološka istraživanja Crne Gore, knjiga V, Titograd.
5. Dahnov V. N., 1953: — Električeskaja razvedka neftjanih i gazovih mestorođdenij. Gostoptehizdat, Moskva.
6. Dubler G. D. i Kornjejev B. G., 1955: — Izvođenje zemljanog trupa u oblasti klizišta i osulina (prevod sa ruskog), Beograd.
7. Jakubovski J. V. i Ljanov L. L., 1956: — Elektrorazvetka. Gostoptehizdat, Moskva.
8. Krulc Z., 1961: — Primjena geofizičkih metoda u rješavanju hidrogeoloških problema u Jugoslaviji. Referat na Savetovanju o primenjenoj geofizici, Beograd.
9. Milanović B., 1961: — Primena električnih metoda pri hidrogeološkim istraživanjima na području karsta u Jugoslaviji. Koreferat na Savetovanju o primenjenoj geofizici, Beograd.
10. Mučman J. i Štimelmair F., 1962: — Snabdevanje vodom — priručnik (prevod sa nemačkog), Beograd.
11. Ogilvi A. A., 1956: — Geoelektričeskije metodi izučenija karsta. Izdateljstvo moskovskogo universiteta, Moskva.
12. Panjukov P. N., 1965: — Inženjerska geologija (prevod sa ruskog), Beograd.
13. Petrović Ž., 1969: — Hidrogeološka istraživanja u slivu Veličanka — Papuk. Fond stručnih dokumenata Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd.
14. Stepanović B., 1962: — Principi opšte hidrogeologije, Beograd.

Summary

ŽIVOJIN PETRGOVIĆ* and TOPLICA JANČIĆ*

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOELECTRICAL INVESTIGATION FOR THE SELECTION OF CAPTAGE TYPE OF THE VELIČANKA SPRING ON THE MOUNTAIN PAPUK

Engineering-geological and geophysical rezultats aiming the selection of optimal economical and technical alternative for the captage problem of the Veličanka spring, mountain Papuk, Avoiding expensive exploration works (drilling and mining) are presented.

The combined investigation of the geoelectrical and engineering-geological properties of rocks has proven to be very successfull both in the study of space relation ship, litological caracteristics of the members of the series and in defining water collectors, insulators and the underground water level.

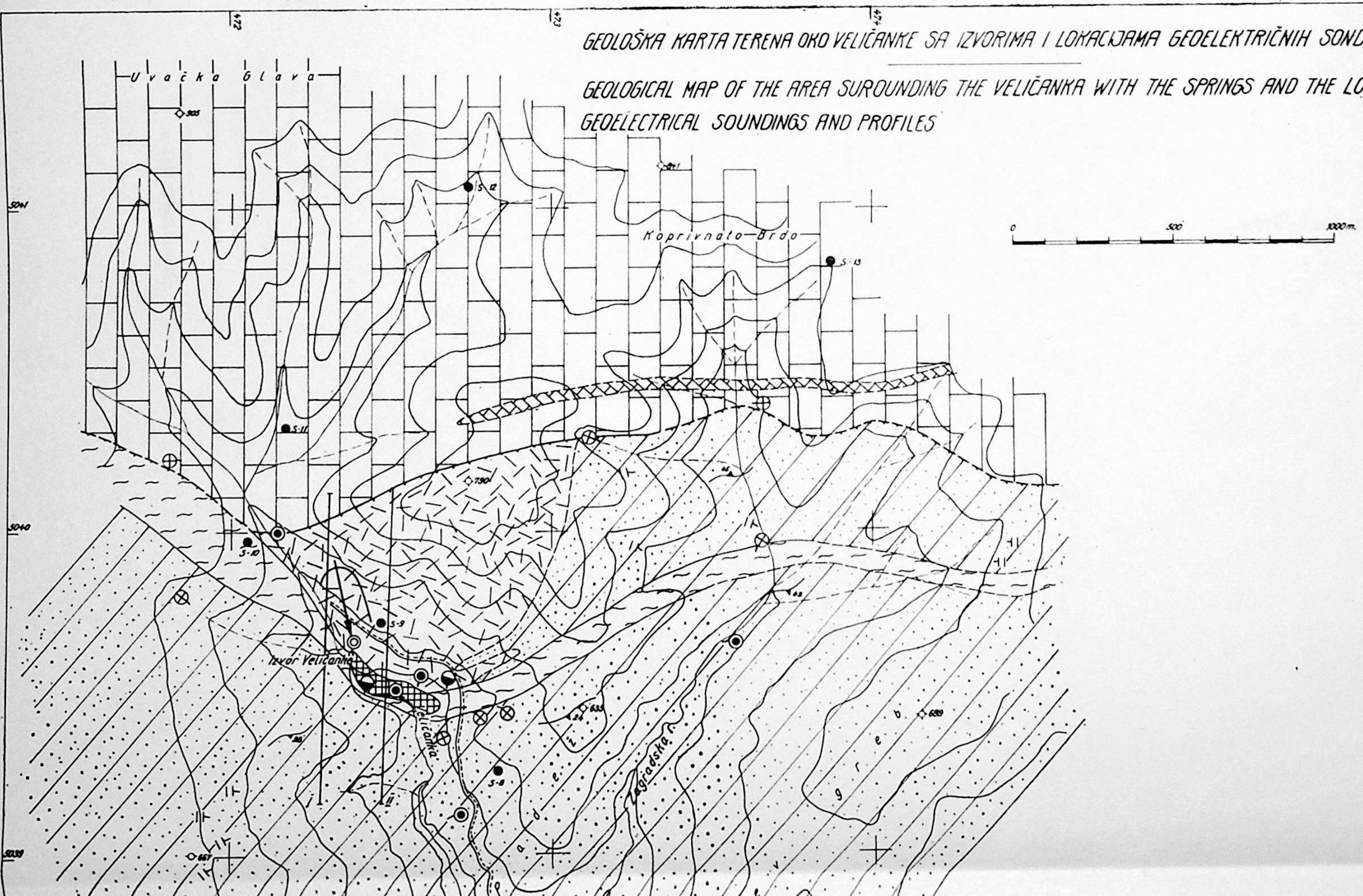
A special attention has been devoted in defining the landslide posıtion near the Veličanka spring.

The autors consider the aquired experience might be very valuable in practice.

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

GEOLOŠKA KARTA TERENA OKO VELIČANKE SA IZVORIMA I LOKACIJAMA GEOELEKTRIČNIH SONDI I PROFILA

GEOLOGICAL MAP OF THE AREA SURROUNDING THE VELIČANKA WITH THE SPRINGS AND THE LOCALITYES GEOELECTRICAL SOUNDINGS AND PROFILES



GEOLOŠKA KARTA TERENA OKO VELIČANKE SA IZVORIMA I LOKACIJAMA GEOELEKTRIČNIH SONDI I PROFILA

GEOLOGICAL MAP OF THE AREA SURROUNDING THE VELIČANKA WITH THE SPRINGS AND THE LOCALITYES GEOELECTRICAL SOUNDINGS AND PROFILES

LEGEND

- BIGRR TUFA
- KREČNJAK TRIJASA TRIASSIC LIMESTONE
- MERMER MARBLE
- KVARCIT QUARTZITE
- FILIT PHYLLITE
- ŠKRILJAVA SERIJA /PEŠČAR,SERICITSKI ŠKRILJAC,FILIT/ SERIE OF SCHISTS /SANDSTONE,SERICITIC SCHIST,PHYLLITE/
- RASEDNE LINIJE FAULT LINES
- NAVLAKA OVERTHRUST
- KLIZIŠTE LANDSLIDE
- IZVOR IZDAŠNOSTI 10-100 l/s SPRING WITH QUANTITY OF WATER 10-100 l/s
- IZVOR IZDAŠNOSTI 1-10 l/s SPRING WITH QUANTITY OF WATER 1-10 l/s.
- IZVOR IZDAŠNOSTI 0,1-1 l/s. SPRING WITH QUANTITY OF WATER 0,1-1 l/s.
- IZVOR IZDAŠNOSTI < 0,1 l/s. SPRING WITH QUANTITY OF WATER < 0,1 l/s.
- DIFUZNI IZVOR DIFUSE SPRING
- KAPTIRANI IZVOR CAPTURED SPRING
- GEOELEKTRIČNA SONDA GEOELECTRICAL SOUNDING
- PROFIL GEOELEKTRIČNOG KARTIRANJA PROFILE OF THE GEOELECTRICAL MAPPING

PRILOG 7.
ROD. 8

0 500 1000m

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

PETAR MILANOVIĆ*

UKD: 551.49 (497.16)

PRETPOSTAVKA O GENERALNOM PRAVCU DRENIRANJA PODZEMNIH VODA KOJE PONIRU U DNU POPOVOG POLJA

(sa 2 slike)

UVOD

Po sveobuhvatnosti karstnog fenomena i mnogobrojnosti raznih karsnih oblika Popovo Polje predstavlja izuzetan lokalitet u jugoslovenskim a verovatno i daleko širim razmerama. Jedan deo ovog karsnog polja namenjen je formiranju akumulacionog bazena. Odgovor na pitanje — da li je moguće formirati akumulaciju u dnu Popovog Polja — zavisi pre svega od pravilne interpretacije podataka dobivenih kompleksnim istražnim radovima. Fenomen karsta zahteva da se programiranje istražnih radova zasniva na metodi višekratnih pretpostavki. Pravilna interpretacija dobivenih podataka eliminiše pojedine pretpostavke i usmerava projektanta na put kojim je moguće sagledati konačno rešenje problema.

Geološke karakteristike

Šire područje donjeg dela Popovog Polja pripada priobalskom pojasu spoljnih Dinarida. Izgrađeno je uglavnom od krečnjaka i dolomita kredne starosti, a u manjoj meri od alveolinsko-numulitskih krečnjaka i sedimenata eocenskog fliša. Preovlađujući pravac pružanja formacije je SZ—JI. Na najvećem delu područja ona tone u pravcu SI. Južni obodni deo dna Popovog Polja nalazi se u antiklinalnoj strukturi sa osom dinarskog pravca pružanja i tonjenjem u pravcu severozapada. Jezgro antiklinale grade, na ovom području neotkrivene dolomitske mase jurske starosti preko kojih leže dolomiti i krečnjaci donje krede a preko njih kontinualno krečnjaci cenomana, turona i senona. Uske trake alveolinsko-numulitskog krečnjaka nemaju kontinuitet krednih sedimenata ali izoklino uklještene među njima zadržavaju njihov pravac pružanja. Područje predviđeno za akumulaciju nalazi se u severoistočnom delu antiklinale.

* HE Trebišnica.

Dosadašnji radovi

Na osnovu postojećih podataka programirani su u području dna Popovog Polja istražni radovi koji treba da utvrde karakter oticanja podzemnih voda i prostorni položaj osnovnih drenova ili drenažnih sistema i mogućnost njihovog saniranja tehničkim zahvatom. Samo tačno poznavanje trase podzemnog vodenog toka daje nam mogućnost pravilnog izbora mesta na kome je moguće tehničkim zahvatom onemogućiti oticanje velikih količina vode iz akumulacije (kompenzacionog bazena).

Veoma značajno mesto u ovim istraživanjima zauzimaju bojenje većih ponora u domenu kompenzacionog bazena. Za sada se raspolaže samo sa podacima bojenja najznačajnijeg ponora u ovom delu polja — »Ponikve«. Dosadašnja ispitivanja ovog ponora ukazala su na sigurnu podzemnu vezu njegovu sa dolinom Neretve. Veze sa vrelom Dobrštak i vruljama na obali mora u ovom momentu je samo pretpostavka koju treba sa sigurnošću demantovati ili dokazati. Ova ispitivanja Ponikve dala su nam samo krajnje tačke tj. mesto poniranja i mesto ponovnog pojavljivanja vode na površini. Tačna trasa (jedna ili više) podzemnog kretanja vode ostaje nam i dalje nepoznata.

Bojenje ponora Ponikve februara meseca 1962. godine dokazalo je vezu ovog ponora sa vrelima Straža, Šunjića Dulo, Bili Vir, Doljani, Mlinište, Maslina i Badjula.

Podaci na kojima se zasniva pretpostavka

Analiza postojećih podataka o bojenju ponora Ponikve, zatim geoloških karakteristika terena i topografskih odnosa na karakterističnom profilu, ukazuje na mogućnost kretanja podzemnih voda generalnim pravcem: dno Popovog Polja — depresija Donje Hrasno — dolina Neretve (sl. 1).

1. Topografski profil »Ponikva« — Polje Gradac — vrelo Misline (najkraća veza Popovo Polje — dolina Neretve) dovodi na zaključak da vode Popovog Polja na svom toku ka erozionoj bazi ne koriste najkraći put.

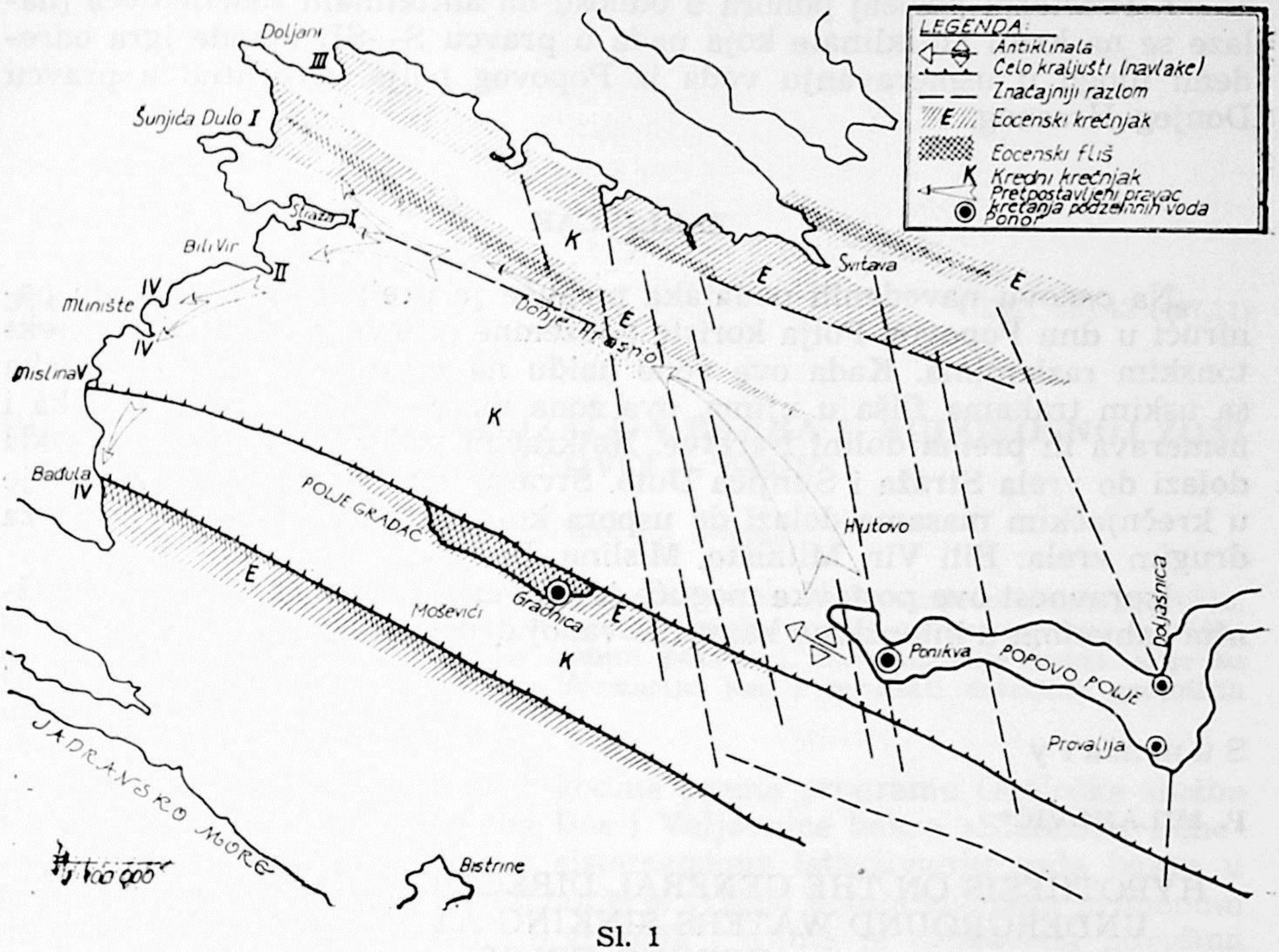
Kota Popovog Polja kod Ponikve je 225 m. Gradačko polje je na koti 86 m (sl. 2). Visinska razlika između ova dva polja je 139 m a udaljenost cca 8 km. Da postoji bilo kakva međusobna podzemna veza sigurno je da bi se ona veoma jasno manifestovala u Gradačkom polju. Ovo potvrđuje i jama Gradnica koja je duboka preko 80 m pa je razlika između Popovog Polja i dna Gradnice (čije je dno skoro na nivou mora) cca 220 m. Međutim, do sada nisu primećene nikakve indikacije koje bi ukazale na vezu vode u Gradnici i voda u Popovom Polju.

2. Rezultati opažanja pojave boje na vrelima daju redosled koji je na skici I označen rimskim brojevima I—VI. Iz ovog redosleda vidi se da se boja prvo pojavila na severnijoj grupi vrela po redosledu Straža, Šunjića Dulo, Bili Vir i Doljani, a zatim na Mliništu, Mislini i Badjuli.

3. Generalni pravci najznačajnijih razloma šireg područja dna Popovog Polja imaju azimut oko 340—350°, pa su verovatni podzemni tokovi predisponirani ovim razlomima.

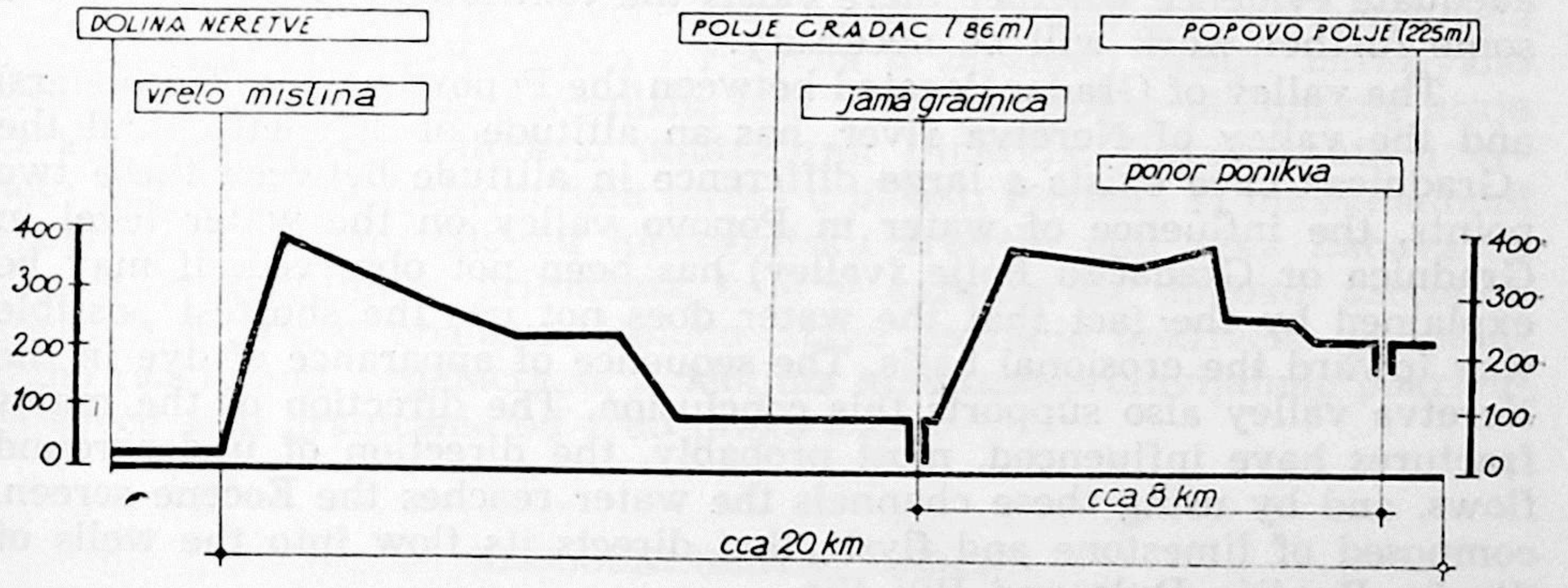
4. Ni na jednom vrelu u Svitavi nije konstatovana boja što se može tumačiti hidrogeološkim karakteristikama eocenskih krečnjačko-flišnih

zona. Ove hidrogeološke barijere presecaju eventualne podzemne veze Popovo Polje — Svitava.



Sl. 1

5. Fosilna otoka Trebišnjice, sada karstifikovana Hutovska dolina, ima generalni pravac koji se poklapa sa generalnim pravcem značajnih razloma.



Sl. 2

6. Eocenske zone južno od oboda Svitavske doline imaju dinarski pravac pružanja. U ovim zonama konstatovane su i uske trake eocenskog

fliša. U odnosu na intenzivno karstifikovane kredne mase eocenski sedimenti predstavljaju hidrogeološke barijere ili usporivače vodenog toka.

7. Prostorni položaj ponora u odnosu na antiklinalu Zelenikovca (nalaze se na krilu antiklinale koja pada u pravcu S—SI) takođe igra određenu ulogu u usmeravanju voda iz Popovog polja verovatno u pravcu Donjeg Hrasnog.

ZAKLJUČAK

Na osnovu navedenih podataka moguće je pretpostaviti da vode poniruči u dnu Popovog Polja koriste podzemne puteve predisponirane tektonskim razlomima. Kada ove vode naiđu na zonu eocenskog krečnjaka sa uskim trakama fliša u njima, ova zona menja pravac njihovog toka i usmerava ih prema dolini Neretve. Najkraćim putem (duž barijere) voda dolazi do vrela Straža i Šunjića Dulo. Stvaranjem podzemne akumulacije u krečnjačkim masama dolazi do uspora koji aktivira postepeno jedan za drugim vrela: Bili Vir, Mlinište, Misline, Badjula.

Ispravnost ove postavke moguće je proveriti ili demantovati sa istražnim zahvatom u intenzivno karstifikovanoj depresiji Donjeg Hrasnog.

Summary

P. MILANOVIĆ*

HYPOTHESIS ON THE GENERAL DIRECTION OF DRAINAGE OF UNDERGROUND WATERS SINKING AT THE BOTTOM OF POPOVO POLJE

By the application of dye, the connection between the bottom of Popovo Polje and the rim of the Neretva valley has been confirmed. The results point out that is no connection with Svitava river; there is no adequate evidence whether there exists the connection with the sea, and some further work will be necessary.

The valley of Gradac, located between the Popovo valley (225 meters) and the valley of Neretva river, has an altitude of 86 meters and the »Gradnica« cave exists a large difference in altitude between these two points, the influence of water in Popovo valley on the water level in Gradnica or Gradačko Polje (valley) has been not observed; it may be explained by the fact that the water does not use the shortest possible way toward the erosional basis. The sequence of apparance of dye in the Neretva valley also supports this conclusion. The direction of the major fractures have influenced, most probably, the direction of underground flows, and by using these channels the water reaches the Eocene screen, composed of limestone and flysh, that directs its flow into the wells of Straža, Bunjića Dula and Bili Vir.

* Hydroelectric power station »Trebišnica«.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

STANIMIR PUTNIK
SVETOMIR STOJKOVIĆ

UDK: 553.43 (497.11)

RUDNE POJAVE I MINERALIZACIJA BAKRA U RUDONOSNOJ ZONI RADANOVCI — TAOR

(sa 1 slikom i 2 priloga)

Ovaj rad u prvom redu ima karakter prethodne informacije o ovom području, koje sa aspekta bakronosnosti do sada nije proučavano U njemu su date ukratko geološko-mineraloške karakteristike rudnih pojava i mineralizacija bakra koje su vezane za dijabaze dijabaz-rožnačke formacije, kao i rezultati detaljnih geoloških istraživanja u toku 1970. godine.

Krajem aprila meseca 1970. godine prema programu Geološke službe Rudarsko-topioničarskog basena Bor i Valjaonice bakra »Slobodan Penezić-Krcun« pristupilo se prvom sistematskom istraživanju ruda bakra u rejonu Kosjerić—Povlen. Istraživanje je vršeno kombinovanom primenom geološko-geohemijsko-geofizičkih metoda i njime je zahvaćena površina od 31 km². Naime, na ovoj površini urađena je samo detaljna geološka karta razmere 1 : 10 000, a ostala detaljna istraživanja primenjena su na površini od 5 km² unutar te površine obuhvaćene geološkim kartiranjem (deo rudonosne zone Radanovci—Taor). Stoga će se naša razmatranja u okviru ovog rada odnositi samo na detaljno ispitivanu površinu od 5 km².

Rudonosna zona Radanovci—Taor nalazi se u atarima istoimenih sela i proteže se između Kosjerića i Povlena u zapadnoj Srbiji. Istraživano područje u geomorfološkom smislu, nosi obeležje visokog planinskog kraja sa karakterističnim odlikama unutrašnjih Dinarida. Najmarkantniji vrhovi nalaze se u zapadnom delu terena u oblasti Povlena sa maksimalnom visinom od 1140 m. Glavnu hidrografsku arteriju čini reka Zabava sa svojim mnogobrojnim pritokama, koje se karakterišu duboko usečenim koritima i strmim obalama. Gotovo čitavo područje pokriveno je intenzivno razvijenom vegetacijom, a debljina humusno-proluvijalnog pokrivača kreće se u granicama od 1 do preko 3 m.

GEOLOŠKI SASTAV TERENA

Rejon Kosjerić—Povlen poznat je još iz vremena Rimljana i Sasa kao poprište povremene rudarske aktivnosti o čemu svedoče ostaci starih radova — šahte, potkopi i šljačišta iz toga doba. Od tog vremena pa sve do 1970. godine, sa manjim ili većim prekidima povremeno su vršena istra-

živanja bakra u ovom rejonu. Međutim, pisani podaci o tome izuzetno su retki i gotovo redovno informativnog karaktera. Izuzetak u tom smislu, čine dva nešto opširnija rada Miohel-a i Whit-a iz 1936. godine, koji se odnose na istraživanje bakra u predelu rudonosne zone Radanovci—Taor. No, kada je reč o dijabaz-rožnačkoj formaciji za koju su faktički vezane ove rudne pojave, pisanih podataka ima neuporedivo više. Naime, ta je formacija obrađivana još od najstarijih dana pisane geološke misli u nas, pa sve do današnjih dana. Pored izrade osnovne geološke karte razmere 1 : 25 000 (Geološko-geofizički zavod — Beograd, 1956. god.), na problemu dijabaz-rožnačke formacije u novije vreme radilo je više autora: B. Milovanović i S. Karamata — 1957. god., B. Ćirić — 1960. god., J. Panić — 1964. i dr. Međutim, gotovo u svim tim radovima glavni akcenat je na lito-stratigrafskim karakteristikama ove formacije, tako da većina rudnih pojava bakra nije čak ni registrovana.

S obzirom na činjenicu da se tema ovog rada odnosi na rudne pojave u oblasti rudonosne zone Radanovci—Taor, naše dalje izlaganje odnosiće se samo na geologiju njene neposredne okoline. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja konstatovano je da uže područje ove rudonosne zone, geološki pripada dijabaz-rožnačkoj formaciji koja je praćena odgovarajućim produktima inicijalnog magmatizma.

Ispitivano područje u osnovi se sastoji od serpentinisanog peridotita, gabra, dijabaza i tvorevina dijabaz-rožnačke formacije.

Serpentinisani peridotit $\sigma SeJ_2 + J_3$

Serpentinisani peridotit zahvata jugoistočni deo terena i po količinskom sudelovanju u građi terena zaostaje za dijabazom i gabrom. U svežem stanju stena je tamnosive boje, čvrsta i kompaktna. No, takve (sveže) partije se izuzetno retko sreću, a u oblasti kontakta prema okolnim stenama potpuno izostaju. Na velikom broju osmatranih i ispitivanih izdanaka, stenska masa je površinski raspadnuta, mehanički zdrobljena i serpentinisana, sa čestim prelazima u partije pravog serpentinita. Mikroskopskim ispitivanjima (M. Cukućan, V. Ćebić i N. Kreminac) određena je granoblastična i mrežasta struktura. Stena je sastavljena od velike količine krupnih kristala rombičnog piroksena i mrežastog olivina po kome je stenska masa mestimično zadobila mrežastu strukturu. Od akcesornih sastojaka registrovan je magnetit, hrom-spineli i metalični minerali — najčešće pirit.

Piroksenski gabro $\nu J_2 + J_3$

Gabro se kontinuirano proteže pravcem SZ—JI, gotovo duž čitavog detaljno istraživanog područja, zahvatajući njegov severni deo. Skoro redovno je zrnaste teksture, sivozelene boje, a mestimično u manjim partijama može biti i tamnosiv, kada neobično podseća na jablanički gabro. Stenska masa je intenzivno prožeta spletovima kalcitskih žica čija debljina ne prelazi 1—2 cm, a u neposrednoj blizini kontakta sa dijabazima, odnosno peridotitima je hidrotermalno izmenjena — silifikovana. Mikro-

skopski je utvrđena hipidiomorfnozrnasta struktura kao najčešća, a pored nje sreće se još i kataklastična. Stena je izgrađena od bazičnih plagioklasa, piroksena i amfibola u znatno manjoj meri. Kako pirokseni tako i amfiboli redovno su hloritisani. Od akcesornih sastojaka sadrži neprovidne metalične minerale — uglavnom pirit.

Dijabaz $\beta\beta J_2 + J_3$

Dijabaz zahvata daleko najveći deo ispitivanog područja. Boja stene najčešće varira od tamnozelene do svetlozelene, a ponekad čak i do tamnomrke u zavisnosti od stepena alteracije. Veći deo stenske mase je mehanički zdrobljen, površinski raspadnut i u većoj ili manjoj meri hidrotermalno izmenjen. Hidrotermalne promene manifestovane su intenzivnom hloritizacijom, silifikacijom, albitizacijom i argilizacijom, a u nešto manjem obimu sericitizacijom, epidotizacijom, kalcifikacijom i piritizacijom. Mikroskopskim ispitivanjima utvrđena je ofitska struktura. Stena se sastoji od štapićastih i izukrštanih plagioklasa, a međuprostori popunjeni su zrnima hloritisanih bojenih sastojaka. Od akcesornih sastojaka utvrđene su velike količine metaličnog minerala — pirita, za razliku od ilmenita koji se samo mestimično pojavljuje.

Dijabaz-rožnačka formacija $J_2 + J_3$

Dijabaz-rožnačka formacija kao produkat nestabilnih delova geosinklinale unutrašnjih Dinarida, praćena inicijalnim magmatizmom, pokazuje veliku raznovrsnost u litološkoj građi. Razvijena je u peščarsko-glinovitoj faciji sa veoma čestim pojavama rožnaca i dijabaza, pored kojih su još zastupljeni alevroliti, dok se krečnjaci, laporci i konglomerati znatno ređe pojavljuju. Našim istraživanjima zahvaćeni delovi ove formacije predstavljeni su uglavnom peščarima i laporovitim krečnjacima. Peščari se javljaju u svim nivoima dijabaz-rožnačke formacije i najčešće su predstavljeni sitnozrnim varijetetima sive do sivozelene boje. U njihov sastav ulaze detritični minerali, često uglastih formi, od kojih su najčešći kalijski feldspati, kvarc, sericit, muskovit, biotit i fragmenti dijabaza i rožnaca. Cement je kontaktni, sericitsko-hloritsko-limonitski, silicijski i karbonatni. Pojavljuju se u vidu naizmeničnog smenjivanja masivnih sa tankoslojevitim partijama. Laporoviti krečnjaci se javljaju u malim količinama u vidu tankih često tabličastih slojeva.

Strukturne karakteristike

U strukturološkom smislu, ispitivano područje odlikuje se intenzivnim razvićem disjunktivnih tektonskih oblika. Ovi tektonski oblici predstavljeni su uglavnom sa dva sistema raseda koji su upravni jedan na drugi i praćeni još razvijenijom pukotinskom tektonikom. Prvi sistem raseda sa pravcem pružanja SZ—JI je markantniji i često čini tektonsku granicu između pojedinih litoloških članova na ovom području. U okviru ovog sistema raseda naročito se ističu dva raseda duž kojih je došlo do

intenzivnih hidrotermalnih promena (prilog 1). Prvi se proteže od Visa, preko Laništa i Laza do Gloga, a drugi od lokalnosti Lazovi do ušća Jošaničkog potoka u Lajkovaču. Ova dva raseda prati još čitav niz manjih sa odgovarajućim pružanjem (SZ—JI), koji su gotovo ravnomerno raspoređeni na istraživanom području. Drugi sistem raseda je pružanja SI—JZ i mada je jednak prvom po učestanosti pojavljivanja, nižeg je reda i neosporno mlađi od prvog.

Pukotine su najčešće saglasne elementima zaleganja jednog ili drugog sistema raseda, a nije redak slučaj da od oba odstupaju. Interesantno je napomenuti da su disjunktivni tektonski oblici najizraženiji u dijabazima kao verovatno najneelastičnijoj sredini, usled čega je čitava stenska masa zdrobljena, odnosno tektonski predisponirana za bolje nastupanje hidrotermalnih rastvora koji su uslovili stvaranje sulfidnih metaličnih minerala.

Prema dosadašnjem stepenu poznavanja stekli smo utisak da su hidrotermalni rastvori dolazili duž struktura višeg reda sa pravcem pružanja SZ—JI, a da je mineralizacija bakra zajedno sa piritom deponovana u pratećim strukturama nižeg reda istog pružanja (SZ—JI), kao i u pojedinim koje su na njih upravne (SI—JZ).

RUDNE POJAVE BAKRA

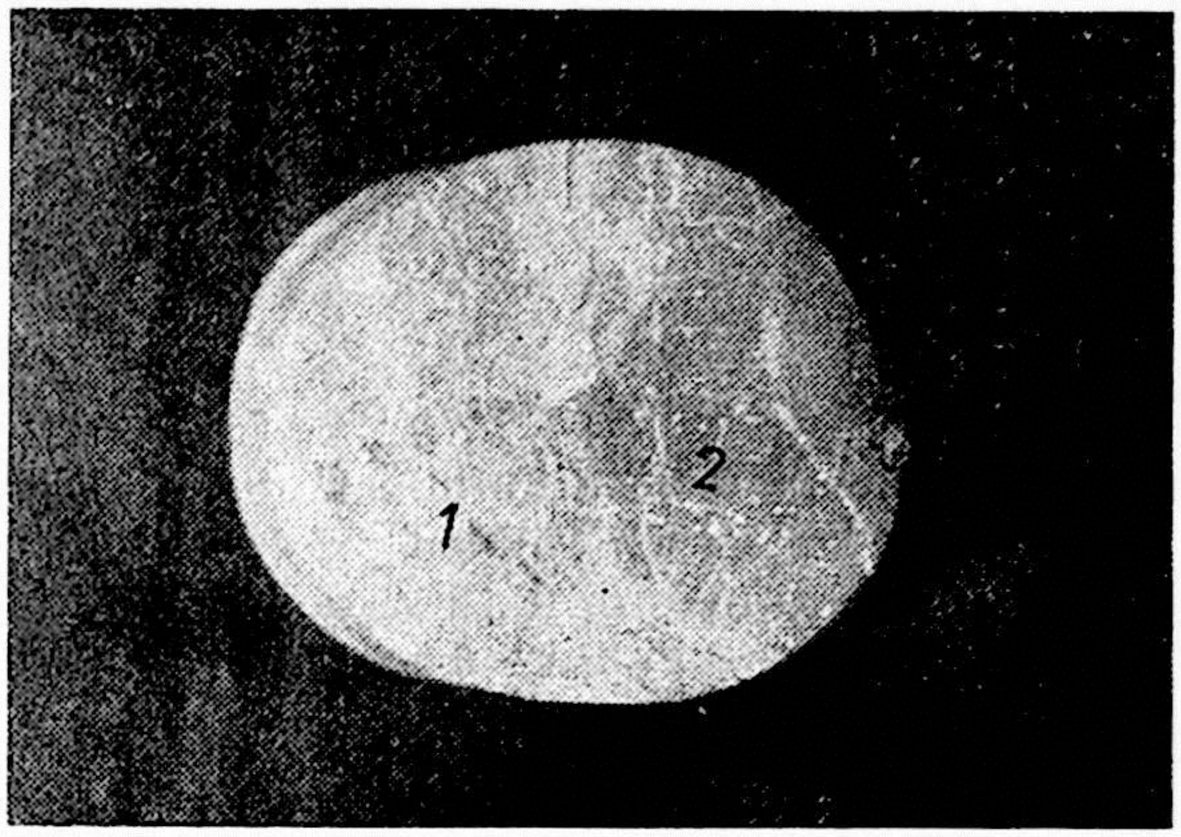
Na osnovu rezultata dobijenih kombinovanom primenom geološko-geohemijsko-geofizičkih metoda istraživanja na području Radanovci—Taor, pored poznatih rudnih pojava izdvojili smo čitav niz novih pojava i izdanaka sulfidne mineralizacije bakra, kao i više »gvozdenih šešira«. Prema dosadašnjem stepenu istraženosti nameće se zaključak da mineralizacija bakra isključivo zaleže u hidrotermalno izmenjenim i tektoniziranim dijabazima. Javlja se gotovo po pravilu u vidu većih ili manjih mineralizovanih (piritskih impregnacionih) zona sa jasnim granicama podine i povlate prema okolnim stenama. Orudnjenje pored strukturne kontrole je redovno praćeno intenzivnom silifikacijom. Glavni nosioc mineralizacije bakra je bez sumnje halkopirit, koji se pored pirita kao vodećeg i količinski dominantnog minerala impregnacionih zona, javlja u asocijaciji sa sfaleritom, limonitom i mestimično sa halkozinom, kovelinom, galenitom, markasitom i izuzetno retko magnetitom. Od nerudnih minerala najzastupljeniji su kvarc, kalcedon, opal i kalcit.

Prema paragenetskim odnosima ustanovljenim rudnomikroskopskim ispitivanjima (D. K l e u t), stiče se utisak da je pirit nastao ranije kao produkat jedne posebne faze hidrotermalnih akcija. Poznija faza hidrotermalnog stvaranja, je verovatno uslovila postanak halkopirita i ostalih rudnih minerala što se može zaključiti prema njihovom načinu pojavljivanja. Naime, ovi minerali obično popunjavaju međuprostore između piritskih zrna, kao i mikroprsline i šupljine u njima.

U mineralizovanim zonama registrovali smo pojavljivanje metaličnih minerala na dva načina. Prvi i neuporedivo brojniji, je pojavljivanje u vidu veoma sitnih mineralnih zrna koja u formi impregnacija prožimaju stensku masu (hidrotermalno izmenjeni dijabaz). Drugi način pojavljivanja (sl. 1) je znatno ređi i za razliku od prvog nikad se ne sreće samostalno, već u kombinaciji sa prvim. U ovom slučaju, pored pravih impre-

gnacija, rudni minerali — u prvom redu halkopirit javljaju se još i u vidu manjih žica, sočiva, šlira i »mlazeva«.

U oblasti izdvojenih »gvozdenih šešira« rudnomikroskopski je registrovan samo limonit. Od nerudnih minerala prisutni su kvarc, kalcedon i opal. Prema utvrđenom mineralnom sastavu stiče se utisak da su ovi »gvozdeni šeširi« potpuno »razrađeni«, mada se mestimično nešto razlikuju od klasičnog razvića istih — manje su silifikovani i porozni.



Sl. 1. — Poprečni presek jezgra bušotine RB-7 (42 m).
Halkopirit (1) i dijabaz (2)

Fig. 1. — Section of core borehole RB-7 (42 m).
Chalcopyrite (1) and Diabase (2)

Proverom rezultata geološko-geohemijsko-geofizičkih podataka raskopavanjem, u zavisnosti od debljine pokrivača, uspeli smo da grubo površinski okonturimo više mineralizovanih zona na ispitivanom području, čije ćemo karakteristike ukratko dati u narednom tekstu.

Mineralizovana zona L a n i š t e površinski je okonturena na dužini od preko 500 m, a nazvali smo je prema istoimenom potoku koga preseca. Pravac pružanja ove zone je SZ—JI i kontrolisana je strukturama nižeg reda. Debljina zone veoma varira u širokom dijapazonu od 10 do 50 m. U petrološkom smislu, sastoji se od hidrotermalno izmenjenog dijabaza. Hidrotermalne promene manifestovane su u prvom redu intenzivnom silifikacijom, zatim hloritizacijom, albitizacijom i kalcifikacijom koja se javlja u vidu veoma razuđenih spletova kalcitskih žica debljine do 5 cm. Prema dosadašnjem stepenu poznavanja, nosioci mineralizacije bakra u ovoj zoni su halkopirit i halkozin, koji zajedno sa količinski najzastupljenijim piritom prožimaju stensku masu dijabaza u vidu impregnacija. Gotovo na svim do sada proučavanim izdancima, sulfidna mineralizacija u ovoj zoni kontrolisana je intenzivnom silifikacijom, koja se nameće kao važan prospekcijski indikator. Rezultati hemijskih analiza prema izvršenom oprobavanju kreću se od 0,06 do 0,20% Cu.

U predelu potoka L a j k o v a č e ispod Smiljeve Kose, registrovali smo široku zonu hidrotermalnih promena u neposrednoj blizini tektonskog kontakta gabro—dijabaz. Po pružanju (SZ—JI) zona je praćena 300 m,

a utvrđena debljina se kreće između 40 i 80 m. Petrološki se gotovo ne razlikuje od prethodno opisane zone. Naime, i u ovom slučaju hidrotermalne promene predstavljene su intenzivnom silifikacijom, hloritizacijom, albitizacijom, epidotizacijom i kalcifikacijom. Rudnomikroskopskim ispitivanjima od minerala bakra utvrđeno je prisustvo halkopirita, halkozina i izuzetno retko kovelina u asocijaciji sa piritom, markasitom, sfaleritom i u kontaktnom delu sa gabrom magnetitom. Od nerudnih minerala konstatovan je kvarc, opal i kalcit. Halkopirit kao glavni nosioc mineralizacije bakra, pored pravih i veoma sitnih impregnacija u asocijaciji sa navedenim rudnim mineralima, javlja se i u formi gnezdastih i žičnih nagomilanja debljine od 3—4 cm, u količinski podređenim odnosima. Sadržaj bakra prema mestimičnom oprobovanju zone (raskopi i bušotina RB-1) kreće se od 0,05—1,1% Cu.

Na oko 150 m u pravcu SZ od izvora najjužnije pritoke potoka Lajkovače, a pod imenom Izvor Lajkovače, izdvojili smo mineralizovanu zonu sa pravcem pružanja SZ—JI, koja je presečena slabije mineralizovanom zonom pružanja SI—JZ. Debljina zone varira između 10 i 20 m, a po pružanju je utvrđena na rastojanju od preko 250 m. U petrološkom pogledu i ova zona se isključivo sastoji od hidrotermalno izmenjenog dijabaza. No, za razliku od mineralizovanih zona Lanište i Lajkovača, silifikacija je nešto slabije izražena, mada još uvek dosta prisutna. Pored silifikacije, epidotizacija, kalcifikacija, hloritizacija i albitizacija najčešće se javljaju kao produkti hidrotermalnih izmena, a u površinskim delovima zone javlja se intenzivna limonitizacija koja je nesumnjivo nastala razaranjem sulfidnih minerala sa sadržajem gvožđa u prvom redu pirita i halkopirita. Rudnomikroskopskim ispitivanjima od metaličnih minerala konstatovani su pirit, halkopirit i limonit, a od minerala ganga kvarc i kalcit. Halkopirit se sreće kako u vidu finih impregnacija u asocijaciji sa piritom, tako i u obliku nepravilnih gnezdastih i sočivastih nagomilanja, žica, šlira i »mlazeva« (drugi način pojavljivanja). Hemijskim analizama materijala uzetog oprobovanjem (raskopi i bušotina RB-7), dobijeni su sadržaji od 0,1—1,47% Cu.

Na lokalnosti Rečica koja se nalazi na krajnjem severozapadu ispitivanog područja, konstatovali smo dve izrazite zone piritskih impregnacija. Prva zona zaleže u samom severozapadnom delu istraživane površine i prema dosadašnjim rezultatima interesantnija je od druge sa njom paralelne. Utvrđeno pružanje (SZ—JI) prelazi 150 m, a debljina dostiže do 10 m. Pored pirita u stenskoj masi hidrotermalno izmenjenog — silifikovanog, hloritisanog, epidotisanog, kalcitisanog i limonitisanog dijabaza, u vidu finih impregnacija sreću se halkopirit, halkozin, sfalerit i vrlo retko galenit i markasit (u tragovima). Rezultati hemijskih analiza prema oprobovanju raskopa i bušotina RB-6, kreću se od 0,04—2,63% Cu. Druga zona je sa prvom paralelna i utvrđena je po pružanju na dužini od 200 m. Debljina ne prelazi 10 m. Kako makroskopskim opažanjima tako i rudnomikroskopskim ispitivanjima (D. Kleut) konstatovali smo da su impregnacije u ovoj zoni piritskog karaktera, a što je potvrđeno i veoma niskim sadržajem bakra dobijenim hemijskih analizama (ispod 0,04% Cu).

Rudna pojava na lokalnosti Laze u površinskim delovima znatno se razlikuje od prethodno opisanih pojava. Naime, ona je izdvojena kao »gvozdeni šešir« mada u potpunosti nema sve karakteristike klasičnog raz-

vića istog (manje je porozna i silifikovana). Granice ovog »gvozdenog šešira« kao i ostalih izdvojenih na ovom području veoma su uslovne. One ne predstavljaju strukturološki definisane pravce, već okonturene površine dijabaza zahvaćenog procesima oksidacije. Unutar tih površina utvrdili smo izvesnu »zonalnost« koja se petrološki manifestuje naizmeničnim smenjivanjem intenzivno oksidisanih sa manje oksidisanim partijama dijabaza. Ove intenzivno oksidisane partije mestimično se podudaraju sa pravcima izdvojenih mineralizovanih zona i verovatno predstavljaju njihov prirodni manje silifikovani nastavak zamaskiran manifestacijama intenzivne oksidacije, u prvom redu limonitizacijom. Sulfidni minerali potpuno su razoreni (»mrtvi šeširi«), a na račun njih obrazovane su velike količine limonita, koji je rudnomikroskopski registrovan kao jedino prisutan metalični mineral. Sadržaj bakra prema hemijskim analizama u površinskim delovima (raskopi) kreće se od 0,02 do 0,09% Cu, a u dubljim delovima (bušotina RB-3) u primarnoj piritsko-halkopiritskoj mineralizaciji od 0,06 do 1,46% Cu.

Rudnomikroskopskim ispitivanjima uzoraka (D. K l e u t) uzetih iz starih rudarskih radova na lokalnostima Lanište, Lajkovača, Rečica i u bušotini RB-8 (28 m) severno od Visa, konstatovano je prisustvo halkozina i mestimično kovelina. Ovi minerali ukazuju na mogućnost postojanja zona sekundarnog obogaćenja sulfidima za sada neutvrđenih, ali u svakom slučaju manjih debljina. Odgovor na ovo pitanje daće se u narednoj fazi kroz sistematsko istraživanje »gvozdenih šešira« dubinskim bušenjem.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja u hidrotermalno izmenjenim dijabazima, izdvojeno je više mineralizovanih zona i nekoliko »gvozdenih šešira«. Glavni nosilac mineralizacije bakra je halkopirit, koji se pored obavezno prisutnog i količinski dominantnog pirita javlja u većim ili manjim količinama. Pored halkopirita mestimično se sreću halkozin i kovelin.

Rezultati hemijskih analiza uzetih proba variraju u veoma širokom dijapazonu kako u raskopima (od 0,05—2,63% Cu) tako i u bušotinama (od 0,05—1,47% Cu). Prema ovim rezultatima za sada je najinteresantnija mineralizovana zona izvor L a j k o v a č e koja je presečena bušotinom RB-7, gde se u 25-metarskom orudnjenom intervalu ističe partija između 42 i 47 m sa srednjim sadržajem od 1,23% Cu.

Obim izvedenih radova u toku 1970. godine, s obzirom na brojnost okonturenih mineralizovanih zona i »gvozdenih šešira«, ni približno ne zadovoljava potrebe u smislu sistematskih istraživanja istih, a samim tim i u smislu davanja ocene ovog rejona sa aspekta bakronosnosti.

Zbog malog obima, radovi u 1970. godini bili su uglavnom usmereni u pravcu indiciranja što većeg broja rudnih pojava i mineralizacija bakra. No i pored toga, dobijeni rezultati, kao i činjenica da je duž dijabaz-rožnačke formacije registrovan čitav niz rudnih pojava i mineralizacija bakra, kako na teritoriji zapadne Srbije tako i u severnoj Crnoj Gori, sugeriraju neophodnost daljih istraživanja. Na ovo upućuju i najnoviji rezultati istraživanja bakra u bazitima u svetu, kao i postojanje više aktivnih rudnika u sličnim geološkim uslovima (Ural, Kanada, Albanija).

(Predato za štampu jula 1971. god.).

LITERATURA

1. Ćirić B., 1960: — Glavna obeležja mezozojskih eruptivno-rožnačkih tvorevina. Simpozijum o problemima alpskog inicijalnog magmatizma, ref. VIII, Sarajevo.
2. Krasnikov V. I., 1965: — Osnovi racionalnoj metodiki poiskov rudnih mestoroždenij, Nedra, Moskva.
3. Krejter V. M., 1964: — Poiski i razvedka mestoroždenij poljeznih iskopaemih, Nedra, Moskva.
4. Milutinović V., 1961: — Ekonomska ocena rudnika i ležišta obojenih metala. Geološko-geofizički zavod, Beograd.
5. Požaritskij L. K., 1957: — Osnovi oceni mestoroždenij poljeznih iskopajemih i rudnikov, Gornij žurnal № 9, str. 3—9, Moskva.
6. Putnik S., Milutinović D., Višić S. i dr., 1970: — Izveštaj o geološkim istraživanjima u reonu Kosjerić — Povlen za 1970. godinu. Fond str. dok. IGRI, Beograd.
7. Smirnov S. S., 1936: — Zona okislenija sulfidnij mestoroždenij. ONTI, NKTP, izd. AN SSSR.
8. Smirnov V. I., 1969: — Geologija poljeznih iskopajemih, Izdateljstvo »Nedra«, Moskva.

Summary

STANIMIR PUTNIK*
SVETOMIR STOJKOVIĆ*

ORE OCCURENCES AND MINERALIZATION OF COPPER IN ORE BEARING ZONE RADANOVCI—TAOR

On the basis of the obtained by up to date investigations in hydrothermal altered diabase, have been identified a number mineralized zones and several gossans. Chalcopyrite is one of the main copper minerals and is practicaly always present, altrough in variable concentrations. In addition to chalcopyrite, chalcosine and covellite are also present localy.

Results of chemical analyses of samples from tranches and boreholes vary widely from 0,05 to 2,63 per cent copper. According to these results, presently the most interesting mineralized zone is »Lajkovače well«, intersected by borehole RB-7. An ore interval inside this hole has been about 25 m thick, and the average ore grade of a 5 m wide zone (between 42 and 47 m depth) was 1,23 per cent Cu.

Presently is a number of mines in similar geological conditions (Ural, Kanada) and in the same greenstone formation in Albania (Kurbeš).

The results obtained so far, combined with the newest results of exploration of copper deposits in basic rocks in other countries, it may be concluded that this area is prospective in respect of discovery of economic concentrations of copper.

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear- and other raw materials, Beograd.

GEOLOŠKA KARTA LOKALNOSTI RADANOVCI SA RUDNIM POJAVAMA BAKRA

GEOLOGICAL MAP OF RADANOVCI WITH COPPER-ORE OCCURRENCES

0 100 200 300 400 500 m

Izvor Lajkovače

Podlaze

Laze

Lajkovača

Ljeva kosa

Lajkovača

Ležište

Vis

LEGENDA
LEGEND

- DIJABAZ — Diabase
- DIJABAZ ROŽNAČKA FORMACIJA — Diabase-greenstone formation
- GABRO — Gabbro
- PERIDOTIT — Peridotite
- HIDROTERMALNE PROMENE — Hydrothermal alteration
- EROZIONA ILI TEKTONSKO EROZIONA GRANICA — Erosional or structural-erosional bounder
- GRANICA INTRUZIVNOG MAGMATSKOG TELA — Bounder of intrusive
- RASED — Fault
- RASEDNA ZONA — Fault zone
- SISTEM PUKOTINA — System of fractures
- „GVOZDENI ŠEŠIR" — Gossan
- PIRITIZACIJA — Pyritization
- RUDNE POJAVE I MINERALIZACIJA Cu — Ore occurrences and mineralization of copper
- RASKOP — Trench
- BUŠOTINA — Drill holes
- STARI RUDARSKI RAD — Old mining works

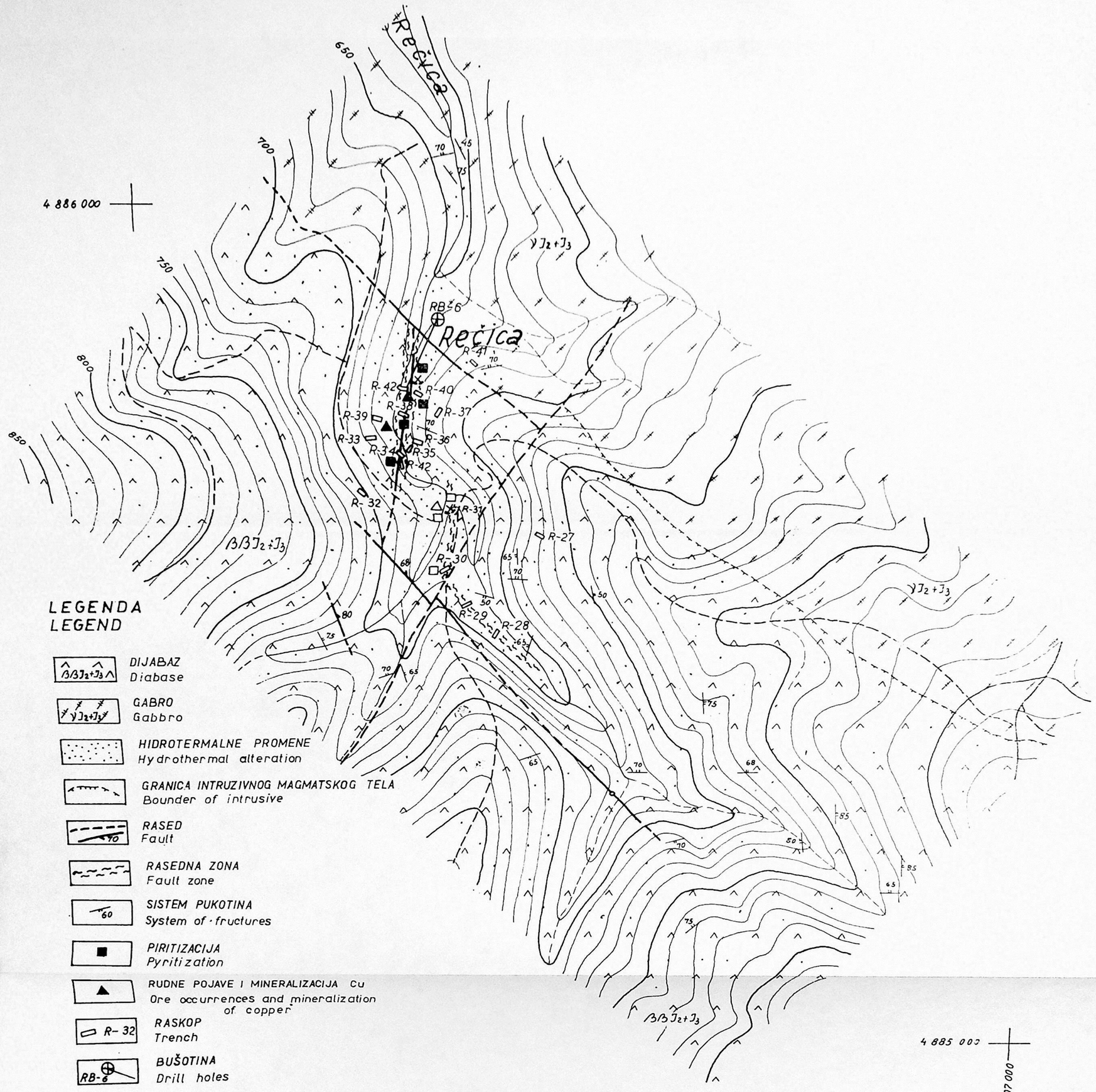
4 883 000

7 408 000

GEOLOŠKA KARTA LOKALNOSTI TAOR SA RUDNIM POJAVAMA BAKRA

GEOLOGICAL MAP OF TAOR WITH COPPER-ORE OCCURRENCES

0 100 200 300 400 500m.



LEGENDA
LEGEND

- DIJABAZ — Diabase
- GABRO — Gabbro
- HIDROTERMALNE PROMENE — Hydrothermal alteration
- GRANICA INTRUZIVNOG MAGMATSKOG TELA — Bounder of intrusive
- RASED — Fault
- RASEDNA ZONA — Fault zone
- SISTEM PUKOTINA — System of fractures
- PIRITIZACIJA — Pyritization
- RUDNE POJAVE I MINERALIZACIJA Cu — Ore occurrences and mineralization of copper
- RASKOP — Trench
- BUŠOTINA — Drill holes
- STARI RUDARSKI RAD — Old mining works

PRILOG 2

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

V. VUJANOVIĆ,
M. TEOFILOVIĆ
M. ARSENIJEVIĆ

UKD: 711.455 (497.11)

REGIONALNA PROUČAVANJA MINERALNIH VODA I BANJA U SRBIJI I A.P. VOJVODINI I NJIHOVE OSNOVNE GEOLOŠKE, GEOHEMIJSKE I GENETSKE KARAKTERISTIKE

(sa 4 slike i 1 prilogom)

U ovom radu je proučavan hemijski sastav termomineralnih i mineralnih voda iz 40 raznih lokalnosti Srbije i AP Vojvodine i to u pogledu na veliki broj elemenata. Skoro sve ove vode predstavljaju priznata banjska lečilišta, odnosno lečilišta koje narod koristi u navedene svrhe.

Prema poreklu i hemijskom sastavu ove vode mogu se podeliti u dve grupe:

1. Panonski tip i
2. Šumadijski tip.

U panonski tip spadaju ispitivane vode koje se uglavnom javljaju u Vojvodini i koje su genetski delom verovatno vezane za naftna ležišta u ovom regionu. Pri tom je uvek reč o slanim vodama najčešće jako mineralizovanim. Litijum, rubidijum, cezijum i stroncijum su, prema nekim podacima, pratioci nafte i nema nikakvih znakova koji bi ukazivali na njihovo vulkansko poreklo (33).

Izuzev litijuma, čije je povećano prisustvo u navedenim vodama često zapaženo, ostali elementi kao što su rubidijum i cezijum samo se izuzetno sreću, dok je stroncijum stalan sastojak. Kao normalne pratioce panonskog tipa voda treba računati i vanadijum, hrom, bakar kao i još neke elemente koji prate naftna ležišta (33).

Vode šumadijskog tipa su delom vulkanskog porekla, jer se one u manjoj ili većoj meri mešaju sa hladnim (descendentnim) vodama na svome putu ka površini. Samim tim i sadržaji Li, Rb, Cs i Sr su najvećim delom juvenilnog — vulkanskog porekla, a to važi i za neke druge elemente u njima kao na primer za Pb, Cu, Mo, Ag i dr. Reč je o termalnim i hladnim vodama, manje ili više mineralizovanim, genetski najvećim delom vezane za alkalniji vulkanizam (leucitske stene, leucit-bazalte i dr.), a u manjoj meri za ostale kisele stene. Ovome ide u prilog i činjenica da je, i pored velikog broja analiza urađenih na vulkanitima iz Srbije, cezijum nađen samo u vulkanitima koji sadrže leucit, dok je u ostalim redovno odsutan. Treba napomenuti da njegov sadržaj za sada nije poznat u biotitima ili drugim mineralima raznih vulkanita.

Vode šumadijskog tipa vezane su za duboke rasede Vardarske zone i Severnog vardarskog prostora. Najizrazitije su zastupljene uglavnom unutar Čačansko-kraljevačkog tektonskog rova i istovremeno spadaju među najbogatije alkalnim mikroelementima kao što su Li, Rb i Cs.

Na severu one se javljaju, prema dosadašnjim ispitivanjima, sve do Belanovičko-mioničkog tektonskog rova odakle nastupaju vode panonskog tipa.

U toku 1970—1971. godine, kao nastavak već započetih proučavanja (3, 4, 5), izvršeno je uzorkovanje voda iz niza banjskih lečilišta u Srbiji i A.P. Vojvodini, kako priznatih tako i onih koje narod sâm koristi. Tom prilikom su sakupljeni uzorci iz sledećih lokalnosti: Vranjske banje, Ra-

kovačkog vrela (Bujanovac), Prolom banje (Prokuplje), Vrnjačke banje (kupatilo i česma), Mataruške, Bogutovačke i Ovčar banje, Sirče, Lopatničke banje kod Kraljeva, Jošaničke, Niške i Sokobanje, Beljanice, Koviljače, Palića, Slankamenske banje, Novosadske slatine i dr. Ovom prilikom su korišćeni i rezultati nekih ranijih ispitivanja i to na nizu lokalnosti (3, 4, 5, 6). Tu pre svega dolaze vode iz Gornje Trepče, Mlakovca, Savinca i Brđana kod Čačka, odnosno G. Milanovca (M. Arsenijević, M. Teofilović), Niške banje (S. Ristić i dr.), Ribarske banje (M. Arsenijević), zatim banje i slane vode iz Vojvodine i severne Srbije kao što su one u Ritopeku, Mionici, Planinici kod Mionice, banji Vrujici — G. Toplica (6), Melenci (Velika i Mala Rusanda), Oknju (Elemir), Molskoj bari (Mol kod Sente), Novobečejskoj slatini i Velikoj slatini i Rakitašu kod Opova (V. Vujanović). Tako je ovim radom obuhvaćeno 40 banjskih lečilišta kao i onih koje narod sâm koristi, pa samim tim u okvir rada su ušle skoro sve poznate banje u Srbiji i A.P. Vojvodini.

Analize mikroelemenata u termalnim vodama su vršene spektrohemijskim putem u suvim ostacima (M. Arsenijević), a glavnih sastojaka vode plamenofotometrijski (Na i K) i skraćenim hemijskim analizama (G. Martinović, Lj. Tomić i V. Golubović).

Prilikom ovih ispitivanja postavili su se vrlo složeni zadaci. Tako je pre svega bilo potrebno utvrditi u kakvim se geološko-tektonskim jedinicama nalaze ove vode, zatim njihov hemijski sastav, ne računajući radioaktivne i još neke druge anjone i katjone (As, HBO_2, HPO_4 i dr.), međusobne sličnosti i razlike, poreklo ispitivanih elemenata u ovim vodama i, najzad, neke odlike njihovog postanka. Međutim, za potpunu analizu razlika u hemizmu voda, i pored brojnih prikupljenih podataka, još uvek nedostaju mnogi drugi, prvenstveno hidrogeološkog karaktera, koji bi analizi ovog kompleksnog problema dali veliki doprinos u cilju potpunijeg objašnjenja sličnosti i razlika voda iz raznih delova Srbije.

Geološko-tektonski položaj prostora u kome se javljaju ispitivane vode

Na prostoru od Skopske Crne Gore na jugu pa do mađarsko-rumunske granice na severu (prilog 1) ispitivani mineralni izvori i banje nalaze se u okviru Vardarske zone u širem smislu (Severni prostor Vardarske zone), Srpsko-makedonske mase i Karpatsko-balkanskog luka (Šumadijski tip voda) i u Panonskom basenu (Panonski tip voda).

Najveći broj voda šumadijskog tipa vezan je za Vardarsku zonu u širem smislu. Rakovačko vrelo (Bujanovac), Ribarska i Vranjska banja nalaze se u prostoru Srpsko-makedonske mase, dok Niška i Sokobanja, kao i mineralno vrelo Beljanica su u prostoru Karpatsko-balkanskog luka (blizu granice prema Srpsko-makedonskoj masi).

Treba naglasiti da su uglavnom svi mineralni izvori i banje vezani za duboke rasede i to najčešće za one koje su koristili ultrabaziti za svoje utiskivanje (hladne intruzije) i postavljanje u današnji viši položaj. Za određeni broj je sigurno utvrđeno da su locirani u rasedima koji kontrolišu kontakt andezitsko-dacitskih stena i serpentinitskih masa (G. Trepča, Mlakovac i dr), što je od velikog značaja za utvrđivanje njihovog porekla (21).

U oblasti Čačansko-kraljevačkog tercijarnog rova javlja se, i to bliže njegovim obodima, najveći broj mineralnih izvora i banja šumadijskog tipa. One se pojavljuju uglavnom na mestima sučeljavanja tektonskih linija Severnog prostora Vardarske zone, koje su pravca SSZ—JJI, sa tektonskim linijama koje ovde imaju pravac SZ—JI (Mataruška banja, Bogutovačka banja, Gornja Trepča i dr. — 19, 21). Pravac SZ—JI u celini ima i Čačansko-kraljevački basen.

Ovakvoj složenosti tektonskog sklopa ovog kraja doprinela je i Srpsko-makedonska masa, čiji je zapadni obod udaljen svega nekoliko desetina kilometara (19).

Ovde treba istaći da utvrđivanjem Čačansko-kraljevačkog tektonskog rova kao glavnog centra mineralnih voda sa najvećim koncentracijama karakterističnih elemenata šumadijskog tipa, predstavlja konkretan primer u kome je uočena uska povezanost i uslovljenost vulkanizma sa tektonskim događajima. Treba dodati još i to da je gornjim izučavanjem sastava i porekla mineralnih voda u Srbiji učinjen i prvi pokušaj da se direktno prati vulkanizam kroz krupne geološko-tektonske jedinice.

U prethodnim radovima (34, 35) je naglašeno da su ispitivanja vezana za probleme mineralnih voda dala određene podatke kao nov prilog sagledavanju prostornog položaja Vardarske tektonske zone u Srbiji, pa će se na osnovu novih rezultata i drugih saznanja posmatrati i taj problem.

Vardarska tektonska zona od Skoplja na sever se pojavljuje kao jedan širok prostor čije granice prema drugim jedinicama nisu izražene. Tako složen prostor (Severni prostor Vardarske zone) sa elementima Vardarske zone južno od Skoplja produžuje se preko Kopaonika i Jelice do Valjeva, kao i kroz celu Šumadiju do Beograda. Ovaj problem je u poslednje vreme svestrano proučavan (1, 2), ali smatramo da zadovoljavajuće rešenje nije još nađeno, posebno da li se ona produžuje dalje od Beograda i u kom pravcu, što inače treba očekivati.

Utvrđivanjem da vode Katlanovske banje, koja se nalazi južno od Skoplja i to u Vardarskoj zoni u užem smislu, pripadaju šumadijskom tipu voda (35), došlo se do još jednog dokaza, da je Vardarska zona (odnosno vulkanizam koje prati) jedinstvena u prostoru severno od Skoplja prema Valjevu i Beogradu i južno prema grčkoj granici.

Mineralni izvori i banje u prostoru Srpsko-makedonskog masiva nalaze se takođe na dubokim tektonskim linijama pravca SI—JZ ili čak I—Z, što znači da se ukrštaju pod velikim uglom sa pravcima iz Vardarskog prostora.

Panonski tip mineralnih voda počinje od Belanovičko-mioničkog tektonskog rova i dalje na sever u Panonskom basenu. I ovde su mineralne vode vezane za rasede i to uglavnom za one u debelom neogenom pokrivaču severno od Beograda. Ovi rasedi se na razne načine manifestuju na površini i to uglavnom u širem prostoru reke Tise.

Ispod tercijarnog panonskog basena stara podina je ispresecana tokom neogena velikim brojem raseda najrazličitijih pravaca, koji joj daju parketnu strukturu. Postoji više pravaca i od njih svaki preovlađuje u jednom određenom području (16).

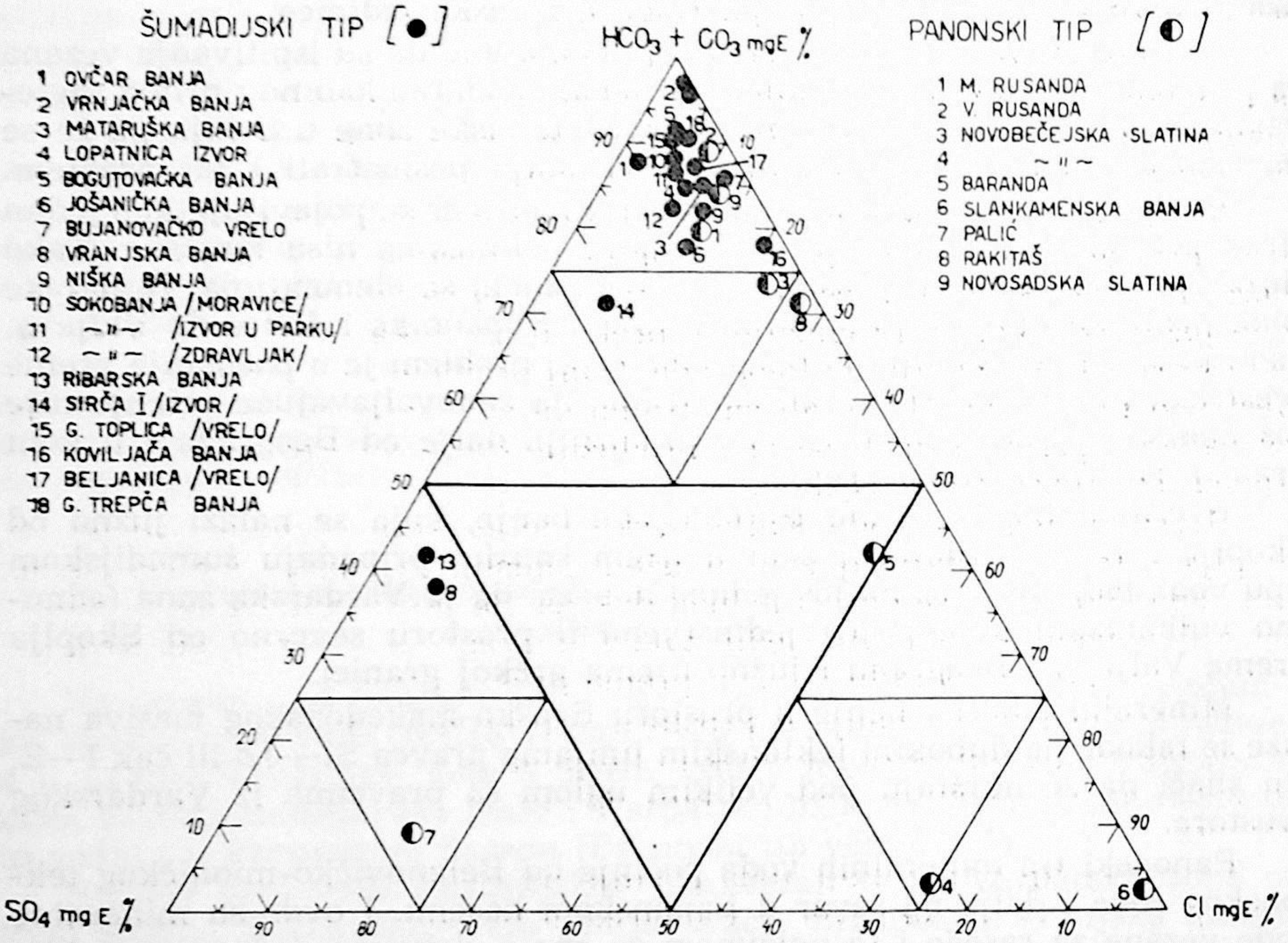
U području lociranih mineralnih voda i banja panonskog tipa preovlađuju najčešće rasedi pravca S—J, odnosno SSZ—JJI. To su rasedi koji idu od Kolubare, zatim istočnim Sremom i tokom Tise na istok, sve do

oboda Panonske nizije prema Karpatima. Oni ovde obrazuju Banatski rov (16). Po nekim autorima (prema 16) to su nastavci šumadijskih raseda i krajištidskog sistema razloma, koji se prate prema severu sve do srednjeg toka Tise. Poprečni rasedi ovde igraju određenu ulogu, deleći glavni rov na manje depresije.

Ovo jasno ukazuje da se i u rasedima osnovnog gorja Panonskog basena mogu očekivati tople mineralne vode šumadijskog tipa, koje su danas maskirane sedimentima tercijara debelim više stotina metara.

Međusobne sličnosti i razlike u mikro-sastavu ispitivanih voda

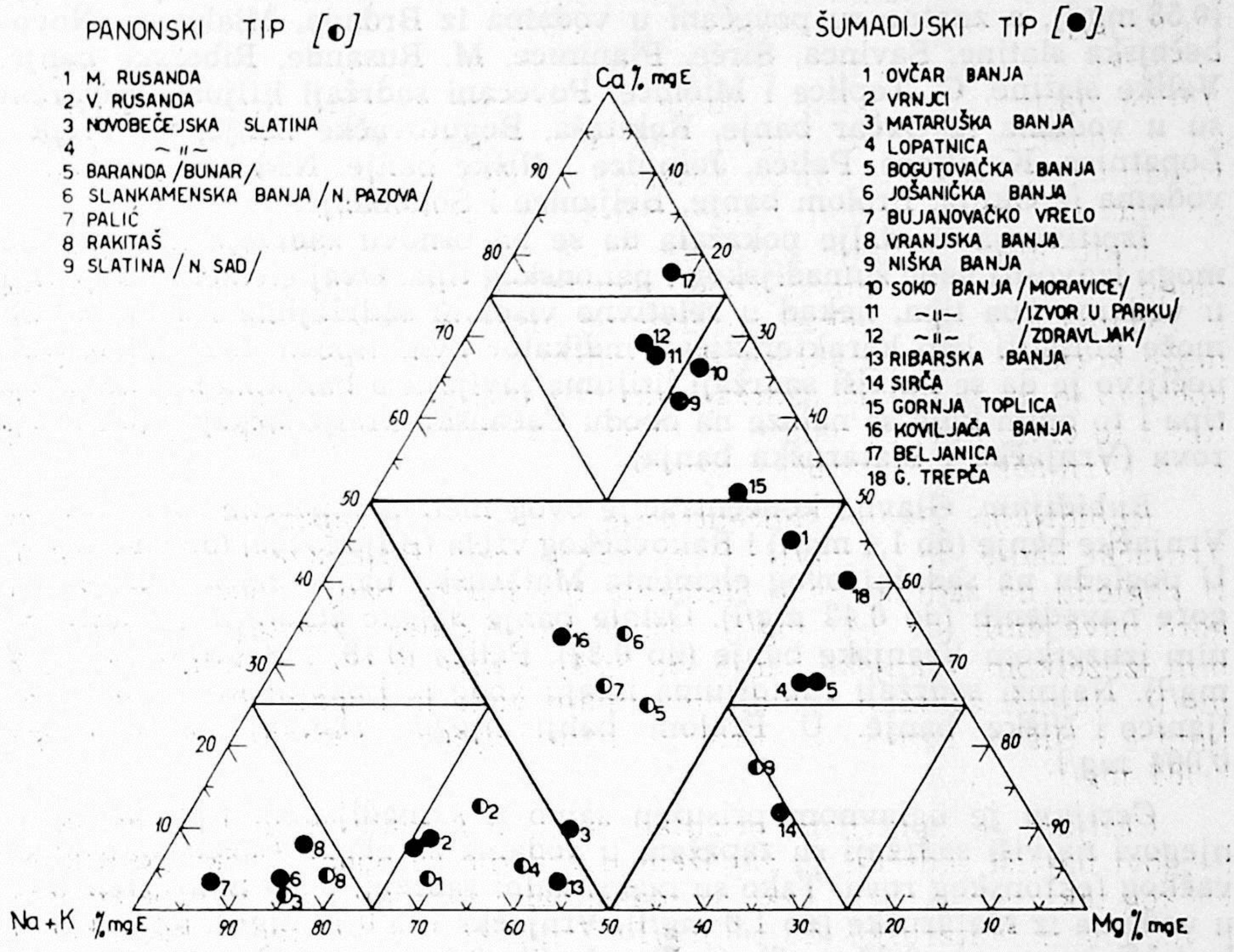
Ispitivane termomineralne i termalne vode šumadijskog tipa (sl. 1), na osnovu skraćenih hemijskih analiza glavnih komponenti, pokazuju se kao hidrokarbonatne sa tendencijom prema sulfatno-hidrokarbonatnim i slabo izraženim hidrokarbonatno-hloridnim tipovima. Po katjonskom sa-



Sl. 1. — Dijagram anjonskog sastava voda šumadijskog i panonskog tipa.

stavu hidrokarbonatno-sulfatne su obično Na i Na—Mg, dok se hidrokarbonatne razvrstavaju od čisto Na prema Na—Mg, Mg—Na, Mg—Na—Ca do Ca—Mg i Ca tipovima (sl. 2) ne govoreći o gasnim i drugim komponentama koje nisu određivane ili uzimane u obzir. Sa druge strane hidrokarbonatno-hloridne vode su Na—Ca—Mg tipa. Sve vode teže uglavnom od Na prema kalcijskim. Izrazite kalcijske ili kalcijsko-magnezijske su one vode koje teku, osim kroz druge formacije, još i kroz krečnjačku podlogu.

(Beljanica, Niška banja, Sokobanja, Savinac, Ovčar banja i dr.). Ovo može da ukaže i na hemijski uticaj okolnih stena na koncentrisanje glavnih komponenti. To je u potpunom skladu sa mogućnostima metamorfizma termalnih voda u određenim uslovima podzemne cirkulacije i mešanja sa drugim tipovima hladnih voda ili rastvaranja na svom putu.



Sl. 2. — Dijagram katjonskog sastava voda šumadijskog i panonskog tipa.

Panonske vode, iako nedovoljno ispitane, pokazuju sastav hidrokarbonatnih, preko hidrokarbonatno-hloridnih do hloridnih i sulfatno-hloridnih tipova. U odnosu na katjonski sastav sreću se Na, Na—Mg ili Mg—Ca—Na tipovi sa raznovrsnim odnosima glavnih katjona. Ovakav sastav, naročito hloridnih tipova (slane vode), odgovara često visokoj zasoljenosti ovog regionalnog genetskog tipa. Uticaj sedimenata, dubinskih uslova formiranja i drugih faktora upravo se odnosi na površinske i podzemne vode čija opšta mineralizacija dostiže na desetine gr/l.

U ispitivanim vodama do sada je utvrđeno prisustvo većeg broja elemenata. U nekim se javljaju skoro svi dole navedeni elementi (tabela 1 i 2), u drugim samo neki od njih. U šumadijskom tipu voda ispitivan je kompletan mikro-sastav, a u panonskom samo u nekim vodama i to onim iz Velike i N. Bečejske slatine, Oknja, Molske bare i Melenaca (V. Rusande) i dr., dok su ostale vode ovog tipa ispitivane samo u pogledu mikro-sastava alkalnih metala (Li, Rb, Cs).

U daljem razmatranju biće prikazani uporedni sadržaji različitih mikro-elemenata utvrđenih u suvim ostacima ispitivanih voda.

Litijum je prisutan u skoro svim ispitivanim vodama, ali su njegovi najveći sadržaji otkriveni u vodama iz Mataruške i Vrnjačke banje (3,9 odnosno 3,8 mg/l). Visoki sadržaji litijuma prisutni su i u vodama iz Ritopeka (1,4 mg/l), Bujanovačke (1,32), Slankamenske (0,65) i Vranjske banje (0,58 mg/l), a znatno su povećani u vodama iz Brđana, Mlakovca, Novobečejske slatine, Savinca, Sirče, Planinice, M. Rusande, Ribarske banje, Velike slatine, G. Toplice i Mionice. Povećani sadržaji litijuma zapaženi su u vodama iz Ovčar banje, Rakitaša, Bogutovačke banje, G. Trepče, Lopatnice, Koviljače, Palića, Jošanice i Niške banje. Niski su sadržaji u vodama iz Oknja, Prolom banje, Beljanice i Sokobanje.

Ispitivanja su dalje pokazala da se na osnovu sadržaja litijuma ne mogu izdvojiti vode šumadijskog i panonskog tipa. Ovaj elemenat se javlja u vodama oba tipa, nekad u relativno visokim sadržajima i stoga se ne može koristiti kao karakterističan indikator ovih tipova voda. Međutim, uočljivo je da se najviši sadržaji litijuma javljaju u banjama šumadijskog tipa i to onim koje se nalaze na obodu Čačansko-kraljevačkog tektonskog rova (Vrnjačka i Mataruška banja).

Rubidijum. Glavne koncentracije ovog metala zapažene su u vodi iz Vrnjačke banje (do 1,4 mg/l) i Rakovačkog vrela (Bujanovac) (do 0,88 mg/l). U pogledu na sadržaj ovog elementa Mataruška banja dolazi odmah iza gore navedenih (do 0,42 mg/l). Ostale banje daleko zaostaju, sa delimičnim izuzetkom Vranjske banje (do 0,24), Palića (0,19) i Rakitaša (do 0,12 mg/l). Najniži sadržaji rubidijuma imaju vode iz Lopatničke, Ovčar, Beljanice i Niške banje. U Prolom banji njegov sadržaj iznosi svega 0,004 mg/l.

Cezijum je uglavnom prisutan samo u šumadijskom tipu banja, a njegovi najviši sadržaji su zapaženi u vodama sa oboda Čačansko-kraljevačkog tektonskog rova. Tako su maksimalni sadržaji ovog mikroelementa u vodama iz Mataruške (do 1,0 mg/l), Vrnjačke (do 0,70 mg/l), kao i banja kod Mlakovca (do 0,62 mg/l), G. Trepče (do 0,52 mg/l) i Savinca (do 0,22 mg/l). U vodama iz Sirče, Brđana, G. Toplice, Bujanovačke i Vranjske banje sadržaji se kreću od 0,12 (Sirča), do 0,002 mg/l (Koviljača). Niski sadržaji cezijuma su u Ovčarskoj i Bogutovačkoj banji, Rakitašu (M. Dromnjak), Beljanici, Niškoj, Jošaničkoj, Ribarskoj i Lopatničkoj banji i kreću se od 0,03 (Ovčar) do 0,005 mg/l (Beljanica). U Prolom i Sokobanji cezijum nije utvrđen.

Stroncijum je otkriven u svim ispitivanim vodama, ali su njegovi sadržaji veoma različiti. Najviši sadržaji stroncijuma nađeni su u vodama iz Vrnjačke banje (do 4,7 mg/l), Slankamenske banje (3,70 mg/l) i N. Bečejske slatine (do 2,8 mg/l). Visoki sadržaji zapaženi su u vodama iz Bujanovačke (do 1,33) Mataruške (do 1,2) i Vranjske banje (do 1,15 mg/l). U ostalim vodama sadržaji se kreću od 0,78 (Palić) do 0,14 mg/l (Brđani) sa izuzetkom Jošanice i Prolom banje koje sadrže svega 0,03 odnosno 0,05 mg/l.

Ovde treba istaći da su sadržaji stroncijuma ispitivani samo u nekim vojvođanskim vodama i da je on stalan sastojak. Takođe i svi talozi ispitivanih voda pokazuju manje ili veće prisustvo stroncijuma.

sadržaja elemenata u nekim termalnim

br. Red.	Lokalnost	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na	K	Li	Cs
1.	Okanj, Elemir, hladna voda									0,018	—
2.	Okanj, hladna voda									0,060	—
3.	N. Bečejska slatina, hl. voda									0,10	—
4.	N. Bečejska slatina, (hladan izvor)	48	842	5500	12.425	500	2196	5841	2,2	0,39	—
5.	M. Rusanda, hladna voda	60	976	86	92	22	84	358,7	0,7	0,036	—
6.	V. Rusanda, bunar, hl. voda	6	903	12	50	50	73	253	25,8	0,047	—
7.	V. Rusanda, hl. banjska voda									—	—
8.	Molska bara, hladna voda									0,11	—
9.	Vel. slatina, hladna voda									0,038	—
10.	Rakitaš, bunar, hladna voda									0,07	0,014
11.	Planinica, hl. voda (Mionica)									0,18	—
12.	Mionica, hlad. voda (bazen)									0,18	—
13.	Ritopek, bunar, hladna voda									1,40	—
14.	Palić (Subotica)	6	158	1100	227	138	108	184	39	0,13	—
15.	Slankamenska banja, hl. voda	0,0	208	4,0	3.905	190	108	191	13,3	0,65	—
16.	Novosadska slat. hl. voda	0,0	878	40	56	62	121	96,3	7,2	0,014	—
17.	Baranda (bunar) hladna voda	12	500	86	350	106	106	160,5	2,4	0,0065	—

P R E G L E D

sadržaja elemenata u nekim termalnim i termomineralnim vodama Srbije (u mg/l)

Š u m a d i j s k i t i p

ed. r.	Lokalnost	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na	K	Li	Cs	Rb	Sr	Ba	Al	Fe	W	Pb	Ti	Cr	Ni	Mn	Cu	Mo	Co	Ag	V	pH	T°
	Ovčar banja (Čačak)	0,0	476	43	7	96	54	19,5	2,0	0,073	0,03	0,009	0,53	0,053	0,15	0,063	—	0,007		0,016	0,0033	0,002	0,004	0,003	0,0013	0,022	—	7,0	35
	Vrnjci I (kupatila)	0,0	2074	2	38	52	102	475	50	2,90	0,45	1,10	1,80	0,18	0,034	0,23	—	—	0,0071	—	—	0,018	0,0028	—	—	—	—	6,7	36
	Vrnjci II (česma)	0,0	2074	0,0	35	50	120	483	50	3,80	0,70	1,40	4,70	0,66	0,07	0,023	—	—	0,007	0,0044	—	0,017	0,003	—	—	—	—	6,8	36
	Mataruška banja	0,0	829	37	56	36	100	211	11,7	3,90	1,00	0,42	1,20	0,09	0,036	0,028	—	—	0,0036	0,0036	—	0,028	0,0014	—	0,0014	—	—	6,9	41
	Bogutovačka banja	0,0	440	15	10	50	61	28	1,5	0,072	0,03	0,033	0,34	0,012	0,017	0,011	—	—	0,004	0,008	—	0,013	0,0006	—	—	—	—	7,3	25,5
	Lopatnica (Kraljevo)	12	268	14	17	36	45	24,1	1,1	0,025	0,006	0,012	0,28	0,022	0,133	0,02	—	—	0,022	0,0015	0,0052	0,035	0,00033	—	0,00033	—	—	7,8	26
*	Sokobanja »Moravice«	0,0	329	16	14	86	21	8	3,7	0,014	—	0,028	0,13	0,01	0,047	0,026	—	—	0,0014	0,003	—	0,001	0,002	0,0047	0,0005	—	0,0007	7,1	36
*	„ (izvor u parku)	0,0	306	14	14	84	16	10,8	3,2	0,014	—	0,03	0,22	0,01	0,044	0,011	—	—	—	0,0025	—	0,0013	0,0013	0,0026	0,0007	0,013	0,0004	7,0	42
*	„ hladna voda »zdravljak«	0,0	513	47	31	156	27	16,8	23,5	0,011	—	0,008	0,22	0,027	0,23	0,11	—	—	0,0078	0,36	0,0016	0,003	0,003	0,003	—	0,062	0,0016	6,9	
	Jošanica (Kopaonik)	72	48	20	17	2	5	55,2	1,2	0,058	0,027	0,016	0,03	0,003	0,027	0,0067	0,032	—	—	0,0006	—	0,0003	0,0008	0,0027	—	0,0003	0,0009	8,0	80
	Koviljača (Loznica)	0,0	854	16	128	124	64	170	7,8	0,20	0,002	0,066	0,35	0,033	0,039	0,033	—	—	—	0,0066	—	0,004	0,002	—	—	0,002	0,0013	7,1	30—3
	Beljanica (Žagubica)	0,0	366	28	10	106	15	7	0,5	0,012	0,005	0,005	0,15	0,017	0,0016	0,37	—	—	0,04	0,018	0,0016	0,01	0,0026	—	—	0,012	0,002	7,1	
	Vranjska banja	0,0	488	560	52	26	27	285,1	11,3	0,58	0,063	0,24	1,15	0,014	5,04	7,20	—	—	0,0045	0,0027	0,0027	0,26	0,0018	—	0,0045	—	0,0045	7,0	97
	Bujanovačka banja (Rakovačko vrelo)	0,0	3233	330	56	36	39	1012	41,4	1,32	0,09	0,88	1,33	—	0,44	0,11	—	—	0,0044	0,0066	—	0,0066	—	—	—	—	—	6,9	25
	Prolom, Prokuplje									0,004	—	0,006	0,05	0,03	0,27	0,015	—	0,004	0,0009	0,004	0,0006	0,006	0,002	0,0003	—	0,01	0,004		
	Ribarska banja	24	122	170	7	4	34	80,5	1,3	0,13	0,012	0,032	0,70	0,03	0,04	0,02	—	—	0,0008	0,002	—	0,003	0,0036	0,002	—	—	0,0004	8,2	41,
	Niška banja	0,0	256	14	21	70	18	13,9	0,9	0,022	0,01	0,004	0,22	0,016	0,018	0,012	—	—	0,001	0,002	—	0,0004	0,001	0,022	—	0,0004	0,0005	7,4	34—3
	G. Toplica (Mionica)	0,0	366	14	10	72	33	16	1,0	0,11	0,08	0,019	0,28	0,03	0,09	0,04	—	0,005	0,004	0,008	0,003	0,004	0,002	0,0009	0,0006	0,0056	—	7,1	26—2
	Savinac (Takovo)	0,0	451	105	8,5	85	54	28	2,3	0,18	0,22	0,066	0,35	0,036	0,047	0,036	—	—	—	0,0066	0,01	0,0066	0,0015	—	—	0,0022	—		26
	Brđani (G. Milanovac)	0,0	964	120	42	60	144	80	1,7	0,31	0,11	0,018	0,14	0,025	0,014	0,014	—	—	—	0,0042	—	0,028	0,002	—	—	0,099	—		
	Mlakovac (G. Milanovac) (N=4)	0,0	427	65	14	80	36	24,5	3,0	0,27	0,50	0,065	0,52	0,10	0,052	0,10	—	0,0065	—	0,008	0,0032	0,023	0,002	—	0,0001	—	—		26
	G. Trepča (N=4)	0,0	378	16	8,5	55	43	6,3	1,3	0,03	0,27	0,03	0,19	0,036	0,21	0,019	—	0,016	—	0,004	0,004	0,002	0,0016	—	0,0001	0,001	0,0005	7,4	26—
	Sirča I (Kraljevo), česma	12	586	140	35	32	108	82,8	2,3	0,18	0,12	0,03	0,26	0,022	0,009	0,063	—	0,007	0,002	0,002	0,002	0,007	0,006	—	0,0009	0,011	0,009	7,5	16
	Sirča II, izvor									0,065	0,06	0,065	0,58	0,017	0,52	0,083	—	—	0,017	0,008	0,029	0,029	0,0007	—	0,0007	—	—		

* Ne pripada Šumadijskom tipu.

Kao što se vidi visoki sadržaji stroncijuma otkriveni su i u vodama šumadijskog i panonskog tipa, ali su najveći sadržaji ipak vezani za vode prvog tipa (Vrnjačka banja i dr.) što sigurno nije zakonitost.

Tabela 3.

Uporedni težinski odnosi (mg/l) alkalnih elemenata u termalnim i mineralnim vodama šumadijskog tipa Srbije

Lokalnost	K/Cs	K/Rb	K/Na	M/Cs (× 1000)	Mg/Cl
G. Trepča hidrokarbonatna, Mg—Ca	5	43	0,20	2,0	5,0
Mlakovac, hidrokarbonatna, Ca—Mg	6	46	0,12	1,3	2,4
Savinac, hidrokarbonatno-sulfatna Ca—Mg i Mg—Ca	10	34	0,08	3,3	6,3
Mataruška banja, hidrokarbonatna, Na—Mg	11	27	0,05	1,3	1,7
Ribarska banja, sulfatno-hidrokarbonatna, Na—Mg	11	40	0,01	33,3	4,8
G. Toplica, hidrokarbonatna, Ca—Mg	12	52	0,06	5,8	3,3
Brđani (hladna), hidrokarbonatna, Mg	15	94	0,02	12,8	3,4
Sirča (hladna), hidrokarbonatno-sulfatna, Mg—Na	19	76	0,02	7,5	3,0
Jošanička banja, hidrokarbonatna, Na	40	75	0,02	10,0	0,3
Bogutovačka banja, hidrokarbonatna, Mg—Ca	50	50	0,06	17,7	6,1
Ovčar banja, hidrokarbonatna, Mg—Ca	66	222	0,10	22,0	7,7
Vrnjci I, hidrokarbonatna, Na—Mg	111	45	0,10	6,3	2,7
Vrnjci II, hidrokarbonatna, Na—Mg	91	35	0,10	4,2	3,4
Beljanica, hidrokarbonatna, Ca	100	100	0,07	106,6	1,5
Lopatnica, hidrokarbonatna, Mg—Ca	163	91	0,04	59,2	2,5
Vranjska banja, sulfatno-hidrokarbonatna, Na	179	47	0,03	28,6	0,5
Niška banja, hidrokarbonatna, Ca—Mg	90	225	0,06	37,0	0,8
Bujanovačko vrelo, hidrokarbonatna, Na	460	47	0,03	45,7	0,6
Koviljača banja, hidrokarbonatno-hloridna, Na—Ca—Mg	3900	118	0,04	66,6	0,5
Sokobanja (Moravica), hidrokarbonatna, Ca—Mg	—	132	0,48		0,8
Sokobanja (izvor u parku), hidrokarbonatna, Ca—Mg	—	140	0,29		1,1
Sokobanja (hladna voda, Zdravljak), hidrokarbonatna, Ca—Mg	—	2937	1,39		0,8

Srebro. Ovaj elemenat je prisutan u vodama oba tipa i to kako u sumporovitim tako i u slabo sumporovitim. Međutim, najveći sadržaji srebra zapaženi su u sumporovitoj vodi iz Brđana. Prisustvo srebra u vodama šumadijskog tipa do sada je otkriveno na više mesta i to: Sirči, Savincu, Ovčar banji, G. Trepči, Beljanici, Koviljači, Jošaničkoj i Sokobanji, G. Toplici, Niškoj i Prolom banji. Sadržaji srebra u ovim vodama kreću se od 0,099 (Brđani) do 0,0003 mg/l (Jošanica). U panonskom tipu voda srebro je takođe vrlo često, a sadržaji mu se kreću od 0,004 (Palić) do 0,0013 (V. Rusanda — bunar).

Olovo je za sada otkriveno samo u vodama šumadijskog tipa i to u G. Trepči, Ovčar banji, Sirči, Mlakovcu, G. Toplici i Prolom banji. Najveći sadržaji utvrđeni su u vodama iz G. Trepče (do 0,016) i Prolom banje (do 0,004 mg/l).

Bakar. U šumadijskom tipu voda bakar jedino nije konstatovan u Bujanovačkoj banji. Mada u vodama panonskog tipa ovaj metal nije uvek ispitivan, njegovo prisustvo je utvrđeno u vodama iz V. slatine, Oknja, Melenaca, Palića, Slankamena, Barande, Rusande i Novosadske slatine. U talozima panonskih voda bakar je skoro redovno prisutan, pa se opravdano pretpostavlja da bi detaljnija ispitivanja ovog elementa otkrila njegovo prisustvo u većini voda ovog tipa. Najveći sadržaj bakra zapažen je u vodi iz Palića, gde on iznosi 0,015 mg/l. Takođe su relativno visoki sadržaji u vodi iz Velike i Novosadske slatine (0,005 mg/l), kao i Slankamenske banje (0,007 mg/l). U oba slučaja radi se o vodama panonskog tipa. U šumadijskom tipu najviši sadržaji zapaženi su u vodi iz Sirče (do 0,006 mg/l), zatim Ovčar banje (do 0,004 mg/l), Ribarske banje (do 0,0036 mg/l) i Vrnjačke banje (do 0,0030 mg/l). Najniži sadržaji su u Bogutovačkoj i Lopatničkoj banji.

Nikl. U vodama panonskog tipa zapažen je samo u Rusandi (0,003) i Paliću (0,01 mg/l), ali je u njihovim talozima često prisutan. U šumadijskom tipu voda nikl je čest, a odsutan je u vodama iz Brđana. G. Toplice, Mataruške, Bogutovačke, Bujanovačke, Ribarske, Jošaničke, Koviljače i Niške banje. Najveći sadržaj nikla utvrđen je u vodi iz Sirče (do 0,029 mg/l), a najniži u Prolom banji (do 0,0006 mg/l).

Kobalt. U panonskim banjama nije konstatovan, ali je u njihovim talozima vrlo čest. U šumadijskom tipu voda odsutan je u Vrnjačkoj, Ribarskoj, Bogutovačkoj, Bujanovačkoj, Niškoj, Jošaničkoj, Koviljači, Beljanici i Prolom banji, kao i u vodama iz Brđana i Savinca. Najveći sadržaji zapaženi su u Vranjskoj banji (do 0,0045 mg/l), a najniži u Mlakovcu i G. Trepči (do 0,0001 mg/l).

Hrom je veoma čest u vodama šumadijskog tipa, a najveći sadržaji ovog metala otkriveni su u vodama Ovčar banje (do 0,016), zatim G. Toplice, Sirče, Savinca, Bujanovca i Bogutovačke banje (0,008—0,0066 mg/l). Sadržaj hroma najniži je u Jošaničkoj banji (0,0006 mg/l).

U Vojvodini hrom je konstatovan u svim vodama koje su ispitivane na ovaj metal. Najviši sadržaji hroma otkriveni su u vodi iz Novobečejske slatine (do 0,34 mg/l), a najniži u Novosadskoj slatini (0,003 mg/l). U talozima voda panonskog tipa hrom je skoro redovno prisutan.

Vanadijum je konstatovan u skoro svim vodama panonskog tipa, u kojima je ispitivan sadržaj ovog elementa. U vodama šumadijskog tipa zapažen je u Prolom banji, Sirči, G. Trepči, Ribarskoj, Jošaničkoj, Koviljači, Beljanici, Niškoj i Sokobanji. U panonskim vodama sadržaji vanadijuma se kreću od 0,052 (V. Rusanda) do 0,002 mg/l (Novosadska slatina). U talozima (sedimenti) panonskih voda vanadijum je skoro uvek prisutan, a njegovi sadržaji iznose i do 70 gr/t. Sadržaji vanadijuma u vodama šumadijskog tipa, tamo gde je otkriven, kreću se od 0,0004 (Prolom banja) do 0,004 mg/l (Ribarska banja). Treba takođe istaći da u ovom tipu voda vanadijum često uopšte nije prisutan, što je sasvim i prirodno.

Tabela 4

Uporedni težinski odnosi elemenata u hladnim vodama panonskog tipa

Lokalnost	K/Cs	K/Rb	K/Na	Mg/Cl
Rakitaš (Opovo)	28,4	3,3	0,0010	0,21
Novosadska slatina	—	—	0,0700	2,10
M. Rusanda	—	—	0,0010	0,91
V. Rusanda	—	—	0,1010	1,46
N. Bečejska slatina	—	—	0,0002	0,21
Baranda	—	—	0,0140	0,30
Slankamenska banja (N. Pazova)	—	—	0,0690	0,02
Palić (Subotica)	—	205	0,2119	0,43

Molibden nije otkriven u vodama panonskog tipa, dok se u šumadijskom tipu često javlja i to u Niškoj (0,022), Sokobanji (0,003), Jošanici (0,0027), Ovčar banji (0,003), Ribarskoj banji (0,0024), G. Toplici (0,0009) i Prolom banji (0,0003 mg/l).

Kalaj je za sada dokazan samo u vodi iz Savinca, gde njegov sadržaj iznosi do 0,007 mg/l.

Volfram je zapažen jedino u vodi iz Jošaničke banje, gde mu sadržaj iznosi 0,032 mg/l.

U vezi prisustva mikroelemenata u opisanim vodama, treba takođe ukazati na mogućnost da je izvesna količina istih vezana za suspenziju čestica, koje se nisu mogle odstraniti iz vode filtracijom. Ovo može da se odnosi i na bazičnu grupu mikroelemenata (V, Fe, Cr i dr.). Ipak glavna količina otkrivenih elemenata je u obliku rastvornih jedinjenja, naročito kada su u pitanju alkalni elementi.

Poreklo ispitivanih elemenata

Poznato je da se poreklo toplih voda još uvek zasniva na pretpostavkama pa zato ništa manje nije neizvesno ni poreklo njihovih sastojaka. Prema dosadašnjim podacima prisutne su dve teorije — magmatska i epigenetska. Po prvoj prinos hemijskih elemenata vrše magmatske pare i

gasovi pod pritiskom, a po drugoj hemijski sastav toplih voda se obrazuje putem ispiranja iz stena kroz koje prolaze na putu prema površini ili dok se stvara podzemni rezervoar. Mnogi autori su skloni kombinovanju obe mogućnosti. Jer, smatra se da odnos koncentracije Cs, Li i dr. elemenata u vodi i stenama kroz koje se filtriraju ili prolaze vode, nikako ne može da opravda prisustvo visokih sadržaja ovih elemenata u termalnim vodama ako su uneti jednostavnim ispiranjem iz okolnih stena (13).

Prilazeći objašnjenju porekla pojedinih elemenata i ovde smo naišli na slične teškoće, posebno u pogledu porekla nekih retkih alkalnih i drugih elemenata.

Litijum. U panonskim vodama, pored toga što prati ležišta nafte (33), sigurno je da i epigenetski deo rasejanog Li igra vidnu ulogu u njegovom balansu. U šumadijskom tipu voda, naprotiv, njegova pojava se vezuje i za mlađi vulkanizam koji je dao vode ovog sastava.

Cezijum i rubidijum predstavljaju, zajedno sa litijumom, grupu retkih metala koji se udružuju u različitim uslovima, pa se može reći da su u šumadijskom tipu njihove glavne količine vulkanskog porekla, dok u panonskom tipu ovi elementi, kao i litijum, verovatno prate i ležišta nafte. Treba ipak istaći da je u ovom poslednjem slučaju cezijum vrlo redak. S obzirom na sve cezijum se pokazuje kao karakterističan indikator za recentne termalne vode vulkanskog porekla (3, 4).

Stroncijum. Prisustvo ovog elementa u oba tipa banja objašnjava se na isti način kao i prisustvo gore navedenih alkalnih mikroelemenata. Stroncijum je s jedne strane delom vezan za mladi vulkanizam koji je dao banje šumadijskog tipa, a sa druge strane prati ležišta nafte (33), odnosno naftne slane vode, gde dolazi do izražaja ispiranje i migracija iz okolnih sedimenata. Na sličan način treba protumačiti i shvatiti poreklo barijuma u oba tipa voda.

Olovo je za sada utvrđeno samo u vodama šumadijskog tipa i ono je proizvod vulkanskih akcija koje su dale hidroterme ovog tipa.

Slično olovu *srebro* je u šumadijskom tipu voda proizvod hidrotermi, a u panonskom tipu ono je ispirano iz okolnih stena i sedimenata od strane ispitivanih voda.

Nikl i *kobalt.* Prvi je otkriven u vodama oba tipa, mada je u panonskom tipu redak (Rusanda, Palić). U šumadijskom tipu nikal i kobalt su verovatno najvećim delom regenerisani iz serpentinita koji po pravilu prate šumadijske banje, utiskujući se hladno duž rasednih struktura. Cirkulišući kroz ove rasede, duž kojih su se serpeniniti utiskivali, ove vode mogu u manjoj ili većoj meri da rastvaraju nikal i kobalt iz navedenih stena, ili čak i iz vulkanita. Slične pojave su moguće i u panonskom tipu voda.

Hrom iz panonskih voda prati i ležišta nafte (33), ali je kao i drugi elementi uglavnom proizvod i epigenetske preraspodele. U šumadijskom tipu voda ovaj elemenat je znatnim delom regenerisan iz serpentinita, bazičnih i kiselih vulkanskih stena ili sedimenata. Pa ipak, serpentiniti su glavni izvor hroma »šumadijskih« mineralnih i toplih voda, jer ove stene konstantno prate razlomne zone u kojima se one javljaju. Treba takođe

napomenuti da leucitske i kisele vulkanske stene mogu da sadrže izrazito povećane količine ovog elementa (tab. 2, 5).

Vanadijum je pre svega konstatovan u vodama panonskog tipa i to u najvećim sadržajima. On je ovde pored normalnog rasejavanja i ispiranja iz podloge, genetski verovatno vezan i za ležišta nafte (33). U šumadijskom tipu voda vanadijum se ne javlja često i uglavnom je produkt procesa iznošenja iz ultrabazičnih, bazičnih, kao i nekih alkalnih vulkanskih, odnosno leucitskih stena. Dosadašnji podaci, iako malobrojni, ukazuju na povećan sadržaj vanadijuma u ovim stenama, pa je ova pretpostavka utoliko verovatnija.

Razlog što se poreklo sadržaja hroma, vanadijuma, a delom nikla i kobalta znatnim delom vezuje za bazične stene leži i u činjenici da serpentiniti sa oboda Čačansko-kraljevačkog rova sadrže i do 1500 gr/t nikla, 650 gr/t hroma i povećane sadržaje kobalta i vanadijuma. Obogaćenje bazičnih stena ovom grupom elemenata je opšte poznato i za njih karakteristična geohemijska osobina.

Molibden se mestimično javlja počev od Belanovičko-mioničkog rova na severu do Jastrebca na jugu, što će reći u regionu poznatom po intenzivnom mladom vulkanizmu. Zato se njegovo poreklo uglavnom pripisuje juvenilnom dovodu i to utoliko pre što neki vulkaniti iz ovog regiona sadrže povećane koncentracije molibdena.

Kalaj se za sada izuzetno sreće i o njemu se ne može nešto određenije reći. Ipak, on je ili juvenilan ili proizvod regeneracije. Interesantno je pri tom ukazati na upadljivo povećane sadržaje kalaja u nekim boračkim vulkanitima (8).

Volfram je otkriven samo u vodi iz Jošaničke banje i o njemu se ne može određenije govoriti. Ipak može samo da se pretpostavi da je on ispran iz okolnih stena (granodiorita) na području ovoga hidrotermalnog sistema.

Treba istaći da pitanje porekla Sn i W ostaje i dalje otvoreno s obzirom da je potrebno imati mnogo više podataka za konačnu ocenu njihovog porekla, jer nije isključeno da su oba ova elementa samo produkt regeneracije. Ova postavka bi se delom mogla odnositi i na molibden. Ustvari, takvo tvrđenje je isto toliko teško dokazati, kao i osporiti primarni prinos hidrotermalnim putem iz magmatskih izvora koji je verovatniji.

Najzad, da napomenemo da se ni u jednom slučaju ne može isključiti delimično rastvaranje i iznošenje elemenata iz okolnih stena i sedimenata ispitivanim vodama, ali u pogledu, na primer, retkih alkalnih i drugih elemenata, ova rastvaranja verovatno nisu bila od bitnog značaja.

Opšte genetske karakteristike

U genetskom pogledu jasno se izdvajaju dva tipa voda i to:

a) Panonski tip i
b) Šumadijski tip.

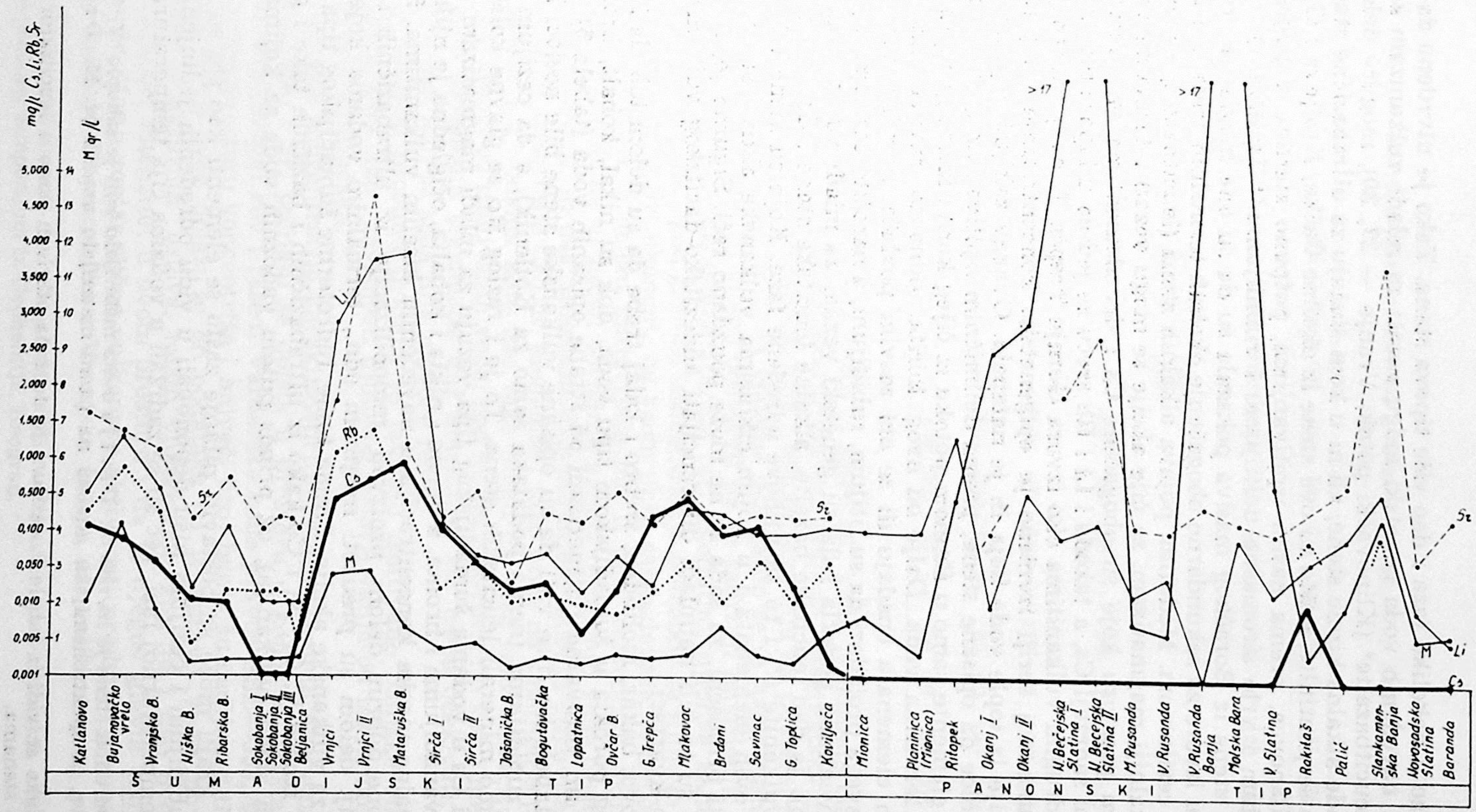
U *panonski tip* spadaju sve ispitivane vode Panonskog basena i njegovog južnog oboda uključujući i vode iz okoline Beograda i Mionice, izu-

zev vode G. Toplice. Ove vode ustvari mestimično predstavljaju pratioce ležišta nafte (33) u opisanom regionu i po pravilu pripadaju tipu hladnih voda. Uvek se pri tom radi o slanim vodama, i uglavnom visoko mineralizovanim. Litijum i rubidijum ovde direktno prate ležišta nafte (33). Panonske vode se mešaju sa površinskim i podzemnim descedentnim vodama, usled čega i sadržaji pomenutih elemenata variraju u manjoj ili većoj meri, pošto su descedentne vode uglavnom sterilne u pogledu na navedene elemente. Kao normalne pratioce panonskog tipa voda treba tretirati i hrom, vanadijum i bakar, kao i još neke elemente koji su prisutni u ovim vodama uglavnom u tragovima.

U Panonskom basenu se javljaju i tople vode iz bušotina o čijem mikro-sastavu nema podataka. Zato je dosta teško doneti bilo kakvu određeniju ocenu porekla mikro-sastava u vodama ovog regiona.

U vezi sa ovim neophodno je istaći da proučavanje porekla elemenata, čak i u hladnim vodama panonskog tipa vezanim za naftna područja, zahteva sistematska ispitivanja. To se pre svega odnosi na geohemijska ispitivanja nafte, pratećih voda iz naftnih bušotina kao i pomenutih toplih voda iz dubljih nivoa Panonskog basena.

Šumadijski tip. Glavne koncentracije litijuma, rubidijuma, cezijuma i stroncijuma karakterišu vode šumadijskog tipa. Ovi elementi su prisutni u skoro svim ispitivanim banjama koje se nalaze južno od Belanovičko-mioničkog tektonskog rova (na osnovu dosadašnjih ispitivanja i dobijenih rezultata). Unutar samog rova zapažene su pojave voda kako šumadijskog tako i panonskog tipa. Južno od goreopisanog tektonskog rova, pa sve do Bujanovca, pojavljuju se vode koje sadrže jače ili slabije zastupljene sve navedene alkalne elemente. Ova činjenica, već sama po sebi, odbacuje pretpostavku o potpunom preuzimanju navedenih elemenata iz okolnih stena. Jer, ovakav proces u svakom hidrotermalnom sistemu posebno zahtevao bi ispiranje stena na velikom prostoru da bi se njihov sadržaj održavao u određenim granicama. Prema tome, pretpostavka o obogaćenju termalnih voda, naročito alkalnim elementima, putem ispiranja iz okolnih stena nije verovatna, a posebno ako se uzmu u obzir geološko-strukturne i petrohemijske karakteristike područja na kome se one javljaju. Pored toga, treba istaći da se u nekim od ovih voda javljaju i drugi metali i to srebro, bakar, olovo, pa čak i molibden, čije prisustvo takođe ide u prilog pretpostavci o juvenilnom karakteru i pretežno primarnom prinosu elemenata. Karakteristično je pri tome da se vode šumadijskog tipa koje sadrže ove metale uglavnom ne nalaze u zonama pojavljivanja rudnih ležišta Pb, Zn, Cu i Ag, što isključuje mogućnost znatnijeg preuzimanja ovih elemenata ispitivanim vodama. Glavne koncentracije litijuma, rubidijuma i cezijuma zapažene su u vodama koje se nalaze u prostoru ukrštanja Čačansko-kraljevačkog rova i raseda Vardarske zone pravca SSZ—JJI (prilog 1), dok su van ovog prostora utvrđene neravnomerne ili relativno niske koncentracije naročito cezijuma (sl. 3). Sadržaji pojedinih elemenata su čak donekle zavisni od toga za koju su rasednu zonu vezane navedene vode, tj. od pravca raseda, što govori da i opisane šumadijske vode, i ako sve relativno mlade, vremenski se razlikuju i vezane su za strukturne jedinice različite starosti. Sve ove »šumadijske vode«, kao i rasedi duž kojih cirkulišu pripadaju određenom vulkanskom ciklusu, koji



Sl. 3. — Varijaciona kriva sadržaja Cs, Li, Rb, opšte mineralizacije voda (M) i Sr u vodama šumadijskog i panonskog tipa.

se odvijao u nekoliko faza i dao više tipova stena. Tako je utvrđeno da se neke od navedenih voda genetski mogu vezati za mladi vulkanizam koji je dao leucitbazalte* (Klinovački potok, Vranje — 27, 30), moguće delom i za mlade alkalne kisele stene, ali ni u kom slučaju za ultrabazične stene, odnosno serpentinite, pošto su ove stene iz okoline Čačka, Kraljeva i Gornjeg Milanovca, prema našim ispitivanjima, potpuno sterilne u pogledu na cezijum i vrlo siromašne u litijumu i rubidijumu.** Ispitivanja vulkanskih stena iz Boračkog masiva pokazala su da su one mogle da predstavljaju izvore za sekundarno obogaćenje okolnih termalnih voda Li i Rb, ali ne i cezijumom. Međutim, pojava alkalnih stena (leucitbazalt) ukazuje i na alkalniji magmatizam, za čije akcije se mogu vezati i termalne vode na ovom prostoru koje su obogaćene Cs i dr. elementima (4). Ustvari, povećani sadržaji Cs, a takođe i Li i Rb sreću se jedino u laporcima, tufovima i drugim vulkanitima oko izvora Gornje Trepče. U ovoj vulkanogeno-sedimentnoj seriji izvršeno je epigenetsko koncentrisanje Cs putem adsorpcije iz tople vode koja ih je natapala. Ovakav zaključak proizilazi iz činjenice da opisane stene, prema delimičnim ispitivanjima, sadrže navedene elemente samo u Besnom potoku iz čijeg korita izvire gornjotrepčanska termalna voda. Dalje od ovog korita, odnosno raseda, sadržaji alkalnih elemenata opadaju ili se oni sasvim povlače, naročito cezijum.

Iz svega proizilazi da su litijum, rubidijum, a naročito cezijum, uglavnom juvenilnog porekla i da su genetski vezani za mlađi vulkanizam (3, 4, 5) koji je dao leucitske bazalte, alkalne leucitske stene i dr., delom za kisele vulkanite (?) i to za njihove određene faze. Koje su stene bili donosioci ovih elemenata i u kojim ciklusima vulkanske aktivnosti su ovi elementi prinošeni, za sada se ne može pouzdano reći. Sigurno je, međutim, da su to bili najmlađi diferencijati andezitsko-dacitskog vulkanizma (pliocen-kvartar).

Olovo, bakar, molibden, srebro i kalaj treba da su delom takođe i juvenilnog porekla u šumadijskom tipu voda, dok su nikal, kobalt, hrom i vanadijum verovatno regenerisani od strane opisanih voda (tabela 5).

Iz tabele br. 5 se vidi da su opisane vulkanske stene bile nosioci litijuma i rubidijuma (nema podataka samo za Kotlenik), a da cezijum sadrže samo minerali leucitskih stena. To je i razlog što se glavne količine Li, Rb i Cs u vodama šumadijskog tipa vezuju za mlađi magmatizam. Što se tiče vanadijuma i hroma, a delom i nikla i kobalta, očigledna je njihova nenormalno visoka koncentracija u navedenim kiselim vulkanitima. Stoga su one dobrim delom proizvod remobilizacije iz ultrabazičnih i dr. stena, tj. delom su preuzeti magmom odn., termalnim vodama koje su vezane za vulkanske akcije. Prema tome, hidroterme šumadijskog tipa delimično iznose V, Cr, Ni i Co kako iz ultrabazičnih i bazičnih tako i gore opisanih stena (vulkanita), uz prinos putem vadoznih voda sa kojima se mešaju.

Na kraju može se postaviti pitanje zašto se elementi kao što su litijum, rubidijum i cezijum nisu deponovali u vidu određenih jedinjenja u visokotemperaturnoj fazi, već su se zadržali u vodama čija temperatura po

---

* Odredbu stene je izvršio S. Divljan na materijalu koji je sakupio V. Vujanović, a spektrohemijsku analizu na istom materijalu uradila je M. Dromnjak.

** Kako se vidi iz tabele 5, cezijum je do sada otkriven samo u leucitskim vulkanskim stenama.

Tabela 5

Sadržaji mikroelemenata u nekim vulkanitima Srbije
(u gr/t)

	Li	Rb	Cs	Sr	Pb	Cu	Ag	Ni	Co	V	Cr	Mo	Sn
Leucit bazalt Klinovac, Vranje	70	150	100	2500	400	32	tr.	70	10	120	250	—	—
Leucitske stene, okol. Gnjilana: leucit	6	1572	140										
analcim	16	3673	620										
Vulkaniti* Rudnika, daciti, andeziti	477	3160	—	2300	100	28	—	56	11	80	316	8	—
Vulkaniti Kopaonika, daciti, andeziti, trahiti i tufovi	316	1130	—	3000	500	63	—	178	12	150	142	16	—
Borački masiv, daciti, andeziti i piroklastiti	170	1000	—	1500	280	32	—	85	10	100	500	56	90
Kotlenički masiv, andeziti			—	800	500	20	—	20	10	56	316	—	—

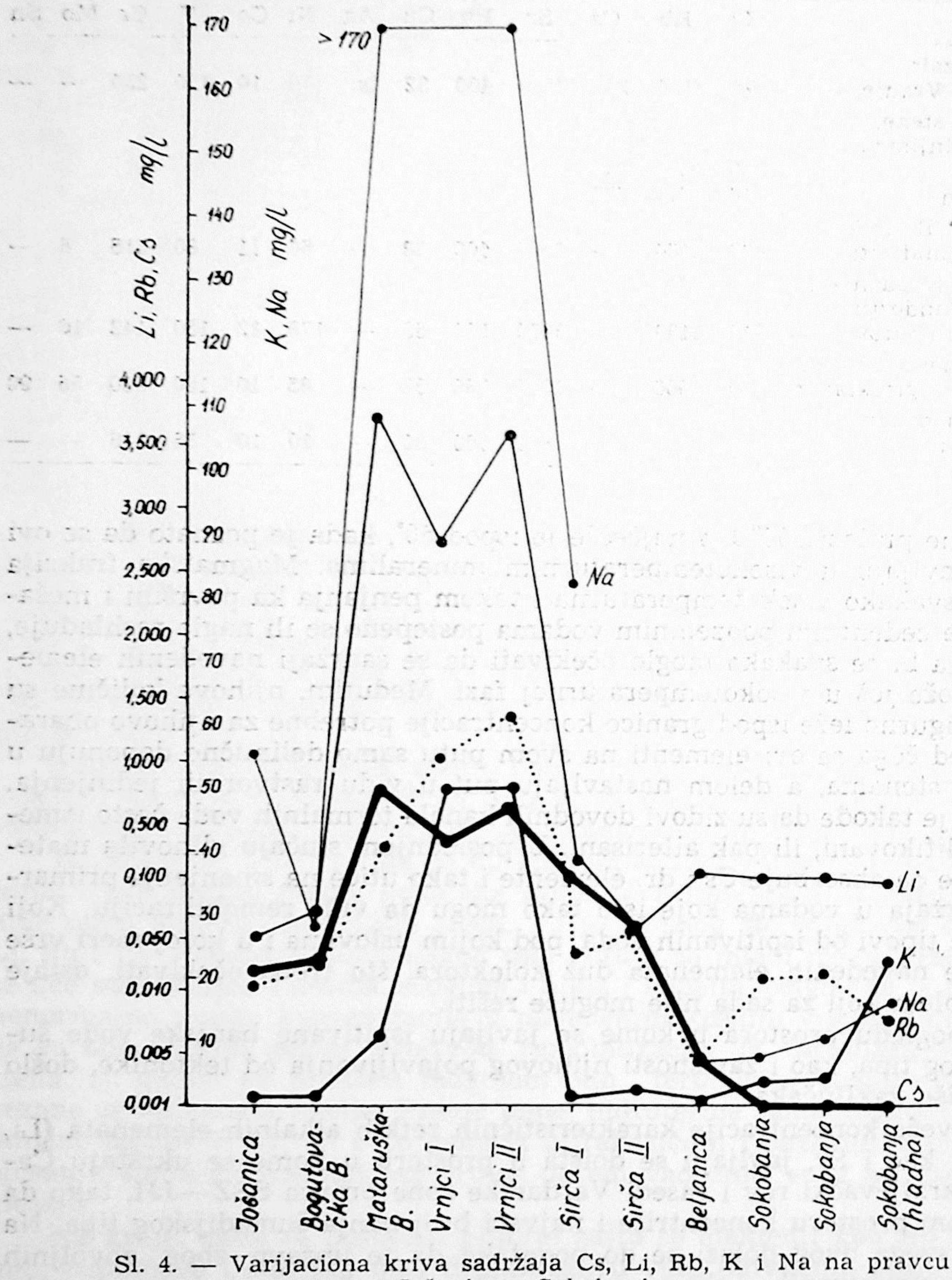
pravilu ne prelazi 100°C, a najčešće je ispod 50°, kada je poznato da se ovi metali javljaju u visokotemperaturnim mineralima. Magmatska frakcija vode je svakako visokotemperaturna i tokom penjanja ka površini i mešanja sa descedentnim podzemnim vodama postepeno se ili naglo rashlađuje, zbog čega bi se svakako moglo očekivati da se sadržaji navedenih elemenata odlože još u visokotemperaturnoj fazi. Međutim, njihove količine su niske i sigurno leže ispod granice koncentracije potrebne za njihovo obaranje, usled čega se ovi elementi na svom putu samo delimično deponuju u okolnim stenama, a delom nastavljaju put u vidu rastvornih jedinjenja. Poznato je takođe da su zidovi dovodnih kanala termalnih voda često izmenjeni, silifikovani, ili pak alterisani. U poslednjem slučaju glinovita materija može da absorbuje Cs i dr. elemente i tako utiče na smanjenje primarnog sadržaja u vodama koje isto tako mogu da vrše remobilizaciju. Koji hemijski tipovi od ispitivanih voda, pod kojim uslovima i u kojoj meri vrše ispiranje navedenih elemenata duž kolektora, što treba očekivati, ostaje kao problem koji za sada nije moguće rešiti.

U pogledu prostora u kome se javljaju ispitivane banjske vode šumadijskog tipa, kao i zavisnosti njihovog pojavljivanja od tektonike, došlo se do više zaključaka.

Najveće koncentracije karakterističnih retkih alkalnih elemenata (Li, Rb, Cs), kao i Sr, javljaju se doista u prostoru u kome se ukrštaju Čačansko-kraljevački rov i rasedi Vardarske zone pravca SSZ—JJI, tako da se u ovom prostoru koncentriše i najveći broj banja šumadijskog tipa. Na osnovu svega ovog dolazi se do podataka da je upravo zbog povoljnih geološko-strukturnih uslova, mladi vulkanizam koji je i dao ove vode, imao najveći intenzitet u ovom prostoru i da je njegov glavni centar bio baš ovde. Manji centar slične vulkanske aktivnosti predstavlja zona u kojoj se javljaju Bujanovačka i Vranjska banja, ali veličina ovog prostora

* Vidi: Maksimović Z. i Terzić M., 1965: — Geohemija vulkanskih stena Rudničkih planina, Simpozijum iz Geohemije, Beograd.

za sada nije poznata. Ovde treba istaći da se u okolini Vranja i Bujanovca javljaju cezijumonosne-leucitske stene (Klinovac, Gnjilane i dr.), pa se za tu magmatsku fazu vezuju mineralne i termalne vode šumadijskog tipa.



Sl. 4. — Varijaciona kriva sadržaja Cs, Li, Rb, K i Na na pravcu Jošanica — Sokobanja.

Ako posmatramo regionalno raspodelu sadržaja nekih karakterističnih elemenata u ispitivanim vodama (Li, Rb, Cs, Sr), naročito cezijuma kao najkarakterističnijeg pratioca šumadijskog tipa voda, vidi se da su one, i ako se ove vode pojavljuju kako u Vardarskoj zoni u užem smislu (Katla-

novo) i njenom Severnom prostoru kroz Srbiju, prisutne i unutar Srpsko-makedonske mase dopirući do Karpatsko-balkanskog luka. Sadržaji karakterističnih elemenata, naročito cezijuma, međutim, opadaju u pravcu i kroz Srpsko-makedonsku masu, a prema Karpatsko-balkanskom luku se svode na minimum (sl. 4). To znači da je Karpatsko-balkanska geotektonska jedinica bila uglavnom rezistentna u toku vulkanskih akcija koje su dale vode šumadijskog tipa i da se u njoj navedene vulkanske akcije verovatno završavaju. U Vardarskoj zoni u užem smislu sadržaji karakterističnih elemenata su znatno niži od onih u vodama koje se javljaju u prostoru ukrštanja gore pomenutih raseda, ali ispitivana voda iz Vardarske zone (Katlanovo) pokazala je neke hemijske osobine karakteristične za vode šumadijskog tipa, pa ovakve vode treba očekivati i dalje kroz Vardarsku zonu, tj. južno od Katlanovske banje. U zapadnom pravcu granica pojavljivanja voda šumadijskog tipa nije utvrđena. Na severozapadu hemizam vode iz banje Koviljače ide u prilog zaključku da na ovom pravcu treba uskoro očekivati povlačenje voda šumadijskog tipa, dok je očigledno da Belanovičko-mionički tektonski rov prema severu, predstavlja granicu pojavljivanja šumadijskog tipa voda koje se manifestuju na površini. Ovde je potrebno istaći da nije isključeno da se severnije od Gornje Trepče i G. Toplice ispod debelog pokrivača sedimenata Panonskog, zatim u području Aranđelovačkog basena i dr. nalaze vode šumadijskog tipa. Ovo će biti predmet daljih regionalnih utvrđivanja rasprostranjenja cezijumonosnih termalnih, termomineralnih i mineralnih voda.

(Predato za štampu jula 1971. god.)

LITERATURA

1. Andelković M., 1966: — Rasprostranjenje šumadijske zone prema severu i jugu i njena geotektonska pripadnost. Zap. Srp. geol. društva za 1963. god., Beograd.
2. Anđelković M., 1967: — Šumadijska zona — stratigrafija, paleogeografija, magmatizam i tektonika. Geol. Anal. B.P., knj. XXXIII, Beograd.
3. Arsenijević M., 1969: — Cezijum i drugi alkalni elementi u toplim izvorima (Gornja Trepča i Mlakovac). Radovi IGRI, sv. 6, Beograd.
4. Arsenijević M. i Teofilović M., 1969: — Neke geohemijske i geološke karakteristike Gornje Trepče. Ibid.
5. Arsenijević M., 1969: — Prethodno saopštenje o sadržaju mikroelemenata u izvorima Savinac i Brđani (G. Milanovac). Ibid.
6. Arsenijević M., 1970: — Osnovne geohemijske odlike vode termalnih izvora Gornje Toplice (Vrujci). Vesnik Zavoda za geol. i geofiz. istraživanja (u štampi), sv. A, br. 29, Beograd.
7. Arsenijević M., 1967: — Prethodna razmatranja raspodele berilijuma, kalaja, niobijuma i molibdena u mineralima granitoida kao indikatora geohemijskih polja u oblasti Dinarida i Karpato-balkanskog luka. Radovi IGRI, sv. 3, Beograd.
8. Antonović A., 1968: — Proučavanje vulkanita Jugoslavije. Fond str. dok. IGRI, Beograd.
9. Domiani V. A. i Maretti A., 1969: — Italien Thermal and Mineral Springs XXIII Geol. Congress, Prague.
10. Đurović R., 1960: — Definicija i klasifikacija termalnih, termomineralnih i mineralnih voda. Zavod za geol. i geof. istraživanja. Posebno izdanje, br. 5, Beograd.

11. Đurović R., 1963: — Hidrogeološka sistematizacija termomineralnih voda. Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraživanja, knj. III, Beograd.
12. Đurović R., 1965: — Hidrogeološke zakonitosti rasporeda termomineralnih voda SR Srbije. Rudarstvo, geologija i metalurgija, br. 1, Beograd.
13. Ellis J. A., 1960: — The Geochemistry of alkaly metal ions in the Varakei hidrothermal system. Journ. Geol. and Geophisic, № 4, New Zeland.
14. Geohimija sovremenih postvulkaničeskih procesov. 1965: — Zbornik Statej, Moskva.
15. Granlich J. M., 1969: — Eaux minerales et thermales de Belgique. XXIII Inter. Geol. Congress, Vol. 18, Prague.
16. Hadži E., 1964: — Kratak prikaz glavnih crta južnog dela Panonske oblasti. Zap. Srp. geol. društva za 1964. god., Beograd.
17. Kober L., 1952: — Leitlinien der Tektonik Jugoslawiens. Serb. Akad. Wiss. Sd. Bd. CLXXXIX, Geol. inst. Nr. 30, Beograd.
18. Kossmat F., 1924: — Geologie der Zentralen Balkanhalbinsel. Die Kriegschauplätze 1914—1918 geol. dergest. H. 12.
19. Luković M., 1952: — Geologija termalnih izvora Mataruške i Bogutovačke banje. Zbornik radova Geološkog i Rudarskog fakulteta, Beograd.
20. Mikinčić V., 1953: — Geološka karta FNR Jugoslavije i susednih zemalja, razmer 1 : 500.000, Beograd.
21. Milojević N. i Rakić M., 1962: — Prikaz hidrohemijske karte podzemnih voda i hidrohemijske karakteristike podzemnih voda čačanske kotline. III Kongres geologa Jugoslavije, knj. II, Titograd.
22. Milovanović B. i Ćirić V., 1968: — Geološka karta SR Srbije, razmer 1 : 200.000, Beograd.
23. Makarenko A. F. i dr., 1969: — Thermal, Mineral and Industrial Waters of the Soviet Union. XXIII Inter. Geol. Congress, Vol. 18, Prague.
24. Mineral and Thermal Waters of the World. 1968: — Reports of the Twenty third Session Inter. Geol. Congress. Czechoslovakia. Academia, Prague.
25. Petković K., 1958: — Neue Erkentnisse über den Bau der Dinariden. Jahrbuch der Geol. Bundesans, Bd. 101, H. 1, Wien.
26. Ristić S., Arsenijević S. i Milutinović V., 1956: — Spektrohemijski nalaz Rb i Cs u mineralnoj vodi Niške banje. Glasnik hem. društva, sv. 5, Beograd.
27. Ristić P., 1957: — Alkalne stene Gnjilana, Zap. Srp. geol. društva za 1956. god., Beograd.
28. Teofilović M., 1964: — Proučavanje tercijarnih basena SR Srbije. Fond str. dok. IGRI, Beograd.
29. Teofilović M. i Vujanović V., 1971: — Sadržaji litijuma, rubidijuma cezijuma, stroncijuma i drugih elemenata u okolnim stenama i humusu Gornje Trepče (G. Milanovac) i njihovo poreklo. Zap. Srp. geol. društva za 1971. god., Beograd.
30. Vujanović V., 1968: — Procena perspektivnosti SR Srbije u pogledu na retke metale. Fond str. dok. IGRI, Beograd.
31. Vujanović V. i Teofilović M., 1969: — Pelagonidi — geološko-strukturne i petrološke karakteristike, mineraloške i rudne pojave retkih i običnih metala, njihova geneza, metalogenija i perspektivnost. Radovi IGRI, sv. 6, Beograd.
32. Vujanović V., 1970: — Retki metali sa procenom perspektivnosti Jugoslavije. Radovi IGRI, posebno izdanje knj. 3, Beograd.
33. Vujanović V., 1970: — Ispitivanje sadržaja retkih metala u slanim izvorima, vodama i slatinama Bačke, Banata, okoline Beograda i Mionice kod Valjeva. VI Kongres geologa Jugoslavije, Zagreb.
34. Vujanović V., Teofilović M. i Arsenijević M., 1970: — Prethodna regionalna proučavanja nekih mineralnih voda i banja u Srbiji i njihove genetske karakteristike. Zap. Srp. geol. društva za 1970., Beograd.

35. Vujanović V., Arsenijević M i Teofilović M., 1971: — Sadržaji mikroelemenata u termomineralnoj vodi Katlanovske banje kod Skoplja i njena geneza. Zap. Srp. geol. društva za 1971. god., Beograd.

36. Vujanović V., i Teofilović M., 1971: — Genetske karakteristike uranovih i drugih pojava u Kratovsko-zletovskoj oblasti (Makedonija). Ibid.

37. Wite E. D., 1969: — Thermal and Minerals Waters of United States, Brief Review of the possible origin. XXIII Inter. Geol. Congress, Prague.

38. Максимовић, 1971: — Геохимия альпинотипных ультрамафических пород Югославии, МГ Конгрес, Москва.

Summary

V. VUJANOVIĆ, M. TEOFILOVIĆ and M. ARSENIJEVIĆ

REGIONAL STUDY OF BASIC GEOLOGICAL, GEOHEMICAL AND GENETICAL CHARACTERISTICS OF MINERAL WATERS AND SPAS IN SERBIA AND A. P. VOJVODINA

A number of samples from the salt lakes, springs and spas has been spectrochemicaly analyzed, especially for lithium, rubidium, caesium and stroncium. Almost all of examined waters are more or less well known pas.

Geneticaly there are two types of spas:

a) Šumadija type,

b) Panonian type.

To the first type belong the thermal-waters (up to 97°C) of volcanic origine, that are mostly connected to the leucite volcanic rocks. These waters are located in Serbia (between Macedonia and Vojvodina) in two tectonical structures. In the from autors colled »Nord area of the Vardar zone« appear spas Vrnjci, Mataruge, G. Toplica, G. Trepča, Savinac, Mlakovac, Brđani, Sirča, Lopatnica and Bogutovac. Most of them are placed in the NW—SE and NNW—SSE striked fault system, so the waters of the spas Vrnjci and Mataruge are located in the fault WNW—ESE striked. The spas waters occuring in the Serbo-Macedonian massif are placed in the faults NE—SW or E—W striked (Bujanovac, Vranjska, Niška and Ribarska spas).

All waters of the Šumadija type are connected to the very deep faults in which appear serpentinites, formed as »cool intrusions«.

The panonian salt waters occur in the sediments of the Panonian plain (Vojvodina), and they are located in the faults N—S and NNW—SSE striked. These waters are geneticaly connected to the petrol-deposits in this region.

In the most of spas of the Šumadija type the increased contents of lithium, rubidium, caesium and stroncium has been detected, specialy in those of Vrnjci, Mataruge, G. Trepča etc. The lithium contents reach up to 3,9 mg/l (Vrnjci), those of rubidium up to 1,4 mg/l (Vrnjci), caesium 1,0 mg/l (Mataruge) and stroncium 4,7 mg/l (Vrnjci). The other elements

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

like Ag, Pb, Cu, Ni, Co, Cr and V are very often present, but Mo and Sn rarely. The gratest percentage of Li, Rb, Cs, Sr, Pb, Cu, Ag, Mo and Sn is of juvenile origine, genetically connected to the mentioned spas waters, i.e. to the volcanic rocks (often leucitic) of the tertiary and quartary ages.

The lithium, rubidium and caesium contents are almost exclusively connected to the leucitic rocks as only in these rocks caesium have been discovered (after several hundred spectral analyses). The increased contents of caesium in some marls, acidic tuffs and volcanic rocks, are of the epigenetic origin, and they have been discovered only in the vicinity of the caesium-bearing springs.

A considerable part of Cr and V, as well as a part of Ni and Co are remobilised from the ultrabasic and basic rocks, but also from the acidic and alcaline volcanic rocks. It is to be noticed that the latest rocks are often enriched in these elements. The case is probably of a remobilising of mentioned elements from the basic rocks. Generaly there were two stages of remobilising of Ni, Co, Cr and V:

1. Remobilising of elements in basic rocks, executed from the acidic and alcaline volcanic rocks and
2. Remobilising of elements in basic, acidic and alcaline rocks, executed from the thermal waters, that are mostly genetically connected to the leucitic volcanic rocks.

The all elements discovered in the Panonian waters (Li, Rb, Cs, Ni, Co, V, Cr, Cu, Sr etc.) are genetically connected to the salt waters, i.e. petrol-deposits in this region. It is also to be noticed that lithium is almost always present in the panonian waters (up to 1,4 mg/l), rubidium rarely (up to 0,12 mg/l), but caesium extremely rare (up to 0,014 mg/l). In these waters the stroncium contents reach up to 2,0 mg/l).

Depending of the areas, where these mineral waters of »Šumadija type« are located, as well as their relations to the geological structures, the following conclusions may be reached:

The highest concentrations of rare elements (Li, Rb, Cs and Sr) are located in the area where the Čačak—Kraljevo trough intersects with the Kraljevo—Bujanovac fault zone, and where the largest number of »Šumadija type« mineral waters are concentrated. Due to these facts, the authors of this paper conclude that, due to the favorable conditions, the young volcanism that produced these waters, has been the most intense in this area, where its center has been located. A minor center of the same volcanic activity has been located in the zone where the spas of Bujanovac and Vranje are situated, but the exact size of this area is presently not known. It has to be pointed out, that the in the vicinity of Vranje and Bujanovac, there are the leucite rocks, rich in Cs (Klinovac, Gnjilane and others), that the authors connect with the »Šumadija type« mineral waters.

When the regional distribution some of the characteristic elements in the investigated waters, and particularly of Cs, as the most characteristic element in the »Šumadija type« waters, is considered, it may be concluded that, although these waters are located inside the Vardar Zone itself (Katlanovo) and inside its northern extension in Serbia, they are also present inside the Serbo-Macedonian mass, reaching even the Carpatho-

-Balkan range. The characteristic elements, particularly Cs, decrease in concentrations trought the Serbo-Macedonian mass, reaching the minimum inside the Carpatho-Balkan range. It may be concluded that this range, as a geotectonic unit, has been highly resistent during the volcanic activity that produced the »Šumadija type« waters, and where these activity ended. Inside the Vardar zone in the most strictest sense, the concentrations of characteristic elements are much lower, when compared with the waters where the mentioned zones intersect, but the investigations have demonstrated, that the waters from the Vardar Zone (Katlanovo), have the all chemical characteristics of »Šumadija type« waters, and the authors believe that the similar waters may be expected further to the south of Katlanovska banja inside the Wardar Zone. The western extension of the »Šumadija type« waters is not established, but it may be concluded that they do not extend far beyond the zone where, Lopatnička, Bogutovačka and Ovčar Banja are situated. In the NW, the chemistry of the Banja Koviljača waters supports the conclusion that the retreat of »Šumadija type« waters may be expected in near future; the Valjevo—Mionica structural trought in the north apparently represents the boundary of extension of »Šumadija type« waters. It has to be pointed out, that there exists the possibility that the »Šumadija type« waters may be presents as blocked under the thick cover of sediments inside the Panonian Basin, but they were never in position to reach the surface.

PREGLEDNA GEOLOŠKO-TEKTONSKA KARTA DELA SRBIJE IZMEĐU MAKEDONIJE I MAĐARSKE I RUMUNSKE GRANICE

SA MINERALNIM VODAMA I BANJAMA

GEOLOGICAL-TECTONICAL MAP OF A PORTION OF SERBIA BETWEEN MAZEDONIEN AND BOUNDARY OF HUNGARU AND RUMANIA

WITH THE MINERAL WATERS AND SPAS

0 25 50 km

LEGENDA – LEGEND

- ALUVIJUM – ALUVIUM
- LES I DILUVIJALNE GLINE – LOESS AND DILUVIAL CLAYS
- KVARTAR – QUATERNARY
- GORNJI MIOCEN – UPPER MIOCENE
- DONJI PLIOCEN – LOWER PLIOCENE
- MIOCEN UOPŠTE – MIOCENE, IN GENERAL
- GORNJI MIOCEN – UPPER MIOCENE
- SREDNJI MIOCEN – MIDDLE MIOCENE
- NEOGEN – NEOGENE
- GORNJI OLIGOCEN – UPPER OLIGOCENE
- PALEOGEN – PALEOGENE
- GORNJA KREDA – UPPER CRETACEOUS
- DONJA KREDA – LOWER CRETACEOUS
- DONJA JURA (LIJAS) – LOWER JURASSIC (LIASSIC)
- GORNJI I SREDNJI TRIJAS – UPPER AND MIDDLE TRIASSIC
- DONJI TRIJAS – LOWER TRIASSIC
- DIJABAZ-ROŽNJACI I TUFOVI – DIABAS-HORNFELS AND TUFFS
- PERM – PERMIAN
- PERMOKARBON – PERMO-CARBONIFEROUS
- GORNJI KARBON – UPPER CARBONIFEROUS
- PALEOZOIK UOPŠTE – PALEOZOIC, IN GENERAL
- METAMORFNI KREČNJACI NEODREĐENE STAROSTI METAMORPHIC LIMESTONES OF UNDETERMINED AGE
- MIKAŠISTI, AMFIBOLITI SA PRELAZIMA U GNAJS MICASCHISTS, AMPHIBOLITES-TRANZISTING IN GNEISSES
- GNAJSEVI SEDIMENTNOG POREKLA GNEISSES OF SEDIMENTARY ORIGIN
- GRANITI, DIORITI I GRANODIORITI GRANITES, DIORITES AND GRANITOIDES
- ANDEZITI, DACITI, RIOLITI I NJIHOVI TUFOVI ANDESITES, DACITES, RHYOLITES AND THEIR TUFFS
- GABRO GABBRO
- PERIDOTITI I SERPENTINITI PERIDOTITES AND SERPENTINITES
- RASEDI VIDLJIVI (REVERSNI RASEDI I NAVLAKE) VISIBLE FAULTS
- RASEDI POKRIVENI COVERED FAULTS
- RASEDI NAZNAČENI GEOFIZIČKIM ISPITIVANJIMA FAULTS INDICATED BY THE GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS
- UTVRĐENI I PREDPOSTAVLJENI RASEDI OSN.GORJA ISPOD PANONTER PROOFED AND SUPPOSED FAULTS UNDER PANONIAN TERTIARY
- MINERALNE VODE I BANJE PANONSKOG TIPA THE MINERAL WATERS AND SPAS OF THE PANONIAN TYPE
- MINERALNE VODE I BANJE ŠUMADIJSKOG TIPA THE MINERAL WATERS AND SPAS OF THE SUMADIJA TYPE

Centralno područje mineralnih izvora sa maksimalnim koncentracijama retkih alkalnih metala i drugih u Srbiji

The central area of mineral wells containing high concentrations of rare, alkaline and other metals in Serbia

MANIA

WITH THE MINERAL WATERS AND SPAS

0 25 50
km

LEGENDA – LEGEND

- ALUVIJUM – ALUVIUM
- LES I DILUVIJALNE GLINE – LOESS AND DILUVIAL CLAYS
- KVARTAR – QUATERNARY
- GORNJI MIOCEN – UPPER MIOCENE
- DONJI PLIOCEN – LOWER PLIOCENE
- MIOCEN UOPŠTE – MIOCENE, IN GENERAL
- GORNJI MIOCEN – UPPER MIOCENE
- SREDNJI MIOCEN – MIDDLE MIOCENE
- NEOGEN – NEOGENE
- GORNJI OLIGOCEN – UPPER OLIGOCENE
- PALEOGEN – PALEOGENE
- GORNJA KREDA – UPPER CRETACEOUS
- DONJA KREDA – LOWER CRETACEOUS
- DONJA JURA (LIJAS) – LOWER JURASSIC (LIASSIC)
- GORNJI I SREDNJI TRIJAS – UPPER AND MIDDLE TRIASSIC
- DONJI TRIJAS – LOWER TRIASSIC
- DIJABAZ-ROŽNJACI I TUFOVI – DIABAS-HORNFELS AND TUFFS
- PERM – PERMIAN
- PERMOKARBON – PERMO-CARBONIFEROUS
- GORNJI KARBON – UPPER CARBONIFEROUS
- PALEOZOIK UOPŠTE – PALEOZOIC, IN GENERAL
- METAMORFNI KREČNJACI NEODREĐENE STAROSTI
  METAMORPHIC LIMESTONES OF UNDETERMINED AGE
- MIKAŠISTI, AMFIBOLITI SA PRELAZIMA U GNAJS
  MICASCHISTS, AMPHIBOLITES-TRANZISTING IN GNEISSES
- GNAJSEVI SEDIMENTNOG POREKLA
  GNEISSES OF SEDIMENTARY ORIGIN
- GRANITI, DIORITI I GRANODIORITI
  GRANITES, DIORITES AND GRANITOIDES
- ANDEZITI, DACITI, RIOLITI I NJIHOVI TUFOVI
  ANDESITES, DACITES, RHYOLITES AND THEIR TUFFS
- GABRO
  GABBRO
- PERIDOTITI I SERPENTINITI
  PERIDOTITES AND SERPENTINITES
- RASEDI VIDLJIVI (REVERSNI RASEDI I NAVLAKE)
  VISIBLE FAULTS
- RASEDI POKRIVENI
  COVERED FAULTS
- RASEDI NAZNAČENI GEOFIZIČKIM ISPITIVANJIMA
  FAULTS INDICATED BY THE GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS
- UTVRĐENI I PREDPOSTAVLJENI RASEDI OSN.GORJA ISPOD PANONTER
  PROOFED AND SUPPOSED FAULTS UNDER PANONIAN TERTIARY
- MINERALNE VODE I BANJE PANONSKOG TIPA
  THE MINERAL WATERS AND SPAS OF THE PANONIAN TYPE
- MINERALNE VODE I BANJE ŠUMADIJSKOG TIPA
  THE MINERAL WATERS AND SPAS OF THE SUMADIJA TYPE

Centralno područje mineralnih izvora sa maksimalnim koncentracijama retkih alkalnih metala i drugih u Srbiji
The central area of mineral wells containing high concentrations of rare, alkaline and other metals in Serbia

Područje visokih koncentracija retkih alkalnih metala i drugih u mineralnim izvorima (sa neutvrđenim granicama)
The area of high concentrations of rare, alkaline and other metals in mineral wells (the boundaries of area not well established)

PRILOG 1

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

MILICA SIMOVIĆ

UDK: 543.81:546.74 (497,1)

PRIMENA KOLORIMETRIJSKE METODE ZA ODREĐIVANJE SADRŽAJA Ni SA α FURYL-DIOXIME-OM U ULTRABAZIČNIM STENAMA

(sa 2 slike)

Ova metoda je primenjena na naše ultrabazične stene. Iz rastvorene supstance sa niskim sadržajem Ni, može da se odredi Ni i sa sadržajem do 1 ppm. Kompleks nikal furyl-dioxime se ekstrahuje benzinom i vizuelno poredi boja sa standardnom serijom slično pripremljenom. Kod uzoraka sa visokim sadržajem Ni se određuje istom ovom metodom uz veća razblaženja.

UVOD

Određivanje sadržaja nikla u našim ultrabazičnim stenama sa kolorimetrijskom metodom, pomoću α furyl-dioxime-a, prvi put je sada kod nas primenjeno (4). Ova metoda ima široku primenu u svetu u geohemijskoj prospekciji. Znajući prednosti navedene metode prof. dr Z. Maksimović mi je predložio da primenim navedenu metodu na naše ultrabazične stene i neke njihove produkte raspadanja, što je bio deo mog magistarskog rada.

Metodu za određivanje nikla prvi su opisali Stevans and Lacin (5). Ovi autori su koristili kao reagens dimetil-glioxime; sa donjom granicom određivanja do 30 ppm. Bloom (1) je usavršio metodu, da je mogao da odredi nikl i do 20 ppm. Istu osetljivost postigli su Hunt i dr. (3) hromatografskim putem koristeći rubeansku kiselinu. Jacobson je koristio alfa furyldioxime za određivanje nikla uzimajući hloroform kao rastvarač i odredio nikal do 10 ppm. Kranck je uspeo da iz kompleksa nickelfurildioxime-a sa benzinom odrediti nikal do 1 ppm. Ovu metodu su objavili R. E. Stanton and J. A. Coope (6), koja nam je poslužila kao baza u radu.

Postupak

1. Odmeri se 0,2 gr prosejanog uzorka u borosilikatnoj epruveti 16×150 mm.
2. Meša se sa 1 gr kalijumbisulfata i topi.
3. Topi se dok ne prestane penušanje i dalje žari još dva minuta.
4. Ostavi se da se ohladi i onda doda 5 ml 0,5 M HCl.

5. Drži se na vodenom kupatilu dok se kolač ne raspadne.
6. Pipetira se alikvot od 2 ml u epruvete 18×180 ml koje sadrže puferni rastvor od 5 ml.
7. Doda se 1 ml rastvora alfa furyldioksime-a.
8. Zatvore se epruvete i snažno mućka 2 minuta; na vrhu rastvora izdvaja se žuti prsten od nickel-furyldioxime-a.
9. Uporedi se intenzitet žute boje sa standardom.
10. Ako je u nepoznatom uzorku veći intenzitet žute boje od najvećeg u standardu, razblaži se uzorak sa poznatom zapreminom benzina, dok se ne dobije isti ili niži intenzitet od standarda.
11. Nikal sadržan u delovima miliona (parts per million ppm) dobija se izrazom

$$\frac{b \times v \times d}{w \times a}$$

gde je: b = spremljen standard
v = zapremina rastvorne faze (organske alfa furyldioxime
d = zapremina kiseline ml (HCl dodat u uzorku)
w = težina uzorka (gr)
a = alikvot uzet u ml.

Pripremanje standarda

1. U 11 epruveta, kalibrisanih na 5, 7 i 8 ml, koje sadrže po 5 ml pufernog rastvora, doda se pažljivo: 0,0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 i 5,0 mikrograma nikla i razblaži do 7 ml sa 0,5 M HCl.
2. Doda se po jedan ml alfa furyldioxime rastvora.
3. Zatvore se epruvete i snažno mućkaju 2 minuta.

Nula standard je bez boje rastvorna faza, dok se kod ostalih epruveta zapaža postepeno i ujednačeno rašćenje intenziteta žute boje.

Pripremanje reagenasa

1. 0,5 M HCl kiselina — mešati 20 ml koncentrovane kiseline (sp. t. 1,18) sa 420 ml dejonizovane vode.
2. Puferni rastvor — Rastvori se 20 gr tri-ammonium citrate-a u dejonizovanoj vodi. U rastvor se doda 130 ml amonia (sp. t. 0,880). Sipa se u normalan sud od 1 l i razblaži se dejonizovanom vodom do crte. Optimalno područje za ekstrakciju nikla-furyldioxime-a sa benzinom iz citratnog rastvora je pH 9—10,3. Merenje pH pufera vršeno je Beckman-ovim pH metrom sa ćelijom staklena elektroda — kalomel elektroda sa prethodnim kalibrisanjem odgovarajućim pufernim rastvorom. (Vrednost pH se određuje di-

rektno). Pri datom uputstvu dobija se vrednost pH 9,5—9,8, što u našim uslovima nije odgovaralo pa je dodavano rastvoru ammonium citrate i prepravljan pH, sve dok se nije dobio odgovarajući pH od 10,3 do 10,35.

3. Alfa furyldioxime rastvor — 0,3 gr alfa furyldioxime praha se odmeri u čašu sa 90 ml benzina i 10 ml etil alkohola. Blago se zagreva dok se prah ne rastvori. Sipa se u normalan sud od 100 ml. Žuta boja može da se razvije od stajanja. Zato se rastvor ne čuva više od 7 dana.
4. Rastvor Ni sa 100 gama u 1 ml — Odmeri se u čašu 50 mg (0,05 gr) Ni — metala praha i rastvori u 10 ml 25% HNO_3 i razblaži do 500 ml sa dejonizovanom vodom. Od ovog rastvora se uzme 5 ml i razblaži sa 0,5 M HCl u normalnom sudu od 100 ml i dobije se rastvor koji sadrži 5 mikrograma Ni u 1 ml.

Ometanje reakcije drugim jonima

Bakar daje mrkasto bojenje rastvornoj fazi. Maksimalna koncentracija je dopustljiva do 32 mikrograma u ml u benzinskom sloju. Ovo je ekvivalentno do 400 ppm bakra od 0,2 gr uzorka. Veći sadržaj bakra može biti tolerisan ako je i nikal takođe visok. Uglavnom, prema autoru (6) bakar neće ometati reakciju ako odnos bakra prema niklu nije veći od 30:1. Jon gvožđa boji rastvornu fazu purpurno. Priložena tabela (tabela 1) pokazuje dozvoljenu koncentraciju drugih elemenata, koji pri datoj koncentraciji ne ometaju akciju.

Tabela 1

Dozvoljena koncentracija jona koji ne ometaju reakciju na Ni (6)

Metal	%	Metal	%
Al	20	Cr	0,1
Fe	20	V	0,1
Ca	20	Mo	0,1
Ti	0,5	Co	0,1
Pb	0,5	Zn	0,1

Rad na uzorcima

Držeći se striktno postupka za određivanje Ni sa alfa furyldioxime--om, prvi opiti nisu uspeli. U našim uzorcima* pojavila se mrka boja. Očigledno je da drugi joni ometaju reakciju (Cu i Fe). Pokušano je da se benzinom razblaži rastvorna faza koja nosi nikal i prema uputstvima postigne sniženje sadržaja ostalih jona do dozvoljene koncentracije. Ovi pokušaji su bili uzaludni jer i sa maksimalnim razblaženjem nije se uspelo da se

---

* Svi pripremljeni uzorci za hemijske analize dobijeni su od Dr. Z. Maksimovića.

izgubi mrka boja, mada je intenzitet opao sa razblaženjem. Promenjen je alikvot od 2 ml, sad je uzet 1 ml. Rezultati se nisu poboljšali, samo se promenio intenzitet mrke boje. Ponovljen je opit i promenjen težinski deo sprašenog uzorka od 0,2 gr i sad se topio 0,1 gr. Dalji tretman je bio kao i sa prvim opitom. Žuta boja se nije pojavljivala u rastvornoj fazi, već je i dalje ostajala mrka. Kombinovane su promene alikvota i rezultati su se počeli nazirati kod alikvota 0,1 ml. Pošto se ekstrakcija nikla vrši u širem opsegu pH od 9—10,3, to se ispitivao i uticaj pH na reakciju. Ispitivanja su pokazala da se ekstrakcija nikla sa alfa furyldioxime-om najbolje odvija i jedino, na našim uzorcima pri maksimalnom pH od 10,3. Ovde bi se očekivao uticaj pH na rezultate pojedinih uzoraka. Međutim, pri nižem pH od 10,3, nije se mogla dobiti žuta boja rastvorne faze, već crvena u raznim nijansama, do tamnomrka, pa prema tome, ni sadržaj uzorka nije se mogao odrediti.

Prvi jasni rezultati su dobijeni pri pH 10,3 težine uzorka od 0,1 gr i alikvotu od 0,1—0,5 ml u zavisnosti od koncentracije Ni. Pri ovim uslovima, kasnije su završena uspešno sva ispitivanja. Žuta boja nikla u rastvornoj fazi dobijala se u svim opitima sa jačim ili slabijim intenzitetom. Ometanje reakcije drugim jonima otklonjeno je pri velikim razblaženjima uzorka i alikvota od 8 do 6.000 puta. Ovo se postiglo nakon urađenog velikog broja analiza. Ako je intenzitet žute boje bio veći od standarda, razblaženja rastvorne faze vršena su benzinom od 0—15 ml dok se nepoznati sadržaj ne dovede u okvire standarda. Zahvaljujući velikoj osetljivosti metode zapaženo je 0,25 mikrograma nikla u benzinskom prstenu, odnosno 1,25 ppm. Samo na uzorcima sa visokim sadržajem arsena, kao što je arsenopirit, nisu postignuti nikakvi rezultati. Uzorak je rađen u više kombinacija: smanjivan je i težinski deo i alikvot i rađeno sa maksimalnim razblaženjem, ali ljubičasta boja nije otklonjena, koja je prekrivala žutu. Pri svim ovim promenama, menjao se samo intenzitet ljubičaste boje.

Kao što možemo tvrditi da su ometanja reakcije sa jonima gvožđa i bakra uspešno otklonjeni pri datim uslovima, tako isto možemo reći da joni As, kojih ima u većoj koncentraciji u uzorku arsenopirita (46% As) ometaju reakciju Ni sa alfa furyldioxime-om pri datim uslovima i da ih ne možemo otkloniti ovom metodom. Nije bilo uslova da se ispita i odredi donja granica prisustva As u uzorku, koja ne bi uticala na reakciju.

Poređenje rezultata sa spektrofotometrijskom analizom

Kad su dobijeni svi uslovi pri kojima se neometano odvija reakcija, vršene su provere rezultata. Tako je više uzoraka ponovo analizirano i upoređeno sa prethodno dobijenim. Ovi rezultati su upoređivani i sa spektrofotometrijskim analizama istih uzoraka gde su poslednji rezultati uzeti kao 100% (sl. 1). Kolorimetrijske analize za nikal su rađene u duplikatu i poređene sa spektrofotometrijskim analizama (tabela 2).

Sledeća tabela 3 prikazuje rezultate razblaženja rastvorne faze sa promenom alikvota i dodavanjem benzina od 0—15 ml. Analize su rađene u triplikatu.

Tabela 2

Poredenje spektrofotometrijskih analiza sa kolorimetrijskim analizama za Ni

Oznaka uzorka	Uzorak	Hem. anal. ppm	Opit 1. Tež. gr.	Proba	Alikvot ml	Mikro gr	Sadržaj ppm	Greška ±%	Opit 2. Tež. gr	Proba	Alikvot ml	Mikro gr	Sadržaj ppm	Greška ±%
1010	I	140	0,1	1	0,5	1,35	135	— 3,6	0,1	1	0,5	1,4	140	—
				2	0,5	1,25	125	—10,7		2	0,5	1,3	130	—7,2
1001	II	280	0,1	1	0,5	2,8	280	—	0,1	1	0,5	2,7	270	—3,6
				2	0,5	2,8	280	—		2	0,5	2,6	260	—7,2
1003	III	190	0,1	1	0,5	1,8	180	— 5,3	0,1	1	0,5	1,9	190	—
				2	0,5	2,3	230	+21		2	0,5	2,0	200	5,2

Sadržaj nikla u uzorcima, na kojima je primenjivana metoda, bio je potpuno nepoznat. Pet uzoraka je dato na hemijsku odnosno spektrofotometrijsku analizu, kako bi se uporedili rezultati istih uzoraka. Hemijske analize su potvrdile kolorimetrijsku metodu za određivanje sadržaja nikla a odstupanja u pojedinim rezultatima su u granici greške, koja se dozvoljava datoj metodi od ±25%. Greške kod ranijih opita bile su veće, iznad dozvoljene granice. Onda su opiti ponavljani dok se nisu dobili najopti-

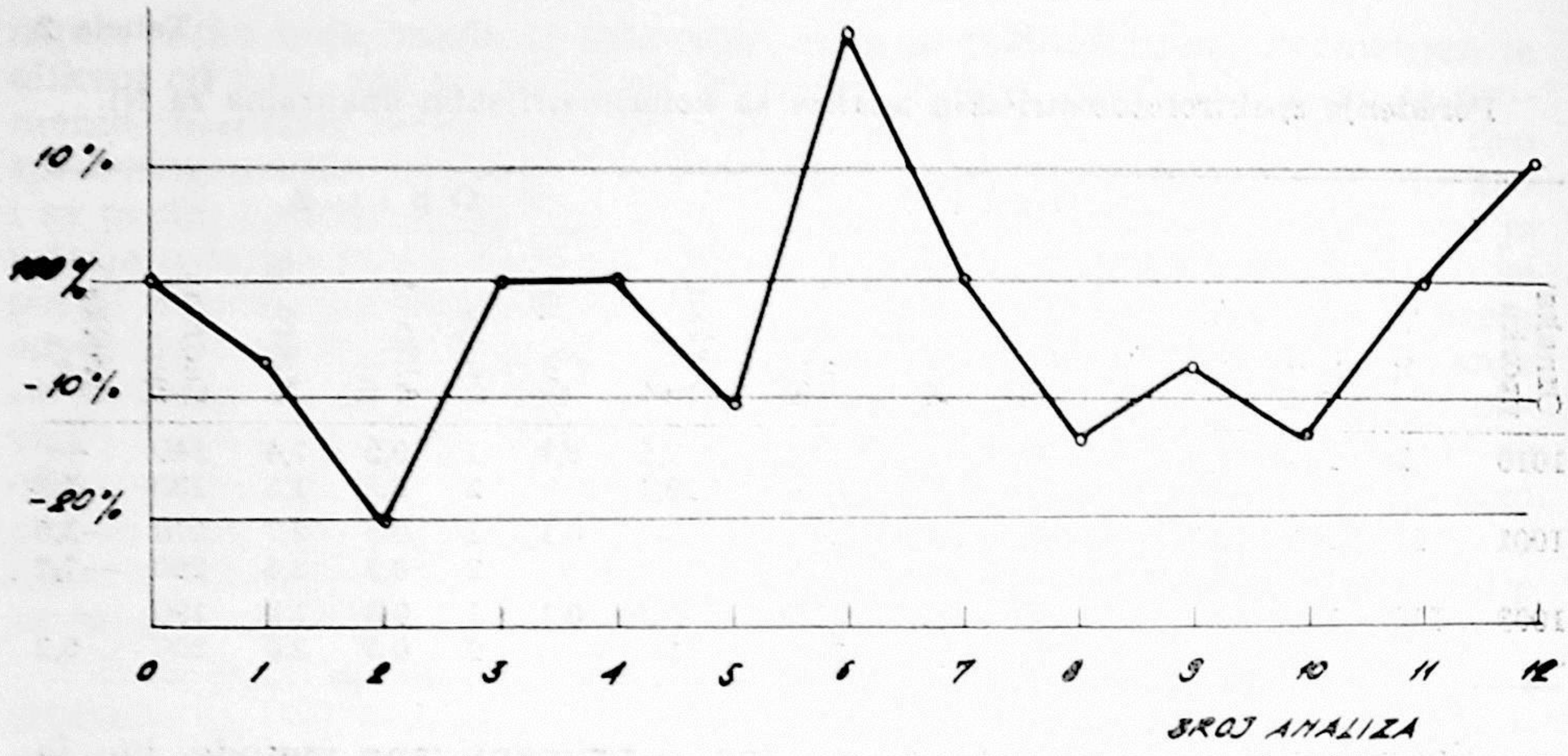
Tabela 3

Rezultati razblaženja rastvorne faze i promena alikvota za Ni

Oznaka uzorka	Uzorak	Hem. anal. ppm	Tež. uzor. gr	Proba	Alikvot ml	Razblaženje ml	Mikro gr	ppm	±% greška
251	IV	8.000	0,1	1	0,5	15	5	8.000	—
				2	0,2	10	3,1	7.650	—4,4
				3	0,1	5	3,3	8.350	+4,3
276	V	1.200	0,1	1	0,5	—	4,5	1.125	—5
				2	0,5	5	2,8	1.280	6,6
				3	0,5	10	1	1.100	—8,4

malniji uslovi i greške svedene na minimum. Greške koje su pravljene bile su lične: a) nedovoljno rastvoren uzorak, jer su uzorci sadržali hromite, koji se teško tope i rastvaraju, b) neprecizno uzet alikvot, (nije uziman automatskom pipetom) i c) greške pri vizuelnom posmatranju uzorka i standarda. Sve je ovo uticalo da rezultati budu kolebljivi. Sadržaj nikla u uzorku bio je uvek niže određen ovom metodom od sadržaja spektrohemijske analize istog uzorka. Ponavljajući opite uspelo se da se približe rezultati ili da se dobiju isti kolorimetrijskom metodom kao što su rezultati spektrofotometrijskih analiza (sl. 1).

Ako uporedimo spektrofotometrijske analize sa kolorimetrijskim, videćemo da kolorimetrijske analize pokazuju niži sadržaj od spektrofotometrijskih u 50% slučajeva, dok se 33% podudara, a 17% pokazuje veći sadržaj od spektrofotometrijskih.



Sl. 1. — Procenat odstupanja kolorimetrijskih analiza od spektrofotometrijskih, za nikl

Određivanje Ni spektrofotometrijskom metodom

Određivanje Ni zasniva se na primeni karakteristične reakcije sa dimetilglioksimom. Kad se po izvršenoj oksidaciji baznom rastvoru nikla doda dimetilglioksim nagrađuje se kompleks Ni dimetilglioksim, jarko crvene boje. Optička gustina nagrađenog kompleksa meri se na 525 m. mikrona na B a c k m a n-ovom spektrofotometriju u kivetama od 1 cm. Primena B e e r-ovog zakona zastupljena je u oblasti od 10 do 200 gama Ni na 50 ml krajnje zapremine i to sa relativnim odstupanjima od $\pm 5\%$.

Poređenje rezultata sa spektralnim analizama

Neki uzorci, na kojima se primenjivala kolorimetrijska metoda za nikal, bili su analizirani spektralnom metodom. Poređenja rezultata su pokazala da u približno 45% slučajeva rezultati se poklapaju sa $\pm 10\%$ greškom, da 31% uzoraka čine greške od $\pm 20\%$. Samo 8% uzoraka je sa greškom $\pm 30\%$, dok 16% uzoraka čine greške preko 30%. Interesantno je da u većini slučajeva, oko 60% ova metoda pokazuje niži sadržaj od spektralne, samo 3% ima isti sadržaj a u 34% slučajeva kolorimetrijska metoda ima veći sadržaj. Prilog br. 1.

Kontrola preciznosti metode pomoću statističke serije

Za određivanje reproduktivnosti date metode, korišćena je statistička serija, koju je predložio C r a v e n (1953—1954). Statistička serija se sastoji od 11 ili 13 uzoraka (u zavisnosti da li se uzima po jedan ili dva krajnja člana). Ona se sastoji od primeraka dobijenih mešanjem dva materijala, od kojih je jedan siromašan a drugi bogat datim elementom, u

Prilog 1

Procentualna odstupanja kalorimetrijske metode za određivanje sadržaja nikla od spektralne analize

Oznaka uzorka br.	Spektralna analiza za Ni	Kalorimetrijska analiza za Ni	Greška ±%
1	2	3	4
795	2.300	2.000	—10
797	2.300	3.000	+20
91	2.500	2.000	—20
793	2.350	2.700	+14
90	2.600	2.400	—81
92	2.600	1.700	—35
93	3.200	2.500	—20
95	2.300	2.200	— 4
763	2.800	2.250	—20
764	2.800	2.500	+ 7
790	2.300	2.500	+ 7
789	2.800	2.500	—10
787	1.900	2.500	+31
80	2.300	2.250	— 2
800	3.500	2.500	—29
H-4	1.700	2.500	+47
337	2.300	2.500	+ 7
532	2.300	2.250	— 2
289	2.300	2.250	— 2
79	2.600	2.250	—14
98	3.000	1.750	—43
99	2.600	1.500	—58
792	2.600	1.800	—30
796	2.300	2.300	—
798	2.300	2.250	—22
100	2.100	1.800	—14
8	2.600	1.900	—27
791	900	800	—10
794	2.600	2.200	—16
815	1.700	1.500	—12
816	1.900	1.500	—20
S-4	2.500	2.300	— 8
13	2.300	1.500	—35
S-5	1.500	2.250	+50
81	1.400	1.700	+25
121	2.300	2.000	—10
60	2.600	2.250	—14
767	2.300	2.200	— 4
768	2.600	2.450	— 6
11	2.100	1.700	—19
S-7	2.000	2.000	—
76	1.700	1.750	—
S-3	1.400	2.300	+64
S-6	1.900	1.750	— 8
77	1.400	1.900	+36
82	2.300	2.200	— 4
785	1.700	2.200	+35
12	1.500	1.750	+16
802	2.100	2.500	+20
770	1.900	1.850	— 3
771	2.100	1.850	—10
772	2.600	2.000	—20

1	2	3	4
773	1.900	1.750	— 8
774	1.700	2.250	+32
775	1.700	2.000	+17
776	1.700	1.600	— 6
777	2.600	1.900	—27
778	2.600	2.350	—10
779	1.900	2.100	+11
780	2.300	1.750	—24
758	1.700	1.800	+ 6
817	1.900	1.500	—20
765	2.100	2.400	+14
812	2.300	1.900	—17
825	1.900	1.700	—10
813	1.500	1.700	+13
824	1.700	1.700	+
805	1.200	2.000	+66

različitim proporcijama. U našem slučaju, dobijena je od dr Z. Maksimovića gotova — pripremljena serija, od 13 članova, sastavljena od granita i gabra na koju je primenjena metoda i dobijeni sledeći rezultati: (Tabela 4 i sl. 2).

Tabela 4

Preciznost analiza nikla sa alfa furyldioxime-om

Red. br.	Oznaka	A	Q	Á	AQ	AÁ	$\hat{H}Q$	$\hat{L}Á$	Â	A—Â	(A—Â)²
1.	1.000	125	—	1	—	125	—	110	110	15	225
2.	1.004	125	—	1	—	125	—	110	110	15	225
3.	1.007	125	0,1	0,9	12,5	112,5	34,4	99	133,4	8,4	70,56
4.	1.010	140	0,2	0,8	28	112	68,8	88	156,8	16,8	282,24
5.	1.009	143	0,3	0,7	42,9	100,1	103,2	77	180,2	37,2	1.383,84
6.	1.003	190	0,4	0,6	76,0	114,0	137,6	66	203,6	13,6	184,96
7.	1.002	250	0,5	0,5	125,0	125,0	172,0	55	227,0	23,0	529,00
8.	1.006	270	0,6	0,4	162,0	108,0	206,4	44	250,4	19,6	384,16
9.	1.001	280	0,7	0,3	196,0	84,0	240,8	33	273,8	6,2	38,44
10.	1.005	300	0,8	0,2	240,0	60,0	275,2	22	297,2	2,8	7,84
11.	1.008	312	0,9	0,1	280,8	31,2	309,6	11	320,6	8,6	73,96
12.	1.011	343	1,0	—	343	—	343	—	343	1	1
13.	1.012	343	1,0	—	343	—	344	—	344	1	1
					AQ=1849,2	1096,8=AÁ					(A—A)=3.405,02

$L = 125$ ppm

$H = 334$ ppm

$\hat{L} = 110$

$\hat{H} = 334$

$\frac{\hat{H}+\hat{L}}{2} = 227$

$n = 13$

$\Sigma AQ = 1.849,2$

$\Sigma AÁ = 1.096,8$

$\Sigma \frac{(A-\hat{A})}{n-2} = 2.309,54$

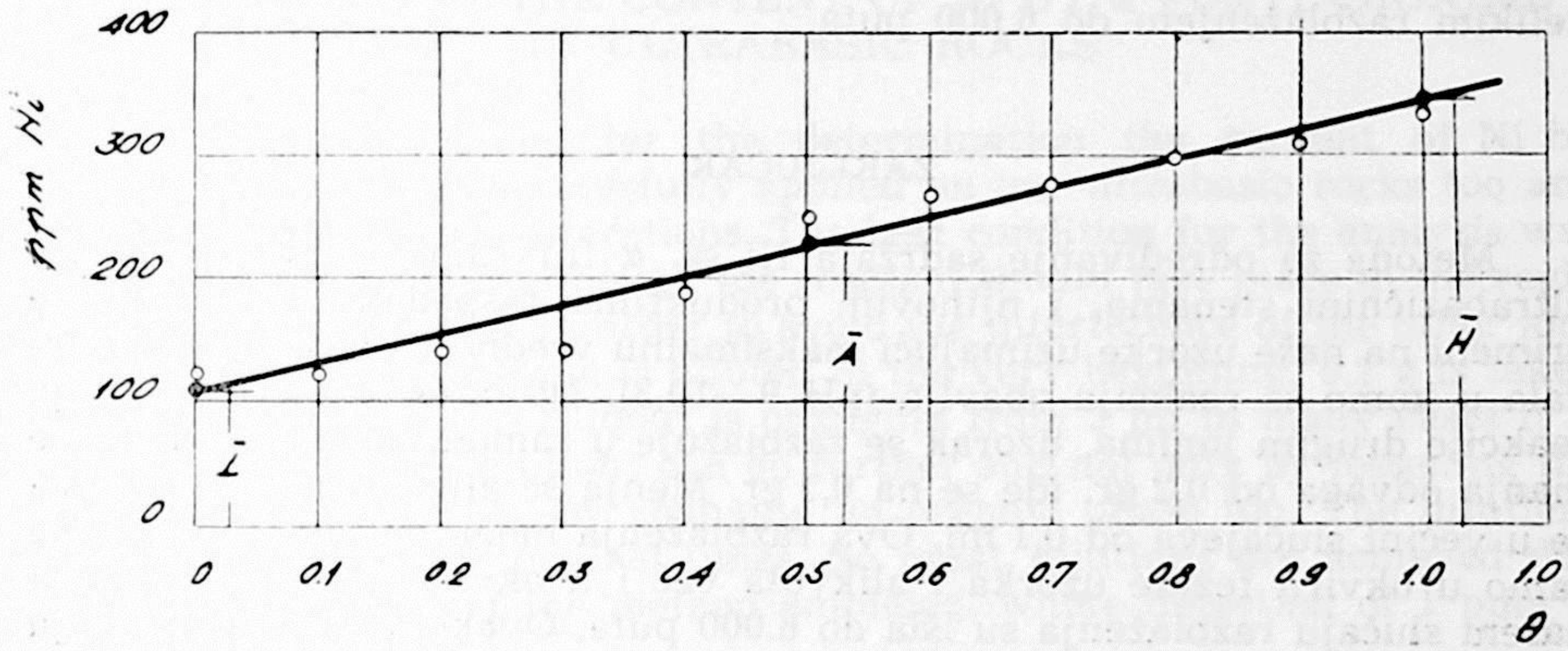
$S = 17,4$

$C = \pm 15\%$

$\Sigma Q^2 = 4,85$

Primenom ove metode na statičku seriju vidi se da je metoda za nikal dosta precizna za standardnom devijacijom sa 17,4 odnosno koeficijentom

varijacije ±15% za nivo poverenja 95% slučajeva. Ako bi ovo C obeležili sa veliko »C«, a malim »c« obeležili koeficijente varijacije pojedinih članova serije, videli bi da malo »c« jako oscilira. Najniža mu je vrednost c=0, a maksimalna c±32% (tabela 5). Prilikom odabiranja vred-



Sl. 2. — Raspored analitičkih vrednosti oko prave koja spaja $\hat{L}$ i $\hat{H}$ tačke. A=anal. vrednost; $\hat{L}$=najbolja vred. za sirom. uzorak; $\hat{H}$=»najbolja« vrednost za bogat uzorak

nosti za statističku seriju uzimani su uglavnom maksimalno dobijene vrednosti, a to su u većini slučajeva bili poslednji rezultati analiza, što ukazuje na veću uhodanost metode i rezultati su precizniji.

Tabela 5

Sandardna devijacija i koeficijenti varijacije Ni za članove statističke serije

Red. br.	Oznaka uzorka	Opit I	Opit II	Opit III	Opit IV	Br. anal. n	Arit. sred. X	Stan. dev. S ppm	Koef. C±%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	1.000	75	125	125	—	3	108	34,5	32
2.	1.001	400	217	250	280	4	287	78,86	27,5
3.	1.002	250	250	250	—	3	250	—	—
4.	1.003	250	250	135	190	4	206	55,6	27
5.	1.004	125	125	125	—	3	125	—	—
6.	1.005	210	300	300	—	3	230	71,4	31,0
7.	1.006	250	250	270	—	3	257	11,53	2,6
8.	1.007	80	125	125	—	3	110	26,0	23,6
9.	1.008	400	400	312	—	3	370	47	12,6
10.	1.009	250	250	143	—	3	214	25,45	11,9
11.	1.010	125	125	140	—	3	130	8,5	6,5
12.	1.011	225	250	400	343	4	304	55,6	16,0
13.	1.012	250	250	250	343	4	273	28,8	10,5

Ovako uhodana metoda primenjena je na ultrabazične stene i njihove produkte alteracije. Sadržaj Ni u ovim stenama kretao se od 0—27.000 ppm. Metoda ima veliki opseg određivanja. Uzorak »bez nikla« rađen je

u seriji sa razblaženjima. Greškom, uzorak nije ponovljen sa većom odvagom i većim alikvotom u cilju povećanja koncentracije nikla, gde bi sigurno bile otkrivene i minimalne količine nikla. Metoda je vrlo osetljiva da je u opitima registrovala i 1 ppm pre nego što se preračuna na ukupnu koncentraciju. Uzorci sa visokim sadržajem nikla rađeni su sa velikim razblaženjem do 6.000 puta.

ZAKLJUČAK

Metoda za određivanje sadržaja Ni sa α furyldioxime-om u našim ultrabazičnim stenama, i njihovim produktima raspadanja, može da se primeni na naše uzorke uzimajući maksimalnu vrednost pH 10,3, od intervala u kome se reakcija obavlja (pH 9—10,3). Da bi se izbeglo ometanje reakcije drugim jonima, uzorak se razblažuje u samom početku. Uzima se manja odvaga od 0,2 gr, ide se na 0,1 gr. Menja se alikvot od 2 ml, uzima se u većini slučajeva od 0,1 ml. Ova razblaženja mogu da idu i više ali ne samo u okviru težine uzorka i alikvota već i u okviru organske faze. U našem slučaju razblaženja su išla do 6.000 puta. Ovako velika razblaženja su moguća zahvaljujući osetljivosti metode, gde se sa lakoćom registruje 1 ppm Ni.

Metoda je vrlo pogodna za geohemijsku prospekciju, gde ima široku primenu u svetu.

Ista je veoma brza i može jedan čovek za 8 h da uradi 80—100 analiza, koristeći istu odvagu i isti rastvor uzorka i za nikl i za kobalt.

Jeftina je i ne zahteva posebnu opremu.

Lako se improvizuje na samom terenu.

Dosta je tačna sa preciznošću $\pm 25\%$ za nivo poverenja u 95% slučajeva.

Može da registruje sadržaj i do 1 ppm, i

Veoma je reproduktivna.

(Predato za štampu juna 1971).

LITERATURA

1. Bloom, H. — Rapid field method for the colorimetric determination of nickel in geochemical prospecting. 20th Int. geol. Congr., Mexico, 1956 (Symp geochem. Prosp).
2. Craven, C. A. U. — Statistical estimation of the accuracy if assaying. Trans. Inst. Min. Metall. Lond., 63, 1953—54, 551—63.
3. Hunt E. C., North, A. A. and Wells, R. A. — Aplication of paperchromatographic methods of analysis to geochemical prospecting. Analyst 80, 1955, 172—94.
4. Simović, M. — Magistarski rad, Beograd 1971.
5. Stevens, R. E., and Lakin, H. W. — The chromograph, a new analytical tool for laboratory and field use. Circ. U. S. geol. Surv., № 63, 1949.
6. Stanton R. E., and Coope J. A. — Modifid Field Test for the Determination of Smill Amounts of Nickel in Soils and Rocks, Mining and Metalurgy, october 1958, London.

Summary

M. SIMOVIĆ*

AN APPLICATION OF COLORIMETRIC METHOD FOR DETERMINATION THE CONTENT OF Ni BY α FURYL-DIOXIME IN ULTRABASIC ROCKS

Colorimetric method for the determination the content of Ni by α furyl-dioxime was successfully applied on our ultrabasic rocks too and some products of their alterations. The best condition for the analysis was found to be at pH 10.3 although the reaction should take place in the regin of pH between 9—10.3. In order to avoid the interference of the other ions in the reaction, the sample is diluted in the very beginning. 0.2 g is taken and go up to 0.1 g. An Aliqout is changing from 2 ml in many cases it is taken 0.1 ml. These dilutions can go further and not only by lessening the sample and aliquot but by changing an organic phase too. The dilutions in our case were up to 6,000 times. So great dilutions are achieved due to the sensitiveness of the method emploied, where detection of 1 ppm is easil achieved.

The method precision was checked on the statistical series where the standard deviation was S=17.4, and the variation coefficient was C= =±15%.

* Institute for technology nuclear and other raw materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

MILICA SIMOVIĆ

UKD: 543.81:546.73 (497.1)

PRIMENA KOLORIMETRIJSKE METODE ZA ODREĐIVANJE SADRŽAJA Co SA 3N BUTYL-AMINE-OM U ULTRABAZIČNIM STENAMA

Kolorimetrijska metoda za određivanje sadržaja Co u stenama sa 3N butyl--amine-om primenjena je i na naše ultrabazične stene. Iz rastvorene supstance sa niskim sadržajem Co, može da se odredi Co i do 1 ppm. Kobalt se ekstrahuje sa rastvorom 3N butyl-amine-om gde se gradi kompleks tri-n-butilamonijum-tetrathiocianato--cobaltiate i vizuelno poredi boja sa standardnom serijom slično pripremljenom. Kod uzoraka sa visokim sadržajem, kobalt se određuje istom ovom metodom uz veće razblaženje.

UVOD

Određivanje sadržaja kobalta u našim ultrabazičnim stenama sa kolorimetrijskom metodom pomoću 3N butil-amine-a, prvi put je sada kod nas primenjena (5). Ova metoda ima široku primenu u geohemijskoj prospekciji. Znajući prednost ove metode, prof. dr Z. Maksimović mi je predložio da primenim navedenu metodu na naše ultrabazične stene i neke njihove produkte alteracije, zajedno sa metodom za nikal,* što je bio deo mog magistarskog rada. Isti autori, koji su određivali sadržaj nikla (1 i 4), vršili su kvantitativna određivanja i kobalta sa donjom granicom određivanja od 20 ppm. Određivanja su vršena hromatografskim putem sa rubeanskom kiselinom. Zigler and Glemser opisali su postupak za određivanje kobalta sa 3N-butilamonium tetrathiocyanatocobaltiate, sa donjom granicom određivanja od 20 ppm. Ovaj postupak je preuredio Kranck sa donjom granicom određivanja do 5 ppm. Stanton R. E. and Alison Mcdonald (6) bazirali su svoj rad na Kranck-ovom vršeći neke promene, učinili su metodu još osetljivijom i pomerili donju granicu određivanja do 1 ppm. Za naša ispitivanja korišćen je ovaj postupak.

Postupak

1. Odmeri se 0,2 gr prosejanog uzorka u borosilikatne epruvete.
2. Uzorak se meša sa 1 gr kalijumbisulfatom i topi.
3. Topi se i posle završenog izbijanja mehurića, odnosno kad se reakcija smiri drži se još nekoliko minuta na plamenu.

* Primena metode za Ni, objavljena je u istom broju ovog časopisa.

4. Kad se epruvete ohlade, dodaje se 5 ml 0,5 M HCl.
5. Drži se na vodenom kupatilu dok se kolač ne rastvori.
6. U kalibrisane epruvete na 10 i 12 ml, sipa se 10 ml pufera. Epruvete su dimenzija 16×150 mm.
7. Pipetira se alikvot od 2 ml u epruvete sa puferom.
8. Doda se 0,5 ml rastvora 3-n-butilamine-a. Treba da se koriste automatske pipete. Ovde se dodavalo iz birete.
9. Zapuše se epruvete sa obeleženim zapušačima i snažno mućkaju 1 minut. Na vrhu rastvora dobija se prsten plave boje kobaltovog kompleksa.
10. Porede se intenziteti plave boje ispitivanog uzorka sa standardima slično pripremljenim.
11. Ako je intenzitet plave boje uzorka veći od najvećeg standarda, ponavlja se opit i uzima manji alikvot istog uzorka, ali se vrši i dopuna do 2 ml sa 0,5 M HCl do 12 ml za razliku za koliko se umanjuje alikvot.
12. Kobalt se izračunava u ppm pomoću izraza:

$$\frac{b \times d}{w \times a}$$

gde je: b = matični standard
d = zapremina rastvorne kiseline (5 ml 0,5 M HCl)
w = težina uzorka gr
a = alikvot uzet u ml.

Pripremanje standarda

1. U 22 epruvete (15×150 mm) sipa se 10 ml pufernog rastvora i doda se 0,0 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 i 1 ml standardnog rastvora od 5 mikrograma Co u 1 ml, i 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 i 1,25 ml standardnog rastvora od 20 mikrona kobalta u 1 ml što odgovara sadržaju kobalta u epruveti 0,0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20 i 25 mikrograma. Epruvete su kalibrisane na 10 i 12 ml. U 0 standardu rastvorna faza je bezbojna dok u ostalim epruvetama postepeno raste intenzitet plave boje.
2. Doda se 0,5 M HCl do 12 ml.
3. Doda se 0,5 ml 10% rastvora 3-n-butilamine-a.
4. Zatvori se zapušačima prethodno obeleženim sa sadržajem Co u epruveti i naglo mućka 1 min.

Pripremanje reagenasa

1. 6 M HCl — Meša se 240 ml koncentrovane HCl (sp. t) 1,18) sa 200 ml dejonizovane vode.
2. 0,5 M HCl — (dato objašnjenje kod nikla).

3. Rastvori se 170 gr natrijumacetata (trihidrata), 40 gr tetranatrijum-pirofosfata (deca hidrate) i 5 gr hydroxyamine — hidrochloride u vodi, doda se 140 ml 6 M HCl i razblaži do 1 litra sa dejonizovanom vodom — rastvor A. Rastvori se 360 gr kalijum thiocijanate-a u vodi i razblaži do jednog litra — rastvor B. Rastvori A i B mešaju se u odnosu 9 : 1, a prave se svaki dan.
4. Tri-n-butilamine — 10% rastvor — meša se sa 90 ml amilalkohola (ili izo) u 10 ml 3-n-butilamine-a. Ovaj rastvor ne treba čuvati duže od 2—3 dana. Tri-n-butilamine mora biti bezbojan, sa stajanjem razvija se žuta boja.
5. Standardni Co rastvor — Rastvori se 202 mg kobaltnog hlorida (hexachidrate) u vodi, doda se 25 ml koncentrovane HCl i razblaži do 500 ml sa dejonizovanom vodom, a rastvor sadrži 100 mikrograma Co u 1 ml. Razblaži se 20 ml ovog rastvora sa 0,5 M HCl do 100 ml, dobija se rastvor od 20 mikrograma Co u 1 ml. Razblaži se 5 ml ovog rastvora do 100 ml sa 0,5 M HCl, dobiće se rastvor sa 5 mikrograma Co u 1 ml. Rastvori sa 20 i 5 mikrograma u 1 ml moraju se praviti sveži, svake nedelje.

Ekstrakcija Co kompleksa

Izdvajanje Co kompleksa iz rastvora bilo je vrlo teško. Sa dodavanjem alikvota u epruvetama se pravio želatinozan talog, bele, žućkaste, mrke zelenkastoplave i plave boje u zavisnosti od prisustva drugih jona. Ovi talozi su blokirali odnosno onemogućili kobaltov kompleks: tri-n-butil-amonijum-tetrathiocianato-cobaltiate da ispliva na površinu i da stvori prsten organske faze plave boje različitog intenziteta u zavisnosti od koncentracije sadržaja Co. Svi pokušaji promene alikvota i smanjenje težine uzorka odnosno maksimalno razblaženje, nije uspelo da se dobiju očekivani rezultati. Joni koji ne ometaju reakciju pri datoj koncentraciji dati su u tabeli 1.

Tabela 1

Joni koji ne ometaju reakciju Co pri datoj koncentraciji (6)

Elemenat	%	Elemenat	%	Elemenat	%
Fe	20	Ca	5	Cr	0,1
Al	20	Ti	0,7	Ni	0,1
Mn	20	Cu	0,7	Zn	0,1
Pb	0,1	Mo	0,1	W	0,1
V	0,1				

Određivanje Co u prisustvu više komponenti, različito je u zavisnosti od koncentracije ostalih elemenata što se vidi iz tabele 2. Pored ovih jona koji ometaju reakciju pri različitim koncentracijama reakciju ometaju i joni »As« ako imaju visoku koncentraciju, kao što je slučaj kod arsenopirita, gde je ljubičasta boja i pri najvećem razblaženju prekrivala očekivano plavu boju.

Tabela 2

Otkrivanje Co u prisustvu više elemenata različitog sadržaja (6)

Elementi dodati	% svakog dodatog elementa	% Co otkrivenog od 20 ppm
Ca	2	100
	5	95
	10	80
	15	5
	20	5
Ca, Fe, Al, Mn	1	100
	5	90
Fe, Al, Mn	5	100
	10	100

Rad sa uzorcima

Loši rezultati naveli su nas da se pokuša sa promenom pH vrednosti, jer se reakcija vrši u širem opsegu od pH-4 do pH-5,5. Naši opiti rađeni su pri pH-4,5. Novo napravljeni rastvor sada je imao pH-5. Ni pri ovom pH, uzorku od 0,1 gr i alikvot od 1 ml, nije se oslobodio želatinoznih taloga različitih boja, u zavisnosti od uzorka i njemu prisutnih jona. Išlo se na maksimalno pH od 5,5. Posle niza opita pri alikvotu od 1 ml i uzorku od 0,1 gr dobili su se zadovoljavajući rezultati. Ovo je najčešće bio maksimalan alikvot, koji se mogao koristiti u radu. Kod uzoraka sa većim sadržajem Co morao se smanjivati alikvot. Kod ove metode ne postoje razblaženja organske faze, kao što je slučaj sa niklom. Smanjenje alikvota vršeno je ne samo zbog visokog intenziteta plave boje, koja je izlazila iz okvira standarda, već i zbog jona koji su bili veće koncentracije od dozvoljene u rastvoru i pravili taloge. Maksimalno razblaženje koje je vršeno kod Co metode je od 2—40 puta. Ovi podaci ukazuju na mnogo veću ograničenost metode nego što je slučaj sa metodom Ni. Razblaženja su vršena od slučaja do slučaja u zavisnosti od uzorka. Eksperimenti rađeni na istom uzorku sa različitim alikvotom, pokazali su sledeće rezultate (tabela 3). Ovi rezultati su poređeni sa spektrofotometrijskom analizom.

Tabela 3

Poređenje spektrofotometrijskih rezultata za Co sa kolorimetrijskim analizama

Oznaka uzorka	Uzorak	Spektro-fotomet. an. ppm	Tež. uzor. gr	Proba	Alikvot u ml	Mikro-gr	Sadrž. ppm	Greška ±%
1.010	I	20	0,1	1	2	0,75	18,7	—7
				2	1	0,4	20	—
276	V	47	0,1	1	1	0,8	40	—7
				2	2	2,0	50	3

Od jednog uzorka sa visokim sadržajem Co gde je intenzitet plave boje bio veći i od najvišeg standarda pri alikvotu od 2 ml, uzete su razli-

čite težine od 0,1 i 0,2 gr i urađene dve probe paralelno sa menjanjem alikvota (Tabela 4).

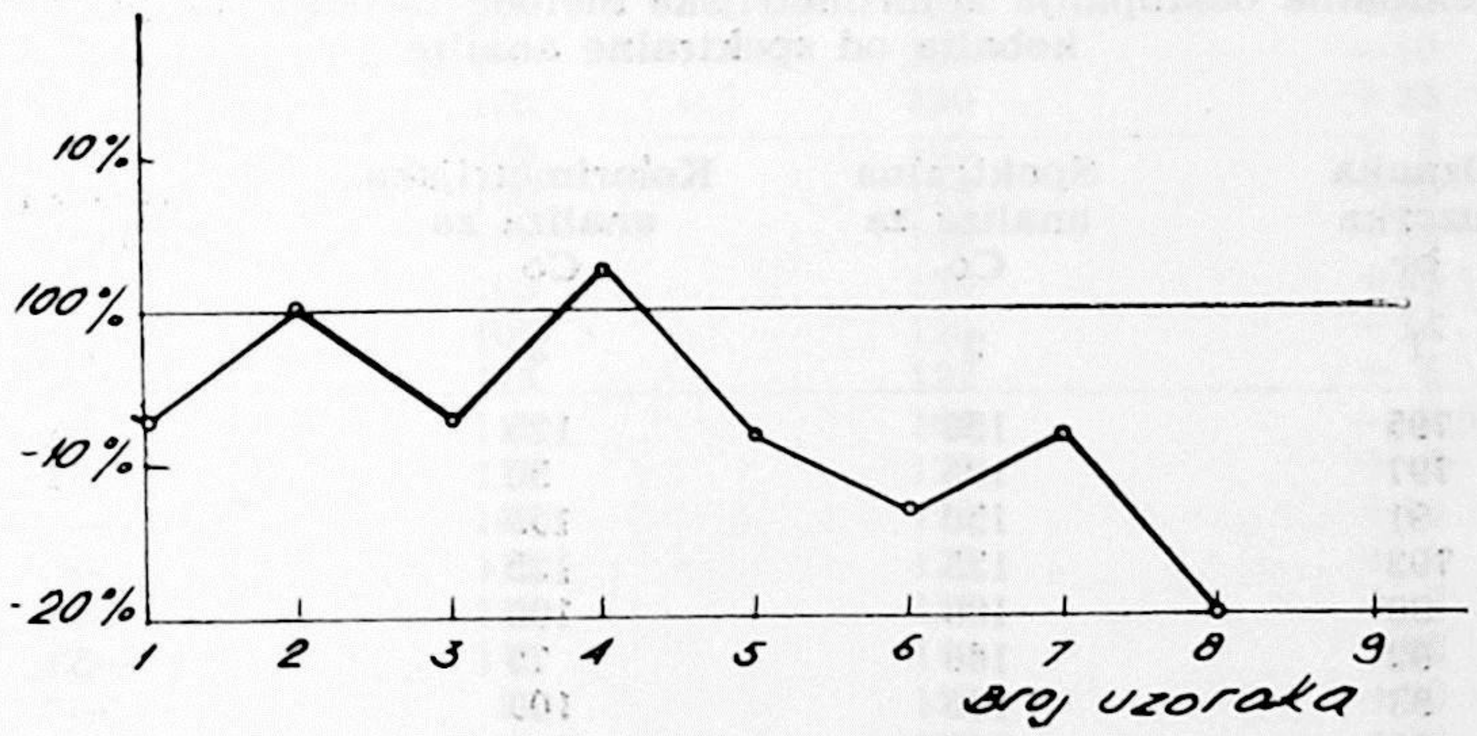
Tabela 4

Poređenje rezultata dobijenih za Co od istog uzorka različite težine i različitog alikvota

Oznaka uzorka	Uzorak	Spektrofoto-met. an. ppm	Tež. uzor. gr	Proba	Alikvot u ml	Mikro-gr	Sadrž. ppm	Greška ±%
251	IV	1.580	0,1	1	0,1	3	1.500	— 8
				2	0,2	5,5	1.375	—13
			0,2	1	0,1	6	1.500	— 8
				2	0,2	10	1.250	—20

Eksperimenti ukazuju da su greške nešto manje kod uzoraka sa nižim sadržajem, ali o nekoj zakonitosti ne može se govoriti zbog malog broja analiza.

Slika 1 predstavlja krivu odstupanja rezultata Co dobijenih kolorimetrijskom metodom u poređenju sa spektrofotometrijskim analizama.



Sl. 1. — Procenat odstupanja kolorimetrijskih analiza od spektrofotometrijskih za Co

Ovde su rezultati određivanja kolorimetrijskom metodom niži u odnosu na spektrofotometrijske podatke. Od ukupno 8 analiza, samo jedna pokazuje veći sadržaj za 3%, jedna se poklapa a ostale pokazuju odstupanje i do —20%. U % izraženo 75% je niži 12,5% se poklapa i 12,5% je veći sadržaj od spektrofotometrijskih analiza.

Određivanje Co spektrofotometrijskom metodom

Kobalt se određuje kao kompleks sa beta-nitrozo-alfa-naftalom; pošto je u vodenom rastvoru nestabilan ekstrahuje se organskim rastvaračima, u ovom slučaju hloroformom. Sa ovim reagensom se izdvaja i manja količina Ni, i to se u toku postupka mora vršiti ispiranje sa 2N rastvorom

HCl pri čemu će se kompleks Ni rastvoriti i odstraniti a »Co« kao stabilniji ostati u organskoj fazi. Nagrađeni kompleks je karmin-crvene boje. Njegova optička gustina meri se na 530 milimikrona u kivetama od 1 cm na B e c k m a n -ovom spektrofotometru. Linearnost je zastupljena u oblasti od 5—100 grama na 50 ml krajnje zapremine sa relativnim odstupanjem od $\pm 5\%$.

Poređenje kolorimetrijskih analiza Co sa spektralnim analizama

Isti uzorci na kojima su rađene spektralne analize za nikal, rađene su i za Co*. Poređenjem rezultata ovih dveju metoda, uočeno je da u približno 37% uzoraka odstupanja su $\pm 10\%$. U 21% slučajeva greške su do $\pm 20\%$, a samo 7% uzoraka učestvuje sa greškom $\pm 30\%$. Oko 35% uzoraka čini grešku preko 30%. Pored ovih zapažanja uočeno je da su u 50% slučajeva rezultati kolorimetrijske metode niži od spektralnih analiza. Samo 9% uzoraka ima isti sadržaj, dok u 41% slučajeva kolorimetrijski podaci su veći. Prilog br. 1.

Prilog 1

Procentualna odstupanja kolorimetrijske metode za određivanje sadržaja kobalta od spektralne analize

Oznaka uzorka br.	Spektralna analiza za Co	Kolorimetrijska analiza za Co	Greška ±%
1	2	3	4
795	150	125	—25
797	105	50	—53
91	150	150	—
793	125	125	—
90	190	100	—48
92	160	75	—53
93	100	100	—
95	200	140	—30
763	125	125	—
764	125	150	—20
790	115	50	—57
789	115	60	—48
787	82	125	+52
80	140	125	—10
800	115	60	—48
H-4	130	125	— 4
337	160	75	—50
532	105	100	—48
289	150	100	—34
79	115	75	—35
98	160	50	—69
99	140	113	—27
792	160	125	—20
796	105	100	—48
798	130	62	—50
100	115	50	—57

* Spektralne analize su dobijene od dr Z. M a k s i m o v i ć a.

1	2	3	4
8	160	100	—38
791	210	25	—80
794	115	120	+ 4
815	80	135	+70
816	105	100	—48
S-4	140	125	—10
13	125	75	—40
S-5	115	125	+ 8
81	115	100	—13
121	150	125	—17
60	115	115	—
767	115	115	—
768	115	125	— 8
11	115	100	—13
S-7	150	100	—34
76	120	75	—37
S-3	100	100	—
S-6	85	100	+17
77	88	75	—14
82	115	90	—20
785	75	115	+53
12	80	75	— 6
802	115	100	—13
770	105	115	+ 9
771	115	128	+20
772	140	125	—10
773	105	130	+23
774	100	103	+ 3
775	100	120	+20
776	100	149	+49
777	105	150	+43
778	105	120	+14
779	115	122	+ 6
780	115	104	— 9,5
758	115	120	+ 5
817	105	122	+16
765	115	125	+ 8
812	115	125	+ 8
825	115	140	+22
813	86	120	+50
824	80	125	+56
805	100	120	+20

Kontrola preciznosti metode za Co pomoću statističke serije

Na istoj seriji, na koju je primenjivana metoda za nikal, primenjena je i ova metoda. Rezultati su sledeći, tabela 5 i slika 2.

Rezultati statističke serije za Co, ukazuju da je preciznost kod Co metode mnogo manja, u odnosu na Ni (5) odnosno nalazi se na gornjoj dozvoljenoj granici. Ovakvim rezultatima doprineli su joni koji ometaju reakciju, pa su određivanja vršena sa razblaženjem da bi se izbegli želatinozni talozi, a koncentracije svođene na niske sadržaje Co, koje su u području od 0—1,5 mikrograma malo osetljive i teško se vizuelno uočavaju razlike. Na ovo ukazuje i koeficijent varijacije pojedinih članova serije. Ako je niži sadržaj Co koeficijent je veći i uglavnom opada sa porastom

Tabela 5

Preciznost analiza kobalta sa tri-n-butilamine-om

Red. br.	Oznaka	A	Q	Á	AQ	AÁ	$\hat{H}Q$	$\hat{L}Á$	$\hat{A}$	A	$A-\hat{A}$	$(A-\hat{A})^2$
1.	1.000	12,5	—	1	—	12,50	—	14,40	14,40	12,5	1,90	**3,61**
2.	1.004	12,5	—	1	—	12,50	—	14,40	14,40	12,5	1,90	**3,61**
3.	1.007	25	0,1	0,9	2,50	22,50	9,34	12,96	20,30	25	4,70	**22,09**
4.	1.010	25	0,2	0,8	5,00	20,00	18,68	11,52	30,20	25	5,20	**27,04**
5.	1.003	40	0,3	0,7	12,00	28,00	28,02	10,08	38,10	40	1,90	**3,61**
6.	1.006	57	0,4	0,6	22,80	34,20	37,36	8,64	46,00	57	11,00	**121,00**
7.	1.009	60	0,5	0,5	30,00	30,00	46,70	7,20	53,90	60	6,10	**37,21**
8.	1.005	60	0,6	0,4	36,00	24,00	56,04	5,76	61,80	60	1,80	**3,24**
9.	1.001	60	0,7	0,3	42,00	18,00	65,38	4,32	69,70	60	9,70	**94,09**
10.	1.002	75	0,8	0,2	60,00	15,00	74,72	2,88	77,60	75	2,60	**6,76**
11.	1.008	75	0,9	0,1	67,50	7,50	84,06	1,44	85,50	75	10,50	**110,25**
12.	1.011	100	1,0	—	100,00	—	93,40	—	93,40	100	6,60	**43,56**
13.	1.012	100	1,0	—	100,00	—	93,40	—	93,40	100	6,60	**43,56**
					AQ=477,80	**224,20=AÁ**						**$(A-\hat{A})^2$=519,63**

L=12,5 ppm

H=100 ppm

$\hat{L}$=14,4 ppm

$\hat{H}$=93,4

$\frac{\hat{H}+\hat{L}}{2}=94$

n=13

ΣAQ=477,8

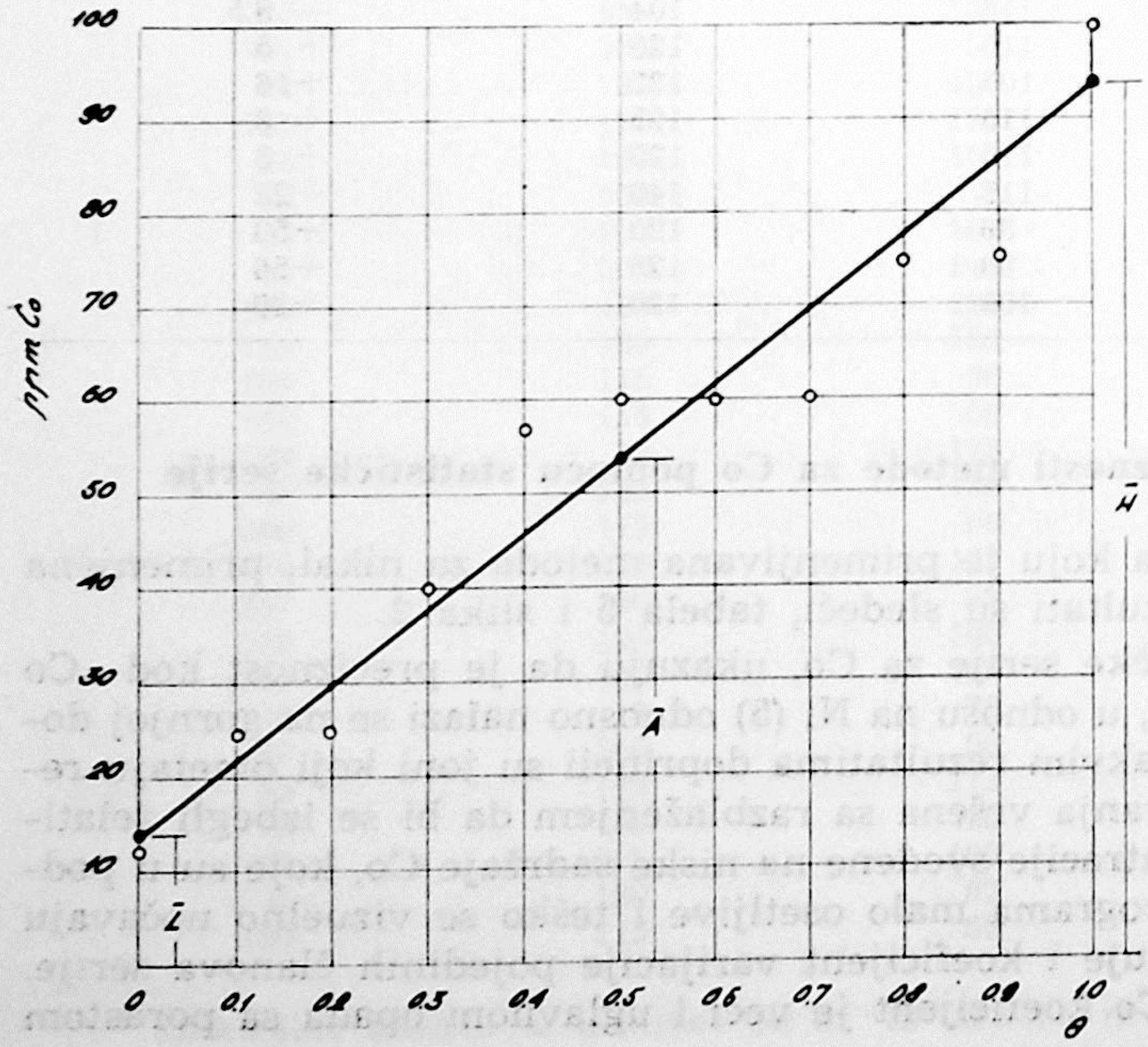
ΣAÁ=224,2

$\Sigma\frac{(A-\hat{A})^2}{n-2}=47,23$

S=6,87

C=±25%

$\Sigma Q^2=4,85$



Sl. 2. — Koncentracija analitičkih vrednosti oko prave koja spaja $\hat{L}$ i $\hat{H}$ tačke. A = anal. vrednosti, L = najbolja vrednost za »siromašan« uzorak a H = najbolja vrednost za »bogat« uzorak, A = srednja vrednost za $\hat{H}$ i $\hat{L}$

sadržaja Co, tako da će u minimalnom sadržaju od 12,5 ppm. imati C=±35,5% a u maksimalnom pada na nulu. (Tabela 6).

Ova metoda je primenjivana na ultrabazične stene i njihove produkte raspadanja. Sadržaj kobalta kretao se od 12,5—175 ppm.

Tabela 6

Standardna devijacija i koeficijent varijacije Co za članove statističke serije

Red. br.	Oznaka uzorka	Opit I	Opit II	Opit III	Opit IV	Br. anal. n	Arit. sred. X	Stan. dev. S ppm	Koef. var. C±%
1.	1.000	25	25	12,5	—	3	21	7,5	35,5
2.	1.001	100	100	60	—	3	87	23	21
3.	1.002	100	75	75	75	4	81	12,5	12,5
4.	1.003	25	25	40	—	3	31	9,8	31,6
5.	1.004	25	25	12,5	—	3	21	7,8	14,3
6.	1.005	50	60	60	—	3	57	5,7	10,1
7.	1.006	40	40	57	—	3	46	9,8	21,0
8.	1.007	15	25	25	25	4	22	6,5	15,4
9.	1.008	100	100	50	75	4	81	11	13,5
10.	1.009	50	55	60	—	3	52	6	11
11.	1.010	12,5	20	25	25	4	20	6,1	3,1
12.	1.011	110	100	100	—	3	103	3,4	1,5
13.	1.012	100	100	100	—	3	100	—	—

ZAKLJUČAK

Metoda za određivanje sadržaja kobalta u stenama sa 3-n-butil-amine-om može da se primeni na naše stene, uzimajući maksimalnu vrednost pH 5,5, od intervala u kome se odvija reakcija (pH 4—5,5). Da bi se izbeglo ometanje reakcije drugim jonima, uzorak se razblažuje na samom početku. Uzima se manja odvaga od 0,2 gr ide se na 0,1 gr. Menja se alikvot. Najčešći je od 0,5 ml, retko se spušta na 0,1 ml, od 2 ml. Kod kobalta je korišćeno maksimalno razblaženje do 40 puta. Ova razblaženja mogu da idu i više, samo u okviru težine uzorka i alikvota. Metoda je vrlo pogodna za geohemijsku prospekciju, gde nalazi široku primenu u svetu.

— Vrlo je brza i može jedan čovek da uradi 80—100 analiza dnevno, koristeći istu odvagu i isti rastvor uzorka i za nikal i za kobalt.
— Lako se improvizuje laboratorija na samom terenu.
— Metoda je jeftina i ne zahteva posebnu opremu.
— Dosta je tačna sa preciznošću ±25% za nivo poverenja u 95% slučajeva.
— Može da registruje nizak sadržaj kobalta i do 1 ppm, i
— Veoma je reproduktivna.

(Predato za štampu juna 1971. g.).

LITERATURA

1. Almond, H., and Bloom, A. — A semi-micromethod for the determination of cobalt in soils and rocks: afield method using the chromograph. Circ. U.S. geol. Surv., № 125, 1951.
2. Almond, H. — Determination of traces of cobalt in soils. Analyt. Chem. 25, Jan. 1953, 166—7.
3. Craven, C. A. U. — Statistical estimation of the accuracy of assaying Trans. Inst. Min. Metall. Lond., 63, 1953—54, № 574, sep. 1954.
4. Hunt, E. C., North, A. A., and Wells, R. A. — Application of paper-chromatographic methods of analysis to geochemical prospecting. Analyst, 80, March 1955, 172—94.
5. Simović, M. — Magistarski rad 1971. Beograd.
6. Stanton, R. E., and McDonald, A. J. — Field Determination of Cobalt in Soil and Sediment Saples. Trans. Inst. Min. Metall. London, 1961 — 62, 71, 511—516.

Summary

M. SIMOVIĆ*

AN APPLICATION OF COLORIMETRIC METHOD FOR THE DETERMINATION THE CONTENT OF Co WITH 3N BYTILAMINNE IN ULTRABAZIC ROCKS

The method for the determination the content of Co in rocks with 3N butyl-aminne can be emploied on our ultrabasic rocks and products of their alteration, taking maximum. Avalue pH 5,5 from an interval in which reaction takes place pH 4—5,5. In order to avoid the interference of other ions in the reaction, the sample is diluted in the very beginning. 0,2 g of the sample is taken and may go to 0,1 g. An aliquot is changing. The most frequently it is of 0,5 ml. very rarely it goes down to 0,1 ml from 2 ml. In this case maximum dilution was 40 times. These dilutions may go futher but only at the range of the sample and aliquots. Great dilutions bring low concentrations in Co the detection of which is more difficult below 1,5 ppm. By checking the precision on statistical series for Co, the standard deviation was $S = 6,87$, and the variation coefficient $C = \pm 25\%$.

* Institute for technology nuclear and other raw materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

UKD: 629.138:550.38 (497.1)

ZNAČAJ, ZADACI I TEHNIČKO-METODOLOŠKI ASPEKTI SISTEMATSKIH AEROMAGNETSKIH ISPITIVANJA JUGOSLAVIJE

U ovom radu proučavana je problematika vezana za eventualnu izradu i realizaciju projekta sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije. Proučavanjem su obuhvaćeni zadaci, tehnička oprema i metodološki elementi, koji bi se odnosili na aeromagnetska merenja čitave naše zemlje.

Izučavanje geološke građe zemljine kore do skora se odvijalo preko podataka prikupljenih pri osmatranju — istraživanju površine terena, na osnovu geoloških karata. To znači da su se saznanja o geološkoj građi ispod erozionog nivoa svodila na pretpostavke, izvedene iz onoga što se videlo na površini terena. Svakako da je ovo bilo nedovoljno sa naučnog i praktičnog aspekta, u smislu utvrđivanja opštih zakonitosti u građi kore i u pravcu istraživanja mineralnih sirovina. Činjenica je da se nalazimo u fazi ubrzanog smanjenja fonda postojećih rezervi mineralnih sirovina. Vreme olakog otkrivanja ležišta (sa izdancima) je prošlo, a nismo daleko od vremena kada će i najveća postojeća ležišta biti iscrpljena. Ostalo je da se istražuju ona koja se nalaze u dubljim nivoima, bez vidnih manifestacija na površini terena, što je mnogo teže jer se zahtevaju daleko kompleksnija i studioznija ispitivanja. U cilju proširenja saznanja fundamentalne geologije i obezbeđenja kontinuiteta u otkrivanju novih rezervi potrebnih sirovina, u tehnički razvijenim zemljama prišlo se sistematskim regionalnim ispitivanjima čitavih državnih teritorija, primenom u prvom redu geofizičkih metoda istraživanja. U okviru ovih ispitivanja posebno važna uloga pridaje se aeromagnetskim merenjima, koja su prvobitno u svom razvoju bila namenjena za istraživanje prostranih pustinjskih oblasti.

Prva aeromagnetska merenja u Jugoslaviji izvedena su 1960. godine, sa svrhom istraživanja ruda gvožđa u Makedoniji. Od tada pa do 1970. godine ispitivanja su se odvijala i u drugim delovima naše zemlje, sa promenljivim obimom, zavisno od shvatanja potrebe i raspoloživih finansijskih sredstava Saveznog geološkog zavoda i drugih zainteresovanih organizacija. Zadaci aeromagnetskih ispitivanja proširili su se, u manjem obimu, na geološko-strukturnu problematiku i na istraživanje drugih mineralnih sirovina. Analizirajući rezultate do sada obrađenih aeromagnetskih podataka može se konstatovati da pružaju značajan doprinos rešavanju geološko-strukturne problematike i proširenju mineralne sirovinske baze

naše zemlje. U objavljenim radovima može se naći detaljan prikaz postignutih rezultata, koji neosporno upućuju na potrebu ostvarivanja sistematskih aeromagnetskih ispitivanja čitave Jugoslavije, pogotovu primenom savremenih visoko osetljivih uređaja.

Dosadašnja aeromagnetska merenja u Jugoslaviji izvođena su sa uređajima različite osetljivosti (sada zastarelim) i to »na parče«, po pojedinim oblastima sa različitim međumaršrutnim odstojanjem, bez unapred utvrđenog programa sistematskih ispitivanja. Ostvarena merenja različite tačnosti i neujednačenost međumaršrutnog odstojanja ne dopuštaju da se na osnovu prikupljenih podataka izrade aeromagnetske karte po jedinstvenim kriterijumima, a da to ne bude na štetu merenja veće tačnosti i krupnije razmere. Ukupna površina ispitanih terena iznosi 20% od nacionalne teritorije. Napominjemo da je 1970. godine završen teristički magnetski premer SFRJ, koji je superregionalnog karaktera — 1 tačka/5 km^2, tako da se nikako ne isključuje potreba sistematskih aeromagnetskih ispitivanja. Mada je ideja o potrebi sistematskih aeromagnetskih ispitivanja čitave Jugoslavije stara skoro koliko i prva aeromagnetska merenja u nas, tek 1969. godine Savezni geološki zavod je najavio nameru da se priđe ovakvom poduhvatu. Svakako bi ostvarivanje sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije, primenom najsavremenijih dostignuća tehnike, imalo veliki naučni i ekonomski značaj. Dobijeni rezultati bili bi od značaja ne samo za geologiju već i druge naučne discipline, koje imaju interesa za potpunijim poznavanjem konfiguracije magnetnog polja Zemlje.

U cilju uspešnog projektovanja i realizovanja sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije nužno je blagovremeno obaviti odgovarajuće pripreme. Po svojoj naučno-stručnoj složenosti i finansijskom obimu ovaj višegodišnji zadatak zahteva prethodnu studioznu razradu sa više aspekata: definisanja geoloških problema (određivanja zadataka aeromagnetskih ispitivanja), tehničke opremljenosti, metodologije ispitivanja, obrade podataka, kadrova i dr.

Zadaci sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije

Polazeći od činjenice da je detaljna karta (geološka, geofizička) uvek poželjna, ali i od ekonomske nužnosti za racionalnim trošenjem sredstava, smatramo da čitavu teritoriju Jugoslavije treba prethodno regionalno aeromagnetski ispitati sa ujednačenom mrežom profila. Sistematska aeromagnetska ispitivanja treba metodološki tako postaviti i ostvariti da doprinesu poznavanju ne samo osnovnog geološko-strukturnog sklopa naše zemlje, već da omoguće verodostojniju selekciju rudno perspektivnih područja i olakšan prelaz ka fazi detaljnih istraživanja (aerogeofizičkih i dr.). To znači da bi po detaljnosti sistematska aeromagnetska ispitivanja čitave Jugoslavije trebala da budu između superregionalnih i detaljnih ispitivanja.

Proučavajući u opštim crtama geologiju Jugoslavije, na bazi postojeće literature, došli smo do zaključka da bi sistematska aeromagnetska ispitivanja mogla doprineti rešavanju važnih geoloških zadataka: utvrđivanju prisustva i određivanju prostranstva i forme geoloških struktura koje se potpuno ili delimično ispoljavaju na magnetskom polju, otkrivanju krupnih tektonskih zona i utvrđivanju granica njihovog rasprostranjenja, određivanju dubine zaleganja magnetskoaktivnih stena, kao i di-

rektnom i indirektnom (preko struktura) istraživanju mineralnih sirovina. Suština doprinosa ogledala bi se kroz pomoć pri izradi geološko-strukturnih i metalogenetskih karata. Konkretno, na teritoriji naše zemlje podaci aeromagnetskih ispitivanja mogli bi doprineti rešavanju sledeće geološke problematike:

— Utvrđivanju prostranstva bazita i određivanju međusobnih prostornih odnosa bazitskih masiva (npr. da li serpentiniti Metohije, Sandžaka, Zlatibora, Konjuha pripadaju istoj zoni bazita i u kolikom je stepenu ostvaren njihov kontinuitet ispod površine terena);

— Utvrđivanju prostranstva poznate strukturne jedinice »Vardarske zone« i određivanju njenog položaja u sklopu ostalih geoloških struktura;

— Izučavanju odnosa kristalinika i mlađih geostrukturnih jedinica (Dinarida, Karpatsko-balkanskog luka) na području Banat—Pomoravlje;

— Razgraničavanju Dinarida i Panonskog basena, čiju međugraničnu zonu čini sistem struktura obeležen pojavom bazita;

— Utvrđivanju dubinskih razloma i drugih disjunktivnih struktura (koje kontrolišu prostranstvo bazita) i proučavanju njihove veze sa magmatizmom, ležištima korisnih sirovina (ruda, nafte) i seizmizmom;

— Određivanju prostranstva i forme zaleganja do sada otkrivenih magmatskih stena koje karakteriše viši magnetski susceptibilitet (npr. određivanju korenih delova tercijarnih vulkanita);

— Utvrđivanju eventualno postojećih intruzija bazičnih i drugih magmatskih stena višeg susceptibiliteta, koje nisu erozijom otkrivene;

— Indirektnom (preko struktura) izdvajanju perspektivnih područja u pogledu otkrivanja novih rudnih ležišta na primer ruda gvožđa, nikla i kobalta vezanih za bazite; olovo-cinkova orudnjenja vezana za tercijarni magmatizam; skarnovska ležišta gvožđa i drugih sirovina);

— Direktnom istraživanju ležišta gvožđa i drugih sirovina čija rudna supstanca sadrži i feromagnetične minerale;

— Određivanju moćnosti sedimentnih formacija iznad kristalinika, na terenima gde između ovih stena postoji razlika u magnetnom susceptibilitetu.

Neosporno da bi svaki doprinos rešavanju ove problematike, koja obuhvata osnovna pitanja geološko-strukturnog sklopa naše zemlje, bio veoma značajan za geologiju Jugoslavije.

Izdvojena geološka problematika predstavlja u stvari zadatke aeromagnetskih ispitivanja. Uspešno rešavanje ovih zadataka moguće je ostvariti primenom savremenih dostignuća tehnike i odgovarajuće metodologije ispitivanja.

Tehnička oprema

Pri proučavanju i izboru aeromagnetske opreme neophodno je voditi računa da se ona može koristiti kako u sistematskim (I faza), tako i u detaljnim ispitivanjima minerogenih područja (II faza), pogotovu u kombinaciji sa gamaspektrometrom i elektromagnetometrom.

U osnovi aeromagnetska oprema sastoji se iz sledećih uređaja: aeromagnetometra, rekordera, navigacione tehnike, filmske kamere, radiovisinomera i varijacione stanice.

Aeromagnetometri. Za aeromagnetska merenja sada se u svetu koriste uglavnom protonski aeromagnetometri koje karakteriše visoka osetljivost (do 0,05 gama, zavisno od proizvođača). Primena, do skora vodećih, fluksnih magnetometara zadržala se jedino u istraživanju ležišta gvožđa i na drugim zadacima gde se ne traži velika osetljivost mernih uređaja. Razvoj raketne tehnike i kosmičkih istraživanja uslovio je i izradu najosetljivijih magnetometara (0,01 gama) sa parom cezijuma, rubidijuma ili helijuma. Zbog njihove visoke cene koštanja nisu stekli širu primenu u praksi aerogeofizičkih merenja. U mernoj tehnici čine se modifikacije u pravcu istovremenog merenja totalnog polja i gradijenta polja, što se u osnovi svodi na postavljanje dva magnetometra na određenom rastojanju (na istom kablu ili na raznim delovima letilice). Dosadašnja naša aeromagnetska merenja izvođena su sa fluksnim magnetometrima sovjetske proizvodnje ASGM-25 i ASG-46, osetljivosti 20, odnosno 5 gama. Analizirajući postojeće stanje u aeromagnetskim uređajima i imajući u vidu zadatke budućih ispitivanja, smatramo da se za dalja aeromagnetska merenja, treba opremiti protonskim magnetometrom osetljivosti reda 0,1 gama, koji se može koristiti i sa aviona i sa helikoptera.

Rekorderi. Zapisi mernih podataka ostvaruju se skoro u svim svetskim kompanijama analogno, na hartiji ili magnetskoj traci i digitalno, na magnetskoj traci ili perforiranoj hartiji. Analogni zapis na hartiji omogućava praćenje ispravnosti rada uređaja u toku merenja iz vazduha i sticanja prethodne slike o magnetskom polju ispitivanog područja. Analogni zapisi na magnetskoj traci ustupaju mesto digitalnim, što je i razumljivo s obzirom da se sve više prelazi sa analognih na digitalne računare. Digitalna registracija mernih veličina stvara najkraći put za automatsku, kompjutersku obradu podataka. Poznate svetske aerogeofizičke kompanije su pored digitalnog »rekording« sistema, uključenog u proces merenja u letilici, opremljene u bazi sa manjim kabinetskim računarom (sa štampačem) i teleprinterom za vezu sa specijalizovanim računskim centrom. Kabinetski računar sa štampačem služi za različite korekcije mernih podataka (za geografsku širinu, dnevnu varijaciju i dr.) i njihovo štampanje na traci od hartije. Trake sa brojčanim vrednostima magnetskog polja lepe se na planove maršruta iste razmere, da bi se zatim izvlačile izolinije totalnog intenziteta ili anomalnih vrednosti geomagnetskog polja. Pomoću digitalnih crtača moguća je i automatska izrada aeromagnetskih karata, s tim što su one više »geometrijskog karaktera«, izrađene bez uvažavanja geoloških elemenata. Teleprinter služi za obostrani prenos (predaju i prijem) podataka na relaciji aeromagnetski kabinet—računski centar. U računskom centru vrše se različite operacije neophodne u interpretaciji aeromagnetskih karata (preračunavanje polja na više nivoa, izrada karti drugih izvoda i dr.). Pri dosadašnjim našim aeromagnetskim ispitivanjima nije korišćena digitalna tehnika. Za ostvarivanje sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije primena digitalne tehnike bila bi ne samo poželjna već i neophodna.

Navigaciona tehnika. U navigacione svrhe pri aerogeofizičkim istraživanjima koriste se različiti sistemi: Šoran, Deka, Lorak, Toran, Dopler i dr. Za ispitivanje prostranih oblasti, bez markantnih orijentira najčešće se koristi Dopler, koji, za razliku od ostalih sistema, ne iziskuje specijalne

nazemne stanice. Međutim, ovim sistemom se ne postižu zadovoljavajući rezultati pri letovima nižim od 100 m i nad vodenim površinama. Pri istraživanju područja sa karakterističnim orijentirima, a za koje postoje kvalitetni aerofotomozaici ili topografske karte, zadovoljavajuća navigacija može se postići i bez navedenih uređaja. I u slučaju sa i bez primene navigacionih sistema, za kontrolu linije leta, tj. za njeno faktičko ustanovljavanje, služe snimci aerofotokamere (kontinualni ili povremeni), ostvareni za vreme aerogeofizičkih merenja. Za naše potrebe, s obzirom na topografske uslove i skupoću navigacionih uređaja, njihova primena nije neophodna. Za eventualne radove u pustinjskim područjima, u inostranstvu, za kooperanta avio usluga angažovala bi se kompanija čiji avion poseduje Dopler sistem. Da bi se fotokontrola leta mogla uspešno ostvariti i za područja bez mozaika bilo bi potrebno prethodno izvršiti aerofoto snimanja duž određenih pojaseva, sa dosta orijentira (reka, grebena), koji bi sekli aerogeofizičke maršrute. Rastojanje ovih pojaseva zavisilo bi od stepena kontrole koja bi se želela sprovesti: za sistematska aeromagnetska ispitivanja rastojanje bi se moglo kretati od 30—50 km. Fotosnimanje duž aerogeofizičkih maršruta obavljalo bi se i između pojaseva, na karakterističnim orijentirima (naseljena mesta i dr.), koji se mogu identifikovati na topografskim kartama. Radi racionalnog korišćenja, aerofotokamera koju bi trebalo nabaviti, mora imati takvu karakteristiku da se, promenom sočiva različite žižne daljine, sa njom može snimati kako sa malih (za detaljna istraživanja) tako i sa velikih visina.

Radiovisinomeri. Veliki broj aerogeofizičkih kompanija opremljen je Bonzer altimetrom, koji je precizan a uz to je po veličini (zapremini, težini) prikladan. Ovim uređajem trebalo bi kompletirati i našu aerogeofizičku opremu.

Varijacioni magnetometri. Za praćenje dnevnih promena totalnog intenziteta Z.M.P. u vremenskom intervalu aeromagnetskih merenja, koriste se nazemne magnetske stanice, istoga reda osetljivosti kao i aeromagnetometar. Zapis dnevnih promena može se ostvariti analogno i digitalno. Broj stanica zavisi od veličine ispitivane teritorije i njenog geografskog položaja — širine. Za ispitivanja na teritoriji naše zemlje dovoljna je jedna stanica.

Letilice. Aeromagnetska merenja izvode se sa aviona, brzine od 150—300 km/h, ili helikoptera, brzine do 150 km/h, u zavisnosti od detaljnosti ispitivanja i morfologije terena. Avioni se koriste za ispitivanja namenjena rešavanju geološko-strukturne problematike ili istraživanju rudnih ležišta na terenima sa relativno manjim visinskim razlikama. Upotreba helikoptera vezana je za merenja detaljnije razmere, čiji je osnovni cilj istraživanje mineralnih sirovina, poglavito u planinskim područjima.

S obzirom na svrhu, sistematska aeromagnetska ispitivanja Jugoslavije trebalo bi izvesti sa aviona čiji bi tip približno odgovarao klasi aviona DC-3. Detaljnija aeromagnetska ispitivanja na rudno-perspektivnim područjima (II faza), u kompleksu sa drugim vidovima aerogeofizičkih metoda (radiometrijskom, elektromagnetskom), mogla bi se izvršiti primenom aviona AN-2 i helikoptera Aluet III.

Metodologija ispitivanja

Metodologija magnetskih merenja iz vazduha u uskoj je vezi sa geološkom građom istraživanog područja, odnosno sa postavljenim zadacima ispitivanja i sa osetljivošću mernog uređaja. Polazeći od napred navedenih zadataka sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije i tehničkih karakteristika opreme predložene za nabavku, odredili smo optimalne metodološke elemente: pravac maršruta, međumaršrutno odstojanje i visinu leta.

Pravac maršruta. Ovaj elemenat zavisan je uglavnom od pravca prostiranja geoloških struktura, koji se najčešće poklapa sa pravcem prostiranja magnetskih anomalija. To znači da maršrute treba postaviti upravno na generalni pravac geoloških struktura, kako bi preko mernih podataka izrađene aeromagnetske karte što bolje odražavale stvarnu konfiguraciju magnetskog polja Zemlje. Ukoliko se iz nekih razloga (morfologija terena i dr.) odstupanje od upravnog pravca ne može izbeći, onda treba nastojati da odstupanje ne bude više od 35°. Izuzetno, u pojasu magnetskog ekvatora prostiranje magnetskih anomalija i geoloških struktura se ne poklapa u slučaju kada strukture imaju pravac S—J ili približno meridionalno pružanje. Zato se u ovom pojasu, gde je inklinacija magnetskog polja manja od 20°, preporučuje da maršrute sa meridijanom čine ugao ne veći od 45°.

U našoj zemlji za sistematska ispitivanja, s obzirom na geološku građu, tj. pravce prostiranja osnovnih struktura, najcelishodnije je da se sa aspekta pravca maršruta izdvoje tri područja, koja se formiraju razgraničavanjem približno na linijama Tamiš—Kolubara—Čačak—Golija—N. Pazar—Peć i Koprivnica—Zagreb—Črnomelj—Ljubljana—Postojna. Na istočnom području maršrute bi imale pravac I—Z, na središnjem SI—JZ i na severozapdnom S—J.

Međumaršrutno odstojanje. Troškovi aeromagnetskih ispitivanja direktno su vezani za ukupnu dužinu profila — maršruta, po kojima se merenja geomagnetskog polja ostvaruju. Pošto je ukupna dužina maršruta zavisna od njihovog međusobnog odstojanja to znači da su troškovi ispitivanja manji ako je međumaršrutno odstojanje veće i obrnuto. Međutim, verovatnoća otkrivanja (struktura, rudnih ležišta) obrnuto je srazmerna veličini međumaršrutnog odstojanja. Zato je nužno odrediti optimalno međumaršrutno odstojanje, kako bi se uskladile težnje za što manjim troškovima ispitivanja i za što većom verovatnoćom otkrivanja geoloških objekata, zbog kojih se aeromagnetska merenja izvode. U praksi, ekonomski razlozi i slaba geološka izučenost pojedinih teritorija najčešće diktiraju faznost u ispitivanjima — od superregionalnih do detaljnih na perspektivnim delovima terena (izdvojenih kroz prethodne faze), odnosno od istraživanja najkrupnijih struktura do direktnog istraživanja — indiciranja manjih rudnih ležišta. Uopšte uzev, problemu određivanja optimalnog međumaršrutnog odstojanja može se prići sa aspekta istraživanja struktura i sa aspekta direktnog istraživanja rudnih ležišta.

U slučaju istraživanja geoloških struktura, koje se manifestuju na geomagnetsko polje, odredba optimalnog međumaršrutnog odstojanja je dosta olakšana, jer geološke (magnetske) strukture imaju najčešće izražene

dimenzije u pravcu pružanja, pa se merenjem duž upravnih maršruta ne postavlja pitanje »potpunog obuhvata međumaršrutnog intervala«. Optimalno međumaršrutno odstojanje određuje dužina ranije utvrđenih i očekivanih struktura — strukture većeg prostranstva mogu biti otkrivene pri većem međumaršrutnom odstojanju i obrnuto. Ukoliko bi se zahtevalo indiciranje i nekih interesantnih struktura koje imaju pružanje upravno na generalni pravac pružanja formacija, odnosno paralelno maršrutama, onda bi optimalno međumaršrutno odstojanje trebalo odrediti u funkciji namagnetisanja, osetljivosti mernog uređaja (minimalne merljive anomaličnosti) i visine leta. Za istraživanje manjih masa magnetskoaktivnih magmatita, odnosno za indirektno indiciranje razlomnih struktura koje ih kontrolišu, optimalno međumaršrutno odstojanje određuje se u zavisnosti od forme, dimenzija i intenziteta namagnetisanja magmatitskih masa, osetljivosti mernog uređaja i visine leta.

Za aeromagnetska merenja namenjena istraživanju rudnih tela međumaršrutno odstojanje mora biti sa posebnom pažnjom određeno, kako ne bi došlo do »propuštanja« postojećih ležišta, čije su dimenzije znatno nižeg reda od struktura. Olakšano istraživanje usloviće ona ležišta koja se javljaju u izduženim formama (žice i dr.), tako da u ravni merenja mogu biti indicirana ne samo sa jednom već sa većim brojem maršruta; odredba optimalnog međumaršrutnog odstojanja slična je i kod struktura — po pretpostavljenim dimenzijama ležišta koja se očekuju na ispitivanom području. Najteže je istraživati rudna tela sferičnog i stubastog oblika, koja izazivaju anomalije izometrične forme, neznatnih dimenzija. Za aeromagnetska istraživanja ovih ležišta određuje se optimalno međumaršrutno odstojanje u funkciji od dimenzija rudnih tela, intenziteta namagnetisanja, visine leta i osetljivosti mernog uređaja. Često optimalno međumaršrutno odstojanje je manje od 200 m.

Predviđena sistematska aeromagnetska ispitivanja Jugoslavije su regionalnog karaktera, pa su saglasno tome i zadaci definisani. Kao što se može napred videti, primarni zadaci su strukturološkog karaktera, a direktno indiciranje rudnih ležišta je sekundarnog značaja. Na otkrivanje ležišta u ovoj fazi istraživanja računa se u stepenu koji može proizaći indirektno iz rešavanja strukturoloških zadataka i usputnog direktnog indiciranja. Prema tome, odredbi optimalnog međumaršrutnog odstojanja treba prići sa aspekta istraživanja struktura. Analizom oblika, dimenzija i pravca pružanja poznatih delova struktura, koje se tretiraju u postavljenim zadacima, proizilazi da se odredba optimalnog međumaršrutnog odstojanja može zasnivati na veličini struktura u pravcu pružanja. Pošto se strukture ispoljavaju na magnetskom polju zahvaljujući uglavnom serpentinima, peridotitima, gabrovima i drugim magmatskim stenama višeg susceptibiliteta, to znači da prostranstvo ovih stena određuje optimalno međumaršrutno odstojanje. Poznato je da se baziti pretežno nalaze duž dubinskih razloma, prostirući se desetinama kilometara preko terena različite starosti, a da se intruzivi i vulkaniti drugih magmatskih stena javljaju u vidu relativno većih masiva, s tim što se vulkaniti često pojavljuju i kao manje izolovane mase, površine reda nekoliko kilometara kvadratnih. Takođe, poznato je da se baziti unutar kristalinika javljaju većinom u vidu manjih masa, raspoređenih duž disjunktivnih struktura. Imajući u vidu moguću heterogenost unutar jednog litološkog člana (primarnu i kao po-

sledicu hidrotermalnih promena), koja može uticati na smanjenje magnetske strukture, zatim značaj tercijarnih vulkanita sa aspekta rudnih ležišta, kao i važnost određivanja dubina kristalinskog fundamenta i dislokacija u njemu za istraživanja nafte, smatramo da optimalno međumaršrutno odstojanje za sistematska aeromagnetska ispitivanja Jugoslavije iznosi 2 km. Ovakvo međumaršrutno odstojanje (razmera ispitivanja 1 : 200.000) omogućilo bi dobijanje rezultata koji bi zadovoljili potrebe strukturološkog karaktera i preliminarne ocene terena sa aspekta rudonosnosti. Za drugu fazu aeromagnetskih ispitivanja, koja bi se obavila na izdvojenim (u I fazi) perspektivnim područjima optimalno međumaršrutno odstojanje bilo bi određeno u skladu sa zahtevima istraživanja mineralnih sirovina. U ovoj fazi optimalno međumaršrutno odstojanje se nalazi, najčešće, u intervalu 100—500 m.

Visina leta. Odredba visine leta je jedno od najtežih pitanja u metodici aeromagnetskih ispitivanja. Uopšte uzev, optimalna visina za aeromagnetska merenja zavisna je od osetljivosti i vremenske konstante mernog uređaja, dimenzija, dubine i namagnetisanja istraživanih geoloških objekata, međumaršrutnog odstojanja, morfologije terena, tipa letilice i dr. Često su zahtevi koji proističu iz ovih elemenata međusobno protivrečni i čak uzajamno isključivi zbog čega je nemoguće dati univerzalno pravilo za izbor visine leta. Neophodno je za svaki poseban slučaj, odnosno područje određenih geoloških i morfoloških karakteristika, naći optimalno rešenje kako bi se jednovremeno udovoljilo onim zahtevima od kojih najviše zavisi uspešno izvršavanje postavljenih geoloških zadataka.

Pri istraživanju (određivanju položaja) prostranih geoloških struktura problem odredbe optimalne visine se znatno uprošćuje, jer njima izazvana magnetska polja imaju relativno mali gradijent i u horizontalnoj i u vertikalnoj ravni. U ovom slučaju visina leta se određuje u zavisnosti od interesovanja za usputno indiciranje struktura nižega reda i od morfologije ispitivanog područja. Pri merenjima na manjim visinama može se dobiti potpunija informacija o građi ispitivane teritorije, zahvaljujući pre svega smanjenju superpozicije uticaja više uzročnika. Prednosti su naravno i u tome što magnetska polja manjih struktura, koja inače iščezavaju na većoj visini, doprinose detaljnijem upoznavanju forme i stepena složenosti krupnih struktura, za koje su manje strukture njeni integralni delovi. Katkada se i prostrane strukture indiciraju samo pri merenjima sa malih visina, u slučajevima kada se njihovi indirektni magnetski ukazatelji pojavljuju u vidu manjih masa (kontaktne zone sa skarnovima, zone razloma praćene sa manjim pojavama magmatita). S druge strane, smanjenje visine leta utiče na smanjenje apsolutne greške sračunavanja dubine zaleganja uzročnika anomalija. Kod aeromagnetskih merenja sa međumaršrutnim odstojanjem od 2 km visina se odabira u intervalu 300—1000 m, ukoliko to morfologija terena dozvoljava; inače, teži se postići da prosečna visina bude u ovom intervalu. Obično se praktikuje da magnetska merenja duž jedne maršrute budu izvedena na istoj barometarskoj visini, kako bi se omogućilo održavanje konstantne brzine aviona i posedovanje fiksnog nivoa u odnosu na koga se sračunavaju dubine kristalinika i drugih uzročnika. U tom cilju, po topografskoj karti vrši se rejoniranje terena, da bi na svakom od njih prosečna relativna visina leta bila jednaka određenoj optimalnoj visini. Iz ekonomskih razloga teži se da izdvojeni rejoni budu što veći.

Dakle, po ovom postupku aeromagnetska merenja se izvode na istoj barometarskoj visini u okviru jednoga rejona, ali različito u odnosu na susedne izdvojene rejone. Granični predeli rejona (širine oko 5 km) prekrivaju se maršrutama sa dve visine, kako bi se dobili podaci za ocenu uticaja visine na opšti karakter magnetskog polja. Pored ovoga, neke se maršrute sa najvećom apsolutnom visinom, na karakterističnim geološkim profilima, mogu produžiti preko cele teritorije na istoj visini.

Ukoliko je osnovni cilj direktno istraživanje — indiciranje rudnih ležišta (ili malih magnetskih tela) sa feromagnetičnim mineralima, koja najčešće imaju malo prostranstvo, pitanje odredbe optimalne visine leta je daleko složenije. Intenzitet anomalija izazvanih rudnim ležištima naglo opada sa udaljenjem od uzročnika, odnosno sa povećanjem visine leta. Stepen opadanja intenziteta anomalija izazvanih različitim objektima vidi se iz sledećeg: jačina polja obrnuto je proporcionalna — kubu rastojanja za mala tela (dipolu), kvadratu rastojanja za liniju dipola i jedinični pol i obrnuto proporcionalna rastojanju za dvodimenzionalna tela ili slojeve. Za pojedinačne objekte sa određenim parametrima razmere, forme, dubine zaleganja i intenziteta namagnetisanja, nije teško matematički odrediti optimalnu visinu leta, u zavisnosti od međumaršrutnog odstojanja i tačnosti merenja koju možemo postići. Za istraživanje rudnih tela sa određenim istovetnim parametrima postavlja se, dakle, potreba međusobnog usaglašavanja međumaršrutnog odstojanja i visine leta. Teoretskom analizom magnetskih polja izazvanih telima proste forme dolazi se do opšteg zaključka da, u cilju potpunog obuhvata cele aeromagnetski ispitivane teritorije, tj. isključenja »propuštanja objekata između maršruta«, visina leta treba da je približno jednaka polovini međumaršrutnog odstojanja, ako se uzročnici nalaze blizu površine terena i ako je položaj maršruta prema pravcu pružanja »dvodimenzionalnih« uzročnika najnepovoljniji — kada su međusobno paralelni. Odnos između optimalne visine i međumaršrutnog odstojanja je dakle isti za različita tela proste forme, a njihove vrednosti sračunavaju se u zavisnosti od parametara za svaki slučaj posebno. Međutim, činjenica je da na ispitivanim područjima rudna tela imaju različite forme i nivoe zaleganja, pa je tako znatno otežana odredba optimalne visine, pogotovu što se rudna ležišta javljaju pretežno u morfološki jako ispresecanim terenima. Kod istraživanja ležišta poželjno je leteti na postojanoj visini iznad zemljine površine, koja omogućava lakšu korelaciju anomalija sa susednih maršruta. Let na istoj visini ne može se praktično ostvariti čak i u najpovoljnijim morfološkim uslovima, na ravničarskom terenu. Na terenima sa složenim reljefom mogu se primeniti specijalne metode letenja: »po reljefu« ili »po izohipsi« — na istoj apsolutnoj visini (uz kompenzaciju devijacionog uticaja), koje omogućavaju održavanje prilično konstantne relativne visine leta. Ipak, i kod aeromagnetskih istraživanja ležišta na morfološki jako ispresecanom terenu može se govoriti samo o prosečnoj visini leta. Praksa pokazuje da se najbolji rezultati postižu pri merenju magnetskog polja sa što je moguće manje visine, tako da odredbu optimalne visine uslovljava bezbednost leta, odnosno minimalna bezbedna visina leta. Obično, aeromagnetska istraživanja ležišta izvode se sa visine reda 100 m.

Pošto su napred postavljeni zadaci sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije prevashodno strukturološkog karaktera, to shodno

tome treba odrediti optimalnu visinu leta. Prema očekivanom prostranstvu većine struktura, koje se tretiraju u zadacima, visina bi mogla biti reda 1000 m. Međutim, s obzirom da se od rezultata aeromagnetskih ispitivanja u ovoj fazi očekuje doprinos ne samo određivanju položaja krupnih struktura, već i njihovom detaljnijem poznavanju, kao i doprinos istraživanju značajnijih struktura nižega reda (rudonosnih i dr.), visina leta treba da je manja. Imajući u vidu pored izloženog morfološke prilike teritorije naše zemlje, smatramo da je za aeromagnetska ispitivanja razmere 1 : 200.000 optimalna prosečna visina leta reda 500 m, podrazumevajući oscilaciju relativne visine u intervalu 300—700 m (ne računajući prelete preko izrazitih morfoloških ekstrema) i težnju da merenje na nižim visinama bude prvenstveno ostvareno iznad magmatsko-rudnih područja. S obzirom na raspored izrazitijih planinskih lanaca, sa ekstremnim visinama, koji su često međusobno dosta udaljeni, aeromagnetska merenja ne bi trebalo izvesti duž maršruta sa striktno konstantnom barometarskom visinom. Napred navedene prednosti leta na istoj barometarskoj visini nisu presudne, već suštinski zahtevi koje treba udovoljiti kako bi se postavljeni zadaci uspešno rešili. Pri morfološkim uslovima, kao u našoj zemlji, merenja na konstantnoj visini uslovila bi povećanje prosečne visine leta iznad površine terena, jer je iz ekonomskih razloga necelishodno posebno leteti iznad ekstremnih planinskih lanaca, čije su dimenzije u poprečnom pravcu (pravcu maršruta) relativno neznatne. Da bi se postigla optimalna visina leta za ovu fazu ispitivanja, tj. predviđena prosečna visina leta reda 500 m, te tako obezbedili odgovarajući magnetski podaci za uspešno rešavanje postavljenih zadataka, biće nužno avionom leteti tako da se bar blago slede osnovni morfološki oblici.

ZAKLJUČAK

Proučavajući problematiku vezanu za eventualnu izradu i realizaciju projekta sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije došli smo do sledećih zaključaka:

1. Sistematska aeromagnetska ispitivanja trebalo bi metodološki tako postaviti i ostvariti da doprinesu poznavanju ne samo osnovnog geološko-strukturnog sklopa naše zemlje, već da omoguće verodostojnu selekciju rudno perspektivnih područja i postupan prelaz ka fazi detaljnih istraživanja (aerogeofizičkih i dr.). To znači da bi sistematska aeromagnetska ispitivanja čitave Jugoslavije po detaljnosti trebala da budu između superregionalnih i detaljnih ispitivanja.

2. Podaci sistematskih aeromagnetskih ispitivanja Jugoslavije mogli bi doprineti rešavanju sledećih osnovnih geoloških zadataka: utvrđivanju prisustva i određivanju prostranstva i forme geoloških struktura koje se potpuno ili delimično ispoljavaju na magnetskom polju, otkrivanju krupnih tektonskih zona i utvrđivanju granica njihovog rasprostranjenja, određivanju dubine zaleganja magnetskoaktivnih stena, kao i direktnom i indirektnom (preko struktura) istraživanju mineralnih sirovina. Suština doprinosa ogledala bi se kroz pomoć pri izradi geološko-strukturnih i metalogenetskih karata.

3. Aeromagnetska merenja trebalo bi izvršiti iz aviona, primenom savremenih tehničkih sredstava, koja se koriste za merenje i obradu podataka (protonski aeromagnetometar osetljivosti 0,1 gama, digitalna tehnika itd). Radi što boljeg iskorišćenja treba posedovati takvu aeromagnetsku opremu koja će se moći koristiti kako u sistematskim, tako isto i u detaljnijim ispitivanjima, u kombinaciji sa gamaspektrometrom i elektromagnetometrom.

4. Za uspešno izvršenje postavljenih zadataka optimalni metodološki elementi pri merenju magnetskog polja iz vazduha bili bi: pravac maršruta I—Z za istočni, SI—JZ za središnji i S—J za severozapadni deo Jugoslavije; međumaršrutno odstojanje 2 km i prosečna visina leta reda 500 m.

(Predato za štampu decembra 1970. god.).

Summary

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ*

THE IMPORTANCE, TASK AND TECHNICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF SYSTEMATIC AEROMAGNETIC INVESTIGATIONS IN YUGOSLAVIA

This paper treats the problems related to the eventual application of project of systematic aeromagnetic investigations in Yugoslavia. This study has reached the following conclusions:

1. The systematic aeromagnetic investigations should be organized methodologicaly in such a way, as to obtain not only the informations on the geological and structural features of Yugoslavia, but to give the data that will serve as a basis in selecting the prospective mining areas and as a gradual transition into the phase of detailed investigations (aerogeophysical, etc.). According to this study, the systematic aeromagnetic investigation of the whole territory of Yugoslavia should represent the exploration that are between the superregional and detailed.

2. The systematic aeromagnetic investigation of Yugoslavia may help in solving the following geological problems: the detection and delineation of geological structures that as a whole or in the part influence the magnetic field, detection of large tectonic zones and determination of their extension, determination of the spacial position of magnetoactive rocks, as well as in the direct and indirect (according to the favorable structures) detection of deposits of mineral raw materials. The aeromagnetic investigation, in this way, will give an important contribution in preparing the geological, structural and metallometric maps. (The concrete tasks of aeromagnetic investigation have been discussed in detail in the paper).

3. The aeromagnetic investigation should be carried out from the fixed-wing plane, and the instrumentation and equipment for data

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

aquisition and processing should be the most up-to-date (proton magnetometers with up 0.1 gamma sensitivity, digital data aquisition and processing etc.). To ensure the high efficiency, the equipment should be such as to be applied both in systematic and detailed investigation, as well as combined with gamma-ray spectrometers and electromagnetic equipment.

4. The optimal elements for such systematic aeromagnetic investigation will require the flight-lines directions E—W in the E parts, NE—SW in the central and N—W in the NW parts of Yugoslavia. The flight-lines spacing should be 2 km, and the flight altitude around 500 meters.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ UKD: 550.38 (497.15)

O POTREBI I METODOLOGIJI GEOMAGNETSKIH ISPITIVANJA NA SEIZMOGENOM PODRUČJU BOSANSKE KRAJINE

(sa 1 slikom)

U ovom radu ukazano je na potrebu da se u sklopu ostalih geološko-geofizičkih ispitivanja na seizmogenom području Bosanske krajine izvedu i geomagnetska. Svrha geomagnetskih ispitivanja proističe iz činjenice da se na ovom području prostiru dubinski razlomi sa bazitima (stenama višeg magnetskog susceptibiliteta), koji nesumnjivo bar delom uslovljavaju seizmičku nestabilnost terena, tako da je od interesa precizno određivanje njihovog položaja. U radu je izneta zamisao da bi geomagnetska ispitivanja trebalo ostvariti preko aeromagnetskih merenja (delimično na tri nivoa), periodičnih nadzemnih merenja na fiksnim tačkama i kontinualne registracije promena magnetskog polja u epicentralnom rejonu i stabilnom terenu (van strukturne zone sa bazitima).

Postojanje dubinskih razloma sa bazitima na području Bosanske krajine iniciralo je shvatanje da uzrok katastrofalnog zemljotresa iz 1969. godine, odnosno seizmičkoj nestabilnosti terena, treba tražiti u vezi sa ovim strukturama. Rezultati dosadašnjih istraživanja na seizmogenom području ne negiraju ovo shvatanje, već mu idu u prilog*. U svakom slučaju preciznije određivanje položaja dubinskih razloma od značaja je za pouzdanije objašnjenje seizmičnosti terena Bosanske krajine i za uspešno izdvajanje potencijalno labilnih terena. Zahvaljujući činjenici da razlome kontrolišu baziti, koji se odlikuju višim magnetskim susceptibilitetom, određivanje položaja razloma ne predstavlja složen problem — uspešno se može rešiti primenom magnetske metode.

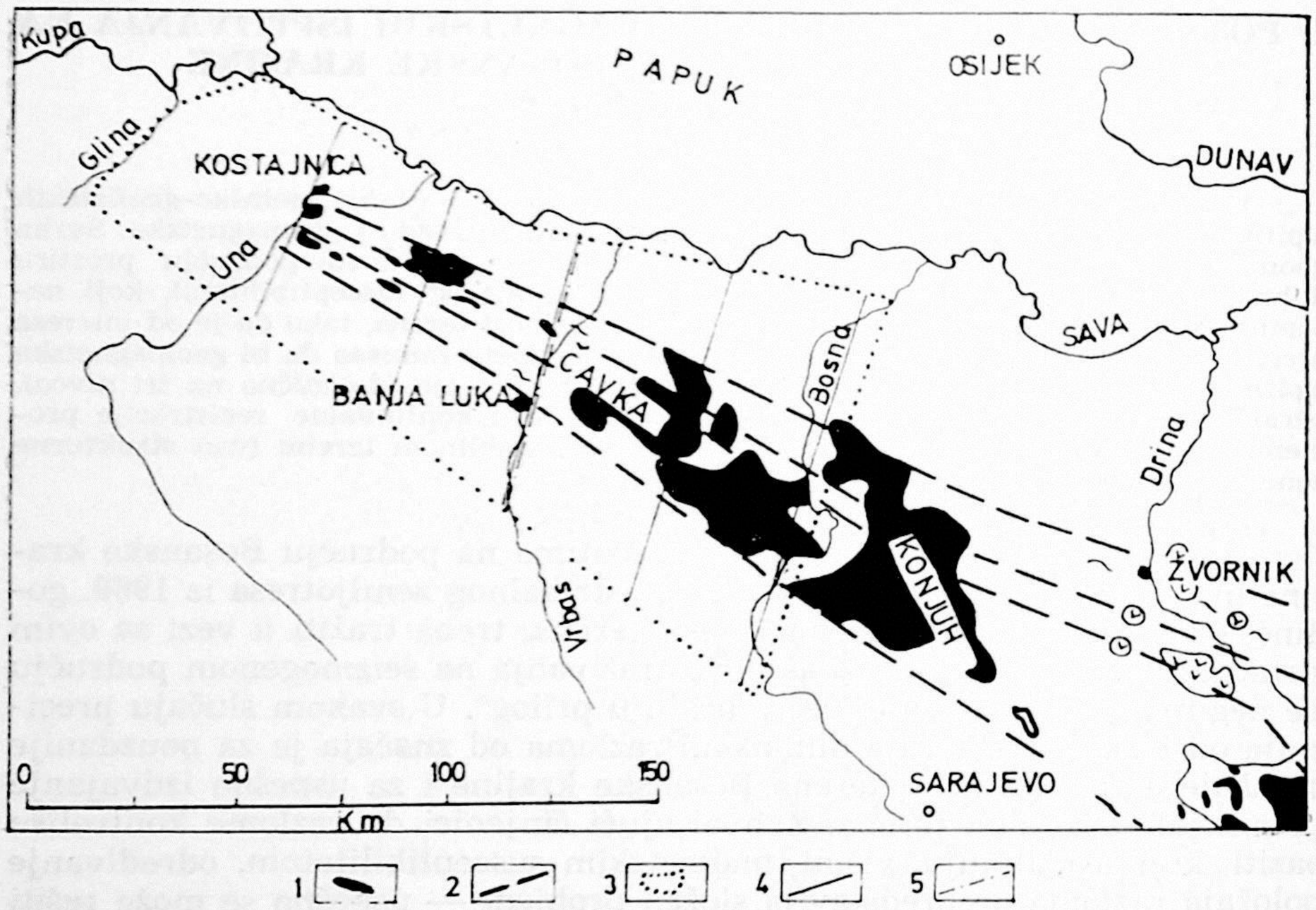
Na području Bosanske krajine do sada su izvođena magnetska merenja u sklopu regionalnog geomagnetskog premera Jugoslavije i u okviru aero-

* Pred štampanje ove sveske Radova izašla je XXXV knjiga Geoloških anala Balkanskog poluostrva u kojoj je objavljen rad K. Petkovića, M. Vukašinovića i R. Smiljanića pod naslovom »Seizmičke i seizmotektonske karakteristike terena Banja Luke i okoline sa naročitim osvrtom na zemljotres od 26. i 27. oktobra 1969. godine«. U ovom radu izraženo je neslaganje sa našim postavkama datim kao prilog objašnjenju seizmičnosti terena Bosanske krajine. O snazi njihovih argumenata (rezistentnost bazita na dubinskim razlomima, intruzije bazita »zavaruju« dubinske razlome), sa kojima se pobijaju naše postavke, verujemo da će stručna javnost već doneti svoj sud. Ipak, s obzirom na ton kritike našeg rada i činjenicu da iza nje stoji poznati geolog i akademik Dr. K. Petković, osećamo potrebu da se detaljnije osvrnemo na njihov rad, ustvari na onaj deo koga ne sačinjavaju prepisi i izvodi iz literature (geologije područja Banja Luka i osnova seizmologije). Nagoveštavamo da ćemo naše primedbe objaviti u sledećem broju Geoloških anala Balkanskog poluostrva, pretpostavljajući da će nam to redakcija Geoloških anala omogućiti.

magnetskih ispitivanja koja su obuhvatila samo deo na profilu Banja Luka — Motajica duž koga su izvršena uzgredna merenja prilikom preleta na relaciji Osijek — Banja Luka i obratno.

Interpretacija podataka dobijenih u regionalnom geomagnetskom premeru nije vršena sa aspekta strukturne geologije, pa prema tome ni sa aspekta seizmologije. Međutim, ovi podaci idu u prilog interpretaciji izvedenoj na bazi aeromagnetskih podataka (2, 3, 4).

Osnovne postavke objašnjenja seizmičnosti terena Bosanske krajine, koje su proistekle iz interpretacije aeromagnetskih podataka, svode se na sledeće (4):



Sl. 1. — Šematski prikaz strukturnih zona sa bazitima
1 — prostranstvo bazita na površini terena; 2 — granice strukturnih zona sa bazitima; 3 — teren koji se predlaže za aeromagnetska ispitivanja; 4 — profili »visinskih« aeromagnetskih merenja; 5 — profil nazemnih magnetskih merenja.

Fig. 1. — Shematic presentation of structural zones with basites
1 — distribution of basites on the surface; 2 — boundaries of structural zones containing basites; 3 — the area suggested for aeromagnetic investigations; 4 — profiles of »high level« aeromagnetic measurements; 5 — profile of ground magnetic measurements.

Uzrok labilnosti terena Bosanske krajine leži u geološko-strukturnom sklopu koga karakteriše prisustvo dubinskih razloma u zemljinoj kori (v. sliku). Potencijalna nestabilnost terena, uslovljena prisustvom dubinskih razloma, prešla je u kinetičku, moguće i posredstvom kretanja na poprečnoj dislokaciji (dolinom Vrbasa). Intenzitet potresa bio je verovatno još

više potenciran kretanjem serpentinita, do koga je moglo doći s obzirom na fizička svojstva ove vrste stena. Pretpostavljamo dakle, da su serpentiniti doprineli da nestabilnost predisponirana dubinskim razlomima preraste u katastrofalan zemljotres od 27. 10. 1969. godine. Činjenica da Banja Luka i šire područje pogođeno katastrofom po položaju leže na strukturama dubinskog karaktera svakako da nije slučajna i da se uzroci zemljotresa opravdano vezuju za ove strukture. Takođe, zemljotresi u oblasti Skoplja i Debra idu u prilog povezivanja seizmizma sa dubinskim razlomima koji kontrolišu bazite, jer se dotični tereni nalaze u sličnim geološko-strukturnim uslovima (3). U svakom slučaju ovakvi geostrukturni odnosi upućuju na izbor osnovnog pravca daljih istraživanja u cilju pouzdanijeg objašnjenja seizmičnosti terena Bosanske krajine i u cilju izdvajanja trusno opasnih rejona.

Precizno određivanje položaja dubinskih razloma sa bazitima uslovilo bi kako smo naveli, pouzdanije objašnjenje seizmičnosti terena Bosanske krajine, a u odnosu na strukturne zone sa bazitima (serpentinitima) bilo bi moguće prilično uspešno izdvojiti potencijalno labilne terene, naravno imajući pri tome u vidu i druge strukturne karakteristike. Povoljna je okolnost što se odredba položaja strukturnih zona sa bazitima, uključujući i zaleganje sa dubinom, može uspešno izvršiti na osnovu magnetskih podataka. Podaci dosadašnjih regionalnih magnetskih merenja mogu u ovom pravcu pružiti samo osnovne pokazatelje zbog neadekvatno sprovedene distribucije mernih tačaka, odsustva kontinuiteta u podacima o promeni magnetskih karakteristika (merene veličine) duž optimalnog pravca — profila i nepoznavanja prostorne raspodele anomalnog magnetskog polja (na različitim nivoima). U ovom cilju daleko potpunije informacije mogu pružiti podaci aeromagnetskih ispitivanja, u prilog čega ide interpretacija izvedena na osnovu dosadašnjeg samo jednog aeromagnetskog profila. Prema, tome, dalja magnetska ispitivanja na seizmogenom širem području Bosanske krajine (uključujući i deo Hrvatske do reke Gline radi celovitije interpretacije), površine reda 10.000 km^2, su neophodna i to primenom aeromagnetske metode. Pored preciznijeg određivanja prostornog položaja strukturnih zona sa bazitima na čitavom području Bosanske krajine, na osnovu aeromagnetskih podataka pokušala bi se utvrditi i objasniti eventualna razlika u anomalnoj slici između epicentralnog (od 27. 10. 1969. god.) i ostalog dela Bosanske krajine kako bi se pored opšteg geološko-strukturnog objašnjenja seizmičnosti, karakterističnog za celo područje, potražili i posebni uzroci.

Pošto u geološkoj građi trusnog područja Bosanske krajine znatno učešće imaju serpentiniti — stene visokog magnetskog susceptibiliteta, postoje izgledi za mogućnost praćenja i manjih pomeranja geoloških blokova, koja mogu biti prethodnica seizmičkoj aktivnosti. U cilju praćenja ovih »laganih« promena u sklopu terena, u ravnoteži geoloških blokova, a koje bi se manifestovale na konfiguraciju anomalnog magnetskog polja, trebalo bi vršiti stalna i periodična magnetska merenja. Pod stalnim merenjima podrazumevamo praćenje varijacija magnetskog polja na dve stanice, od kojih bi jedna bila postavljena u epicentralnom rejonu, a druga u stabilnom terenu (van strukturne zone sa bazitima). Periodična magnetska merenja izvodila bi se po fiksnim tačkama duž profila, koji bi išao preko epicentralnog rejona i zalazio u stabilne delove terena. Analizom na ovaj na-

čin prikupljenih magnetskih podataka i njihovom uporednom studijom sa vremenski odgovarajućim seizmogramima, došlo bi se do saznanja o mogućnosti praćenja promena u sklopu terena i o mogućnosti ustanovljenja eventualne zavisnosti između promena u magnetskom polju i potresa (pretpostavljamo da će nekih potresa biti u periodu geomagnetskih ispitivanja). Pored opšteg, zaključci po ovim pitanjima mogli bi imati značaja i kao prilog pokušajima rešavanja problematike prognoziranja zemljotresa. Kažemo pokušajima, jer poznato je da u seizmologiji nema, bar za sada, naučnih osnova na kojima bi se zasnivala uspešna prognoza zemljotresa. U svetu se čine napori u ovom pravcu pa bi tako trebalo shvatiti i naša nastojanja.

Aeromagnetska merenja, primenom visoko-osetljivog uređaja (0,1 gama), trebalo bi izvesti na području površine od oko 10.000 km², sa osnovnim međumaršrutnim odstojanjem od 2 km i prosečnom visinom leta od oko 500 m. Pored ovoga, na tri profila u predelu reke Bosne, Vrbasa i Une i na dva profila između ovih reka (v. sliku) trebalo bi izvesti merenja i na višim nivoima — apsolutnim visinama leta od 1000 i 2000 m; ukupna dužina »visinskih« profila bila bi 800 km. Ukupna dužina svih maršruta iznosila bi oko 5800 km.

Periodična nazemna magnetska merenja trebalo bi izvoditi na 40 fiksiranih tačaka, na profilu dužine 40 km i to svakog trećeg meseca, u vremenskom intervalu od najmanje 3 godine.

Kontinualna registracija promena totalnog intenziteta ZMP trebalo bi takođe ostvariti primenom visoko-osetljivog uređaja. Registraciju bi trebalo obaviti na dve stanice u vremenskom periodu od najmanje 3 godine.

(Predato za štampu marta 1971. godine)

LITERATURA

1. Veljović D., 1963—66: — Izveštaji o regionalnom geomagnetskom premeru u Bosni. Fond SGZ — Beograd.
2. Vukašinović S., 1967: — Geomagnetska karakteristika geološko-strukturnog sklopa na potezu Banja Luka — Osijek. Tehnika br. 11, Beograd.
3. Vukašinović S., 1968: — O prostranstvu i strukturnom položaju bazita na području Dinarida. Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 4, Beograd.
4. Vukašinović S., Jančić T., 1969: — Prilog objašnjenju seizmičnosti terena Bosanske krajine. Ibid, sv. 6.

Summary

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ*

THE ROLE AND METHODS OF GEOMAGNETIC INVESTIGATION IN THE BOSANSKA KRAJINA SEIZMIC AREA

In addition to other geological and geophysical investigations, that are presently under way in the seismic area of Bosanska Krajina, this paper discusses the need for geomagnetic investigations to be included in this

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

program. The importance of geomagnetic investigations in this area is supported by the fact that the deep lineaments, followed by mafic intrusives (the rocks of high magnetic susceptibility), are present; these lineaments are at least partly responsible for the seizmic instability and require the precise determination of their position. The paper suggests the geomagnetic measurements by the air-borne magnetometer (at three levels, at least partialy), by periodic ground measurements and by the continious registration of magnetic field variations in the epicentral area and in the stable terrains (outside the structural zone with mafic rocks).

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

STANISLAV VIŠIĆ, DIMITRIJE LAKIĆ

UDK: 553.44:550.83 (497.16)

ISTRAŽIVANJE OLOVA I CINKA PRIMENOM METODE IP NA LOKALNOSTI SEDRENIK

(sa 4 slike)

Brojne rudne pojave olova i cinka u Crnoj Gori i Bosni genetski su vezane za trijaski vulkanizam koji u geološkom i metalogenetskom pogledu daje posebno obeležje ovoj oblasti. U njoj se kao jedno od najperspektivnijih izdvaja područje porfiritskog masiva Ljubišnje gde se, pored rudnika Šuplja Stijena, nalazi još niz orudnjenja Pb—Zn, među koje spadaju i ona na lokalnosti Sedrenik. Ovde se sulfidna mineralizacija javlja u hidrotermalno izmenjenim keratofirima, a takođe i u mermerima i mermerisanim krečnjacima, odnosno u zonama njihovog kontakta sa magmatskim stenama.

Na lokalnosti Sedrenik primenjena je metoda izazvane polarizacije (IP) korišćenjem gradijentnog rasporeda elektroda (AB=1200 m). Dobijeni rezultati ukazuju na postojanje dva pojasa sulfidne mineralizacije sa opštim pravcem pružanja jugozapad-severoistok. Unutar njih jasno se izdvajaju anomalije IP (30—50 M) koje trasiraju zone maksimalnih koncentracija metaličnih minerala. Ove zone predstavljaju potencijalne nosioce rudnih žica i impregnacija olova i cinka, koje su u užoj i široj okolini praćene izrazitom piritizacijom.

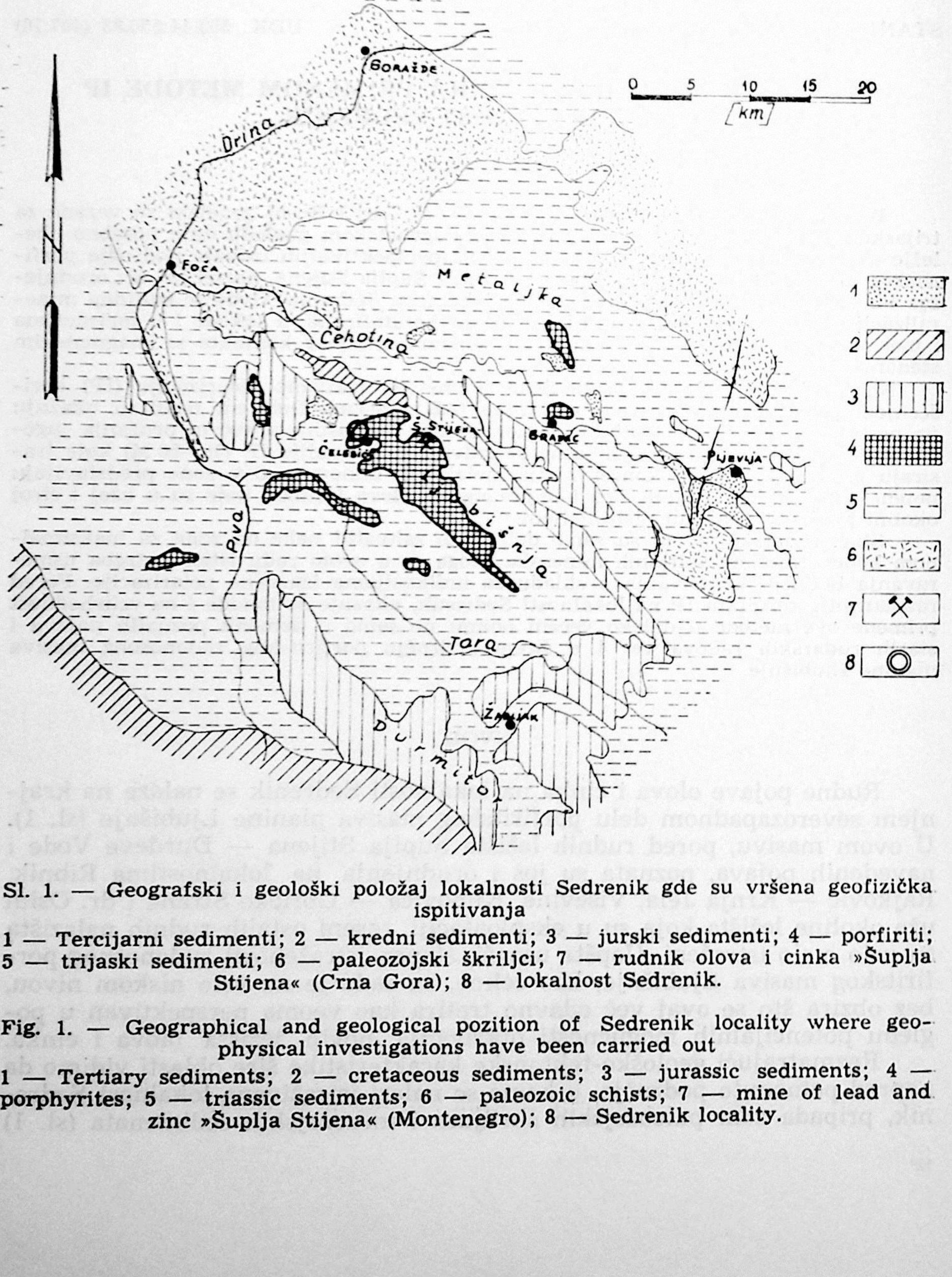
Stari rudarski radovi su samo delimično zahvatili neke od zona sa maksimalnom koncentracijom sulfidnih minerala. Stoga se u ovom radu ističe potreba usmeravanja budućih istraživanja u skladu sa indikacijama izazvane polarizacije. Pored razmatranja rezultata IP na lokalnosti Sedrenik, ukazuje se takođe i na celishodnost primene ove metode u daleko većem obimu ne samo u domenu poznatih pojava i starih rudarskih radova već i u širem području porfiritskog rudonosnog masiva planine Ljubišnje.

UVOD

Rudne pojave olova i cinka na lokalnosti Sedrenik se nalaze na krajnjem severozapadnom delu porfiritskog masiva planine Ljubišnje (sl. 1). U ovom masivu, pored rudnih ležišta Šuplja Stijena — Đurđeve Vode i navedenih pojava, poznata su još i orudnjenja na lokalnostima Ribnik, Rajković — Krnja Jela, Viševine, Kunovica — Goričke Strane i dr. Osim uže okoline ležišta koja su u eksploataciji, tereni ostalih rudnih nalazišta su vrlo malo istraženi. Uopšte uzevši, stepen istraženosti rudonosnog porfiritskog masiva Ljubišnje, kao celine, za sada je na vrlo niskom nivou, bez obzira što se ovaj već odavno tretira kao veoma perspektivan u pogledu potencijalnih mogućnosti otkrivanja novih ležišta olova i cinka.

Razmatrajući geološko-tektonske karakteristike šire oblasti vidimo da napred pomenuto područje, u kome se nalazi istraživana lokalnost Sedrenik, pripada zoni paleozojskih škriljaca i mezozojskih sedimenata (sl. 1)

središnih Dinarida sa nizom manjih ili većih masa porfirita zbog čega se ova oblast izdvaja i kao porfiritski pojas. On se iz Crne Gore prema severozapadu prostire u Bosnu, a prema jugoistoku u Albaniju, zahvatajući na severoistoku i delove Srbije. Za njega su vezane brojne pojave mineralizacije obojenih metala. Najznačajnija orudnjenja olova i cinka genetski su vezana za trijaski porfiritski vulkanizam (Šuplja Stijena, Brskovo, Čadinje i dr.), a bakra za dijabaze (varine, Mihajlovica i dr.).



Sl. 1. — Geografski i geološki položaj lokalnosti Sedrenik gde su vršena geofizička ispitivanja

1 — Tercijarni sedimenti; 2 — kredni sedimenti; 3 — jurski sedimenti; 4 — porfiriti; 5 — trijaski sedimenti; 6 — paleozojski škriljci; 7 — rudnik olova i cinka »Šuplja Stijena« (Crna Gora); 8 — lokalnost Sedrenik.

Fig. 1. — Geographical and geological pozition of Sedrenik locality where geophysical investigations have been carried out

1 — Tertiary sediments; 2 — cretaceous sediments; 3 — jurassic sediments; 4 — porphyrites; 5 — triassic sediments; 6 — paleozoic schists; 7 — mine of lead and zinc »Šuplja Stijena« (Montenegro); 8 — Sedrenik locality.

Dosadašnja najsavremenija geofizička ispitivanja u ovoj oblasti, među koje spadaju i prošlogodišnja na lokalnosti Sedrenik, zahvatila su samo male površine pa bi stoga trebala da predstavljaju početak budućih daleko obimnijih radova ove vrste. Ona u kompleksu sa geološko-geohemijskim sistematskim istraživanjima moraju da obuhvate znatno veće površine terena izgrađenih od porfirita i dijabaza ukoliko se nastoji da se u što kraćem roku otkriju u ovoj oblasti nova ležišta obojenih metala od većeg ekonomskog značaja.

Stepen dosadašnje istraženosti

Odavno su na lokalnosti Sedrenik poznate pojave sulfidne mineralizacije u porfiritima i na kontaktu sa krečnjacima, odnosno mermerisanim krečnjacima i mermerima. Pojedine od tih pojava predstavljaju orudnjenja Zn i Pb, koja su, prema literaturnim podacima, praćena i nekim od retkih metala, pa su u prošlosti bila predmet obimnijih istraživanja. S obzirom da se lokalnost Sedrenik već duže vremena tretira kao perspektivan teren u pogledu mogućnosti otkrivanja značajnijih nalazišta cinka i olova, na njemu su ranije izvođena geološka, geofizička i geohemijska ispitivanja, kao i rudarski istražni radovi.

Detaljnija geološko-strukturna izučavanja na ovoj lokalnosti nisu vršena do prošle godine. Ukoliko su ranije odgovarajući problemi ipak razmatrani, oni su se uglavnom odnosili na rudarske radove i njihovu užu okolinu (3, 4, 6, 7) ili su pak bili pominjani u elaboratima koji se odnose na regionalnija izučavanja šire oblasti (1, 8, 13). Svestranija razmatranja pojedinih rudnih pojava vršena su i od strane geološke službe rudnika Šuplja Stijena (10). Na osnovu ranijih geoloških izučavanja može se konstatovati da znatnija pokrivenost terena onemogućava pouzdanije utvrđivanje relativno složenih geoloških odnosa i strukturne građe, naročito u domenu rudnih pojava. Usled toga navedenim radovima nisu u potrebnoj meri razjašnjeni geološko-strukturni elementi kontrole razmeštaja očekivanog orudnjenja da bi se na osnovu njih tačnije locirali istražni radovi.

Ranija geofizička ispitivanja su izvođena primenom metode sopstvenog potencijala (14). Vršena su takođe i geohemijska ispitivanja. Međutim, ni na osnovu rezultata ovih radova nije bilo omogućeno pouzdanije usmeravanje istraga na ovoj lokalnosti, što je posledica pre svega neefikasnosti primenjenih metoda i korišćene metodologije.

Otkrivene rudne pojave u duboko usečenim potocima Sedrenik i Radin potok, istraživane su kako raskopavanjima tako i rudarskim istražnim radovima koji su u nekoliko navrata otpočinjani i obustavljani. Vršeno je takođe i bušenje, ali u malom obimu. Sudeći po veličini nekih haldi i nepotpunim podacima u pojedinim fondovima stručne dokumentacije, rudarski radovi su bili znatnijeg obima. Shodno ovim podacima, na ispitivanom terenu duž korita napred pomenutih potoka postoje tragovi nekoliko potkopa (sl. 4).

Izrada nekih potkopa datira još od pre II svetskog rata, a izvođena je od strane Engleza. Obimnija istraživanja su vršena naročito u toku 1950/53. god. U periodu 1956/57. godine urađeno je 113 m hodnika (P-3 i P-4), 28 m uskopa, a permanizirano je 62 m hodnika (2). Radovi su

obustavljeni zbog negativnih rezultata jer potkopima P-3 i P-4 nije otkriveno očekivano orudnjenje u blizini i ispod starih potkopa P-1 i P-2 (sl. 4).

Podaci o rezultatima navedenih istraživanja nisu kompilirani u fondu stručne dokumentacije rudnika Šuplja Stijena. Neki od ovih podataka nalaze se u fondovima geoloških zavoda u Sarajevu i Beogradu. Sudeći prema nepotpunoj dokumentaciji, izgleda da dosadašnjim istraživanjima nisu otkrivena orudnjenja Zn i Pb koja bi mogla biti od ekonomskog značaja. Međutim, saznanja na osnovu rezultata rudarskih radova i ostalih izučavanja ukazuju na potrebu daljih istraživanja ne samo u užoj okolini poznatih pojava nego i na širem terenu Sedrenika.

Shodno tome, u toku 1970. godine, ovde su obavljena ispitivanja primenom metode izazvane polarizacije (16). Njima su obuhvaćene kako poznate rudne pojave i delovi terena gde su ranije izvođeni rudarski istražni radovi, tako i njihova šira okolina. Iste godine obavljeno je i geološko kartiranje 1 : 10.000 od strane Petrović B. i njegovih saradnika (11). Odgovarajuća geološka karta za lokalnost Sedrenik, uz saglasnost njenih autora, uzeta je kao osnova na kojoj su naneti rezultati geofizičkih ispitivanja (sl. 2), koji predstavljaju predmet razmatranja ovog rada.

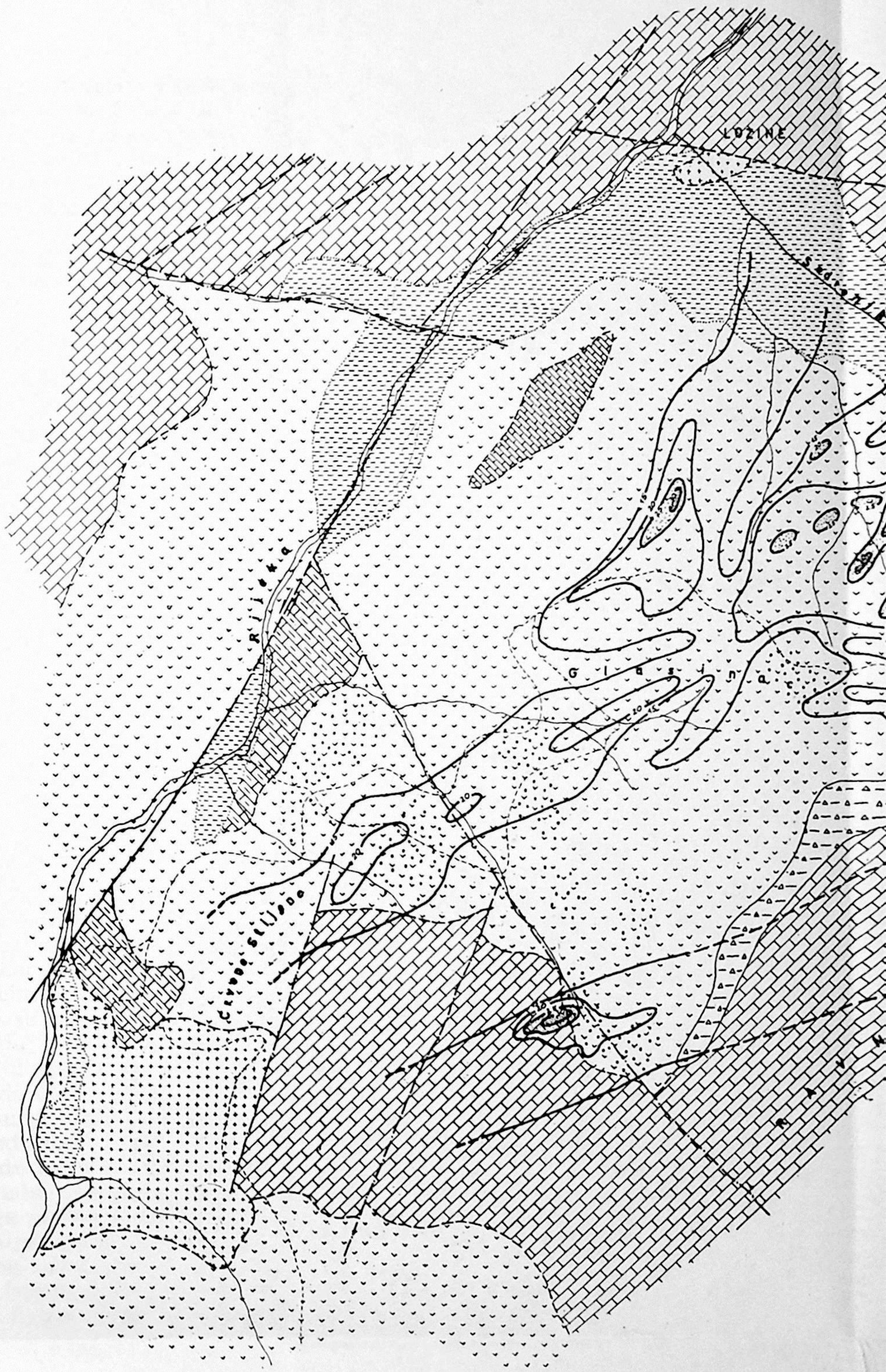
Opšti geološki podaci

Kao što je napred rečeno, problematika geološko-strukturnih odnosa na terenu Sedrenik je razmatrana u nekoliko ranijih izveštaja. Ovde će stoga, na bazi tih izveštaja, geološke karte Petrović B. i saradnika (11) i naših terenskih razmatranja, biti izneti osnovni podaci o geološkom sastavu, strukturnoj građi i mineralizaciji, koji su neophodni za interpretaciju rezultata geofizičkih ispitivanja. Navedena ispitivanja su obuhvatila teren izgrađen najvećim delom od keratofira, koji se na jugu graniče sa krečnjacima Ravne Gore (11). Ovde se u području strmih odseka krečnjaka nalaze velike količine osulinskog deluvijalnog materijala (sl. 2) pa su stoga odnosi keratofir—krečnjak nejasni.

Slična je situacija i na nekim delovima severnog kontakta magmatskih stena i sedimenata. Na istoku konstatovan je tektonski kontakt keratofiri—krečnjaci. Na severozapadnoj strani keratofiri se graniče uglavnom sa izdvojenom serijom sedimenata vulkanogenog kompleksa stena ili se produžavaju izvan granica ispitivanog terena. Keratofiri su u znatnoj meri hidrotermalno alterisani naročito u severoistočnom delu ispitivane lokalnosti. Na retkim izdancima vidi se da su ove stene ponegde jako piritisane i silifikovane.

Mestimično u području keratofira nalaze se partije znatno izmenjenih mermerisanih krečnjaka. Odnosi izdvojenih mermera i mermerisanih krečnjaka prema okolnim magmatskim stenama su većinom nejasni ili ukazuju na tektonske kontakte. Tako, na primer, u domenu Radinog potoka mermeri su najčešće u vidu manjih partija uklještenih unutar magmatskih stena, što je konstatovano i ranijim rudarskim radovima. Međutim, na geološkoj osnovi prikazana je samo zona pojavljivanja ovih partija.

Jedan od tri kartirana proboja albitskih granita je u području terena koji je geofizički ispitivan. Nalazi se u blizini ušća Radinog potoka u Sedrenik (sl. 2). Njegov odnos prema okolnim stenama je zamaskiran humusnim i osulinskim materijalom. Neki elementi upućuju na to da su

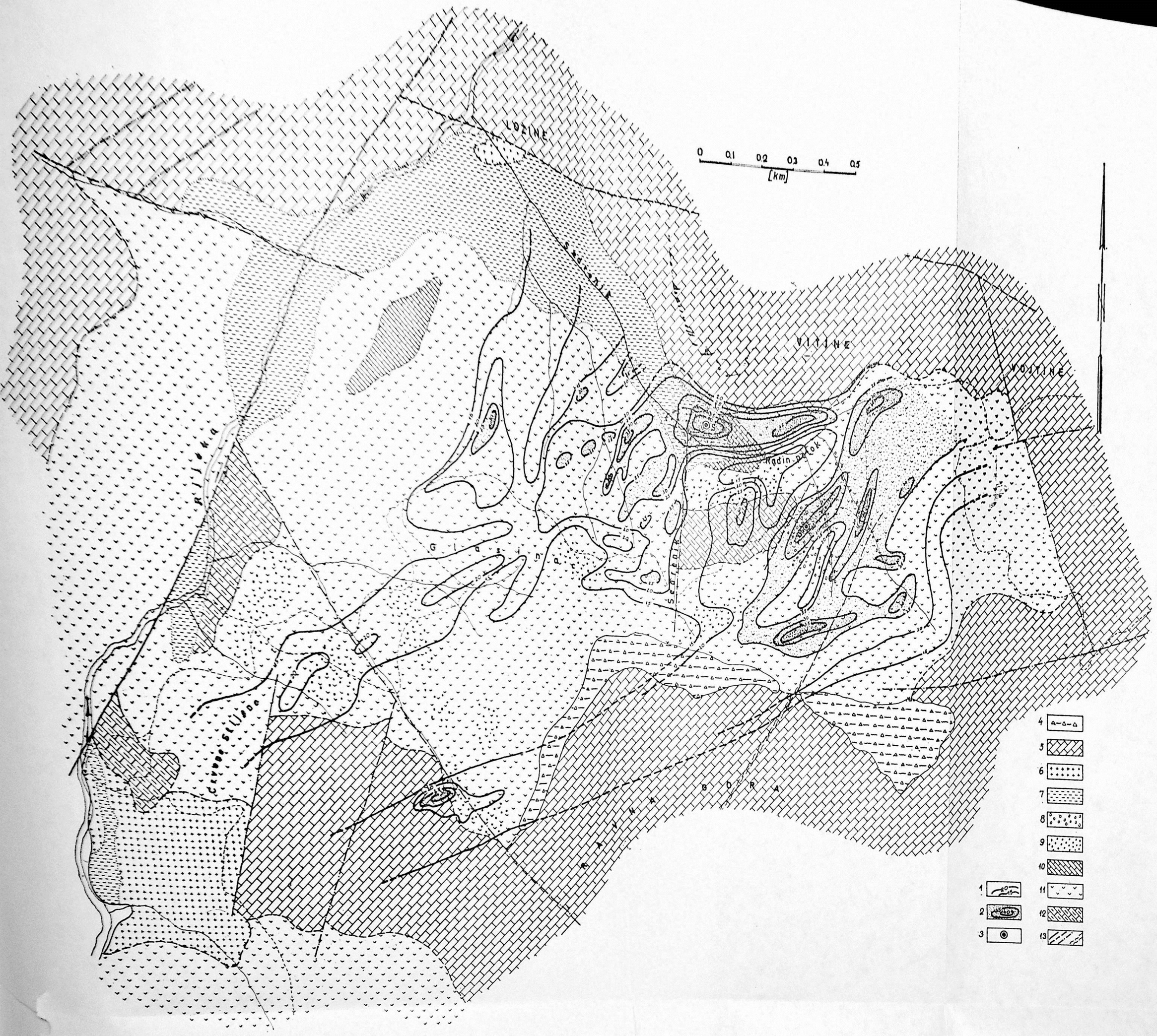


Sl. 2. — Karta izolinija izazvane polarizac

1 — Intenziteti IP (milisek) ispod 25 M; 2 — intenziteti IP preko 25 M; 3 — m
menti — vulkanogeni kompleks stena; 8 — piritisane stene; 9 — hidrotermalno
anizijske starosti

Fig. 2. — Induced polarization contour

1 — IP intensities (milisec) lower then 25 M; 2 — IP intensities higher then 2
7 — sediments — complex of volcanic rocks; 8 — pyritised rocks; 9 — hydro
(Annysian);



Sl. 2. — Karta izolinija izazvane polarizacije sa geologijom (geološki podaci Petrović B. i saradnika)

1 — Intenziteti IP (milisek) ispod 25 M; 2 — intenziteti IP preko 25 M; 3 — mesto električnog sondiranja; 4 — deluvijum; 5 — krečnjaci; 6 — albitski granit; 7 — sedimenti — vulkanogeni kompleks stena; 8 — piritisane stene; 9 — hidrotermalno izmenjene stene; 10 — mermeri; 11 — keratofiri; 12 — različiti mermerisani krečnjaci anizijske starosti; 13 — rasedi i rasedna zona.

Fig. 2. — Induced polarization contour plan with geology (geological data after Petrović B. et all)

1 — IP intensities (milisec) lower then 25 M; 2 — IP intensities higher then 25; 3 — place of geoelectrical sounding; 4 — delluvium; 5 — limestones; 6 — albite granites; 7 — sediments — complex of volcanic rocks; 8 — pyritised rocks; 9 — hydrothermally altered rocks 10 — marble; 11 — keratophyre; 12 — different cristalline limestones (Annysian); 13 — faults and fault zone.

pojave alteracije i tektoniziranja naročito izražene u području ovog proboja granita. One se ističu ne samo u užoj već i u široj njegovoj okolini.

Tektonski poremećaji na ovom terenu se manifestuju preko zona rasedanja i razlamanja praćenih sistemima pukotina i prslina. Odnos keratofira i okolnih geoloških formacija je često tektonski. Na kontaktu keratofir—mermer uočavaju se zone drobljenja znatne moćnosti. Unutar keratofira zone rasedanja su praćene izrazito uškriljenim partijama. Osnovna orijentacija navedenih zona i pratećih pukotina u većini slučajeva je jugozapad—severoistok sa padom prema severozapadu, kao što je slučaj i na lokalnosti Šuplja Stijena. Treba naglasiti, međutim, da je izražen i Dinarski pravac pružanja pomenutih strukturnih elemenata. Zapažaju se takođe i rasedne zone sa pružanjem skoro istok—zapad i sever—jug (sl. 2).

Rudne pojave se javljaju u keratofirima i na kontaktu ovih stena sa krečnjacima, odnosno mermerima gde su konstatovane i pojave skarnovih minerala. Zone impregnacija pirita i sfalerita praćene su manjim koncentracijama galenita i halkopirita. Ove zone sadrže oko 2—3% Zn+Pb metala. Otkrivene su i rudne pojave žičnog tipa. Moćnost tih žica je 20—30 cm. U njima preovlađuje pirit praćen sfaleritom i manje galenitom. Na otkrivenim mestima duž potoka uočava se široko rasprostranjena piritizacija. Sudeći prema nekim izdancima, a prema ranijim podacima, izgleda da je češća pojava rudnih žica impregnacija, praćena intenzivnijom piritizacijom, a ponegde i silifikacijom.

Metodološko-tehnički podaci

Pri geofizičkim ispitivanjima na lokalnosti Sedrenik primenjena je metoda izazvane polarizacije (IP) i metoda specifične električne otpornosti (SEO). Metodološki postupak korišćenja izazvane polarizacije pri gradijentnom rasporedu elektroda (AB=1200 m, MN=20 m) na ovom terenu zasniva se na postojećim geofizičkim uslovima koji proizilaze iz saznanja i dosadašnjih iskustava na istraživanju ležišta Šuplja Stijena, Đurđeve Vode i Ribnik. To iskustvo pokazuje da su rudne žice i impregnacije olova i cinka praćene izrazitom piritizacijom kako u užoj tako i u široj okolini i da se zbog toga očekuje njihovo najčešće pojavljivanje tamo gde indikacije IP ukazuju na maksimalne koncentracije metaličnih minerala. Dakle, pri korišćenju metode IP u ovakvim uslovima ne računa se na direktno indiciranje rudnih žica već na izdvajanje zona sulfidnih mineralizacija koje su potencijalni nosioci navedenog tipa orudnjenja, što je upravo u skladu sa mogućnošću usvojene metodologije s obzirom na opštu distribuciju metaličnih minerala u reonu Šuplja Stijena. Pri tome treba imati u vidu da dosadašnja saznanja ukazuju takođe i na okolnost da se u ovom reonu javljaju i široke zone piritizacije koje predstavljaju produkt autohidratizacije—propilitizacije bez značajnijeg orudnjenja Pb—Zn. Imajući u vidu da se i takve zone indiciraju anomalijama IP s obzirom na znatno prisustvo metaličnih minerala, odnosno pirita, rezultati izazvane polarizacije moraju stoga biti predmet provere u daljem postupku istraživanja sa ciljem selekcije anomalija IP radi pouzdanog utvrđivanja prirode njihovog uzročnika.

Ispitivanja IP na lokalnosti Sedrenik obavljena su korišćenjem uređaja Seigel Mark VII. Merenja su vršena po osnovnoj mreži tačaka 100×

×20 m, a samo mestimično, u domenu izrazitijih indikacija, po mreži 50×20 m. Orijentacija profila duž kojih su izvođena merenja IP je severozapad-jugoistok, tj. približno u pravcu upravnom na rudonosne strukture za koje se smatra da su po položaju slične onim na ležištu Šuplja Stijena. Na mestima najizrazitijih indikacija obavljena su i sondiranja IP i SEO. Pri tome je korišćen troelektrodni raspored. Ova ispitivanja su u skladu sa opšte usvojenim postupkom primene metode IP, koji obezbeđuje i podatke o moćnosti, položaju i dubini uzročnika anomalija izazvane polarizacije. Na taj način dobijeni podaci se neposredno koriste za pouzdaniju lokaciju bušotina u procesu provere rezultata IP.

Rezultati geofizičkih ispitivanja

Ispitivanja IP pokazuju da je na lokalnosti Sedrenik fenomen izazvane polarizacije znatno izražen. Intenziteti IP variraju od nekoliko do 50 milisec (M). Normalne vrednosti IP za keratofire i granite su približno do 15 M, dok su za ostale geološke formacije ispod 10 M. Maksimalne anomalne vrednosti su oko — 50 M. Odnos anomalnih prema normalnim vrednostima IP za ovaj teren je približno 3—4 : 1. Očito da se ovde radi o širim anomalijskim zonama unutar kojih ne postoje indikacije koje se karakterišu izrazitijim koeficijentima anomalnosti, što je posledica takve distribucije metaličnih minerala koja zahvata veće prostore.

Na osnovu opšte konfiguracije polja IP uočava se da se severoistočni deo ispitivanog terena odlikuje znatnijom koncentracijom metaličnih minerala u većem prostoru, jer izolinija 20 M zahvata ovde znatno veću površinu nego na jugozapadu (sl. 2). Povećane vrednosti IP uglavnom odgovaraju keratofirima i granitima, a samo delimično mermerima, mermerisanim krečnjacima i sedimentno-vulkanogenim stenama (Sedrenik — Radin potok), kao i krečnjacima (južno od Glasinca). Opšti tok izolinija IP i odgovarajućih kontura, kao i opšti pravac osa anomalija pretežno odgovara pružanju jugozapad—severoistok. Razmatrajući polje IP i međusobni raspored izrazitijih anomalija, približno se mogu izdvojiti dva pojasa sulfidne mineralizacije: *Ravna Gora — Vojtine i Crvene Stijene — Vitine*. Međusobno su razdvojena znatnim sniženjima IP (ispod 15, odnosno 10 M), kao i rasedom duž gornjeg toka potoka Sedrenik (sl. 2). Njihov generalni pravac pružanja je jugopazad—severoistok. Oba ova pojasa prema jugozapadu gravitiraju proboju granita u Rijeci (jugozapadno od Crvenih Stijena).

Pojas sulfidne mineralizacije *Ravna Gora — Vojtine* na jugozapadu zalazi na teren pokriven krečnjacima, a prema severoistoku je otvoren u pravcu Vojtine. Prekid povećanja IP u domenu platoa Ravna Gora je verovatno prouzrokovan znatnom moćnošću krečnjaka iznad keratofira, polazeći od toga da su keratofiri nosioci sulfidne mineralizacije na ovom delu terena.

Na krajnjem jugozapadu pomenutog pojasa, u domenu kontakta keratofiri—krečnjaci, izdvojena je anomalija IP sa maksimalnim intenzitetima 30—35 M. Njoj odgovara neznatna površina, možda zbog toga što je uticaj prisutne sulfidne mineralizacije u keratofirima »maskiran« krečnjacima u pravcu jugozapada. Ovakva pretpostavka može se doneti, i za

krečnjake Ravne Gore koji na tom delu terena prouzrokuje prekid pojavljivanja intenziteta IP većih od 15, odnosno 20 M.

Unutar konture 25 M, koja zauzima znatnu površinu na severoistoku, tj. između Ravne Gore i sela Vojtine, nalazi se nekoliko anomalija IP sa intenzitetima preko 30 M. Veće površine zauzimaju četiri anomalije sa maksimalnim vrednostima IP 35 do 40 M (sl. 2). Nalaze se u području keratofira na čijim se retkim izdancima vidi da su intenzivnije piritisani. Sve četiri anomalije su linearne forme sa približnim pravcem pružanja njihovih osa jugozapad—severoistok. Javljaju se između dve rasedne zone od kojih jedna preseca plato Ravne Gore i gornji tok Radinog potoka, a druga verovatno prelazi kontaktom mermerisanih krečnjaka i keratofira (sl. 2).

Navedene anomalije indiciraju zone najizrazitijih koncentracija metaličnih minerala unutar hidrotermalno-izmenjenih keratofira. U okviru izolinija 30 M, ove zone se prostiru na dužini oko 250 do 400 m. Na jednoj od njih su vršena ispitivanja IP i SEO sondiranjem (sl. 3). Uočljivo je da zoni povećanih vrednosti izazvane polarizacije (do 40 M), tj. zoni sulfidne mineralizacije odgovaraju sniženja električne otpornosti od 200 ohmm. Na osnovu dobijenih rezultata može se reći da je moćnost uzročnika oko 50 m, da je njegov položaj skoro vertikalan i da dubina do njegove gornje površine iznosi oko 15—20 m.

Zapadno od opisanih anomalija nalazi se još jedna, čiji je položaj takav da većim delom odgovara mermerisanim krečnjacima a manje hidrotermalno izmenjenim keratofirima (sl. 2). Maksimalni intenziteti ove anomalije su 30—35 M. Osa indicirane zone povećanih koncentracija metaličnih minerala je skoro u pravcu sever—jug, tj. paralelna je rasednoj zoni koja je trasirana duž gornjeg toka potoka Sedrenik. Ova činjenica ukazuje na mogućnost postojanja raseda (koji su maskirani humusnim pokrivačem) paralelnih onom uočenom u gornjem toku potoka Sedrenik; a poznato je da su rasedne strukture u području rudnika Šuplja Stijena kontrolori koncentracije metaličnih minerala.

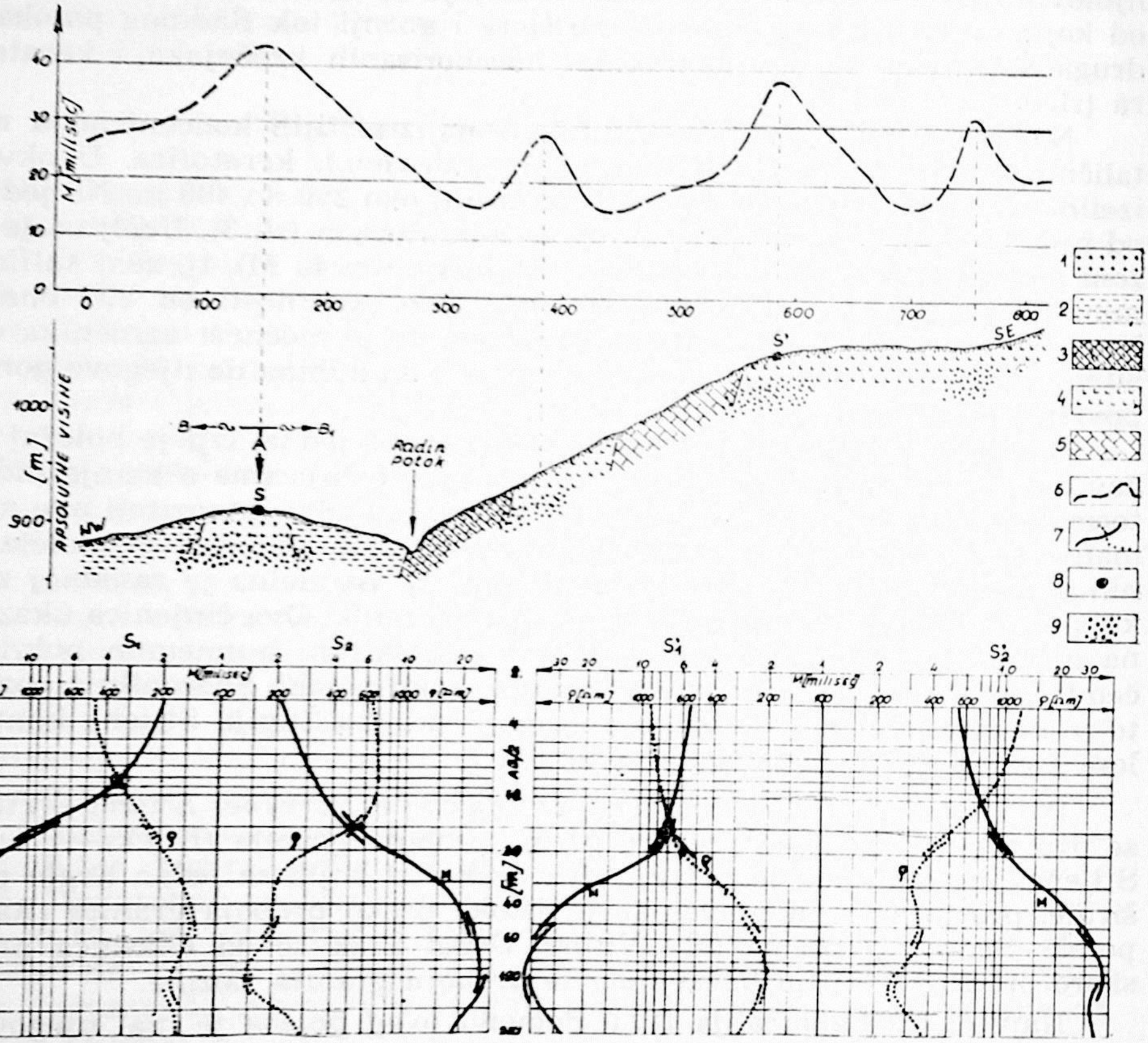
Pojas sulfidne mineralizacije *Crvene Stijene—Vitine* se u pravcu jugozapada prostire prema proboju granita (Rijeka—Crvene Stijene). Na Glasincu se račva u dva kraka od kojih se jedan naglo proširuje, prostirući se u pravcu severoistoka preko proboja granita (Radin potok—Sedrenik) prema selu Vitine. Drugi krak se od Glasinca pruža skoro prema severu približavajući se proboju granita Lozine.

Najveći broj anomalija IP u domenu ovog pojasa je na njegovom severoistočnom delu, gde se dalje u tom pravcu intenziteti IP naglo smanjuju, najverovatnije usled znatne moćnosti krečnjaka iznad mineralizovanih magmatskih stena (sl. 2). Među ovim anomalijama od najvećeg interesa je ona koja se u okviru izolinije 30 M pruža duž donjeg toka Radinog potoka. Površina izdvojena izolinijom 30 M iznosi oko 500×30 — — 100 m.

Osa ove zone povećane koncentracije metaličnih minerala je skoro u pravcu istok—zapad što odstupa od pružanja ostalih izrazitijih anomalija na ovom terenu. Njen zapadni deo odgovara mermerima, vulkanogenom kompleksu stena i albitskim granitima, gde su registrovane i maksimalne vrednosti IP (preko 40 M). Istočni deo ove anomalije je iznad keratofira duž njegovog kontakta sa krečnjacima. Tu je drugi maksimum sa intenzi-

tetima IP 35 do 40 M. Moguće je pretpostaviti da orijentacija ove anomalije, u odnosu na ostale, predstavlja posledicu uticaja velikih masa krečnjaka i deformiše oblik izolinija IP.

Sudeći prema rezultatima sondiranja (sl. 3) moćnost uzročnika navedene anomalije je do 100 m. Ova ima skoro vertikalan položaj a dubina do njegove gornje granice je 10—15 m i ovde zoni povećanja IP, tj. zoni sulfidne mineralizacije odgovaraju sniženja električne otpornosti do 150 ohmm.



Sl. 3. — Geološki profil S—S′ sa rezultatima ispitivanja izazvane polarizacije (IP) i električne otpornosti (EO)

1 — Albitski granit 2 — sedimenti — vulkanogeni kompleks stena; 3 — mermeri; 4 — keratofiri; 5 — različiti mermerisani krečnjaci anizijske starosti; 6 — profil kartiranja IP; 7 — krive sondiranja IP i EO; 8 — mesto sondiranja; 9 — zone sulfidne mineralizacije.

Fig. 3. — Geological cross section S—S′ with results of induced polarization (IP) and electrical resistivity (ER) investigations

1 — Albite granite; 2 — sediments — complex of volcanic rocks; 3 — marble; 4 — keratophyre; 5 — different cristalline limestones of annysian age; 6 — profile of IP mapping; 7 — curves of IP and ER sounding; 8 — place of sounding; 9 — zone of sulfide mineralization.

Idući prema jugozapadu od anomalije Radin potok, uočava se niz izrazitijih povećanja IP među kojima se ističu dve indikacije koje u okviru konture 30 M odgovaraju površinama reda 150×20 m. I one su linearne forme čije se ose pružaju približno paralelno koritu gornjeg toka potoka Sedrenik, gde se nalazi i rased upravan na mineralizovanu zonu Radin potok. Obe ove anomalije su u domenu keratofira koji su u znatnoj meri alterisani sa vidljivom piritizacijom. Za njihovu orijentaciju bi isto tako mogla poslužiti napred pomenuta pretpostavka (više paralelnih raseda) koji su nosioci koncentracije metaličnih minerala.

Izrazitija anomalija nalazi se i u kraku povećanih vrednosti IP koji se od Glasinca odvaja i prostire približno prema severu (sl. 2). Njene maksimalne vrednosti su od 30 do 35 M. U celini je u području keratofira. I ovde se uočavaju pojave alteracije, naročito piritizacije, na mestima retkih izdanaka pomenutih stena.

Diskusija rezultata istraživanja

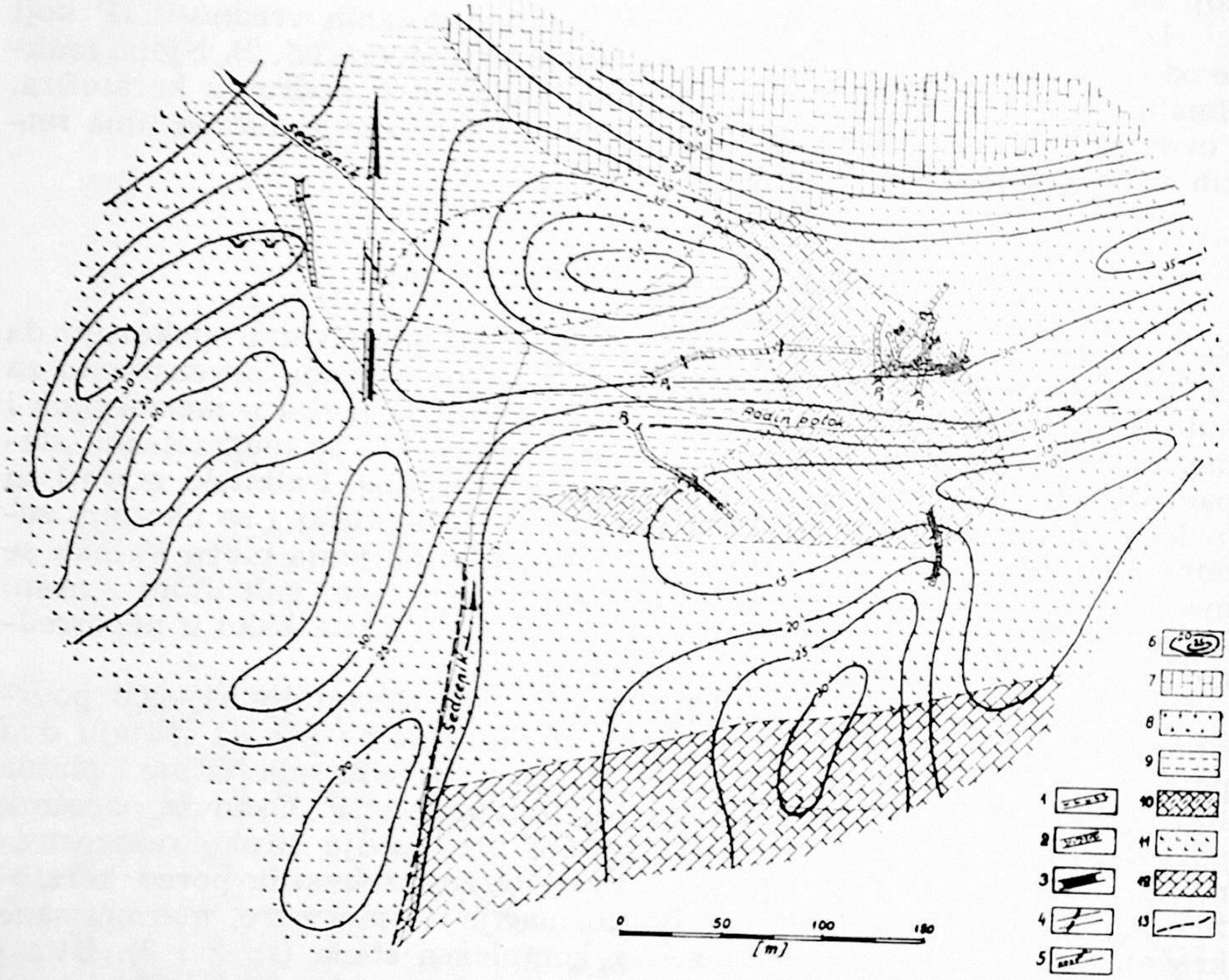
Dosadašnja rudarska, geološka i geofizička istraživanja pokazuju da je sulfidna mineralizacija na lokalnosti Sedrenik vezana prvenstveno za hidrotermalno izmenjene keratofire. Ona se takođe javlja u mermerima i mermerisanim krečnjacima u zoni njihovog kontakta sa magmatskim stenama gde se nalaze i mineralizacije skarnovskog tipa. I albitski graniti su ovde nosioci sulfidne mineralizacije što je izgleda slučaj i sa okolnim sedimentno-vulkanogenim tvorevinama. Pojave orudnjenja olova i cinka se manifestuju u vidu žica i impregnacija sa sfaleritom, galenitom i nešto halkopirita praćenih redovno znatnim količinama pirita kako u neposrednoj tako i u široj okolini.

Povećanja intenziteta izazvane polarizacije zahvataju najveću površinu u gornjem slivu potoka Sedrenik, odnosno tamo gde se spajaju dva pojasa sulfidne mineralizacije (sl. 2). Ovde su, između sela Vitine i platoa Ravna Gora, registrovani i najizrazitiji intenziteti IP. Osnovni uzročnik povećanih vrednosti izazvane polarizacije predstavlja široko rasprostranjena piritizacija koja je na ispitivanom terenu zahvatila pored keratofira i granita još i okolne geološke formacije — mermere, mermerisane krečnjake i sedimente vulkanogenog kompleksa stena (sl. 2 i 3). Uticaj sulfida olova i cinka na konfiguraciju i intenzitete polja IP takođe je prisutan, ali u znatno manjem obimu od uticaja pirita. Međutim, ako se pođe od toga da su rudne žice i impregnacije Pb i Zn praćene intenzivnijom piritizacijom onda bi najizrazitije indikacije predstavljale posledicu superponovanog uticaja pirita i sulfida olova i cinka, pa bi, prema tome, trebalo da ukazuju na mesta najverovatnijeg pojavljivanja pomenutog orudnjenja od većeg interesa.

Kao što je rečeno, izdvojene anomalije IP u okviru kontura 30 M indiciraju zone maksimalnih koncentracija metaličnih minerala. One bi, dakle, ukazivale na najperspektivnije delove ispitivanog terena u pogledu verovatnoće prisustva rudnih žica i impregnacija olova i cinka. Pouzdanost ovog zaključka zavisi, međutim, od toga — da li zaista na ovom terenu postoji zakonitost u pogledu prostorne koincidencije pojavljivanja najizrazitije piritizacije i traženog orudnjenja. Selekcija anomalija IP u smislu izdvajanja zona maksimalnih koncentracija metaličnih minerala

sa rudnim mineralizacijama, nemoguća je pri ovom stepenu istraženosti. Tako na primer, na ovom terenu nisu primenjena odgovarajuća metalometrijska ispitivanja. Zatim, ni obim dosadašnjih istražnih radova ne pruža dovoljno podataka za pomenutu selekciju.

Sudeći, međutim, prema položaju starih rudarskih radova, koji se nalaze na levoj obali Radinog potoka i odgovarajućih rezultata istraživanja (sl. 4), za indikacije IP na ovom delu terena može se reći da ukazuju na



Sl. 4. — Odnos izmedu rezultata rudarskih istraživanja i ispitivanja izazvane polarizacije (IP)

Stari rudarski radovi: 1 — čvrst eruptiv; 2 — izmenjen eruptiv; 3 — mermerisan krečnjak; 4 — rasedna zona; 5 — rudna žica. Ispitivanja IP (gradijentni raspored elektroda, AB=1200 m): 6 — izolinije IP (milisek). Geološko kartiranje 1 : 10.000 (prema Petrović B. i dr.): 7 — krečnjaci; 8 — albitski granit; 9 — sedimenti — vulkanogeni kompleks stena; 10 — mermeri; 11 — keratofir; 12 — mermerisani krečnjaci; 13 — rased.

Fig. 4. — Relationship between results of mining explorations and induced polarization (IP) survey

Old mining workings: 1 — hard volcanic rocks; 2 — altered volcanic rocks; 3 — cristalline limestones; 4 — fault zone; 5— ore vein. IP investigations (gradient electrode configuration, AB=1200 m): 6 — IP contour lines (milisec). Geological mapping (after Petrović B. and other): 7 — limestones; 8 — albite granite; 9 — sediments — complex of volcanic rocks; 10 — marble; 11 — keratophyre; 12 — cristalline limestones; 13 — fault.

zonu intenzivnije sulfidne mineralizacije u kojoj se nalaze rudne žice i impregnacije olova i cinka. Ovi rudarski radovi pokazuju takođe da mermeri ne zauzimaju onoliko prostora koliko im odgovara prema prikazu na geološkoj karti (sl. 2) i da se orudnjenje u potkopima P-1 i P-2 javlja unutar keratofira (sl. 4). Naznačeni potkopi su orjentisani upravo na osu anomalije IP, ali izvan njenih maksimalnih vrednosti. Potkop P-4 prolazi ivicom izdvojene zone maksimalnih koncentracija metaličnih minerala, tj. paralelno osi anomalije. Prema tome, dalja istraživanja mineralizovane zone Radin potok očito treba usmeriti na proveru maksimalnih indikacija IP, koje većim delom odgovaraju hidrotermalno izmenjenim keratofirima zahvatajući na zapadu takođe granite i okolne sedimentno-vulkanogene stene (sl. 2 i 3).

Na levoj strani Radinog potoka i Sedrenika takođe se nalazi nekoliko starih potkopa (sl. 4). Podaci o položaju kako ovih tako i ostalih rudarskih radova, ne omogućavaju njihovu tačniju lokaciju u odnosu na rezultate IP, ali ipak približne relacije ukazuju da su samo delimično u polju povećanih vrednosti izazvane polarizacije. Shodno indikacijama IP, ovi istražni radovi bi imali smisla ukoliko bi se njima proverile obližnje anomalije. Postoji verovatnoća da ove anomalije indiciraju zone sulfidne mineralizacije sa rudnim žicama i impregnacijama. Ovde treba naglasiti da se rudne žice javljaju i izvan zona sa maksimalnim koncentracijama metaličnih minerala što potvrđuje, na primer, prisustvo tankih žica u potkopu P-3 (sl. 4). Zato je daljim istraživanjima neophodno utvrditi da li je učestalost pojavljivanja rudnih žica i impregnacija na ovom terenu veća tamo gde je i najizrazitija koncentracija metaličnih minerala, a da se orudnjenje slično onom u potkopu P-3 javlja samo sporadično na terenima izvan anomalija izazvane polarizacije. U tom smislu najefikasniji način provere indikacija IP sastojao bi se u izvođenju istražnog bušenja na svim izdvojenim zonama najizrazitijih anomalija izazvane polarizacije.

ZAKLJUČAK

Na ispitivanoj lokalnosti Sedrenik, gde je teren izgrađen uglavnom od porfirita (keratofiri), a manjim delom od sedimenata (krečnjaci, mermerisani krečnjaci, mermeri i vulkanogeni kompleks stena) i granita, shodno rezultatima IP, izdvojena su dva pojasa sulfidne mineralizacije: Ravna Gora—Vojtine i Crvene Stijene—Vitine. Opšti pravac njihovog pružanja je jugozapad—severoistok. Unutar njih, naročito u severoistočnom delu istraživanog terena, tj. tamo gde se spajaju ova dva pojasa, indicirano je nekoliko zona sa najizrazitijom koncentracijom metaličnih minerala. Pružanje ovih zona je u prvom pojasu pretežno jugozapad—severoistok, a u drugom su izraženi i pravci istok—zapad i sever—jug.

Stari rudarski radovi su samo delimično locirani shodno indikacijama izazvane polarizacije. Neki od rezultata ovih istraživanja pokazuju da su u obližnjim zonama maksimalnih koncentracija metaličnih minerala mogu očekivati orudnjenja olova i cinka od interesa. Zato daljim istraživanjima treba proveriti ne samo ove već i ostale zone sa ciljem utvrđivanja da li

one predstavljaju mesta najčešćeg pojavljivanja rudnih žica i impregnacija.

Rezultati primene metode IP na terenima Šuplje Stijene ukazuju na efikasnost njenog korišćenja koja se sastoji u pouzdanom izdvajanju zona sa maksimalnim koncentracijama metaličnih minerala. U kompleksu sa metalometrijskim ispitivanjima celishodnost primene IP bi imala još veći značaj s obzirom na mogućnost selekcije navedenih zona u smislu izdvajanja onih koje su nosioci orudnjenja olova i cinka.

Metodu IP pri budućim istraživanjima u ovoj oblasti treba u daleko većoj meri koristiti ne samo u domenu poznatih pojava već u širem području porfiritskog masiva Ljubišnje. Pri tome kombinovana primena metoda izazvane polarizacije i metalometrije treba da bude uvedena i u fazu regionalnih ispitivanja. Na taj način bi se, pored geoloških kriterijuma, koristili i geofizičko-geohemijski za pouzdanije izdvajanje perspektivnih lokalnosti, koje bi tek u narednoj fazi bile predmet detaljnih ispitivanja.

(Predato za štampu aprila 1971. god.)

LITERATURA

1. Anđelković M., 1962: — Geološki sastav i tektonika šire okoline rudnika Šuplja Stijena, Fond str. dok. Geol. zavoda, Titograd.
2. Golubović M., 1957: — Godišnji izveštaj o istražnim radovima, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
3. Donath M., 1952: — Vorläufiger Kurzbericht — Šuplja Stijena, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
4. Đorđević Ž., Burić H., 1950: — Prethodni izveštaj geološke ekipe Savezne uprave za geološka istraživanja, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
5. Đukić B., 1965: — Završni elaborat o istražnim radovima na objektu Krnja Jela—Rajkovići, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
6. Janković S., 1955: — Geologija i metalogeneza olovo-cinkovog rudišta Šuplja Stijena, Crna Gora, Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.
7. Janković S., 1963: — Metalogeneza rudonosnog rejona Šuplja Stijena (Crna Gora), Fond str. dok. Rudnika Šuplja Stijena.
8. Marić L., Golubović Lj., 1963: — Magmatizam Šuplje Stijene, Velike Ljubišnje i donjeg slivnog područja Tare i Pive u Crnoj Gori, Fond str. dok. Geol. zavod, Titograd.
9. Meiser O., 1950: — Geofizička ispitivanja u okolini Šuplje Stijene, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
10. Paldrmić S., Manojlović M. i dr., 1970: — Program i projekat istražnih radova rudnog polja »Šuplja Stijena, SR Crna Gora za period 1971—1975. god., Fond str. dok. rudnika Šuplja Stijena.
11. Petrović B. i saradnici, 1970: — Studija geološke grade i tektonskog sklopa Šuplja Stijena, Fond str. dok. rudnika Šuplja Stijena.
12. Savić M., 1955: — Šuplja Stijena — Investicije za istražne radove u Ribniku, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
13. Sikošek B., 1961: — Izveštaj o geološkom rekognosciranju terena rudnika Šuplja Stijena, Fond str. dok. rudnika Šuplja Stijena.
14. Topalović S., 1960: — Izveštaj o električnom ispitivanju terena Šuplja Stijena kod Pljevalja, Fond str. dok. SGZ, Beograd.
15. Topalović S., 1961: — Izveštaj o električnim ispitivanjima terena Šuplja Stijena kod Pljevalja, Fond str. dok. rudnika Šuplja Stijena.
16. Višić S. i saradnici 1970: — Izveštaj o geološkim, geofizičkim i geohemijskim istraživanjima u oblasti Šuplja Stijena, Fond str. dok. rudnika Šuplja Stijena.

Summary

STANISLAV VIŠIĆ*
DIMITRIJE LAKIĆ*

EXPLORATION OF LEAD AND ZINC BY THE IP SURVEY EMPLOYING TIME DOMAIN TECHNIQUES AN THE SEDRENIK LOCALITY

On the investigated locality of Sedrenik, that is made up mainly of porphyrite (keratophyr), and to the less extent of sedimentaries (limestone, crystallised limestone, marble, and volcanogenic complex), and granite, according to the IP results two belts of sulphide mineralization have been recorded: Ravna Gora — Vojtina and Crvena Stijena — Vitine. The general direction of their extension is SW — NE. Vithin them, especially in the northeastern part of the investigated area at the junction of these two belts, several zones with the very distinct concentrations of metallic minerals have been indicated. The strike of these zones in the first belt is predominantly SW — NE, while in the second one the E — W and N — S directions have been also observed.

The old mining works are only partly located properly to the IP indications. Some of these results show that in the adjacent zones of maximum concentrations of metallic minerals may be expected lead and zinc ore of interest. Therefore, further exploration ought to verify not only these bit the other zones with the aim of establishment whether they represent places of most often appearance of ore veins and impregnations.

Results of the application of IP method on the Šuplja Stijena area indicate ethe efficacy of its use thet is reflected in reliable selection of zones with maximum concentration of metallic minerals. In the combination with metallometric investigation the application of IP would have much higher importance with regard to the possibility of the selection of cited zones in the sense of the separation those which are lead and zinc bearers.

IP method ought to be applied not only in the domain of the known occurrences but in the broad area of porphyrite massif of Ljubušnje. The combined application of IP and metallometric methods ought to be introduced also in the phase of regional investigation. In this way, beside geological the geophysico-geochemical criteria would be used for more reliable selection of perspective localities, which would be a subject of more detail investigation in the next phase.

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

ŠANDOR SLIMAK*

UDK: 550.64:622.235

IZUČAVANJE SEIZMIČKOG EFEKTA MASOVNIH MINIRANJA

(Prema referatu sa II Internationales Kolloquium Sprengwesen u Dresdenu)

(sa 16 slika)

Značajno mjesto u suvremenom građevinarstvu, rudarstvu zauzimaju minerski radovi. Često miniranja se izvode sa znatnim količinama eksploziva uz korištenje velikog broja (čak i do 200—300) dubokih (od 10—40 m) bušotina.

Da bi sačuvali od oštećenja objekte koji se nalaze oko minskog polja neophodno je proučiti seizmičke efekte koje prate takva miniranja. Analizom seizmičnosti raznih potresa moguće je odrediti optimalne uvjete miniranja a u prvom redu maksimalno dozvoljene količine punjenja, optimalnu vremensku retardaciju između pojedinih intervala, dubine bušotina, minimalno rastojanje objekata od minskog polja i dr., te tako intenzitete potresa svesti na najnižu mjeru.

U ovom članku dat je ukratko razvojni put ove djelatnosti kod nas sa posebnim osvrtom na inženjersko-seizmološka mjerenja izvedena na kamenolomu Krupac, kod Sarajeva. Iako nisu izvedena kompleksna ispitivanja na osnovu iznjetih podataka da se zaključiti metodologija ispitivanja kod nas.

UVOD

Do sada su u Jugoslaviji mjerenja intenziteta umjetnih potresa izazvanih miniranjima izvršena na nizu kamenoloma, rudnika, proboja tunela i dr.

Sa slike 1 vidimo da su ova mjerenja izvođena od Makedonije do Slovenije. U Srbiji na dnevnim kopovima Majdanpeka, Bora, Zvornika, u Hrvatskoj u okolini Zagreba, Krapini, Đurmancu, Puli, Umagu, Splitu, Dubrovniku, Bizeku, Rijeci, Martinšćici i dr. Veliki broj opažanja je izveden u Sloveniji i to u Kamniku, Celju, Mariboru, Jesenicama, Anhovu, Velikoj Pirešici, Frankolovu, Postojni, u Bosni i Hercegovini (Sarajevo—Krupac, Jablanica, Mali Zvornik, Grančarevo, Vareš), u Makedoniji (Mavrovo, Kavadarci). Svakako da ovime nismo nabrojali sva opažanja, s obzirom da ispitivanja vrše razne institucije i sigurno postoji bogat fond podataka koji nisu objavljeni pa bi ih bilo teško sakupiti i srediti.

Prva mjerenja u nas su izvedena standardnim seizmičkim aparatu-rama koje se koriste u primjenjenoj geofizici, a posebno kod refrakciono seizmičkih mjerenja. Pri tome bili smo svjesni niza nedostataka takve apa-rature za ovakva mjerenja (filterski krugovi, visoka učestanost geofona,

* »Geoexpert« — Zagreb.

osjetljivost geofona samo na vertikalnu komponentu oscilacije, otežana mogućnost kalibriranja dijagrama potresa i dr.), ali zbog nedostataka specijalnih seizmografa bili smo prinuđeni koristiti se istima. Nakon toga neke organizacije počinju koristiti Philips-ove vibrouređaje. To je aparatura sa kojma se prema želji može registrirati pomjeranje, brzina ili ubrzanje oscilacija.



Sl. 1. — Karta SFRJ sa lokacijama kamenoloma na kojima su vršena geofizička mjerenja.

Krivulje potresa lako se obrađuju, očitaju u odgovarajućim jedinicama (mm, cm/sek ili cm/sek²). Nedostatak aparature je u tome što je jedno kanalna te je za studiju seizmičnosti neophodno izvesti niz miniranja što nije uvijek moguće. Ipak mogućnost da se trajno i vjerno registriraju potresi već od 1 Hz pa na više, značio je napredak u odnosu na ranija ispitivanja.

Danas u Jugoslaviji se koriste razni specijalni instrumenti za registriranje umjetnih potresa. Većina je američkog porijekla.

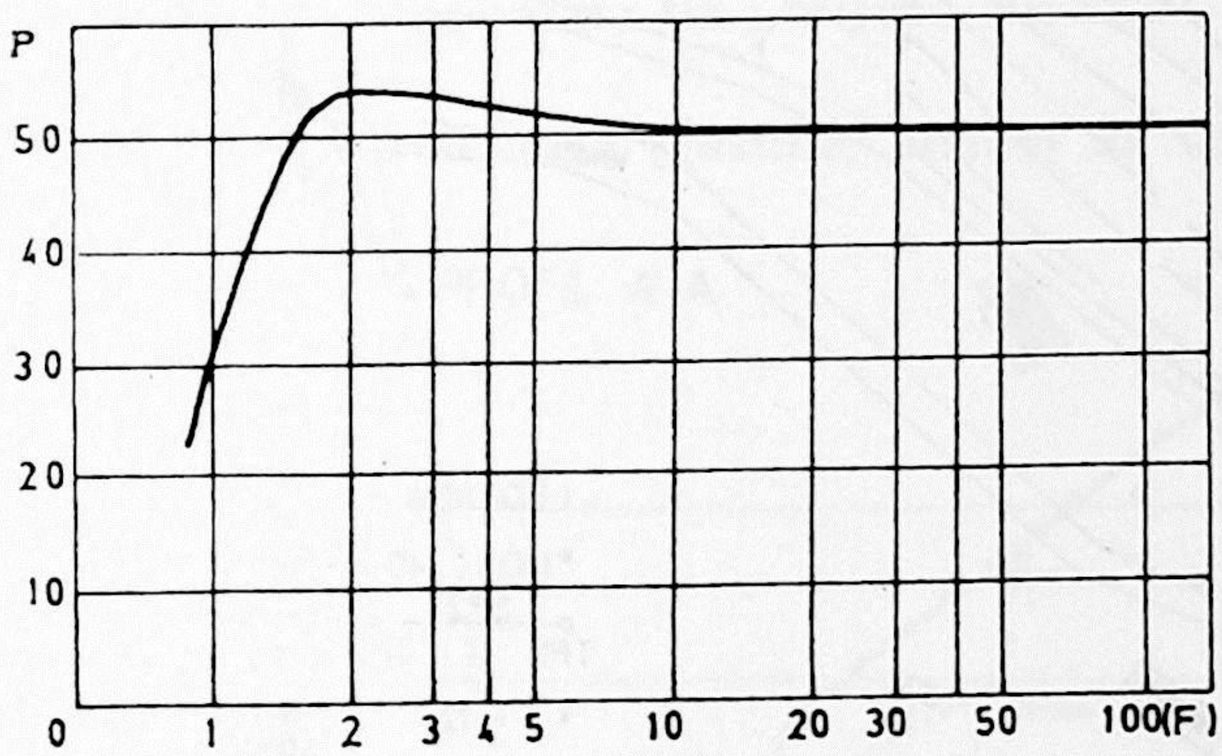
»Geoexpert« — Institut poduzeća GEOTEHNIKA, Zagreb, za proučavanje seizmičkog efekta miniranja koristi dobro poznati seizmograf tipa Sprengnether. To je sistem od tri klatna; jedno za opažanje vertikalne i dvije za opažanje horizontalnih (međusobno okomitih) komponenti osci-

lacija. Vlastita perioda klatna iznosi 0,75 sek, a prigušenje 0,55. Na svakom klatnu smješteno je zrcalo na koje pada svjetlost sa žarulje, a koja se sa klatna reflektiraju preko sistema zrcala na fotopapir. Fotopapir se pomiče brzinom od cca 5 cm/sek. Na isti papir automatski se registrira i vremenska baza. Vrijeme između dvije vertikalne linije iznosi 0,02 sek (vidi sliku 5—8).

To je lako prenosna aparatura, težine svega 16 kg sa unutrašnjim izvorom, a fotopapir se nalazi u specijalnoj kazeti, koja se može zamjenjivati pri normalnoj dnevnoj svjetlosti.

Postavljanje i puštanje aparature u rad je jednostavno. Prema okolnostima i potrebi, operater može biti neporsedno uz ili na većoj udaljenosti (i do 1000 metara) od seizmografa. Po potrebi jedno lice može da rukuje sa dvije pa i više aparatura.

Dijagrami potresa se obrađuju uz krivulju datu na slici 2 te odgovarajućih jednadžbi.



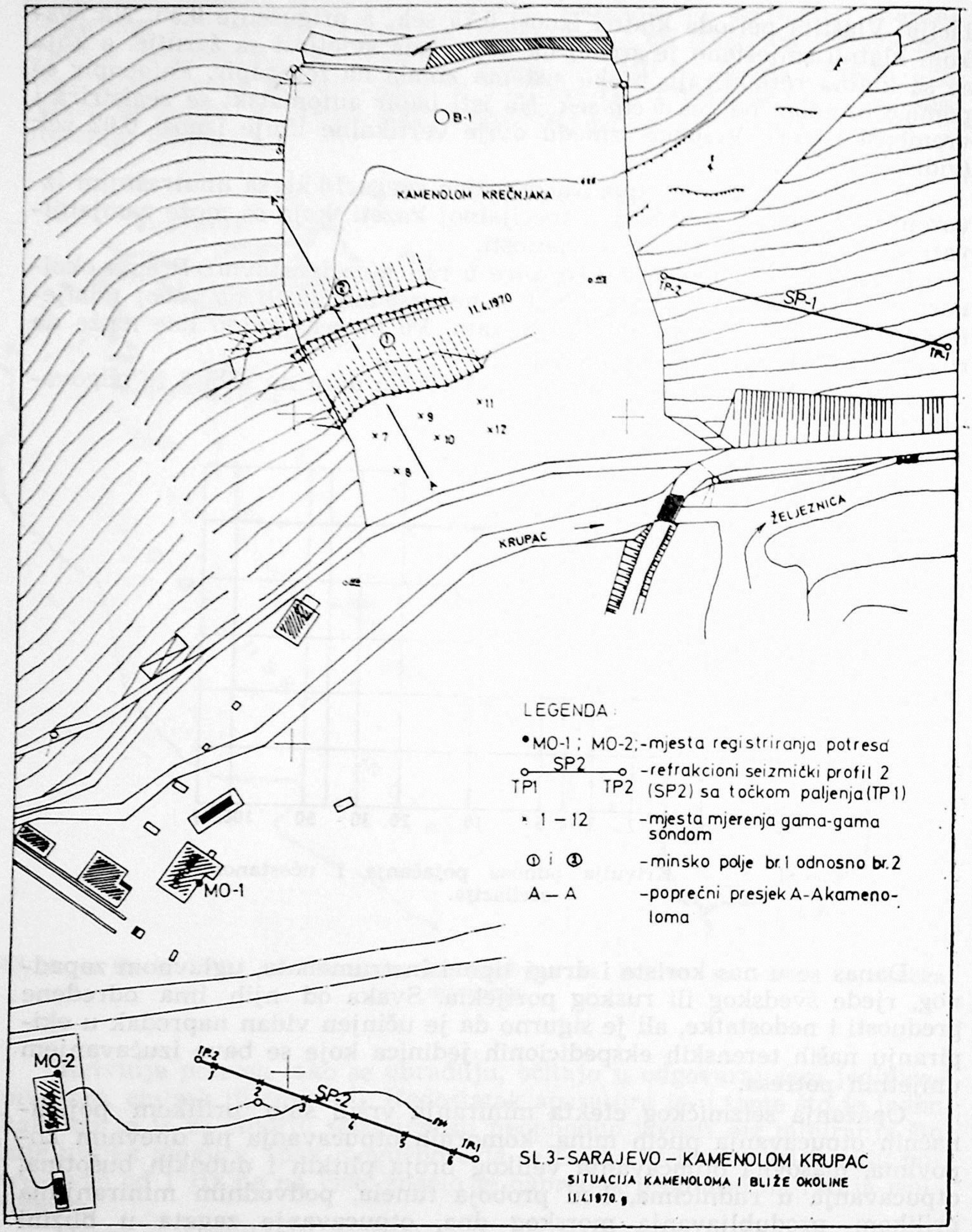
Sl. 2. — Krivulja odnosa pojačanja i učestanosti oscilacija.

Danas se u nas koriste i drugi tipovi instrumenata, uglavnom zapadnog, rjeđe švedskog ili ruskog porijekla. Svaka od njih ima određene prednosti i nedostatke, ali je sigurno da je učinjen vidan napredak u ekipiranju naših terenskih ekspedicionih jedinica koje se bave izučavanjem umjetnih potresa.

Opažanja seizmičkog efekta miniranja vršili smo prilikom pojedinačnih otpucavanja plićih mina, komornih otpucavanja na dnevnim kopovima, masovna otpucavanja velikog broja plitkih i dubokih bušotina, otpucavanja u rudnicima, kod proboja tunela, podvodnim miniranjima prilikom produbljavanja morskog dna, otpucavanje zagata u blizini brana itd.

Pošto do danas nisu sistematizirani i sređeni rezultati svih naših mjerenja, pokušati ćemo na jednom primjerku ilustrirati metodologiju naših radova, način obrade podataka mjerenja i dr.

U nedavnoj prošlosti imali smo masovna otpucavanje u blizini Sarajeva u kamenolomu vapnenca — Krupac. Kamenolom želi da se moder-



SL.3-SARAJEVO – KAMENOLOM KRUPAC
SITUACIJA KAMENOLOMA I BLIŽE OKOLINE
11.4.1970.g

Sl. 3

nizira, poveća svoje kapacitete. Da bi to postigao neophodno je buduća otpucavanja vršiti sa dubljim (15—20 m) bušotinama većeg prečnika (70—110 mm) umjesto dosadašnjeg načina otkopavanja pomoću plitkih bušotina.

(1—3 m), malih prečnika (oko 28mm). Takva jedna promjena u tehnologiji eksploatacije svakako iziskuje određena instrumentalna opažanja u cilju izučavanja seizmičkog efekta miniranja, kako bi se izbjegla oštećenja obližnje separacije, pučke škole i stambene zgrade.

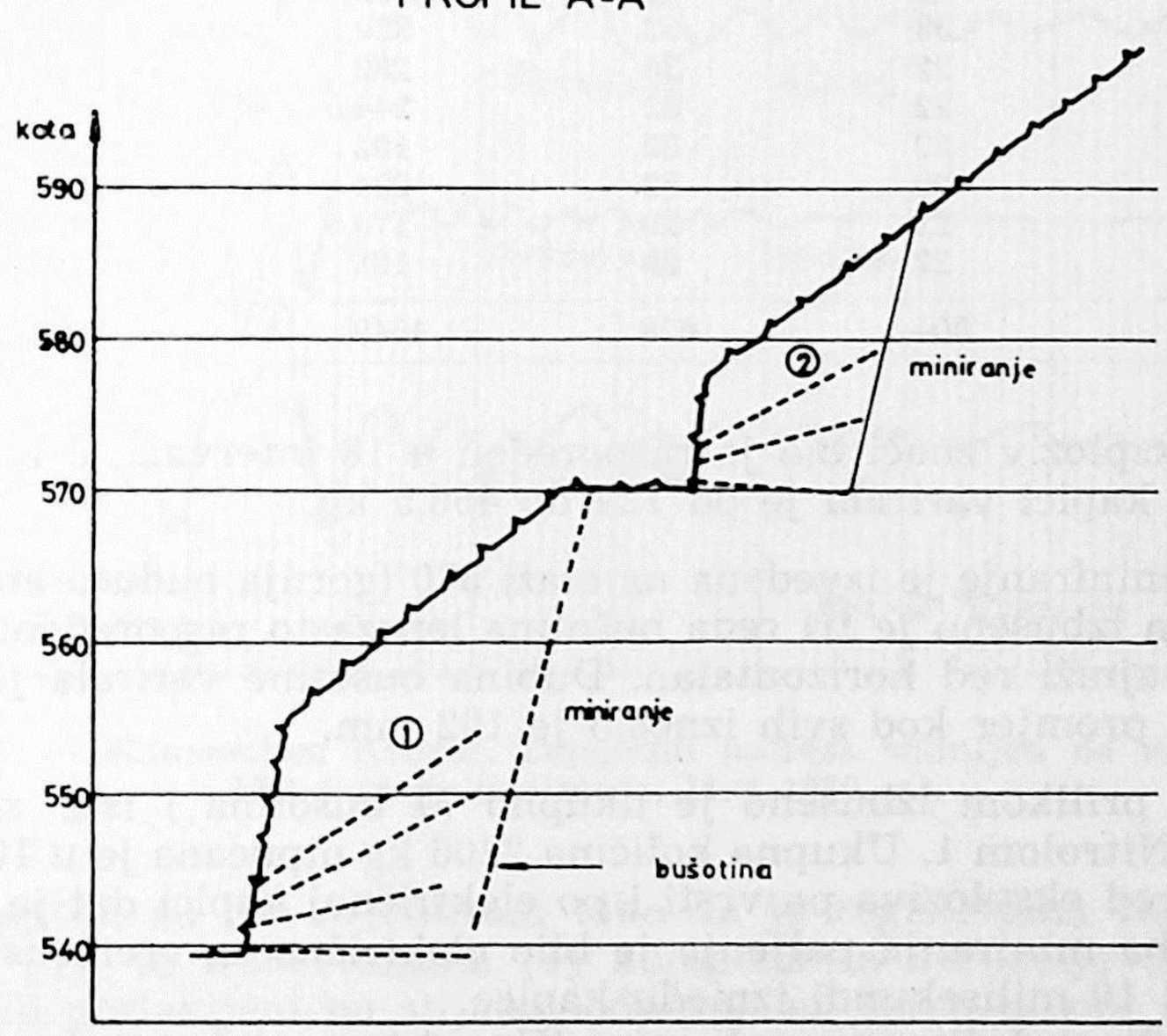
U cilju studije seizmičnosti masovnih miniranja, tj. utvrđivanja intenziteta potresa na raznim udaljenostima od minskog polja i ostalih fizikalnih parametara, a u svrhu određivanja optimalnih uvjeta budućih otpucavanja, izvedena su geofizička instrumentalna opažanja i to:

a) Mjerenje intenziteta potresa na dva mjesta (MO 1 i MO 2) različito udaljena od minskog polja, (vidi sliku 3) na dva posebna litološka člana (vapnencu i humusu, odnosno šljunkovitom materijalu). Potres je izazvan miniranjem većeg broja bušotina lociranih u vapnencu. Ukupno su izvedena dva otpucavanja za vrijeme dok se geofizička ekipa nalazila na terenu.

b) Mjerenje brzine prostiranja seizmičkih valova kroz vapnence i nanosni (humus odnosno šljunkovit) materijal.

c) Mjerenje zapreminske težine tla i stijene »in situ« radioaktivnom gama-gama metodom.

d) Mjerenje fizikalnih veličina (gustine, brzine) na uzorcima uzetih sa terena.



Sl. 4. — Kamenolom Krupac. Poprečnik presjek A—A.

Sva mjerenja obavljena su u 4 mjesecu 1970. godine.

a) U toku zadržavanja geofizičke ekipe na terenu izvedena su dva miniranja i to:

— prvo, na etaži 540 gdje je bilo smješteno 4 reda bušotina lepezasto raspoređenih i to tako da je najniži red horizontalan (vidi sliku 4). Ovim bušotinama pripojen je još jedan niz skoro vertikalnih bušotina sa etaže 570 dubine cca 30 m, promjera 85 mm.

Dubina ovih bušotina 25—35 m, promjera 85—102 mm.

Ovom prilikom odminirano je ukupno 85 bušotina, a iste su punjene KAMEX-om, NITROLOM 1 te KM 15.

Ukupna količina punjenja iznosila je 5231 kg. Raspored eksploziva po vrsti i po električnoj kapici dat je u tabeli 1 koja slijedi.

Tabela 1

Upaljač broj	KM 15 kg	Kc kg	N 1 kg	Ukupno kg
1	24	32	214,5	270,5
2	24	32	141	197
3	16	20	133,5	**169,5**
4	24	32	129	185
5	24	32	141	197
6	8	32	84	124
7	40	52	277	369
8	40	52	281	373
9	48	64	349	461
10	40	52	364,5	456,5
11	48	60	339	447
12	38	52	329,5	419,5
13	22	30	282	334
14	22	32	244,5	298,5
15	22	32	192	246
16	20	32	204	256
17	22	20	175,5	217,5
18	22	20	168	210
18	504	678	4049	5231,0

Sav eksploziv znači bio je raspoređen u 18 intervala, a količina eksploziva po kapici varirala je od 124 do 456,5 kg.

— drugo, miniranje je izvedena na etaži 570 (gornja buduća etaža). Ovom prilikom izbušeno je tri reda bušotina lepezasto raspoređenih i to tako da je najniži red horizontalan. Dubina bušotine varirala je od 20 do 25 m, a promjer kod svih iznosio je 102 mm.

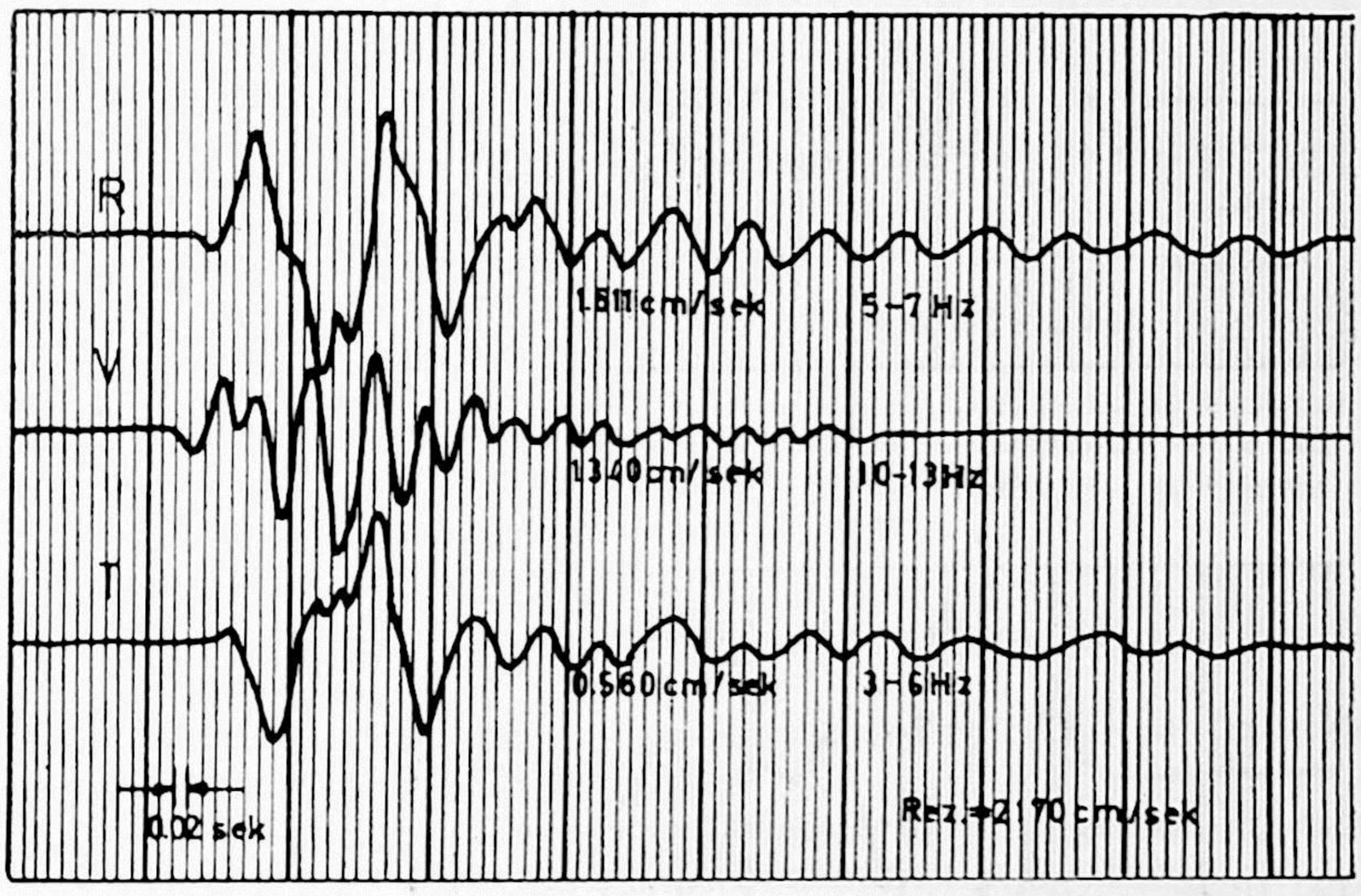
Ovom prilikom izbušeno je ukupno 74 bušotina i iste su punjene KC-om te Nitrolom 1. Ukupna količina 2206 kg otpucana je u 10 intervala. Raspored eksploziva po vrsti i po električnoj kapici dat je u tabeli 2. Kod oba miniranja paljenje je bilo električno sa vremenskom retardacijom od 10 milisekundi između kapice.

Da bi što točnije upoznali seizmički efekat miniranja svakako da bi trebalo opažati više otpucavanja te opažanja istovremeno vršiti na raznim udaljenostima od minskog polja, kako na tlu tako i na raznim objektima, na raznim zastupljenim litološkim članovima. S obzirom na ograničene mogućnosti (broj opažanja i mjesta opažanja) mi smo kod oba miniranja potres registrirali u blizini kamenoloma (MO 1) na separaciji, odnosno na obližnoj školi (MO 2).

Na svakom mjernom mjestu registrirana je brzina oscilacije, a dijagrami potresa prikazani su na slici 5—8.

Tabela 2

Upaljač broj	Kc kg	N 1 kg	Ukupno kg	Primjedba
1	20	195	215	
2	30	211,5	241,5	
3	20	189	209	
4	34	201	235	
5	18	223,5	241,5	
6	22	213	235	
7	18	175,5	193,5	
8	18	204	222	
9	30	147	177	
10	24	212,5	236,5	
10	234	1972,0	2206,0	



Sl. 5. — Kamenolom Krupac. Dijagram potresa snimljen na mjestu MO-1 (prvo miniranje, 11. 4. 1970. g.).

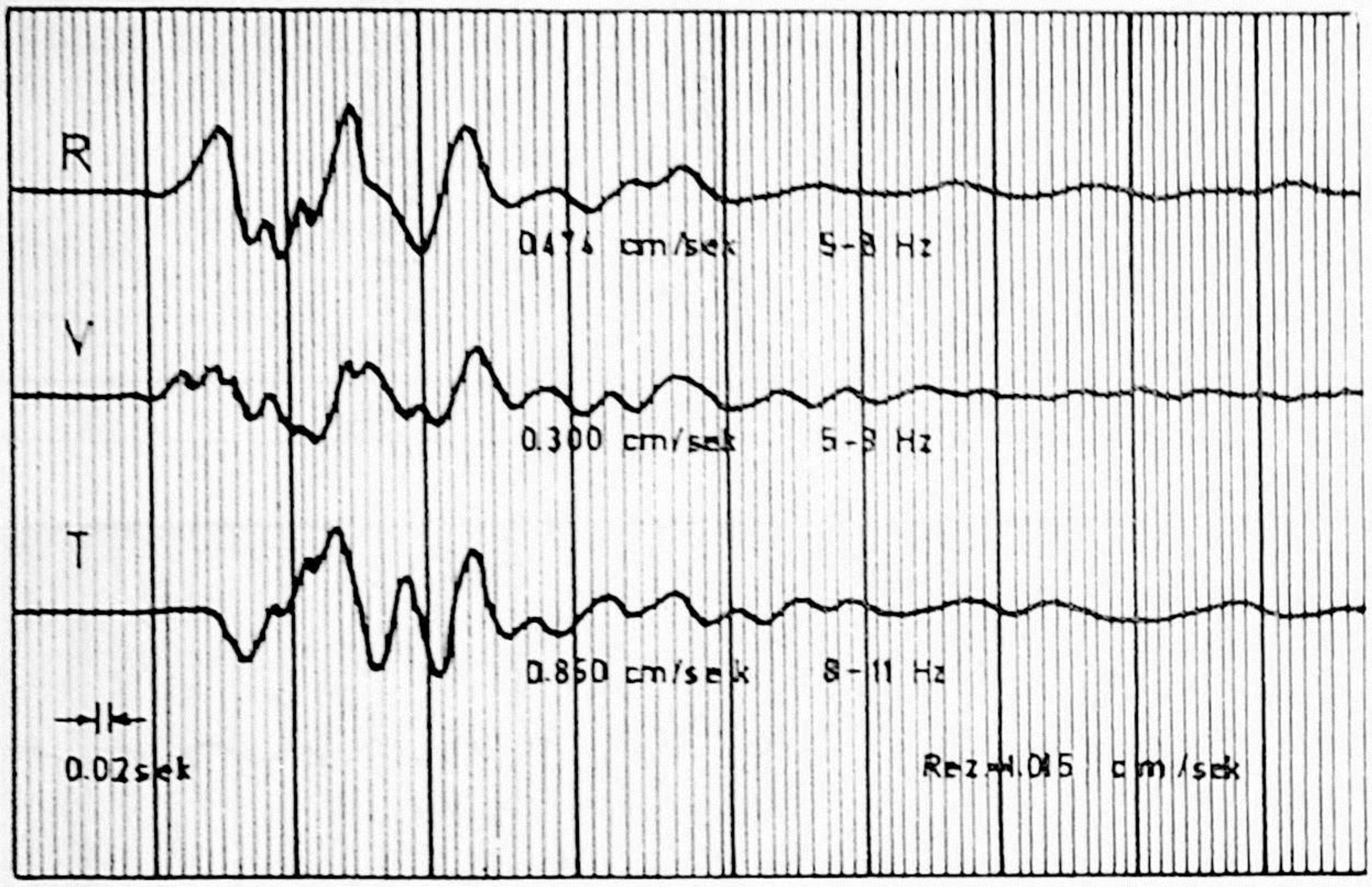
Seizmografi su bili orjentirani tako da je registrirana radijalna (R), vertikalna (V), te transverzalna (T) komponenta oscilacije tla. Seizmografi su bili postavljeni na stijenu, odnosno na tlu u blizini spomenutih objekata.

b) Brzina prostiranja seizmičkih valova registrirana je na dva profila. Profil SP 1 je lociran u blizini samog kamenoloma na samom vapnencu, a profil SP 2 u blizini škole na nanosu (vidi sliku 3).

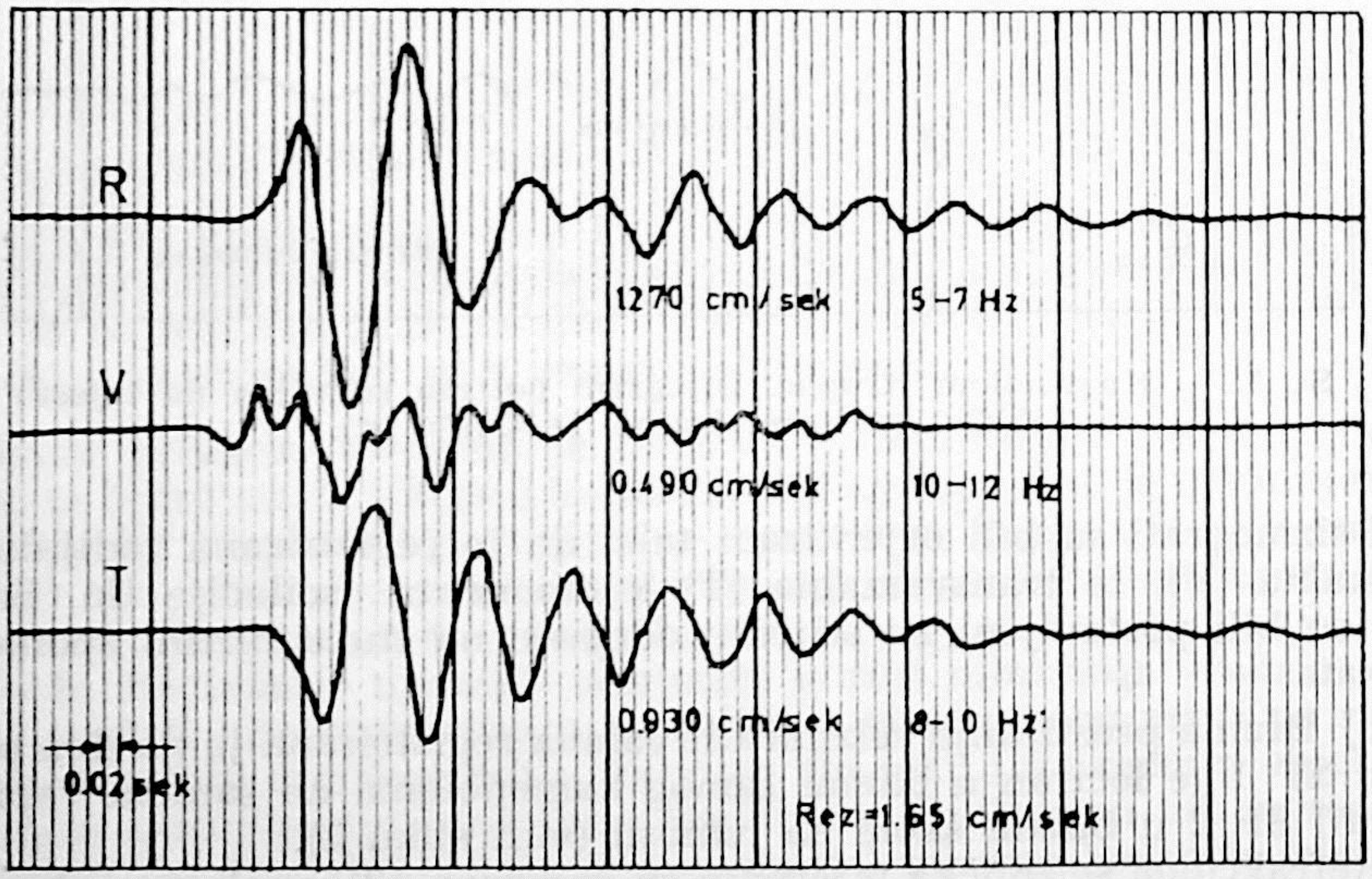
Refrakciona seizmička mjerenja su izvedena 12 kanalnom seizmičkom aparaturom američkog porijekla tipa ELEKTROTEH. Seizmogram snimljen na profilu SP 1, točka paljenja (1) prikazana je na slici 11.

Na osnovu rezultata refrakcionih seizmičkih ispitivanja konstruirani su hodohrone elastičnih valova, i to kako uzdužnih tako i poprečnih elastičnih talasa. Hodohrone su prikazane na slici 12.

Na osnovu hodohrona elastičnih valova sračunate su brzine prostiranja pojedinih tipova valova (uzdužnih i poprečnih) te P o i s s o n-ovi brojevi.

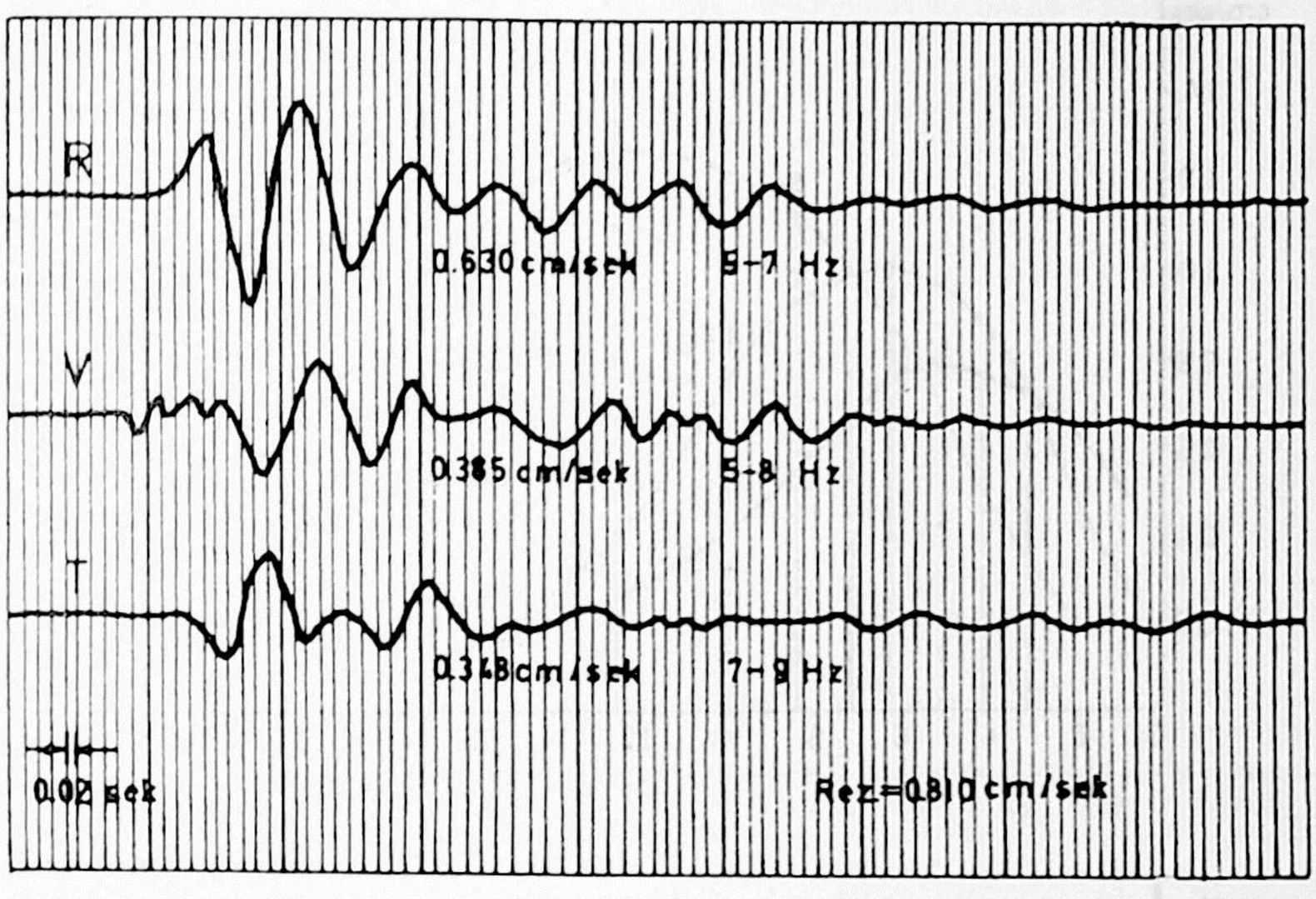


Sl. 6. — Kamenolom Krupac. Dijagram potresa snimljen na mjestu MO-2 (prvo miniranje, 11. 4. 1970. g.).



Sl. 7. — Kamenolom Krupac. Dijagram potresa snimljen na mjestu MO-1 (drugo miniranje, 11. 4. 1970. g.).

c) Zapreminska težina tla odnosno stijene određena je direktno na terenu »in situ« pomoću radioaktivne gama-gama metode. U blizini samog kamenoloma na samom vapnencu ova mjerenja su izvedena na točki (7—12), a na profilu SP 2 na točkama od 1—6. Na svakom mjernom mjestu izvedena je serija od 4 opažanja te je sračunata srednja vrijednost za svaku točku, a nakon toga srednja vrijednost za seriju točaka, tj. za odgovarajući tip tla.



Sl. 8. — Kamenolom Krupac. Dijagram potresa snimljen na mjestu MO-2 (drugo miniranje, 11. 4. 1970. g.).

Ova mjerenja izveli smo sa gama-gama sondom koja je izrađena u našem Institutu.

To je tranzistorirana jedinica sa unutrašnjim izvorom koja dok se ne radi puni iz gradske mreže (220 V).

Sistem je sa Geiger-Müller-ovim brojačima a pogodan za tačkastu registraciju, mada je pripremljena i za kontinuirana opažanja.

d) Po povratku geofizičke ekipe sa terena izvršena su i laboratorijska mjerenja na uzorcima koji su donešeni sa kamenoloma, i to:

— seizmička ispitivanja pomoću akustične metode. Ovom metodom smo odredili brzinu prostiranja seizmičkih valova kroz uzorke.

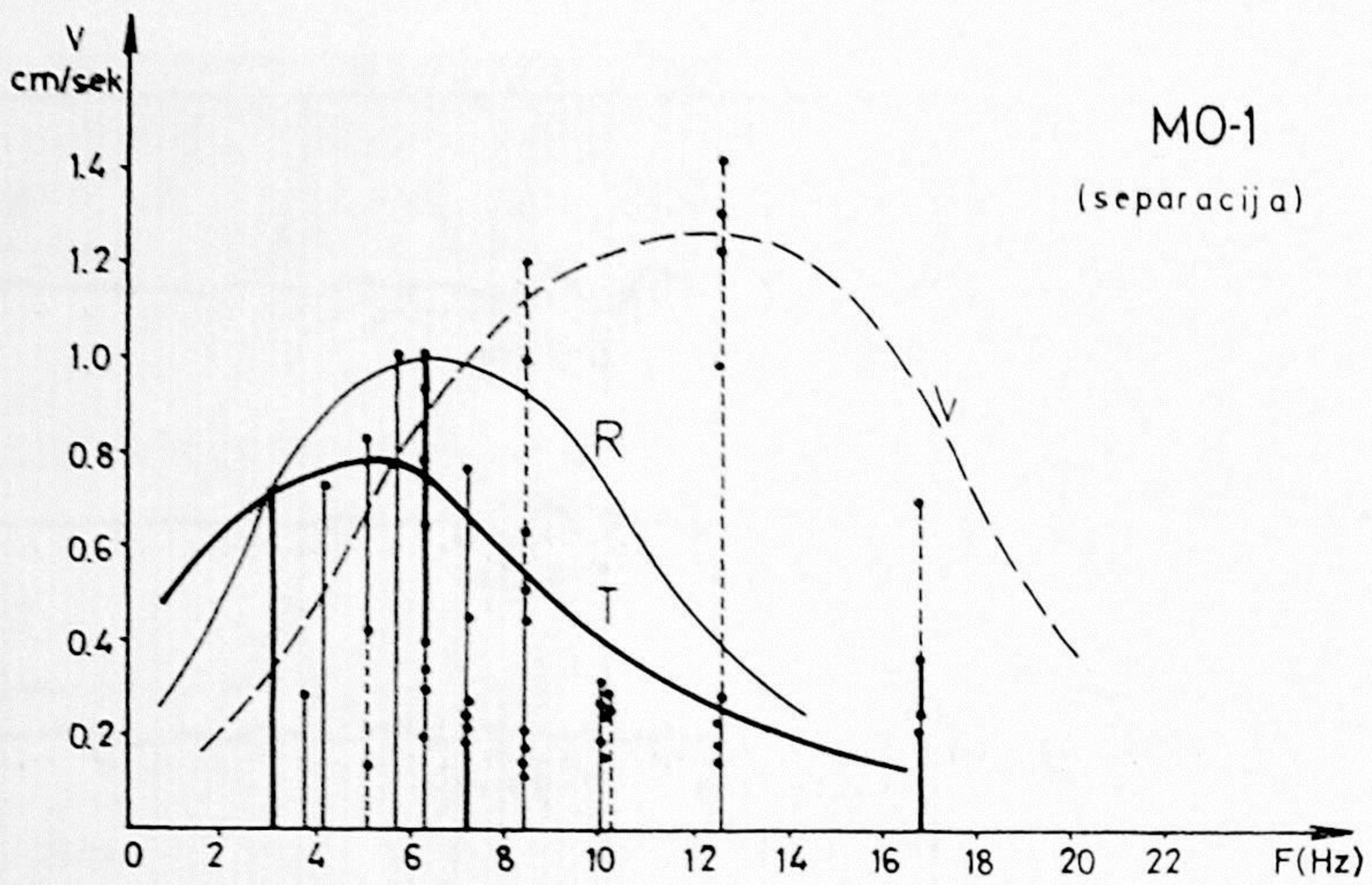
Mjerenja su izvedena dinamičkim oskulatorom, tipa LEA. To je tranzistorirana jedinica sa magnetostriktivnim pobuđivačem pogodna za mjerenje vremena prostiranja od nekoliko (mikrosekundi) do 30 milisekundi.

— zapreminska težina uzoraka određena je standardnim laboratorijskim ispitivanjima.

Svrha ovih mjerenja bila je uporediti fizikalne parametre dobivene laboratorijskim ispitivanjima sa podacima dobivenih direktno na terenu instrumentalnim opažanjima.

KRATAK OSVRT NA REZULTATE ISPITIVANJA

Analizirajući dijagrame potresa (sl. 5—8) uočavamo da vrijeme maksimalnih potresa kod prvog miniranja iznosi cca 0,5 sek odnosno nešto duže kod drugog. Vrijeme trajanja oscilacija na raznim snimcima se neznatno razlikuju ali su nešto duži na horizontalnim komponentama.



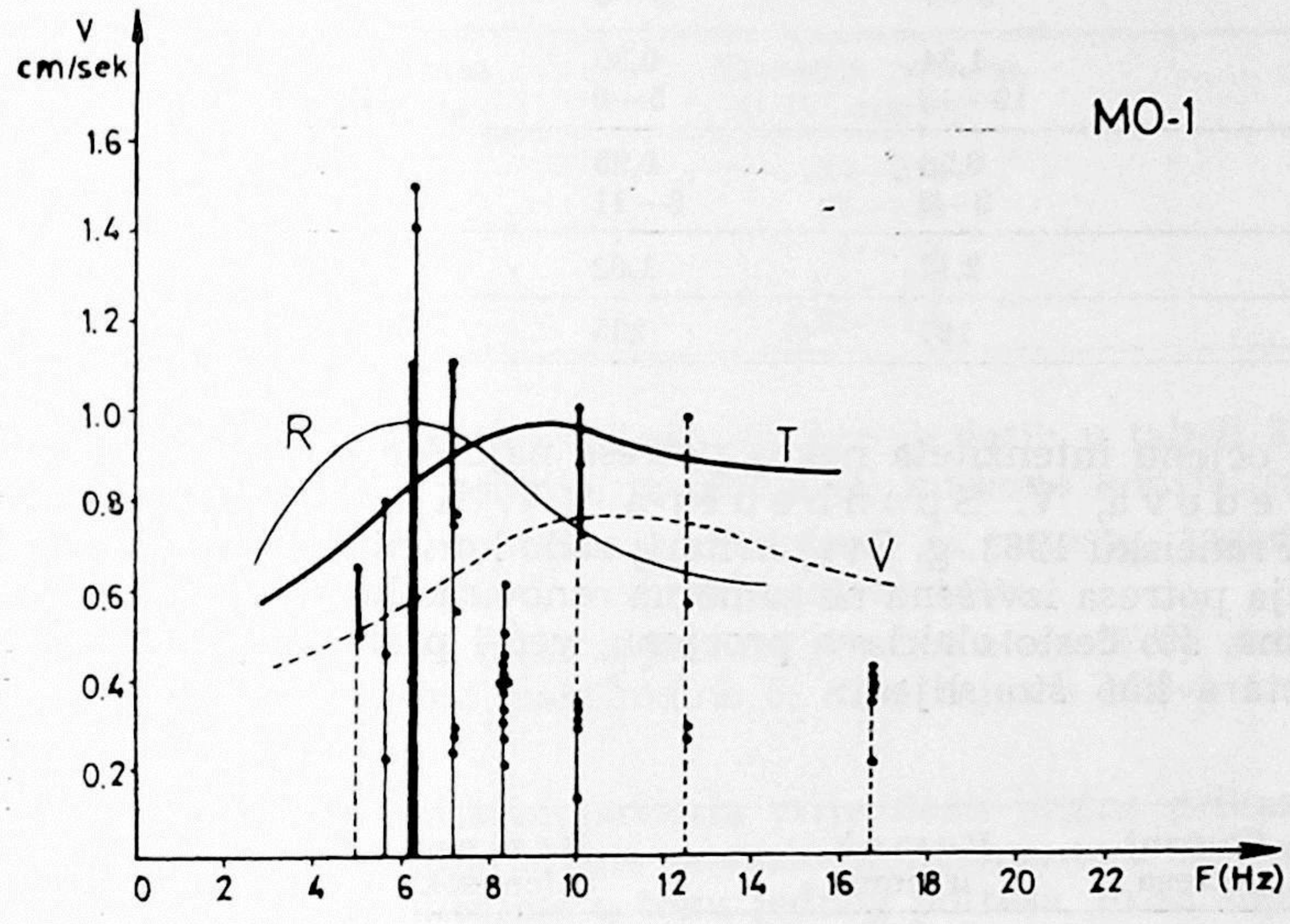
Sl. 9. — Kamenolom Krupac. Spektralne krivulje (prvo miniranje).

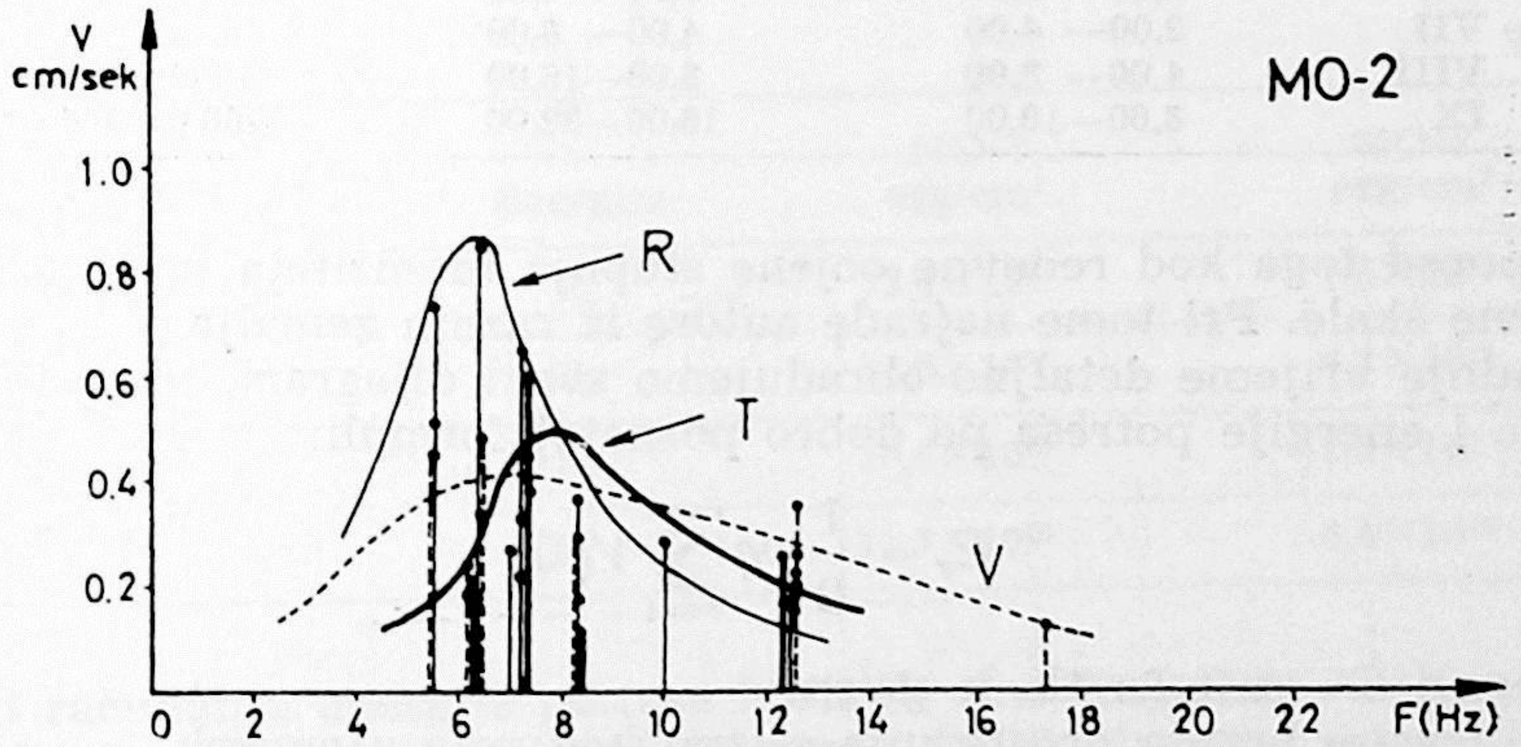
Na većini snimaka vertikalne komponente su nešto nižeg intenziteta od horizontalnih, što i treba očekivati prema literaturnim podacima.

Izvjesne razlike u učestalosti oscilacija između mjernih mjesta MO-1 i MO-2 i komponenti postoje, što je vjerojatno uvjetovano litološkim razlikama (vidi spektralne krivulje slika 9—10).

Na svakom dijagramu date su sračunate vrijednosti maksimalnih brzina te preovladavajuće učestanosti za svaku komponentu. Date su i rezultante veličine sračunate na osnovu jednadžbe:

$$REZ = \sqrt{V_V^2 + V_T^2 + V_R^2}.$$





Sl. 10. — Kamenolom Krupac. Spektralne krivulje (drugo miniranje).

Numerički pregled vrijednosti brzina oscilacija po komponentama i za rezultante dat je u tabeli koja slijedi.

Navedene udaljenosti od minskog polja do pojedinih mjesta opažanja u tabeli 3 predstavljaju srednja a ne ekvivalentna rastojanja.

Tabela 3

Komponenta	I. MINIRANJE		II. MINIRANJE	
	MO 1 (cm/sek/Hz	MO 2 (cm/sek/Hz)	MO 1 (cm/sek/Hz)	MO 2 (cm/sek/Hz)
R	1,61 5—7	0,47 5—8	1,27 5—7	0,63 5—7
V	1,34 10—13	0,30 5—9	0,49 10—12	0,39 5—8
T	0,56 3—6	0,85 8—11	0,93 8—10	0,35 7—9
Rez.	2,17	1,02	1,65	0,81
Udaljen.	167	235	177	242

Za ocjenu intenziteta nekog potresa najčešće koristimo kriterij S. V. Medvedeva, V. Sponheuer-a i V. Kárnik-a koji je usvojen u San Francisku 1963. g. Ovaj kriterij rado koristimo s obzirom da je klasifikacija potresa izvršena ne samo na osnovu količine i vrsti oštećenja na zgradama, što često olakšava procjenu, već i preko vrijednosti fizikalnih parametara kao što slijedi:

Tabela 4

Stupanj potresa	Pomak u (mm)	Brzina u (cm/sek)	Ubrzanje u (cm/sek²)
III	0,12— 0,25	0,25— 0,50	3,0— 6,0
IV	0,25— 0,50	0,50— 1,00	6,0— 12,0
V	0,50— 1,00	1,00— 2,00	12,0— 24,0
VI	1,00— 2,00	2,00— 4,00	24,0— 50,0
VII	2,00— 4,00	4,00— 8,00	50,0—100,0
VIII	4,00— 8,00	8,00—16,00	100,0—200,0
IX	8,00—16,00	16,00—32,00	200,0—400,0

I pored toga kod redovne ocjene stupnja intenziteta potresa koristimo razne skale. Pri tome najrađe autore iz raznih zemalja.

Zadnje vrijeme detaljno obrađujemo svaki dijagram, te često sračunavamo i energije potresa po dobro poznatoj formuli:

$$E_r = \frac{1}{2} \nu q \sum_{i=1}^{i=n} V_i^2 T_i \qquad (1)$$

gdje je: q — gustoća tla u gr/cm³
v — brzina prostiranja seizmičkog vala u cm/sek
V_i — brzina oscilacije u cm/sek.

Pomoću ove jednadžbe određujemo energiju potresa u točki opažanja a pomoću jednadžbe (2) se određuje energija u mjestu miniranja (žarištu).

Energija u žarištu definirana je izrazom:

$$E_0 = 2 \times \pi \times r^2 \times E_r \times \frac{r}{r_0} \qquad (2)$$

gdje je: r — udaljenost mjesta registriranja potresa od minskog polja
r_0 — $3 \cdot 10^3$ cm.

Odnos između energije i stupnja intenziteta potresa definiran je relacijom datog u tabeli koja slijedi:

Tabela 5

Intenzitet potresa u stupnjevima	Energija potresa u 10^4 erg/cm^2
8	134—670
7	27—134
6	5— 27
5	1,1— 5,5
4	0,22— 1,1

Imajući u vidu rezultantne vrijednosti brzina datih u tabeli 3 za pojedina mjesta opažanja te podatke iz tabele (4) možemo konstatirati:

— da je potres izazvan prvim miniranjem na mjestu registriranja MO-1 bio 6, a na mjestu MO-2 5 stupnja intenziteta,

— da je potres izazvan miniranjem na gornjoj etaži (570), drugo miniranje na mjestu MO-1 bio maksimalno 5, a na mjestu MO-2 4 stupnja intenziteta.

S obzirom da smo kod sračunavanja vrijednosti brzina prikazanih u tabeli (3) koristili maksimalne brzine sa svake komponente a koje su često registrirane u raznim vremenima u toku jednog potresa, to sa sigurnošću možemo tvrditi da su intenziteti bili nešto niži od navedenih.

U tabeli 6 dati su podaci o energiji pojedinih miniranja, i to kako za mjesta opažanja tako i za žarišta.

Tabela 6

Miniranje	Energija	MO-1 erg/cm^2	MO-2 erg/cm^2
1	E_r	$12,4 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$
	E_o	$11,5 \times 10^{15}$	$4,3 \times 10^{15}$
2	E_r	$10,6 \times 10^{15}$	$1,5 \times 10^5$
	E_o	$11,7 \times 10^{15}$	$4,4 \times 10^{15}$

Pri računanju energije potresa koristili smo fizikalne veličine (gustine tla, brzine seizmičkih valova) koje smo dobili direktno mjerenjima na terenu »in situ«.

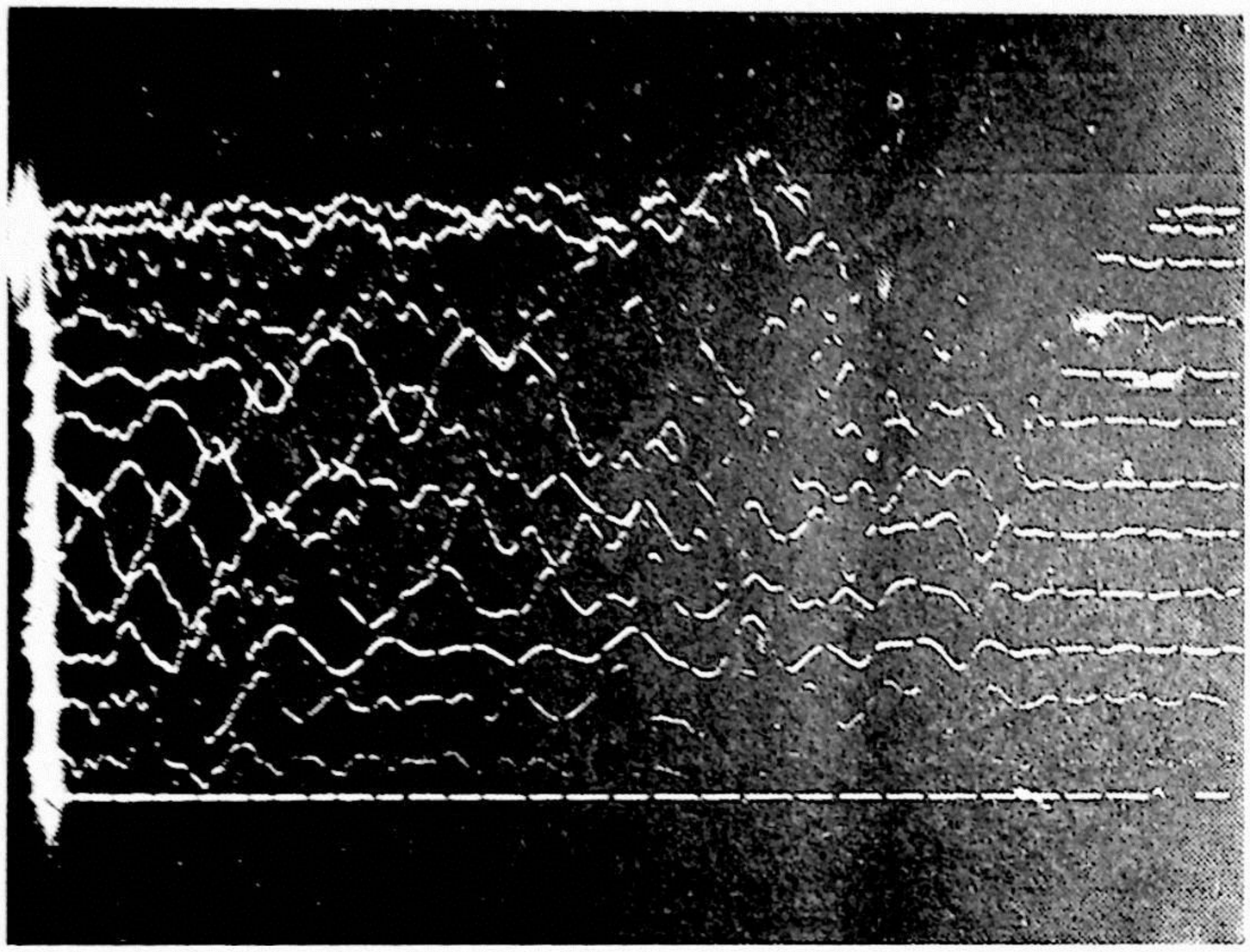
Obrađujući podatke refrakcionih mjerenja (sl. 11 i 12) za vapnenac smo dobili brzinu od V = 3750 m/sek (MO 1), a za nasuti teren (SP-1, MO-2) samo V = 2330 m/sek.

Srednja vrijednost zapreminske težine za vapnenac (točke 7—12, slika 3) iznosi 2,52 gr/cm a na profilu SP-2 1,80 gr/cm^3.

Imajući u vidu energije potresa, tj. tabelu 6, te podatke iz tabele 5 možemo zaključiti:

— da je prema energetskom kriteriju potres izazvan prilikom prvog miniranja na MO-1 bio 6, a na mjestu MO-2 5 stupnja intenziteta.

— da je kod drugog miniranja prema istim kriterijima potres bio 6 odnosno 5 stupnja intenziteta.



Sl. 11. — Kamenolom Krupac. Seizmogram snimljen na profilu SP1 (točka paljenja 1).

Ovo kazuje da je prvi potres i prema ovoj skali isto ocjenjen kao i po kriteriju S. V. Medvedeva (prema brzini oscilacija, tabela 4), dok kod drugog potresa uočavamo neslaganja. Procjena 2 miniranja preko energije je nešto većeg stupnja. Razlog tome možemo slutiti na osnovu literaturnih podataka.

Promjena energije sa udaljavanjem od minskog polja prikazana je na slici 13.

Analizirajući mjerne podatke sa tekstualnim dijelom kriterija S. V. Medvedeva došli smo do zaključka da ova miniranja nisu mogla biti štetna po postojeće objekte, a u što smo se uvjerili i vizuelnim opažanjima nakon obilaska obližnjih zgrada i objekata.

Kod nas vrlo često za procjenu štetnosti potresa koristimo Köhler-ov kriterij, a koji glasi:

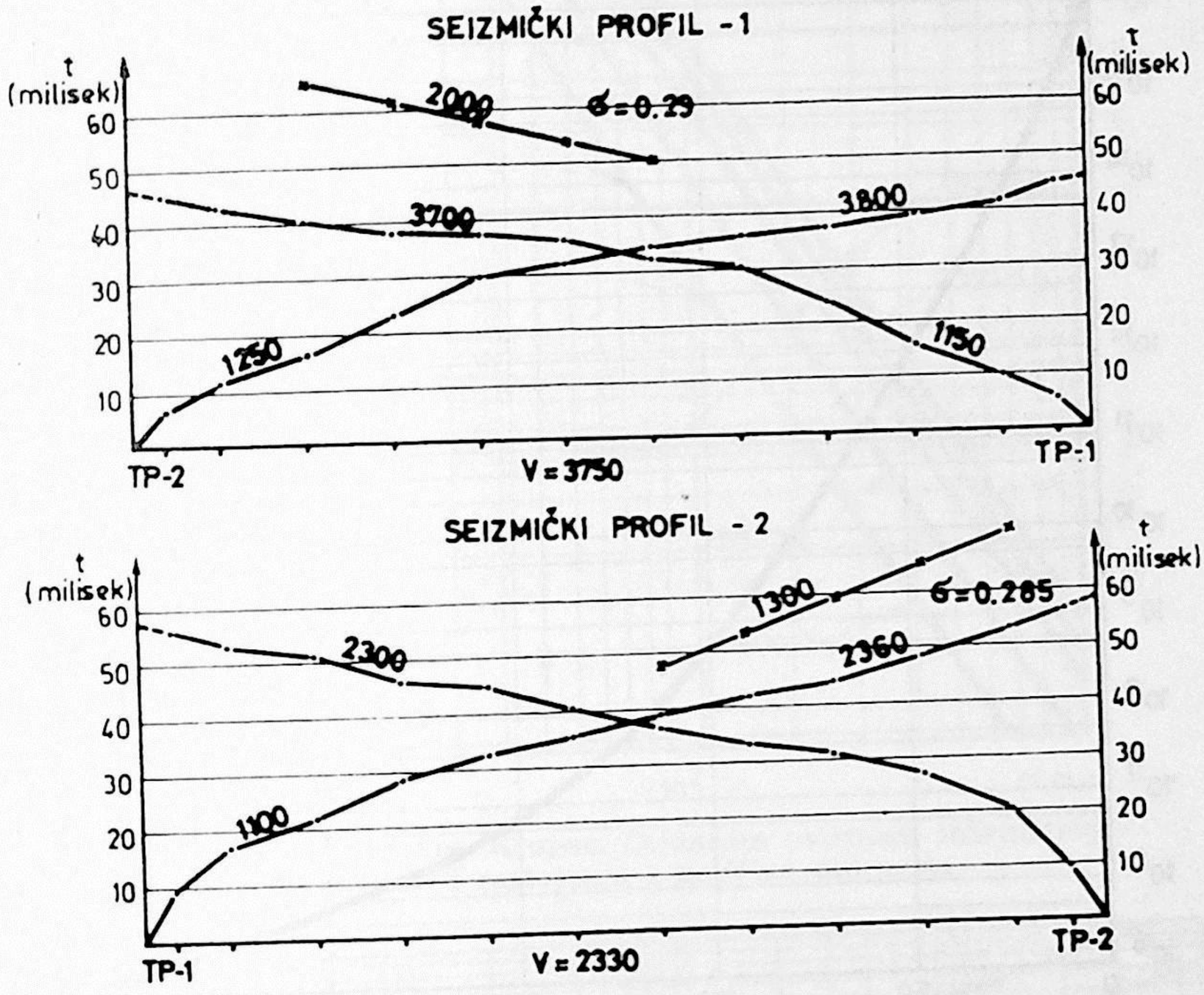
Brzina	
veća od 5,0 cm/sek	— štetno djelovanje vrlo vjerojatno
1,0—5,0 cm/sek	— štetno djelovanje vjerojatno
0,5—1,0 cm/sek	— štetno djelovanje malo vjerojatno
manje od 0,5 cm/sek	— štetno djelovanje skoro isključeno

Prema ovom kriteriju potresi od 11. 4. 1970. g. mogli su izazvati manja oštećenja pogotovo ako kod procjene koristimo rezultantne veličine (tabela 3).

Sve ovo ukazuje da su potresi mogli izazvati manja oštećenja, eventualne pojave mikroprslina, a vidna oštećenja nismo mi uočili na zgradama.

Prema kriteriju datom uz prospekt aparature djelovanje potresa izazvanih miniranjima se procjenjuje:

Brzina	
do 2 "/sek	— smatra se za sigurne vibracione nivoe
2—4 "/sek	— područje finih vidljivih oštećenja
do 2 veća od 4 "/sek	— moguća veća strukturalna oštećenja

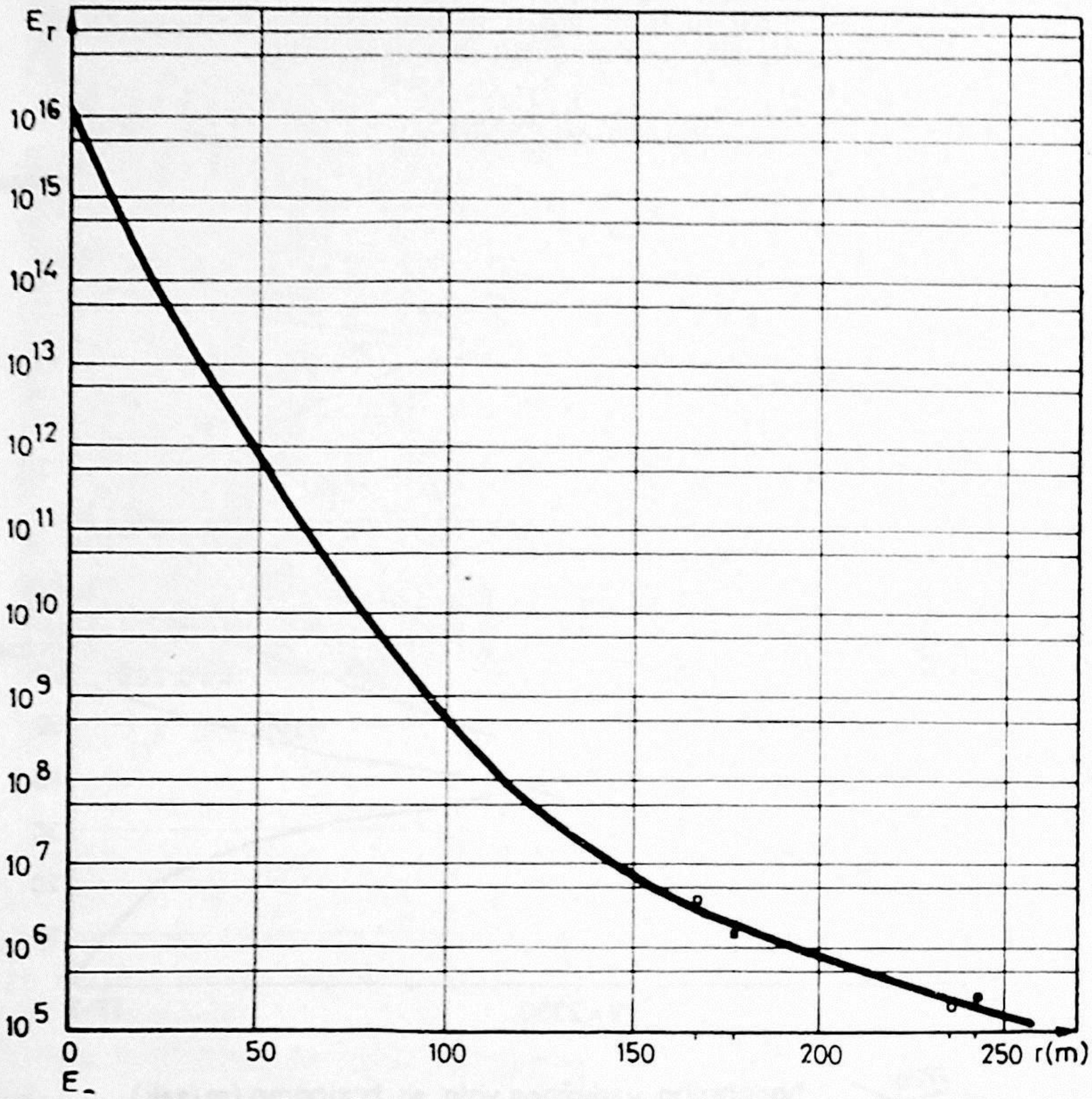


Sl. 12. — Kamenolom Krupac. Hodohrone elastičnih valova (uzdužnih i poprečnih) sa sračunatim brzinama prostiranja seizmičkih valova te Poisson-ovi brojevi.

U želji da miniranja što bolje usmjerimo skoro redovno pri našim opažanjima, a na osnovu rezultata terenskih mjerenja, određujemo vrijednost K-a koja figuriše u jednadžbi:

$$V = K\left(\frac{\sqrt[3]{C}}{r}\right)^{3/2} \qquad (3)$$

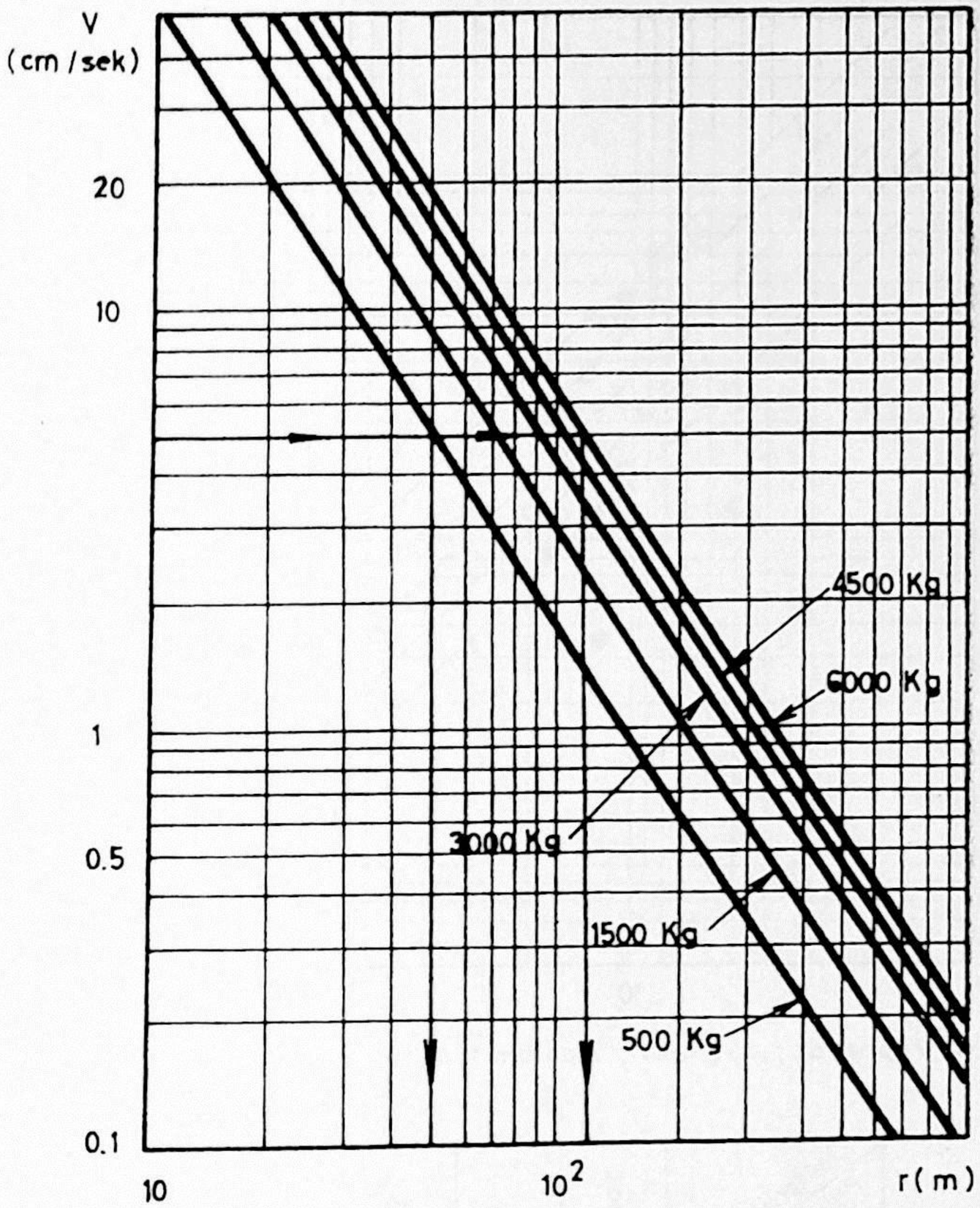
gdje je: V — brzina oscilacije u cm/sek
C — količina punjenja u kg
r — udaljenost mjesta registriranja potresa od minskog polja
K — koeficijent koji ovisi od uvjeta miniranja, svojstva sredina kroz koju se šire seizmički valovi, način punjenja i paljenja i drugo.



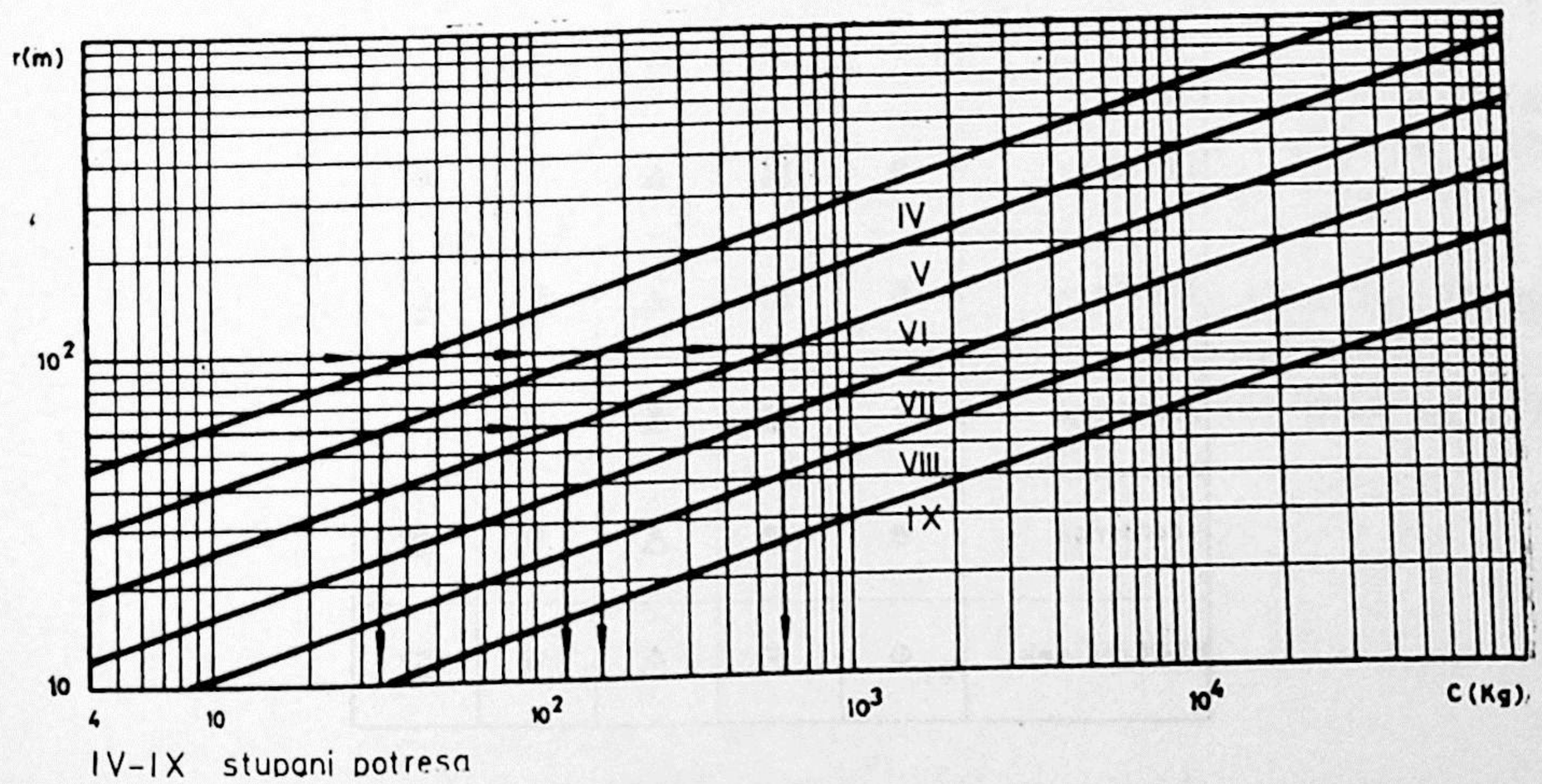
Sl. 13. — Kamenolom Krupac. Promjena energije u funkciji od udaljenosti mjesta opažanja od minskog polja.

Ova vrijednost kod nas ovisno od vrste materijala te ostalih faktora varira u granicama od 75 do 250.

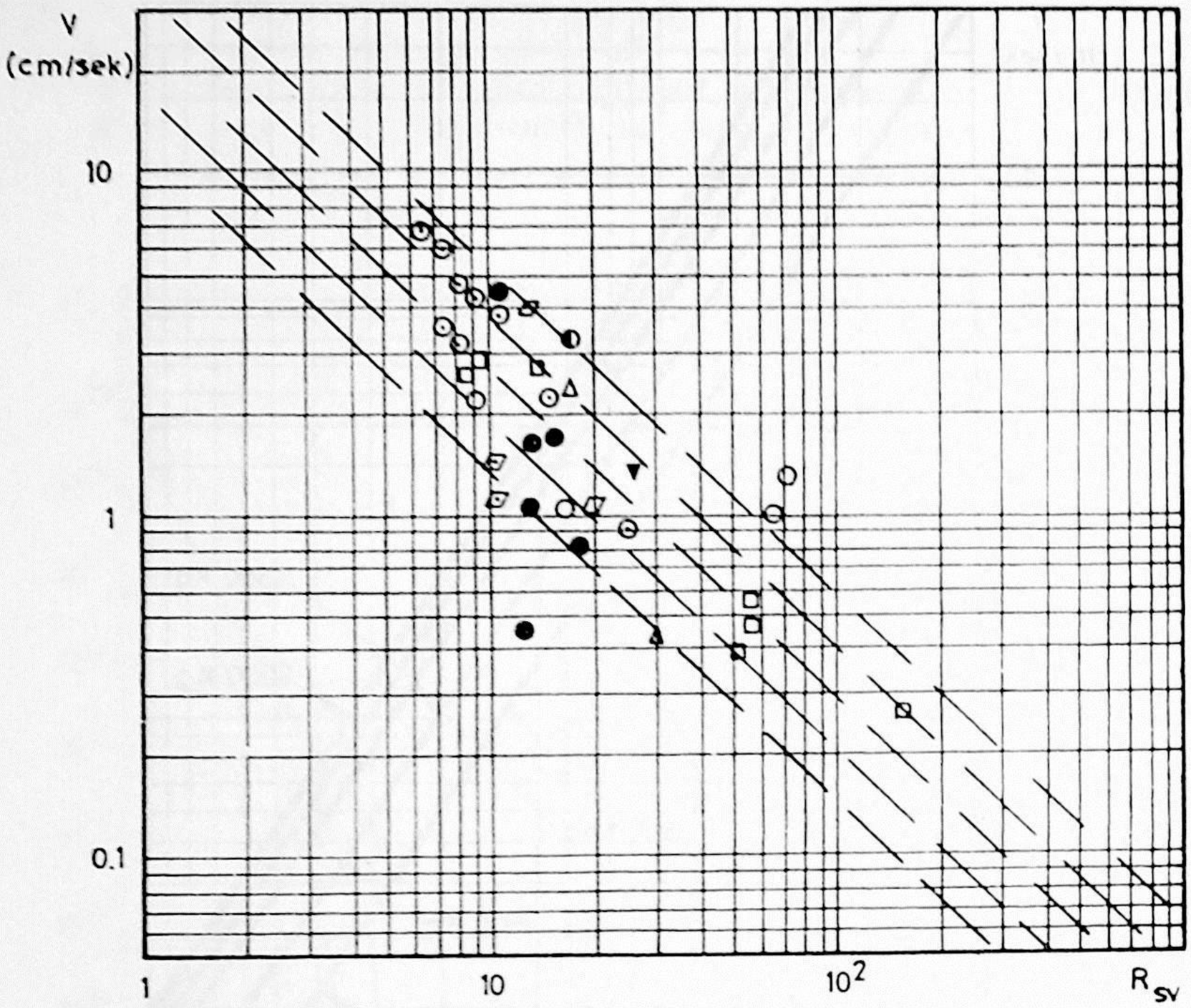
S obzirom da su prilikom miniranja poznate veličine C, r, a vrijednost V-a se mjeri našim instrumentalnim opažanjima iz napred navedene jednadžbe lako se sračunava vrijednost K-a za datu lokalnost i uvjete miniranja. Kada odredimo vrijednost K-a za dati teren konstruiramo dijagrame slične datih na slici 14. Sa tih dijagrama određujemo maksimalne dozvoljene količine punjenja u ovisnosti od udaljenosti objekata od minskog polja, a da pri tome intenzitet potresa bude unaprijed predviđenog stupnja. Jasno da takve dijagrame možemo preporučavati za korištenje ukoliko se ne mjenjaju uvjeti miniranja (način punjenja, vrste eksploziva, sistem i prečnik bušotina i dr.).



Sl. 14. — Kamenolom Krupac. Dijagram ovisnosti intenziteta oscilacije od rastojanja i količine punjenja.



Sl. 15. — Kamenolom Krupac. Ovisnost stupnja potresa (izazvane miniranjima) od udaljenosti od minskog polja i količine punjenja.



○-vapnenac; □-granit; △dolomit; ▽-tuf; ▱-beton

Materijal / Paljenje	vapnenac	granit	dolomit	tuf	beton
trenutno	○	□	△	▽	▱
10 milisek	●	■	▲	▼	▰
20 milisek	◐	◧	◭	▾	◪
30 milisek	◑	◨	◮	▾	◪
vremenski	◒	◒	◬	▾	▰
10-20 milisek	⊙	⊡	◬	▿	▱

Sl. 16. — Odnos svedenog rastojanja i intenziteta potresa za razne vrste tla i razne naše kamenolome

Na osnovu rezultata terenskih mjerenja te računskom obradom podataka dobivamo odnos između intenziteta potresa (izraženih u stupnjevima) količine punjenja i rastojanja od minskog polja kao što je prikazano na slici 15.

U toku sređivanja naših podataka miniranja, tj. instrumentalnih opažanja konstruirali smo dijagram koji daje ovisnost između svedenog rastojanja (koja u sebi sadrži i udaljenost mjesta miniranja od minskog polja i količinu eksploziva) i intenzitet potresa V-a (slika 16).

Sa ove slike možemo potvrditi literaturne podatke sovjetskih eksperata, jer se na dijagramu jasno uočava zavisnost intenziteta potresa od vrste i tipa tla, načina miniranja.

Na slici 16 dati su podaci sa deset naših kamenoloma koji su locirani u raznim materijalima (vapnencu, dolomitu, granitu, betonu) a odnose se na miniranja izvedena prilikom probijanja jednog hidrotehničkog tunela. Na dijagramu su ipak najviše zastupljeni vapnenci, a sa istih možemo da konstatiramo:

— da su potresi na granitima niži nego li miniranja u vapnencu;

— da je intenzitet miniranja sa milisekundnim paljenjem u istom tipu materijala niži nego li kod trenutnog miniranja;

—da su potresi izazvani milisekundnim paljenjem u vapnencu istog reda kao i potresi izazvani trenutnim paljenjem u granitu;

— da su podzemna miniranja intenzivnija od miniranja na dnevnim kopovima pri istim ostalim uvjetima miniranja.

ZAKLJUČAK

Prije 15 godina počela su kod nas instrumentalna mjerenja seizmičkog efekta miniranja. Danas se već praktički svako veće miniranje projektira tek nakon geofizičkih mjerenja.

U spomenutom periodu načinjen je vidan napredak u kompletiranju terenskih ekipa odgovarajućim seizmografima. Sada se najveća pažnja obraća na usavršavanje metodologije terenskih mjerenja i na što kompletniju obradu terenskih mjernih podataka.

U članku su djelomično prikazani rezultati sa kamenoloma Krupac.

Smatramo da je doprinos geofizike na ovom području značajan jer su mnogi veliki objekti (zgrade, brane, tvornice) očuvani iako su u blizini njih izvedena masovna miniranja.

(Predato za štampu septembra 1970. g.)

Z u s a m m e n f a s s u n g

SLIMAK SANDOR*

FORSCHUNG DER SEISMISCHEN EFFEKTE DER MASSENSPRENGUNGEN

(laut Vortrag aus dem II Internationalen Kollegium Sprengwesen in Dresden)

Eine wichtige Rolle im zeitgenössichen Bauwesen und Bergbau spielen die Minenarbeiten. Die Sprengungen wurden oft mit einer gewissen Menge des Explosivstoffes mit Benützung einer grösseren Menge (sogar 200—300) von tiefen Bohr löchern (ab 10—40 m) durchgefüfrt.

Um die naheliegenden Objekte vor Beschädigungen zu behüten, ist es unbedingt nötig, die seismischen Effekten, die diese Sprengungen folgen, zu erforschen.

Mit der Analyse der seismischen Eigenschaften verschiedener Erdbeben ist es möglich, die optimale Bedingungen der Sprengungen und in erster Linie maximal-erlaubte Menge der Feullung, optimale zeitliche Verspätung zwichen einzelen Intervalle, die Tiefe der Bohrlöcher, minimalen Abstand der Objekte von dem Minenfelde u.a. zu bestimmen und auf diese Weise die Intensitäte der Erschütterungen auf des geringste Mass zurückzuführen.

In diesem Artikel wurde kurz der Entwicklungsweg dieser Tätigkeit bei uns, mit einem Sonderrückblik auf die ingegneur-seismische Messungen, die in der Steingrube Krupac, unweit von Sarajevo durchgeführt wurden, dargestellt.

Obwoll die komplette Forschungen nicht angeführt sind, kann man auf Grund der vorgebrachten Daten die Methodologie der Forschungen bei uns beschliessen.

* GEOEXPERT — Zagreb.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

MILORAD ARSENIJEVIĆ UDK: 553.7 (497.11)

NOVA POJAVA MINERALNE VODE U VITANOVCU (KOD KRALJEVA)

Na krajnjem južnom delu kotleničkog vulkanskog područja, u selu Vitanovcu, nedavno je otkriven izvor slabo sumporovite vode. Mineralna voda je izbila kroz pukotine betonskog propusta ispod železničkog nasipa i slučajno je zapažena pri izvođenju radova na električnoj mreži.* Od ove godine oboleli od raznih bolesti, bez ikakvog odobrenja i podataka o fizičko-hemijskim osobinama ove vode, piju ili se kupaju u ovoj vodi. Na osnovu takvih podataka i obilaska izvora preduzeta su prethodna ispitivanja osnovnih hemijskih osobina i sadržaja glavnih i mikrosastojaka. Pri tome su urađene skraćene hemijske analize (G. Martinović i Lj. Tomić) i spektrohemijske analize.

Mineralni izvor se nalazi u tercijarnim sedimentima, u dolini reke Gruže od koje je udaljen oko 300 m, i to neposredno na obodu isušene močvare. Jačina protoka na nekaptiranom izvoru iznosi 20—30 lit/min. Međutim, vrlo je verovatno da je bivša močvara delom hranjena iz ovoga izvora, jer je sigurno da ukupna količina vode ne otiče improvizovanom česmom. Temperatura vode iznosila je oko 19°C, pri temperaturi vazduha od 32°C u avgustu mesecu, što bi je svrstalo u niskotemperaturne mineralne vode.

Na osnovu skraćene hemijske analize glavnih sastojaka voda je hidrokarbonatno-hloridno-natrijskog tipa sa pH=7,7 čime se pokazuje njen slaboalkalni karakter. Opšta mineralizacija dostiže 1,05 gr/l. Ovakav sadržaj soli ukazuje da se ona nalazi na granici presnih i slabomineralizovanih voda. Njena tvrdina iznosi 0,4 mgEkv ili 1,12 °d zbog čega se može okarakterisati kao vrlo meka i izrazito alkalna voda (Na). Ovo dolazi od izuzetno niske zastupljenosti zemnoalkalnih elemenata — magnezijuma i kalcijuma — čiji sadržaj treba i dalje proučavati i u odnosu na sezonske promene uslova formiranja njenog sastava i podzemne cirkulacije.

Po glavnom anjonskom, a uz to i katjonskom sastavu, ova voda se razlikuje od mnogih a takođe i od mineralne vode u Sirči od koje se nalazi nekoliko kilometara južnije, u zoni preseka tektonskih linija. Dok je ova voda hidrokarbonatno-hloridno-natrijskog karaktera, voda iz Sirče je hidrokarbonatno-sulfatnog-magnezijskog tipa, a razlike se ističu i kod mikrosastava (tabela 1).

---

* Ovu vodu je zapazio M. Radosavljević, radnik iz Vitanovca.

Tabela 1

Anjonsko katjonski sastav sumporovite mineralne vode iz Vitanovca i Sirče (mg/l).

	mg/l	mg Ekv	% mg Ekv	Sirča T=16,6°C pH — 7,5 M=0,904 gr/l mg/l
CO_3^{2-}	12	0,40	2,90	12
HCO_3^-	610	10,00	70,50	586
SO_4^{2-}	8	0,17	1,20	140
Cl^-	128	3,60	25,40	35
- - - -				
Ca^{2+}	8,0	0,40000	3,25000	32
Mg^{2+}	0,9	0,07000	0,57000	108
Na^+	280,0	12,18000	95,60000	83
K^+	2,6	0,07000	0,57000	2,3
- - - -				
Li	0,07	0,01000	0,08000	0,18
Rb	—	—	—	0,03
Cs	0,010	0,00007	0,00040	0,12
Sr	0,500	0,01150	0,09000	0,26
Ba	0,020	0,00290	0,01000	0,022
Al	0,030	0,00333	0,02000	0,009
Fe	0,040	0,00060	0,00400	0,063
Mn	0,030	0,00108	0,00800	0,007
Cu	0,003	0,00010	0,00080	0,006
Cr	0,005	0,00009	0,00060	0,002
V	0,001	0,00001	0,00008	0,009
Ti	0,0003	0,00003	0,00003	0,002
Pb	—	—	—	0,007
Mo	—	—	—	—
Ni	—	—	—	0,002
Co	—	—	—	0,0009
Ag	0,004	0,00003	0,00020	0,011

U pogledu mikrosastava mineralna voda (Vitanovac) se odlikuje najjačim prisustvom Sr. Zastupljenost pojedinih katjona se kreće sledećim redosledom: Na > Ca > K > Mg > Sr > Li > Al > Ba > Mn > Fe > Cu > > Sr > Cs > Ag > V > Ti. Iz svega se ističe izrazito osiromašenje vode u pogledu alkalnih mikroelemenata Li, Cs i Rb i čija zastupljenost može da bude karakteristična u pogledu genetskog porekla ove vode. Ovo dokazuje i odnos K/Cs=260 koji je izrazito visok u odnosu na hidroterme i druge vode u ovome području. Odnos K/Na=0,008 ističe natrizaciju ovoga niskotemperaturnog mineralnog izvora.

Međutim, sistematska proučavanja ove novootkrivene mineralne vode tek predstoje a ovi podaci ukazuju samo na osnovne karakteristike he-

mizma vode, na koji besumnje utiče mešanje sa površinskim vodama. Dalja ispitivanja gasnog sastava (H_2S, CH_4, CO_2, N_2 i H_2), zatim sadržaja U, Ra i Rn i NO_3, Br, J, F, $HAsO_4$, HPO_4, HBO_2, $HSiO_3$, S_2O_3 ili SO_3, sigurno će dati kompletnu sliku hemizma ove mineralne vode. Uporedna geohemijska analiza okolnih voda, zatim sumporovite vode na površini i iste kaptirane u dubljim delovima [bušotina najviše do 50 m] i hidrogeološka istraživanja jasno će pokazati promene i razlike ukoliko su uslovi podzemne cirkulacije takvi da značajno utiču na hemizam ove mineralne vode.

(Predato za štampu avgusta 1971. g.)

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

MILORAD ARSENIJEVIĆ

UDK: 553.44:669.85/86 (497.11)

RETKI I DRUGI MIKROELEMENTI I NJIHOV ZONARNI RASPORED U SULFIDNIM MINERALIMA LEŽIŠTA OLOVA I CINKA RUDNIK

U periodu od 1970. do 1971. godine* izvršena su geohemijska i statistička proučavanja rasporeda sadržaja raznih mikroelemenata u sulfidnim mineralima, rudama i silikatnim i drugim mineralima iz skarnova i kornita (650 analiza) u poznatim rudonosnim strukturama (R. Milić i dr. 1970.). Od sulfidnih minerala ispitivani su sfalerit, galenit, pirhotin, halkopirit, arsenopirit i pirit.

Spektrohemijskom analizom utvrđeni su: In, Ga, Tl, Bi, Ag, Ni, Co, Sn, W i dr. Germanijum nije nađen, dok su Se i Te hemijski određeni takođe u raznim mineralima.

Indijum se nalazi u sfaleritu (marmatit) sa sadržajima najviše do 370 gr/t, a u halkopiritu ne prelazi 40 gr/t. Najviši sadržaji In prate prvu generaciju sfalerita, dok je ležište u celini siromašno ovim elementom. Talijum je vezan najviše za stariji galenit mlađi sfalerit i pirit ne prelazeći 180 gr/t. Galijum takođe nije karakterističan i značajan za ležište i uglavnom se koncentriše u silikatima skarnovske faze (do 600 gr/t) i mlađem sfaleritu do 80 gr/t, dok se u svim drugim mineralima jače ili slabije rasejava. Kadmijum se nalazi u sfaleritu sa najvišim sadržajem do 6000 gr/t.

Među najznačajnije mikroelemente spadaju Bi i Ag čiji je glavni nosilac galenit i značajno se rasejava u svim mineralima. Ova pojava je prouzrokovana naglašenim rasejavanjem metalnog Bi i mikrominerala Bi—Ag u pirhotinu i galenitu prve generacije (S. Rakić, 1958). U galenitu, manje ili više obogaćenom eksolucionim produktima Bi—Ag minerala, bizmut dostiže sadržaj do 3% a Ag 1,2%, dok se selen koncentriše do 410 gr/t i telur do 770 gr/t. Ovi elementi se rasejavaju takođe i u drugim sulfidima u niskim sadržajima. Antimon se u galenitu sreće u sadržajima i do 2300 gr/t.

Nikl se rasejava u svim mineralima. Najjače obogaćenje se javlja u pirhotinu (do 1%), dok najveće srednje vrednosti karakterišu halkopirit, pirhotin, pirit i najzad arsenopirit. Kobalt se najviše koncentriše u piritu prve generacije (do 1500 gr/t) i po srednjim sadržajima njegov najvažniji nosilac je arsenopirit, zatim pirit, halkopirit, pirhotin i dr.

---

* M. Arsenijević: Retki i drugi mikroelementi u glavnim sulfidnim mineralima Pb—Zn ležištima Rudnik, Fond struč. dok. Inst. za geol. rudar. istraž., Beograd, 1971.

Od ostalih mikroelemenata najznačajnija je mestimična pojava volframa u rudama, gde se javlja i u bušotinama 650—720 m, ili u mineralima koji zahvataju šelit dostižući sadržaj do 0,4%. Sa druge strane najviši sadržaj kalaja se sreće u galenitu zbog uklapanja sitnozrnog kasiterita. Zahvatanje minerala i mikroprorastanja su toliko složena da imaju osetnog uticaja na rasejavanje različitih elemenata u raznim mineralnim vrstama izuzimajući dijadohijsku zamenu nekih elemenata kao najbitniju za njihovu raspodelu.

Ne uzimajući u obzir druge mikroelemente (Ni, Co, W itd.), karakteristična je prostorna raspodela bizmuta, srebra i antimona. Kretanje srednjih sadržaja ovih elemenata na vertikalnom preseku (Jezero) počev od nivoa 650 m, zatim preko nivoa 726 i 775 m, nedvosmisleno otkriva zonarnost njihovog koncentrisanja. Sa porastom visine horizonata raste sadržaj antimona, a opada sadržaj bizmuta (h-775: $\bar{X}_{Bi}$ = =0,17%). Maksimalni srednji sadržaji Bi javljaju se na najnižem nivou ležišta. (Bušotina 720—650 m: $\bar{X}_{Bi}$= 1,1%). Srebro se ponaša slično bizmutu, ali su tendencije opadanja srednjeg sadržaja po visini ležišta znatno blaže, jer se putevi Ag i Bi razdvajaju u nižetemperaturnim uslovima (Sb i dr.). Zato je važno naglasiti da je Ag veoma povoljan indikator za proučavanje primarnih oreola Pb—Zn i hidrotermalnih dejstava rudnih rastvora. Talijum pokazuje oštre tendencije opadanja sadražja sa povećanjem visine u ležištu. Na taj način su jasno potvrđene zakonitosti raspodele ovih elemenata zapažene ranije i u drugim ležištima (V. Majdan, Trepča i dr.). Sa druge strane, opadanje sadržaja olova i cinka u najnižem nivou (bušotine 650—720 m) i opšti porast sadržaja bizmuta, talijuma i srebra u galenitu sa istog nivoa (Jezero) ukazuje na povećanje temperature stvaranja ovoga minerala i njegovu slabiju zastupljenost u takvim rudnim telima. Istovremeno time se označava isklinjavanje rudnih tela, odnosno blizina njihovih korena, čak i da je u pitanju njihov poseban način pojavljivanja.

Horizontalna raspodela ističe da su galeniti centralnih rudonosnih struktura izrazito obogaćeni bizmutom, srebrom i talijumom, a praćeni su jačom kontaminacijom volframa i kalaja označavajući viši temperaturni nivo stvaranja parageneza u odnosu na bočne strukture. Bočne strukture su po pravilu znatno manje obogaćene ovim elementima. Samim tim, ističe se veća perspektivnost bočnih struktura za dalja istraživanja olova i cinka čiji koreni rudnih tela svakako leže u nižem nivou nego što je slučaj sa rudnim telima centralnih rudonosnih struktura (Jezero, Mali do). Osim toga, pokazalo se da je ovo ležište, kao i ovaj šumadijski tip ležišta uopšte, veoma značajan ne samo u pogledu glavnih metala već posebno u odnosu na srebro, bizmut, kadmijum pa čak i telur i selen. Zato istraživanje ovoga i šireg područja predstavlja poduhvat od posebnog značaja.

(Predato za štampu avgusta 1971. g.)

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 7, 1971. god.

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ i TOPLICA JANČIĆ UDK: 550.34:550.838 (497.15)

RASPRAVA O SEIZMIČNOSTI TERENA BOSANSKE KRAJINE*

(Povodom rada Dr K. V. Petkovića, Dr M. Vukašinovića i R. Smiljanića »*Seizmičke i seizmo-tektonske karakteristike terena Banja Luke i okoline s naročitim osvrtom na zemljotres od 26. i 27. oktobra 1969. godine*«, objavljenog u Geološkim analima Balkanskog poluostrva, knj. 35, 1970., Beograd)

U radu Dr. K. Petkovića i koautora, koji je dat sa pretenzijom da sveobuhvatno prikaže seizmičnost terena Bosanske Krajine, autori su se na nekoliko mesta osvrnuli i na našu publikaciju »Prilog objašnjenju seizmičnosti terena Bosanske Krajine«.** To su učinili na način za koji se ne bi moglo reći da je korektan, jer inače kako oceniti uvodna, mestimična aludiranja na naš rad (npr. »Što je novo nije dobro a što je dobro nije novo«), čije se značenje može razumeti tek kasnije u direktnoj kritici. Da iza kritike našega rada ne stoji eminentni geolog, akademik Dr. K. Petković verovatno ne bi nalazili za shodno da se upuštamo u polemiku, već bi prepustili stručnoj javnosti da sama donese svoj sud. Ovako smatramo za potrebno da bar ukratko odgovorimo, kako bi neke nepotrebne dileme kod čitaoca otklonili.

Ne raspravljajući o tonu i umesnosti pojedinih reči i rečenica rada Dr. K. Petkovića i koautora, stručnu raspravu bi počeli sa izlaganjem suštine našeg shvatanja i njihovim primedbama i razlozima zbog kojih se ne slažu sa našim postavkama.

Suština našeg objašnjenja seizmičnosti područja Bosanske Krajine sastoji se u shvatanju da potencijalnu labilnost uslovljavaju dva dubinska razloma koji se sučeljavaju na ovom području i da su verovatno manja kretanja duž poprečnih dislokacija i fizička svojstva serpentinita doprineli da potencijalna nestabilnost preraste u katastrofalan zemljotres od 27. X 1969. godine.

Opšta primedba Dr. K. Petkovića i koautora je ta da je posle drugih publikacija bilo »nepotrebno potezati pitanje uzroka potresa na ovoj teritoriji — oni su isključivo tektonski«.

Dr. K. Petković sa koautorima rada navodi sledeće razloge neslaganju sa našim shvatanjima:

---

* Imali smo nameru da ovaj članak objavimo u Geološkim analima Balkanskog poluostrva, knjiga 36. Međutim, obavešteni smo da je ova knjiga već u pripremi za štampu, te da smo zakasnili sa predajom materijala.

** Objavljen u Radovima IGRI, sv. 6, 1969, Beograd.

1. »Što baziraju na nedovoljnim i nedokumentovanim podacima i na nedovoljnom poznavanju geološke građe i ranije utvrđenih tektonskih zakonitosti kako u unutrašnjim tako i ostalim delovima Jugoslovenskih Dinarida, i nekorišćenju već postojećih podataka u literaturi.

2. Što se za bazite vezuju izvori pokreta koji su intrudovani na dubinskim razlomima, jer upravo u tim »zonama« postoje prilično rezistentni delovi »bazita« koji se ne pokazuju kao mesta izvora jačih potresa, i suprotno tome jakih hipocentara gde baziti nisu prisutni.

3. Što postoje dubinski rasedi u Dinaridima bez »bazita« koji su već odavno poznati kao mnogokratno seizmički aktivni.

4. Što intruzije različitih bazičnih predstavnika na dubinskim rasedima, intrudovane u više mahova, mogu da dejstvuju i suprotno, tj. da povezuju putem »zavarivanja« i povraćaju ravnotežno stanje duž njihovog prostiranja, među blokovima ranije podvojenim dubinskim rascepima. Na slučaj oblasti Banja Luke u vezi sa ovakvim gledanjem ponovo ćemo se u daljem izlaganju zadržati«.

Najpre, što se tiče opšte primedbe rekli bismo da smo u potpunosti saglasni da i pre našeg rada nije bilo sporno da su uzroci zemljotresa u Jugoslaviji, a time i u Bosanskoj Krajini, tektonski. Međutim, činjenica je da pre nas niko ranije nije konkretno vezao seizmizam područja Bosanske Krajine za *određenu geološku* strukturu i nije dao pretpostavku zbog čega je ta struktura uzrok seizmičkoj nestabilnosti terena. Ovo čak ni u radu Dr. K. Petkovića i koautora, kao najnovijem, praktično nije učinjeno i rečeno, iako se to po nazivu rada i stručnom profilu autora pre svega očekuje. U ranijim radovima autori su se ograničavali na izdvajanje seizmogenih pukotina i blokova, ne prevodeći ih na određene geološke strukture. Te strukture se suštinski (po karakteru i položaju) ne mogu poistovetiti sa strukturama koje su po našem mišljenju osnovni uzrok nestabilnosti terena (vidi stranu 162 i 163 naše publikacije). Upravo je to i bio razlog da se ne upuštamo u prikaz ranijih radova. *Tema našega rada nije istorijat seizmičkih pojava i izdvajanje seizmogenih blokova* (podvukli S. Vukašinović i T. Jančić), već ono što ranije autori nisu tretirali — geološko objašnjenje seizmičnosti terena područja Bosanske Krajine. U našem radu ostali smo u okviru onoga što su inicirali aeromagnetski podaci u kontekstu postojećih geoloških ukazatelja, tako da »počinjanje samo od radova S. Vukašinovića« dolazi isključivo kao posledica činjenice da o odgovarajućoj problematici u drugim radovima ranije nije bilo reči. To što smo naše shvatanje delimično ilustrovali na geološkoj osnovi V. Mikinčića razmere 1 : 500.000 ne znači da nismo pri razmatranju seizmizma Bosanske Krajine koristili i detaljnije podatke. Međutim, za razumevanje naših postavki korišćena razmera je sasvim prikladna. Sve što smo u svom radu izložili, učinili smo hotimice. Primedba data na strani 432 o našem nehotimičnom odstupanju od toga »da treba povezati seizmogenu aktivnost ove oblasti isključivo za bazite« neopravdana je, jer se uloga poprečnih dislokacija u našem radu pominje na više mesta (strane 160, 161).

U vezi »razloga« koji ne dozvoljavaju Dr. K. Petkoviću i koautorima rada da se slože sa našim shvatanjem rekli bi sledeće:

1. Čak i ako bi bili u pravu u subjektivnoj oceni o »nedovoljnoj dokumentovanosti podataka i nedovoljnosti poznavanja geološke građe . . .«

ne bi trebalo da se zbog toga uopšte ne slažu ako su naši zaključci, koji se baziraju na nekim novim (aeromagnetskim) podacima, logični.

2. Nigde nismo tvrdili da izvori jačih potresa *moraju* biti vezani isključivo za zone bazita i da ih nema gde baziti nisu prisutni, ali smatramo da su tereni u domenu dubinskih razloma, pogotovu onih sa serpentinitima (s obzirom na njihova fizička svojstva), *potencijalno* seizmički nestabilni. Pitamo se na kakvom je dokumentacionom materijalu zasnovano mišljenje Dr. K. Petkovića i koautora da »upravo u tim zonama postoje *prilično* rezistentni delovi bazita koji se ne pokazuju kao mesta izvora jačih potresa«? (podvukli *S. V.* i *T. J.*). Znači li to da su baziti — serpentiniti rezistentni na čitavom prostranstvu dubinskih razloma kroz Bosansku Krajinu?

3. Takođe nigde nismo tvrdili da ne postoje dubinski razlomi i bez bazita (u sadašnjem erozionom nivou) i da takvi dubinski razlomi ne mogu biti seizmički aktivni.

4. O »zavarivanju« dubinskih razloma i povraćaju ravnotežnog stanja duž njihovog prostiranja putem intruzija, hteli bismo ukazati na nelogičnost ovakve postavke s obzirom na prostranstvo dubinskih razloma, veličinu energije koja se oslobađa i stepen »zavarenosti«, pogotovu kada su u pitanju dubinski razlomi sa serpentinitima.

Moramo priznati da smo u dilemi: da li Dr. K. Petković i koautori ostaju pri svojoj rečenici na strani 432 »Ovo su mišljenje imali i skoro svi raniji ispitivači prema tome nije neko novo otkriće, što su trebali da znaju autori ovog zaključka«, koja dolazi kao reakcija na naš zaključak o uzorcima seizmičke nestabilnosti područja Bosanske Krajine, ili ostaju pri »razlozima« na stranama 433 i 434 (napred citiranim), zbog kojih se ne slažu sa našim postavkama?

Ne videći stručne razloge kritici našeg rada, pogotovu ne načinu na koji je izrečena, a da pri tome Dr. K. Petković i koautori praktično ne daju svoje geološko objašnjenje seizmičnosti terena Bosanske Krajine, pitamo se, kakve su stvarne pobude bile da se ovakva kritika pojavila. Stičemo utisak da je naš rad od strane Dr. K. Petkovića i koautora shvaćen kao mešanje u domen »njihove specijalnosti«. Tačno je da mi nismo seizmolozi. Međutim, u našem radu ostali smo u okviru onoga što nam stručna kvalifikacija dozvoljava i što se zasniva na nekim do sada nepoznatim (aeromagnetskim) podacima. Svesni smo da je na sadašnjem stepenu razvoja nauke skoro isključeno da se integralna problematika seizmologije rešava bez timskog rada različitih specijalista. Svakako da se, na primer, delom seizmologije koji bazira na fiziko-matematičkim naukama, ne mogu uspešno baviti kadrovi koji te nauke nisu dovoljno izučavali. Na žalost, ovu činjenicu nisu svi u praksi prihvatili, tako da ima radova heterogenog sadržaja iako su im autori iste kvalifikacije. Mišljenja smo da heterogenost u stručnom sadržaju dovoljno jasno ukazuje na naučni nivo ovakvih radova.

U slučaju da posle ovog našeg izlaganja usledi pismena reakcija Dr. K. Petkovića i koautora, ostavljamo stručnoj javnosti da, na bazi činjeničnog materijala iz oba rada u kontekstu postojećih naučnih saznanja, donese svoj sud ko je i koliko gde u pravu.

(Predato za štampu januara 1972. g.)