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

RADOVI

GODINA XX / KNJIGA 14. / BEOGRAD 1980.

Yu ISSN 0537 — 846 X

Geoinstitut
Research Organization for Geological, Geophysical and Mining Exploration of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Exploratory Drilling, Engineering Geology and Hydrogeology.

PROCEEDINGS

YEAR XX / VOLUME 14. / BELGRADE 1980.

Yu ISSN 0537 — 846 X

Geoinstitut

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

RADOVI

GODINA XX / KNJIGA 14. / BEOGRAD 1980.

REDAKCIJSKI ODBOR

Stevan Divljan
Miroslava Dromnjak
Đorđe Ivanović
Nadežda Krstić
Jelena Luković
Milan Milojević
Slobodan Vukašinović

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Nadežda Krstić

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

SADRŽAJ — CONTENTS

		Strana Page
1.	Veljko Omaljev: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u magmatskim i metamorfnim stenama Kukavice i Besne Kobile	7
	Veljko Omaljev: Distribution of uranium, thorium and potassium in magmatic and metamorphic roks of Kukavica and Besna Kobila	29
2.	Đorđe Klajn: Hidrotermalna mineralizacija urana Mandre i njena moguća veza sa skrivenim stratiformnim ležištem urana	31
	Đorđe Klajn: Hydrothermal uranium mineralization at Mandre, central Serbia, and its eventual relation with supposed concealed stratiform uranium deposits	41
3.	Veljko Omaljev: Trokomponentni dvojni histogram na primeru odnosa raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog Vrha	43
	Veljko Omaljev: Example of application of three-component dual histogram in study of uranium, thorium and potassium distribution in Zirovski Vrh Val Gardena deposits	64
4.	V. Vujanović, St. Divljan i Vera Ćebić: Parageneze hroma, titana i sulfida u lokalnosti Valmište (Crna Trava) sa petrologijom terena	67
	V. Vujanović, St. Divljan and V. Ćebić: The *Cr—Ti* and sulphide occurrences in the Valmište area (Crna Trava) with its petrology	78
5.	Tomislav Čobić: Geološko-ekonomski efekti razblaženja i gubitaka rude	81
	Tomislav Čobić: Geological and economic effects related to reduction of ore grade and losses of ore	112
6.	Vojislav Vujanović i Milorad Teofilović: Problemi geohemije i geneze mineralnih voda Srbije	113
	V. Vujanović and M. Teofilović: Problems of geochemistry and genesis of mineral waters in Serbia	142
7.	Nadežda Krstić: Nove vrste ostrakoda sa parastratotipova Panona	147
	Nadežda Krstić: New species of ostracodes from the parastratotypes of the Pannonian	155
8.	Jelena Obradović i Ruža Kemenci: Pojave tufova, tufita i tufoznih stena u sedimentima marinskog srednjeg miocena Fruške Gore	159
	J. Obradović and R. Kemenci: The occurrence of tuffs, tuffites and tuffaceous sediments in marine, middle miocene series in the area of Fruška Gora Mountain	169
9.	Dragan Milovanović: Albitski granit kod sela Milatkoviće (Novi Pazar)	175
	Dragan Milovanović: Albite granite near village Milatkoviće (Novi Pazar)	181

10. Veljko Omaljev: Model ispitivanja raspodele odnosa Th/U na primeru gredenskih slojeva Žirovskog vrha 183

Veljko Omaljev: Model of study of distribution of Th/U ratio on example of Žirovski vrh Val Gardena deposits 208

11. Damnjan Protić: Nomogrami i njihova primena u hidrogeologiji . . 211

Damnjan Protić: Nomograms and their use in hydrogeology . . . 224

12. Slobodan Vukašinović: Rezultati visokoprecizniih aeromagnetskih istraživanja — ležišta gvožđa na području Tajmište—Kičevo—Demir Hisar . . 225

Slobodan Vukašinović: Results of high-precise aeromagnetic exploration of iron deposits in Tajmiste — Kicevo — Demir Hisar area . . . 236

13. Stanislav Višić: Doprinos geofizike pri istraživanjima bakra u području Varine—Hoćevina 237

Stanislav Višić: The contribution of geophysics to exploration of copper in the Varine—Hoćevina area 253

14. Slobodan Vukašinović: Prilog rešavanju naftno-geološke problematike Dravske depresije na osnovu aeromagnetskih podataka 255

Slobodan Vukašinović: A contribution to study of oil-geological problems of Drava depression based on aeromagnetic data 260

15. Vladan Simić: Ispitivanja na modelima 261

Vladan Simić: Study of IP models 267

16. Obrad N. Milošević i Ranko S. Mužijević: Uređaj za registrovanje seizmoelektričnog efekta 269

Obrad N. Milošević and Ranko S. Mužijević: The equipment for seismoelectric effect recording 276

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 7—30, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 7—30, 1980, Belgrade.

Veljko Omaljev

UDK 519.2 : 553.495 (497.11)

RASPODELA URANA, TORIJUMA I KALIJUMA U MAGMATSKIM I METAMORFNIM STENAMA KUKAVICE I BESNE KOBILE

(sa 6 slika i 3 tabele)

Ključne reči: raspodela, uran, torijum, kalijum, magmatske stene, metamorfne stene, Kukavica, Besna Kobila.

Ovaj rad predstavlja prvu primenu nove metodologije statističkih izučavanja radioaktivnih elemenata u magmatskim i metamorfnim stenama. Dosadašnji radovi autora odnosili su se na izlaganju metodologije dvojnih histograma na primeru gredenskih slojeva Žirovskog vrha.

Statistička izučavanja ovih i drugih elemenata u stenama obrađivana je u svetskoj literaturi od strane mnogobrojnih autora. Naša metodologija uvodi novi kvalitet u ova Ispitivanja, a to je izučavanje raspodele samih elemenata u funkciji broja njihovih atoma u statističkim uzorcima. Pri tome je data standardizacija kroz uvođenje pojma statističke razmere ispitivanja, što je omogućilo upoređenje populacija elemenata u različitim stenama na definisan način.

Pored izučavanja raspodele urana, torijuma i kalijuma u različitim sredinama, izvršeno je i upoređenje populacija ovih elemenata u granitoidima Kukavice i Besne Kobile.

UVOD

Prilikom prospekcije nuklearnih sirovina na Kukavici i Besnoj Kobili izvodilo se oprobavanje litoloških jedinica na uran, torijum i kalijum za određivanje fonskih koncentracija ovih radioaktivnih elemenata. U okviru studijskih ispitivanja takođe je izvođeno oprobavanje litoloških jedinica Kukavice, sa istom namenom. Radiometrijske analize ovih proba na U, Th i K su urađene u radiometrijskoj laboratoriji Geoinstituta u Beogradu, od strane *R. Nedimović i S. Gojkovića.*

U ranijem periodu je bilo studijskih ispitivanja granitoida Surdulice (*S. Pavlović,* 1963, 1964) i Kukavice, a takođe i ispitivanja vulkanita (*A. Antonović,* 1968, 1977) Surdulice, Krive Palanke i Vranja. Nismo bili u mogućnosti da se koristimo podacima sakupljenim u okviru ovih ispitivanja.

Za ova statistička ispitivanja služili smo se podacima prikupljenim od strane S. Pokrajca, V. Filipović, A. Antonovića, D. Purića i G. Rončevića u okviru geohemijskih i studijskih ispitivanja, kao i iz istražnih radova (raskopa) lokalnosti Slatinska reka.

Teorijska osnova primenjene metodologije je objavljena (V. Omaljev, 1977, 1978a, 1978b) i za razumevanje izložene materije neophodno

je upoznati se sa teoremama i zakonima raspodele koji su u tim radovima definisani. Raspodele ispitivanih elemenata u ovom radu su uvek definisane matematički, preko parametara raspodele, koji određuju da li je raspodela simetrična (nekad bliska normalnoj), levoasimetrična (logaritamska, nekad bliska lognormalnoj) ili desnoasimetrična.

Populacije ovih radioaktivnih elemenata u stenama su reprezentovane statističkim uzorcima, a pri njihovom formiranju se vodilo računa o procesima stvaranja litoloških jedinica. Procesi primarne diferencijacije materije zemljine kore doveli su do nakupljanja U, Th i K u kiselim magmatskim stenama. Međutim, procesi regionalnog metamorfizma su nedovoljno proučeni, sa aspekta migracije i akumulacije radioaktivnih elemenata. Zato je najefikasnije upoređenje srednjih sadržaja elemenata sa klarkom zemljine kore, a za magmatske stene i sa klarkom odgovarajućih diferencijata po stepenu kiselosti.

Nedovoljan broj podataka iz pojedinih litoloških jedinica često onemogućava statistička ispitivanja. Ovo naročito dolazi do izražaja kod kristalastih škriljaca, gde postoje velike razlike između pojedinih petroloških tipova stena. Ranije je definisan uslovno dovoljan broj podataka (V. O m a l j e v, 1978b) od 200, a taj uslov ne zadovoljava ni jedan statistički uzorak. Ovom prilikom usvajamo da je minimalni broj podataka 50, ali smo izuzetno radili statističku analizu i za manje statističke uzorke, ali ne idemo ispod 25 podataka; što smatramo da je apsolutni minimum broja podataka za ovakva statistička ispitivanja.

Statistička ispitivanja urana, torijuma i kalijuma su izvođena samo i linearnim statističkim razmerama, a raspodele su prakazane dvojnim histogramima. Napominjemo da pojam statističke razmere nema nikakve veze sa pojmom grafičke razmere, već ona predstavlja model raspodele podataka po klasama geološke nezavisne promenljive.

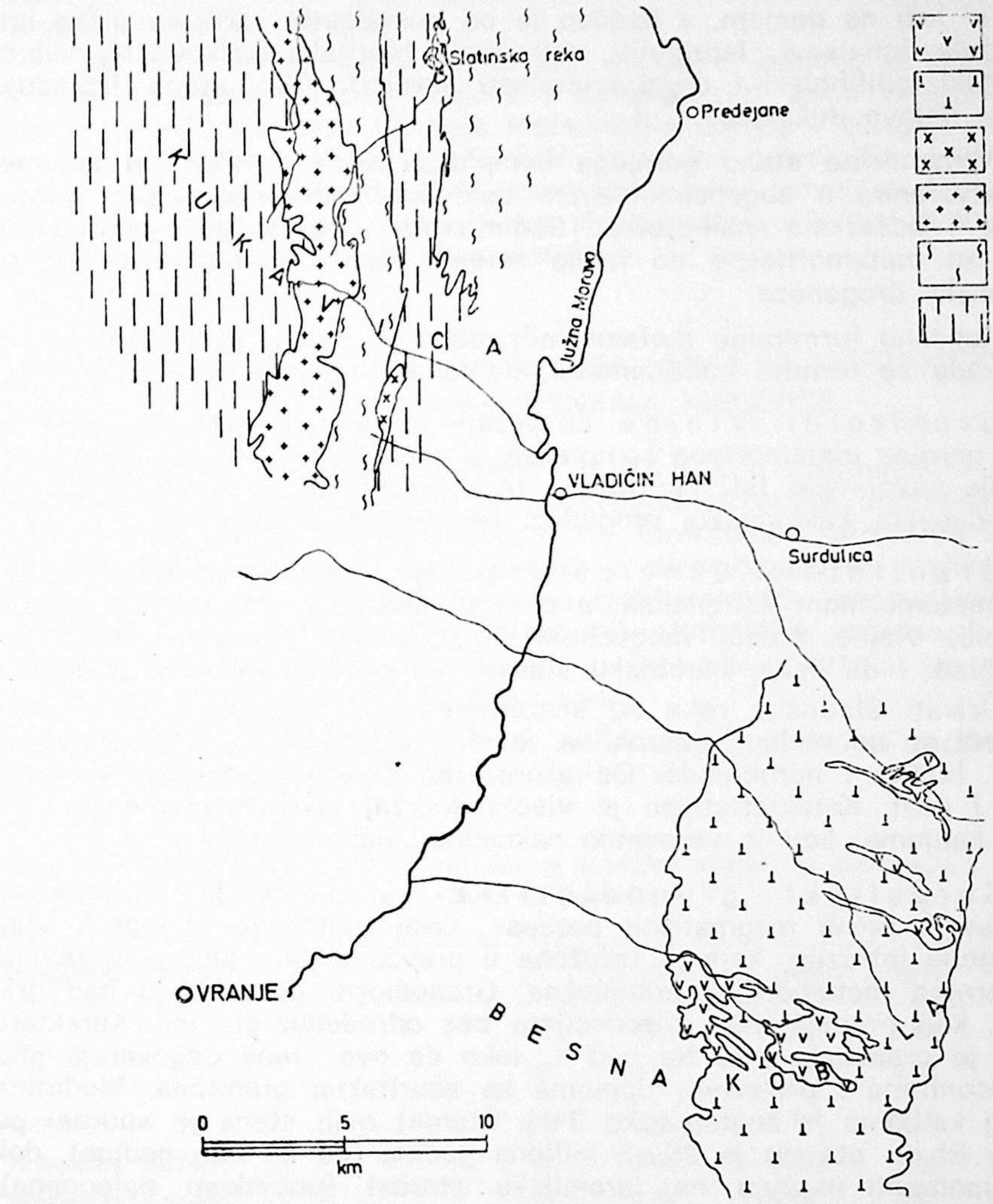
Ulogu geoloških nezavisnih promenljivih igraju koncentracije elemenata u jediničnim zapreminama, a njihovi simboli su: *x* za uran, *y* za torijum i *z* za kalijum.

GEOLOŠKI SASTAV TERENA

Osnovu terena izgrađuju metamoforne stene Srpsko-makedonske mase, u koje su utisnute plutonske magmatske stene različite starosti. Vulkaniti predstavljaju najmlađe od ispitivanih stena, a oni probijaju metamorfnu osnovu i plutonske stene.

Srpsko-makedonska masa se u osnovi sastoji iz dva metamorfna kompleksa: donjeg i gornjeg.

D o n j i m e t a m o r f n i k o m p l e k s je izgrađen od stena proterozojske starosti, pretežno od gnajseva. Ostale metamorfne stene (leptinoliti, mikašisti, amfiboliti, amfibolski škriljci, migmatiti, kvarciti) grade manje mase u gnajsevima, najčešće u vidu traka i sočiva. Stepen metamorfizma je izvanredno visok, do pojave migmatizacije i granitizacije. Zapadne delove planine Kukavice izgrađuju stene ovoga kompleksa (sl. 1).



Sl. 1 — Pregledna geološka karta Kukavice i Besne Kobile:
1 — vulkaniti, 2 — granodioriti, 3 — graniti Kukavice, 4 — granitoidi Vlajne, 5 — kristalasti škriljci, 6 — gnajsevi.

Fig. 1 — Geological sketch map of Kukavica and Besna Kobila:
1 — volcanite, 2 — granodiorite, 3 — granite of Kukavica, 4 — granitic rocks of Vlajna, 5 — crystalline schists, 6 — gneiss.

Metamorfne stene donjega kompleksa vode poreklo od sedimenata taloženim u prekambrijskoj geosinklinali. Prvi put su metamorfisane u »prevlasinskoj orogenezi«, najverovatnije do epidot-amfibolske ili amfibolitske facije, verovatno krajem proterozoika.

Gornji metamorfni kompleks ili Vlasinski kompleks leži na donjem, a izrađen je od kristalastih škriljaca nižeg kristaliniteta (gnajsevi, leptinoliti, mikašisti; hloritsko-muskovitski, kvarc--sericitski, amfibolski i drugi kristalasti škriljci). Ove stene izgrađuju istočne delove Kukavice.

Metamorfne stene gornjega kompleksa vode poreklo od sedimenata stvaranim u eugeosinklinalnim uslovima, verovatno krajem proterozoika i početkom paleozoika. Sedimentne i vulkanogeno-sedimentne stene su metamorfisane do facije zelenih stena, verovatno za vreme kaledonske orogeneze.

Konačno formiranje metamorfnih stena je bilo u hercinskoj orogenezi, kada se formira kontinentalni elemenat Srpsko-makedonske mase.

Granitoidi Vlajne su vezani za granični pojas između donjeg i gornjeg metamorfnog kompleksa, a na terenu Kukavice grade zonu pružanja sever—jug (sl. 1). Starost ovih granitoida od 450 miliona godina odgovara kaledonskoj orogenezi (gornji ordovicijum).

Granitoidi Kukavice se javljaju kao male intruzije u gornjem metamorfnom kompleksu, a postoji shvatanje da su to apofize granitoida Vlajne. Postoji mogućnost da su graniti Kukavice i Slatinske reke mlađi i da imaju hercinsku starost, ali o tome nemamo podataka.

Graniti Slatinske reke su sivozelene boje, kompaktni su i jedri. Izgrađeni su od obilnog mikroklina, kiselog plagioklasa (albit podređen), kvarca, biotita i hornblende. Od akcesornih minerala zapaženi su sfen, apatit i pirit. Karakterističan je visoki sadržaj alkalnih elemenata, naročito kalijuma; koji je verovatno naknadno unet u granite.

Surdulički granodioritski pluton je najznačajniji predstavnik novih magmatskih procesa. Ovaj pluton je utisnut u vidu sinorogene intruzije, koja je izdužena u pravcu sever—jug, u tvorevinama gornjeg metamorfnog kompleksa. Granodioriti preovlađuju nad granitima, koji predstavljaju diferencijate bez određenih granica. Karakteristično je preovladavanje Na nad K, tako da ove stene odgovaraju granomonconitima i prelaznim tipovima ka akeritskim granitima. Međutim, sadržaj kalijuma je znatan (oko 3%). Starost ovih stena je sporna: po metodi Rb/Sr starost je 25±2 miliona godina (do 30 mln godina), dok drugi momenti ukazuju na laramijsku starost (početkom paleogena). Geohronološko datiranje savske (oligomiocenske) starosti moguće je kao vreme poslednjeg hlađenja ovog velikog plutona.

Vulkaniti. U procesu tektono-magmatske aktivizacije obrazuju se palingene magme zbog parcijalnog topljenja, te dolazi do njihovog kretanja ka površini, po stvorenim strukturama. Prvo dolaze visokotemperaturne lave koje daju vulkanite u osnovi dacitskog sastava, dok kasnije dolaze nižetemperaturne lave koje daju kvarclatite. Daciti se javljaju kao veća masivna tela, ili u vidu štokova i dajkova, probijajući kristalaste škriljce i granodiorite. Andeziti su podređeni, a idu uz dacite. Kvarclatiti su najmlađi, lako se zapažaju po svežim i krupnim sanidinima, a takođe se najčešće javljaju kao dajkovi ili manja tela (pokrovi, nekovi). Vulkanska aktivnost je bila višefazna (od eocena do mioplio-

cena) i intenzivna, tako da su stvorene velike mase piroklastita dacitskog ili kvarclatitskog sastava.

Na sl. 1 su prikazane samo one litološke jedinice u kojima izučavamo raspodelu urana, torijuma i kalijuma. Pri tome nije pravljena razlika između gnajseva i drugih metamorfita donjeg i gornjeg kompleksa, već su statistički uzorci objedinili istorodne petrološke vrste metamorfnih stena. Kod Surduličkih granodiorita nisu izdvajani diferencijati granitskog sastava. Svi vulkaniti sa piroklastitima su dati jedinstveno, a oprobavani su samo daciti i kvarclatiti.

RASPODELA URANA, TORIJUMA I KALIJUMA U MAGMATSKIM I METAMORFNIM STENAMA KUKAVICE

Statistička ispitivanja raspodele U, Th i K u magmatskim i metamorfnim stenama planine Kukavice izvedena su preko statističkih uzoraka iz pojedinih litoloških jedinica. Pri formiranju statističkih uzoraka uzimane su u obzir petrološke razlike u okviru osnovne razlike u načinu postanka stene, tj. poštovane su razlike između magmatskih i metamorfnih stena pri formiranju kolektivnih statističkih uzoraka. Pri tome nije bilo moguće uzeti u obzir razliku u vremenu stvaranja, jer ove stene nisu jasno geohronološki determinisane.

Struktura statističkih uzoraka, sa srednjim saržajima radioaktivnih elemenata i odnosima Th/U data je u tabeli 1.

Tabela 1 — Struktura statističkih uzoraka sa srednjim sadržajima elemenata i odnosom Th/U na Kukavici

Statistički uzorak	N	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	K (%)
Granitl	54	4,51	11,86	2,63	4,51
	53	3,97	11,86	2,99	4,54
Gnajsevi	119	2,80	10,78	3,85	2,23
Kristalasti škriljci	41	1,95	5,62	2,88	1,24
Metamorfne stene	160	2,58	9,46	3,67	1,98

Jedna proba iz granita ima visok sadržaj urana (67,6 ppm), te je izostavljena iz statističkih ispitivanja raspodele urana. Ova proba ima izuzetnog uticaja na srednji sadržaj urana u statističkom uzorku, a ne pripada osnovnoj populaciji urana u granitu. Izostavljanjem ovog podatka nema uticaja na srednje sadržaje torijuma i kalijuma.

Odnos srednjih sadržaja torijuma i urana ima karakter indikatora uslova rasejavanja i nakupljanja torijuma i urana, koje obeležavamo kao $w=\bar{y}/\bar{x}=Th/U$ (V. O m a l j e v, u štampi). Odnos Th/U se relativno malo razlikuje u magmatskim i metamorfnim stenama Kukavice.

Kristalasti škriljci predstavljaju veoma raznorodni skup metamorfnih stena, gledajući karakter prvobitnih stena. Strukturu ovog relativno heterogenog statističkog uzorka dajemo u tabeli 2.

Tabela 2 — Struktura statističkog uzorka kristalastih škriljaca

Vrsta stene	N	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	K (%)
Dvoliskunski škriljci	8	3,09	11,61	3,76	3,34
Muskovitsko-hloritski i sericitski škriljci	7	3,29	7,54	2,29	1,91
Amfibolski škrlljci i amfiboliti	21	1,13	2,89	2,56	0,45
Hloritski i epidotski škriljci	5	1,68	4,80	2,86	0,27
Kristalasti škriljci	41	1,95	5,62	2,88	1,24

Veliko količinsko učešće amfibolskih škriljaca i amfibolita (preko 50%) u kristalastim škriljcima svakako ne odgovara njihovom stvarnom učešću. Na taj način su bitno smanjeni srednji sadržaji svih radioaktivnih elemenata u ovom statističkom uzorku, ali odnos Th/U ostaje približno na istom nivou.

Evidentna je zavisnost srednjih sadržaja radioaktivnih elemenata od kiselosti stena, što je posledica poznate tendencije nakupljanja urana, torijuma i kalijuma u kiselim diferencijatima zemljine kore. Pri tome je uvek zastupljena pozitivna korelativna zavisnost između urana i torijuma u odnosu na kalijum, tj. smanjenjem sadržaja kalijuma u magmatskim i metamorfnim stenama Kukavice smanjuju se sadržaji ovih aktinida. U metamorfnim stenama sa izuzetno malo kalijuma dolazi do oštrog smanjenja sadržaja urana i torijuma, kao u kristalastim škriljcima postalim od bazičnih magmatskih stena (amfiboliti).

MAGMATSKE STENE — GRANITI

Na delu planine Kukavice, u široj okolini Slatinske reke, od magmatskih stena zastupljeni su samo graniti. Svi graniti su posmatrani samo kao petrološki predstavnici, pri tome nije pravljena razlika među njima po starosti, jer za to nije bilo geoloških podataka.

Raspodela torijuma i kalijuma je predstavljena statističkim ukorkom od 54 podataka, dok je raspodela urana izučavana samo na 53 podataka u statističkom uzorku (eliminisana je anomalna proba). Veličina ovog statističkog uzorka je svakako nedovoljna, jer je broj informacija blizu minimuma od 50 podataka.

Raspodela urana je levoasimetrična (po 2. zakonu — V. Omaljev, 1978b), sa parametrima raspodele $M=3,7 < \bar{x}=3,97 < Mx=4,8$ ppm, na varijacionom intervalu od 1,1 do 11,5 ppm urana. Forma raspodele u statističkoj razmeri 1 : 1 ppm (sl. 2) je uslovno polimodalna.

Glavna masa popluacije urana se nalazi u relativno kompaktnoj populaciji, sa modusom orudnjenja st. u 4. klasi intenziteta 28,30% relativnih frekvencija. Modus urana se nalazi u 6. klasi sa intenzitetom 31,54% relativnih frekvencija. Na desnoj strani histograma naglo prestaje populacija, dobija se utisak da je uništena bogatija parcijalna populacija urana, od koje su preostali samo njeni ostaci. Predpostavljamo da je bogatiji deo populacije urana uništen procesima oksidacije i izluživanja urana u površinskim uslovima raspadanja granita.

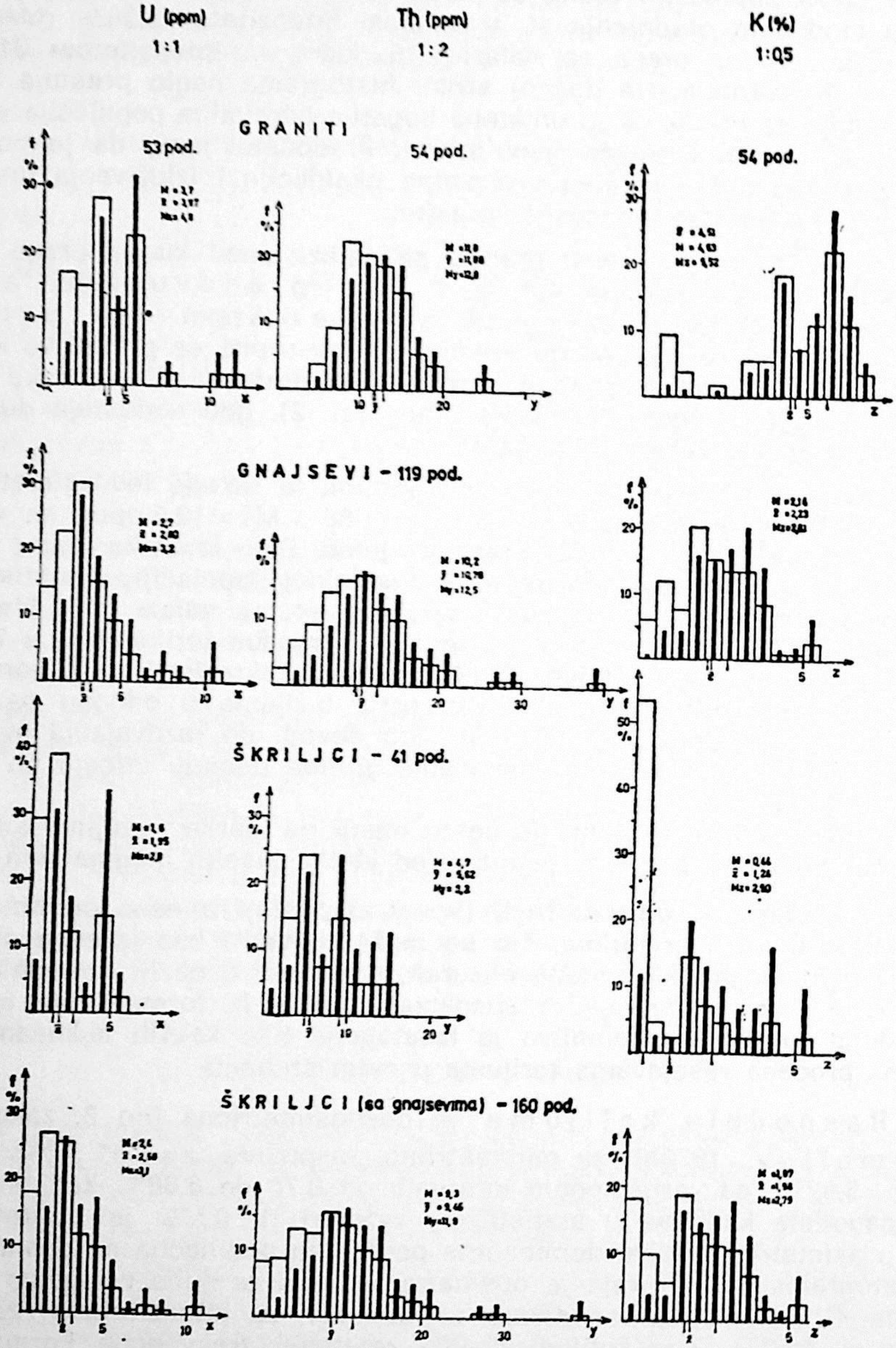
Srednji sadržaj urana u granitu se nalazi iznad klarka urana u kiselim magmatskim stenama (po A. P. Vinogradovu, 1962), a istovremeno se nalazi ispod klarka urana za granite (4,8 ppm — po Taylor-u, 1964). Uzimanjem bogate probe srednji sadržaj urana se približava klarku granita. Prvobitni sadržaji urana u ovim granitima su bili svakako znatno viši, sudeći po formi raspodele urana (sl. 2), gde nedostaje deo populacije sa desne strane histograma.

Raspodela torijuma u granitima je takođe levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 11{,}8 < \bar{y} = 11{,}86 < My = 12{,}8$ ppm, na varijacionom intervalu od 5,7 do 25,4 ppm torijuma. Sem izuzetka jedne probe ceo torijum se nalazi u kompaktnoj unimodalnoj populaciji, u statističkoj razmeri 1 : 2 ppm (sl. 2). Modus orudnjenja st. se nalazi u 5. klasi sa intenzitetom 22,22% relativnih frekvencija, a modus torijuma je u 7. klasi intenziteta 20,21% relativnih frekvencija. Karakteristična je normalna tendencija raspodele relativnih frekvencija torijuma u odnosu na levoasimetričnu raspodelu orudnjenja st., što dovodi do razdvajanja ova dva modusa. Procesi površinskog raspadanja granita nemaju uticaja na populaciju torijuma.

Srednji sadržaj torijuma je nešto manji od klarka zemljine kore (po Vinogradovu), a znatno je manji od klarka kiselih magmatskih stena (18 ppm). Sudeći po odnosu Th/U ($\hat{w} = \bar{y}/\bar{x}$) postoji izvesno osiromašenje u torijumu u ovim granitima, što se može tumačiti kao izvesna specijalizacija ovih magmatskih stena na uran, uzimajući u obzir i osiromašenje populacije urana u procesu raspadanja granita. Iz forme krive gustine populacije torijuma nesumnjivo je izostajanje bilo kakvih naknadnih uticaja na procese rasejavanja torijuma u ovim stenama.

Raspodela kalijuma je desnosimetrična (po 3. zakonu — V. Omaljev, 1978b), sa parametrima raspodele $\bar{z} = 4{,}51 < M = 4{,}63 < Mz = 5{,}52\%$, na varijacionom intervalu od 0,70 do 6,88% kalijuma. Forma raspodele kalijuma u statističkoj razmeri 1 : 0,5% je polimodalna. Desnu asimetriju izaziva dominantna parcijalna populacija na desnoj strani histograma (sl. 2), koja je posmatrana sama za sebe normalno raspoređena. Glavni modusi se nalaze u 12. klasi, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 22,22% i za kalijum 28,45% relativnih frekvencija. Forma krive gustine ukazuje na procese obogaćenja kalijumom, verovatno u nekoj kasnijoj fazi (kalijeva metasomatoza). Pri tome je došlo do delimične preraspodele kalijuma, jer postoji nedostatak kalijuma na levoj strani histograma.

Srednji sadržaj kalijuma u ovim granitima je znatno viši od klarka kalijuma u kiselim magmatskim stenama. Desna asimetrija raspodele



Sl. 2 — Dvojni histogrami raspodele U, Th i K u magmatskim i metamorfnim stenama Kukavice (u linearnoj statističkoj razmeri).

Fig. 2 — The dual histograms of U, Th and K distribution in magmatic and metamorphic rocks of Kukavica (in the linear statistical scale).

kalijuma ukazuje na prisustvo intenzivnih koncentratora ovog elementa u granitu, što je svakako K-fedspat (mikroklin).

METAMORFNE STENE

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u metamorfnim stenama Kukavice (kristalasti škriljci u širem smislu, sa gnajsevima) je predstavljena statističkim uzorkom od 160 informacija. Ovaj kolektivni statistički uzorak sadrži parcijalne uzorke iz gnajseva i kristalastih škriljaca (u užem smislu).

R a s p o d e l a u r a n a u metamorfnim stenama je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 2{,}4 < x = 2{,}58 < Mx = 3{,}1$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 10,4 ppm urana. Forma krive gustine orudnjenja st. (sl. 2) je tipična levoasimetrična (*Razumovska* — V. V. B o g a c k i j, 1963), sa modusom u 2. klasi intenziteta 26,88% relativnih frekvencija. Forma krive gustine urana je složenija, izražena je bimodalna tendencija. Glavni modus se nalazi u 3. klasi intenziteta 26,19% relativnih frekvencija urana. Ova složenost forme dolazi od heterogene populacije urana u kristalastim škriljcima.

Srednji sadržaj urana u metamorfnim stenama Kukavice se nalazi nešto ispod vrednosti klarka urana za zemljinu koru (2,5 ppm), što je svakako verovatna vrednost za metamorfite. Vrednost odnosa Th/U je veća od vrednosti za granite sa ovog terena, što je posledica uticaja odnosa ovih populacija iz gnajseva.

R a s p o d e l a t o r i j u m a u metamorfnim stenama je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 9{,}3 < \bar{y} = 9{,}46 < My = 11{,}9$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 39,5 ppm torijuma. U statističkoj razmeri 1 : 2 (sl. 2) izražena je normalna tendencija raspodele relativnih frekvencija, naročito za torijum. Sem nekoliko izuzetaka, sav torijum se nalazi u kompaktnoj populaciji, koja je uslovno unimodalna, sa glavnim modusom orudnjenja st. u 5. klasi intenziteta 15,63% relativnih frekvencija. Modus torijuma se nalazi u 6. klasi intenziteta 16,27% relativnih frekvencija. Izvesna polimodalnost forme krivih gustina dolaze od populacije torijuma u kristalastim škriljcima.

Srednji sadržaj torijuma u metamorfnim stenama se nalazi između vrednosti klarka torijuma zemljine kore (13 ppm) i intermedijarnih magmatskih stena (7 ppm).

R a s p o d e l a k a l i j u m a u ovim stenama je takođe levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 1{,}87 < \bar{z} = 1{,}98 < Mz = 2{,}79\%$, na varijacionom intervalu od 0,03 do 5,47% kalijuma. Forma raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. u statističkoj razmeri 1 : 0,5% je uslovno bimodalna. Siromašna parcijalna populacija je raspoređena hiperboloidno, sa modusom u 1. klasi intenziteta 18,12% relativnih frekvencija. Glavni modus orudnjenja st. se nalazi u 4. klasi intenziteta 18,75% relativnih frekvencija (i ova parcijalna populacija je raspoređena hiperboloidno). Glavni modus kalijuma se nalazi u 7. klasi sa intenzitetom 17,93% relativnih frekvencija. U raspodeli relativnih frekvencija kalijuma postoji normalna tendencija, ali odsustvo jasnog maksimuma dovodi do pojave bimodalnosti kod kompaktne populacije. Ove heterogenosti u raspodeli kalijuma su nasleđene iz kristalastih škriljaca.

Srednji sadržaj kalijuma u metamorfnim stenama Kukavice je relativno nizak i manji je od klarka kalijuma u intermedijarnim magmatskim stenama (2,30%), ali je znatno viši od klarka bazičnih stena.

Gnajsevi

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gnajsevima je predstavljena statističkim uzorkom od 119 informacija, što u kolektivnom uzorku metamorfnih stena učestvuje sa 74,37%. Ovaj statistički uzorak je najveći od svih parcijalnih uzoraka i reprezentuje gnajseve oba metamorfna kompleksa Srpsko-makedonske mase na Kukavici.

Raspodela urana je levoasimetrična (logaritamska), sa parametrima raspodele $M = 2,7 < \bar{x} = 2,80 < Mx = 3,2$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 10,4 ppm urana. Forma krive gustine orudnjenja st. u statističkoj razmeri 1 : 1 ppm je tipična levoasimetrična (*Razumovska*), sa modusima u 3. klasi intenziteta: za orudnjenje st. 30,25% i za uran 28,38% relativnih frekvencija. Populacija je uslovno kompaktna, a ovu kompaktnost jedino malo narušavaju najbogatije probe. Uticaji izluženja urana zbog površinskog raspadanja gnajseva je minimalno, a predpostavljamo da je prisutno zbog nehomogenosti populacije na desnoj strani histograma.

Srednji sadržaj urana u gnajsevima Kukavice se nalazi između klarka urana zamljine kore (2,5 ppm) i sedimentnih stena (3,2 ppm) po Vinogradovu, odnosno nešto iznad klarka urana kontinentalne kore (2,7 ppm) po Taylor-u. U ovim stenama je izražen izvestan višak urana u odnosu na sredine zemljine kore, što je svakako vezano sa uslovima migracije urana pri procesima regionalnog metamorfizma.

Raspodela torijuma u gnajsevima Kukavice je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 10,2 < \bar{y} = 10,78 < My = 12,5$ ppm, na varijacionom intervalu od 1,1 do 39,5 ppm torijuma. Forma raspodele kompaktne populacije je približno simetrična (sl. 2), a pomenutu levu asimetriju izazivaju najbogatije probe. Populacija je unimodalna, sa modusima u 6. klasi intenziteta: za orudnjenje st. 16,81% i za torijum 17,38% relativnih frekvencija. Rasejavanje torijuma u gnajsevima približno po normalnom zakonu je različito od rasejavanja urana po logaritamskom zakonu, verovatno se ova dva elementa nalaze u različitim petrogenim mineralima. Predpostavljamo da je glavna masa urana u akcesornim mineralima, a glavna masa torijuma u glavnim petrogenim mineralima.

Srednji sadržaj torijuma u ovim stenama je približno na nivou klarka torijuma u sedimentnim stenama (11 ppm), što ide u prilog shvatanju da su gnajsevi para porekla. Odnos Th/U je najveći (3,85) od svih ispitivanih statističkih uzoraka sa Kukavice, što takođe navodi na predpostavku da je populacija urana osiromašena u procesu regionalnog metamorfizma.

Raspodela kalijuma u gnajsevima je takođe levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 2,14 < \bar{z} = 2,23 < Mz = 2,81\%$, na varijacionom intervalu od 0,10 do 5,47% kalijuma. Forma krivih gustina je razvučena (sl. 2), što je dovelo do razdvajanja modusa. Modus orudnjenja

st. se nalazi u 4. klasi sa maksimuom 20,17%, a modus kalijuma je u 7. klasi sa intenzitetom 20,07% relativnih frekvencija. Populacija kalijuma je relativno kompaktna, ali izostajanje simetričnosti raspodele je verovatno posledica neravnomernosti rasporeda petrogenih minerala koncentratora kalijuma (K-feldspati), što je verovatno posledica mobilnosti kalijuma u procesu regionalnog metamorfizma. Moguće je da su ove neravnomernosti u rasporedu K-feldspata u gnajsevima nasleđene iz bivših sedimenata od kojih vode poreklo para gnajsevi.

Srednji sadržaj kalijuma u gnajsevima Kukavice se nalazi na nivou klarka kalijuma u sedimentnim stenama (2,28%), što takođe ide u prilog shvatanju o para poreklu ovih stena.

Kristalasti škriljci

Raspodela radioaktivnih elemenata u kristalastim škriljcima Kukavice je predstavljena statističkim uzorkom od 41 informacije, što čini 25,63% učešća u kolektivnom uzorku metamorfnih stena. Mali broj podataka kao i velika heterogenost materijalnog sastava kristalastih škriljaca onemogućava donošenje jasnih zaključaka, zato statistička analiza raspodele ima informativni karakter.

R a s p o d e l a u r a n a je levoasimetrična, sudeći po vrednostima parametara raspodele: $M = 1{,}6 < \bar{x} = 1{,}95 < Mx = 2{,}8$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 5,5 ppm urana. Ovaj varijacioni interval odgovara intervalu kompaktne populacije urana u gnajsevima.

Raspodela relativnih frekvencija je jasno bimodalna, sa tendencijom levoasimetrične forme raspodele (leve *Razumovske*) krive gustine. Glavni modus orudnjenja st. u 2. klasi dolazi od amfibolita i amfibolskih škriljaca, sa maksimuom od 39,02% relativnih frekvencija, a sadrži 30,54% urana. Glavni modus urana se nalazi u 5. klasi sa maksimumom 33,54% relativnih frekvencija urana, dok intenzitet orudnjenja st. je svega 14,63% (sporedni modus), a dolazi od dvoliskunskih i muskovitsko-sericitskih škriljaca.

Srednji sadržaj urana u ovim stenama je nešto iznad klarka urana za intermedijarne magmatske stene (1,8 ppm).

R a s p o d e l a t o r i j u m a u kristalastim škriljcima Kukavice je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 4{,}7 < \bar{y} = 5{,}62 < My = 9{,}2$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 14,5 ppm torijuma. Raspodela u statističkoj razmeri 1 : 2 ppm je polimodalna i heterogene (sl. 2). Postoje dva modusa orudnjenja st. u 1. i 3. klasi, sa jednakim intenzitetima od 24,39% relativnih frekvencija. Glavni modus torijuma je pomeren u desno u 5. klasi, sa intenzitetom 24,27% relativnih frekvencija.

Srednji sadržaj torijuma u ovim stenama se nalazi između klarka torijuma u bazičnim (3 ppm) i intermedijarnim stenama (7 ppm), što je posledica dominacije amfibolskih škriljaca i amfibolita u statističkom uzorku. Odnos Th/U je relativno nizak, što je posledica znatnog osiromašenja populacije torijuma u ovim stenama.

R a s p o d e l a k a l i j u m a u kristalastim škriljcima je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 0{,}44 < \bar{z} = 1{,}24 < Mz = 2{,}50\%$, na

varijacionom intervalu od 0,03 do 5,10% kalijuma. Forma krivih gustina je polimodalna (sl. 2). Velika koncentracija relativnih frekvencija orudnjenja (53,66%) već u 1. klasi izražava hiperboloidnu tendenciju raspodele. Kod raspodele relativnih frekvencija kalijuma izražena je polimodalnost, a glavni modus se nalazi u 4. klasi intenziteta 19,98% relativnih frekvencija kalijuma. Heterogenost litološkog sastava ovog statističkog uzorka najbolje je izražena kroz formu raspodele kalijuma.

Srednji sadržaj kalijuma u ovim stenama je veoma nizak i nalazi se između klarka kalijuma za bazične (0,83%) i intermedijarne magmatske stene (2,30%).

RASPODELA URANA, TORIJUMA I KALIJUMA U MAGMATSKIM STENAMA BESNE KOBILE

Statistička ispitivanja raspodele urana, torijuma i kalijuma u magmatskim stenama Besne Kobile ograničena su na Surduličkl granodioritski pluton i vulkanite koji ga probijaju. Pri tome je glavna masa proba uzeta na planini Besna Kobila, dok je manji broj broba uzet severnije, ali u okviru Surduličkog plutona.

Struktura statističkih uzoraka, sa srednjim sadržajima radioaktivnih elemenata i odnosima Th/U, data je u tabeli 3.

Graniti predstavljaju diferencijate u okviru granodioritskog plutona, ali mali broj podataka onemogućava statistička ispitivanja raspodele ovih elemenata. Evidentna je razlika u sadržajima i odnosima torijuma i urana u ovim diferencijatima, dok u kalijumu nema bitnih razlika.

Po sadržajima urana i torijuma, kvarclatiti odgovaraju granitima, a daciti granodioritima; tako da vulkaniti odgovaraju granodioritskom plutonu. Postoji li neka petrološka veza među ovim plutonskim i vulkanskim diferencijatima je pitanje na koje statistička ispitivanja ne mogu da kvalifikovano odgovore.

Tabela 3 — Struktura statističkih uzoraka sa srednjim sadržajima elemenata i odnosima Th/U u stenama Besne Kobile

Statistički uzorak	N	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	K (%)
Graniti	12	6,68	19,38	2,23	2,99
Granodioriti	50	6,70	17,95	2,68	3,00
Granodioritski pluton	62	7,09	18,23	2,57	3,00
Vulkaniti	28	7,83	18,42	2,35	3,17
— kvarclatiti	19	8,38	19,09	2,28	3,19
— daciti	9	6,68	17,00	2,54	3,13

Odnos Th/U je uopšte veoma nizak i ne odgovara odnosu u magmatskim stenama (po V i n o g r a d o v u, 1962), niti odnosu u kontinentalnoj kori i magmatskim stenama po T a y l o r-u (1964). Na osnovu odno-

sa Th/U možemo preliminarno smatrati da je izražena izvesna geohemijska specijalizacija ovih magmi sa aspekta uranonosnosti.

Statistička ispitivanja raspodele ovih elemenata izvođena su samo na statističkim uzorcima koji imaju preko 25 podataka.

GRANODIORITI

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u granodioritima je predstavljena sa statističkim uzorkom od 50 informacija, što u zajedničkom uzorku granodioritskog plutona učestvuje sa preko 80%.

Raspodela urana u granodioritima je levoasimetrična (po 2. zakonu), sa parametrima raspodele $M = 5{,}8 < \bar{x} = 6{,}70 < Mx = 7{,}4$ ppm, na varijacionom intervalu od 2,1 do 13,0 ppm urana. Polimodalnost forme raspodele u statističkoj razmeri 1 : 1 ppm (sl. 3) je svakako posledica složenih uslova rasejavanja, odnosno koncentrisanja urana u petrogenim mineralima, uključujući i akcesorne. Glavni modusi se nalaze u 6. klasi (histogrami urana na sl. 3 počinju sa 2. klasom) sa intenzitetima: za orudnjenje st. 24,19% i za uran 18,94% relativnih frekvencija.

Srednji sadržaj urana je znatno veći od klarka urana u kiselim magmatskim stenama (3,5 ppm) i granitima (4,8 ppm), što svakako daje osnova predpostavci izvesne uranove specijalizacije granodiorita.

Raspodela torijuma u granodioritima je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 17{,}0 < \bar{y} = 17{,}95 < My = 18{,}0$ ppm,na varijacionom intervalu od 5,3 do 37,9 ppm torijuma. Polimodalnost forme krivih gustina u statističkoj razmeri 1 : 2 ppm (sl. 3) takođe je posledica mobilnosti torijuma prilikom diferencijacije i kristalizacije magmatskog rastopa. Izdvajaju se dve veće parcijalne populacije torijuma. Glavni modusi se nalaze u 9. klasi (histogrami počinju sa 3. klasom) intenziteta: za orudnjenje st. 24,00% i za torijum 22,85% relativnih frekvencija.

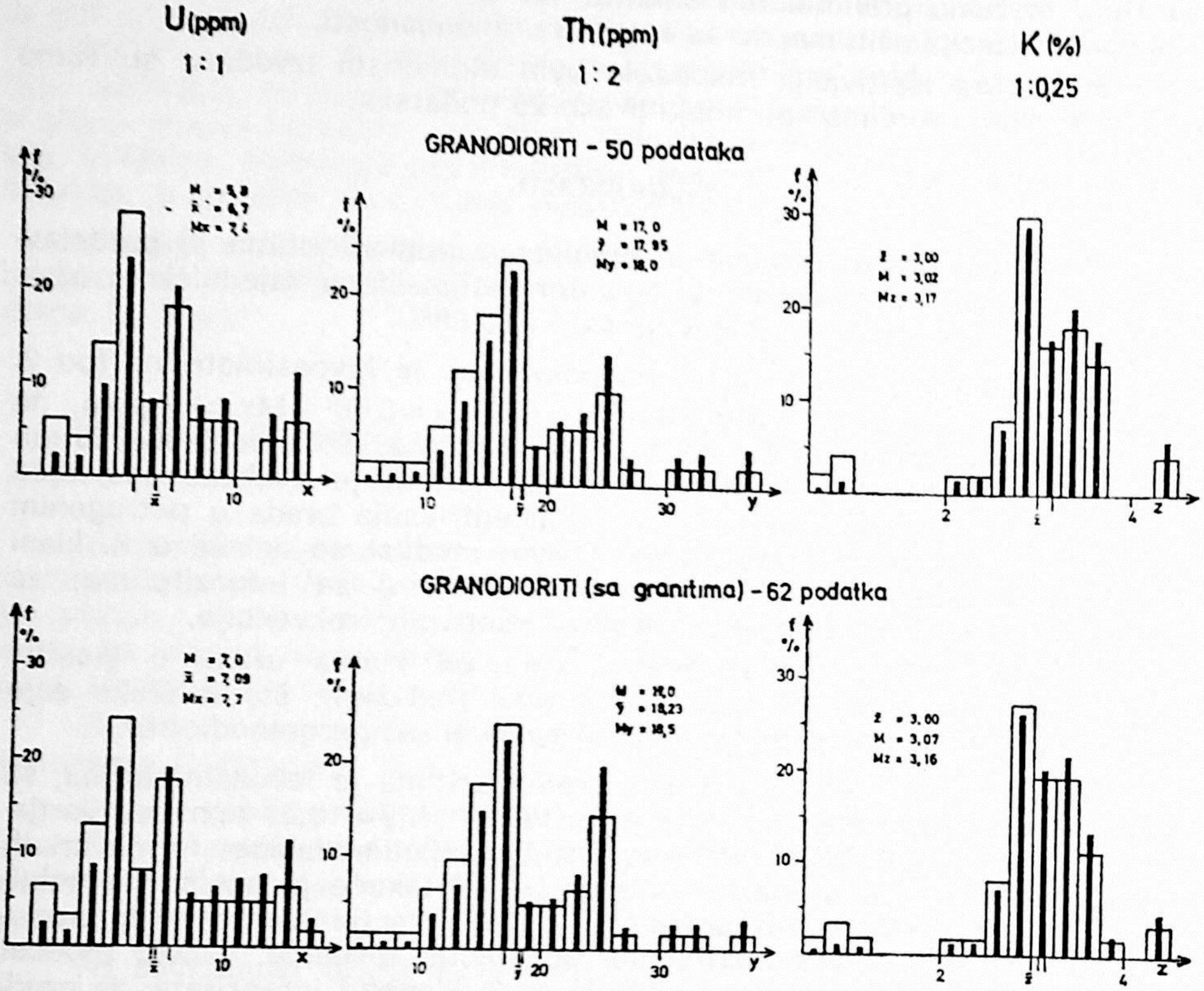
Srednji sadržaj torijuma u ovim stenama je nešto niži od klarka torijuma u kiselim magmatskim stenama (18 ppm), što dovodi do većeg sniženja vrednosti odnosa Th/U.

Raspodela kalijuma u granodioritima je približno simetrična, sa malom desnom asimetrijom. Parametri raspodele su $\bar{z} = 3{,}00 < M = 3{,}02 < Mz = 3{,}17\%$, na varijacionom intervalu od 0,72 do 4,38% kalijuma. Sem nekoliko izuzetaka kalijum se nalazi u kompaktnoj populaciji, sa glavnim modusom u 12. klasi (na histogramima statističke razmere 1 : 0,25% počinje se sa 3. klasom) intenziteta: za orudnjenje st. 30,00% i za kalijum 28,85% relativnih frekvencija. Na osnovu forme raspodele evidentno je da je sav kalijum akumuliran u glavnim petrogenim mineralima.

Srednji sadržaj kalijuma u granodioritima je nešto niži od klarka kalijuma u kiselim magmatskim stenama (3,34%).

GRANODIORITSKI PLUTON

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u granodioritskom plutonu, sa podređenim granitskim diferencijatima, je predstavljena statističkim uzorkom od 62 informacije.



Sl. 3 — Dvojni histogrami raspodele U, Th i K u magmatskim stenama Besne Kobile (u linearnoj statističkoj razmeri).

Fig. 3 — The dual histograms of U, Th and K distribution in magmatic rocks of Besna Kobila (in the linear statistical scale).

Raspodela urana u delu ovog Surduličkog granodioritskog plutona je levoasimetrična, a sudeći po vrednostima parametara raspo-

dele je bliska simetričnoj raspodeli ($M=7,0 < \bar{x}=7,09 < Mx=7,7$ ppm). Varijacioni interval je od 2,1 do 13,5 ppm urana. Forma raspodele je bimodalna, sa modusom orudnjenja st. nasleđenim iz granodiorita sa 24,19% relativnih frekvencija. Modus urana je u 8. klasi sa maksimom 19,03% relativnih frekvencija. Evidentno je izvesno desno pomeranje populacije urana, što se najbolje vidi u desnom pomeranju po apscisi parametara raspodele.

Srednji sadržaj urana je povećan u odnosu na granodiorite, što je posledica pomenutog desnog pomeranja cele populacije urana.

Raspodela torijuma u granodioritskom plutonu je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M=17,0 < \bar{y}=18,23 < My=18,5$ ppm, varijacionom intervalu nasleđenom iz granodiorita. Forma raspodele je slična (sl. 3), populacija torijuma je jasno bimodalna, bogatija parcijalna populacija je postala brojnija. Glavni modusi su takođe nasleđeni iz granodiorita, ali sa smanjenim intenzitetima: 24,19% za oruđenje st. i 22,52% relativnih frekvencija torijuma.

Forme raspodele urana i torijuma su uopšte veoma slične, ovi elementi su bili podjednako mobilni u uslovima magmatskog stvaranja.

Srednji sadržaj torijuma u granodioritskom plutonu je na nivou klarka za kisele magmatske stene. Odnos Th/U je nešto umanjen u odnosu na granodiorite.

Raspodela kalijuma u granodioritskom plutonu je takođe približno simetrična, sa malo izraženom desnom asimetrijom. Parametri raspodele su $\bar{z}=3,00 < M=3,07 < Mz=3,16\%$, na varijacionom intervalu od 0,72 do 4,38% kalijuma, nasleđenim iz granodiorita. Kompaknost populacije kalijuma je povećana smanjivanjem intenziteta modusa na 27,42% relativnih frekvencija orudnjenja st. i na 26,35% kalijuma. Srednji sadržaj kalijuma je ostao na nivou granodiorita.

VULKANITI

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u vulkanitima je predstavljena statističkim uzorkom od 28 informacija; to je najmanji uzorak praktično na granici apsolutno minimalnog broja podataka.

Raspodela urana je iznenađujuće desnoasimetrična, sa parametrima raspodele $\bar{x}=7,83 < M=7,9 < Mx=8,7$ ppm, na varijacionom intervalu od 4,2 do 13,9 ppm urana, nasleđenim iz kvarclatita. Forma raspodele relativnih rfekvencija je približno ravnomerna za orudnjenje st., dok za uran se zapaža normalna tendencija raspodele. Tri podatka u jednoj klasi na desnoj strani histograma (sl. 3) kao da ne pripadaju ovoj populaciji, verovatno je to posledica broja podataka u statističkom uzorku. Modus orudnjenja st .se nalazi u 9. i 10. klasi sa maksimumom od 17,86% relativnih frekvencija, dok je modus urana u 10. klasi sa 21,80% relativnih frekvencija.

Srednji sadržaj urana u vulkanitima je nešto viši od srednjog sadržaja urana u granodioritskom plutonu, što je normalna posledica nakupljanja urana u poznim magmatskim diferencijatima.

Raspodela torijuma u vulkanitima je levoasimetrična, sa parametrima raspodele $M = 16,9 < \bar{y} = 18,42 < My = 19,0$ ppm, na varijacionom intervalu od 8,6 do 34,3 ppm torijuma. Forma raspodele je bimodalna i vrlo je slična formi raspodele torijuma u granodioritskom plutonu, jedino su modusi levo pomereni po apscisi za jednu klasu. Glavni modusi se nalaze u 8. klasi sa intenzitetima: za orudnjenje st. 28,57% i za torijum 24,08% relativnih frekvencija.

I pored levog pomeranja cele populacije torijuma u vulkanitima, srednji sadržaj je nešto viši nego u granodioritskom plutonu, ali je to dovelo do smanjenja odnosa Th/U u vulkanitima. Raspodela torijuma u vulkanitima je uopšte vrlo slična sa raspodelom u granodioritskom plutonu.

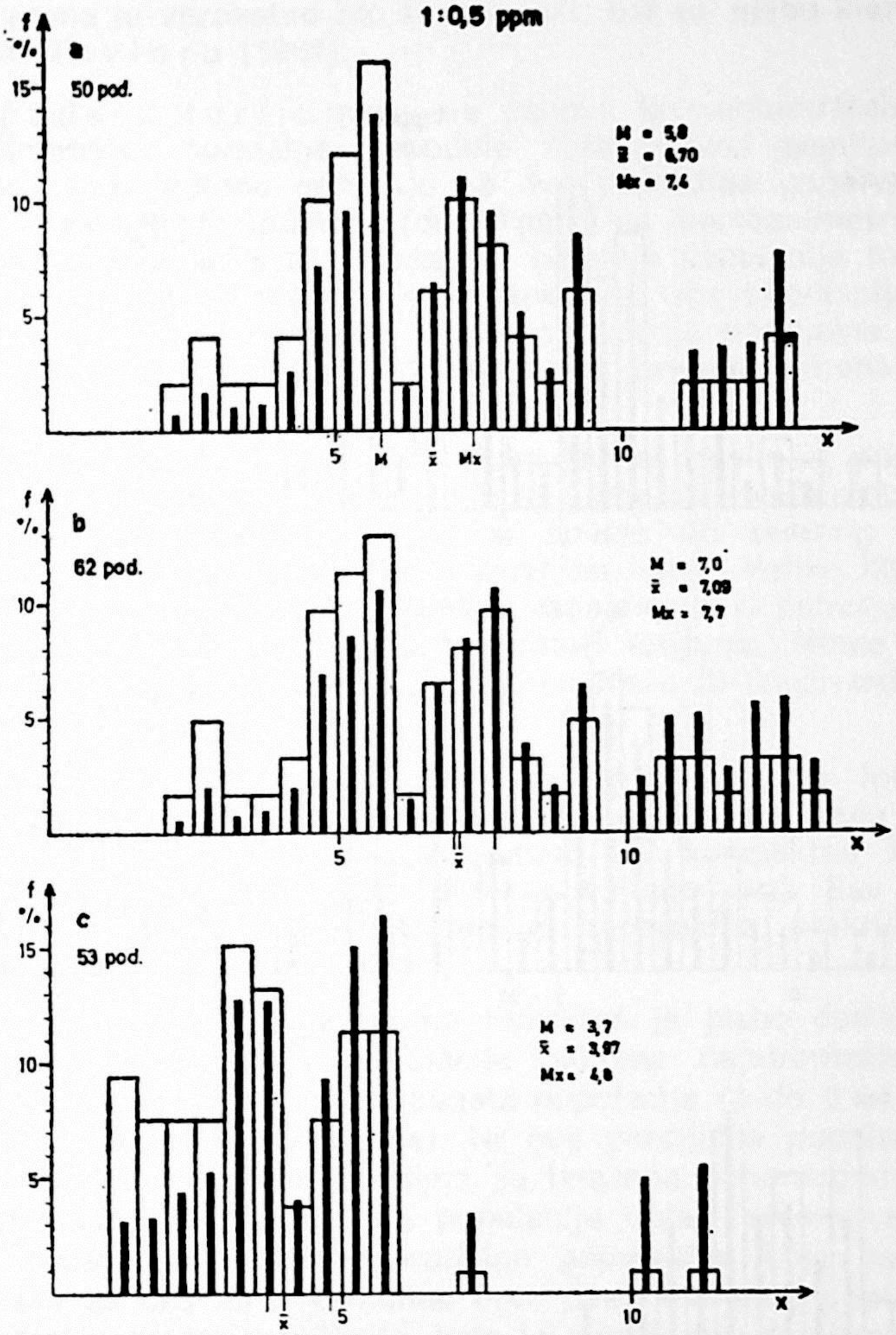
Raspodela kalijuma u vulkanitima je takođe desnoasimetrična, sa parametrima raspodele $\bar{z} = 3,17 < M = 3,22 < Mz = 3,30\%$, na varijacionom intervalu od 1,55 do 4,01% kalijuma, nasleđenom iz kvarclatita. Kompaktnost populacije kalijuma je povećana u odnosu na plutonske stene, bitna razlika je u desnom pomeranju, naročito velikog maksimuma u 13. klasi, sa 35,71% relativnih frekvencija za orudnjenje st. i 35,63% za kalijum. Ovo desno pomeranje popuiacije kalijuma je dovelo do nešto povećanog srednjeg sadržaja, u odnosu na granodioritski pluton.

UPOREĐENJE RASPODELE URANA, TORIJUMA I KALIJUMA U GRANITOIDIMA BESNE KOBILE I KUKAVICE

Upoređenjem statističke raspodele radioaktivnih elemenata u granitoidima Besne Kobile i Kukavice dobijaju se dopunske informacije o karakteru petrohemijskih kompleksa u ovim magmatskim stenama. Ova upoređenja su izvedena pomoću dvojnih histograma u sitnijoj statističkoj razmeri: za uran 1 : 0,5 ppm, za torijum 1 : 1 ppm i za kalijum 1 : 0,25%.

Raspodela urana u ovim graniotoidima (sl. 4) je po pravilu polimodalna, u osnovi levoasimetrična (logaritamska, po 2. zakonu — V. Omaljev, 1978b). Tendencija normalne raspodele urana naročito je izražena u granodioritima (sa granitskim diferencijatima) Surduličkog plutona. U granodioritima se uočavaju tri parcijalne populacije, najsiromašnija sa desnoasimetrično hiperboloidnom (desna *Boldireva* kriva gustine) raspodelom do vrednosti na apscisi 6 ppm; srednja bogata populacija (6 do 10 ppm) sa približno simetričnom raspodelom, i najbogatija populacija urana (preko 10 ppm) sa ravnomernom raspodelom. Najverovatnije, prve parcijalne populacije urana su veštački razdvojene i predstavljaju jednu, koja je vezana za rasejani uran u petrogenim mineralima stene. Najbogatija parcijalna populacija urana je nešto posebno, predpostavljamo da je ona proizvod kasnije preraspodele urana ili se nalazi u akcesornim koncentratorima urana.

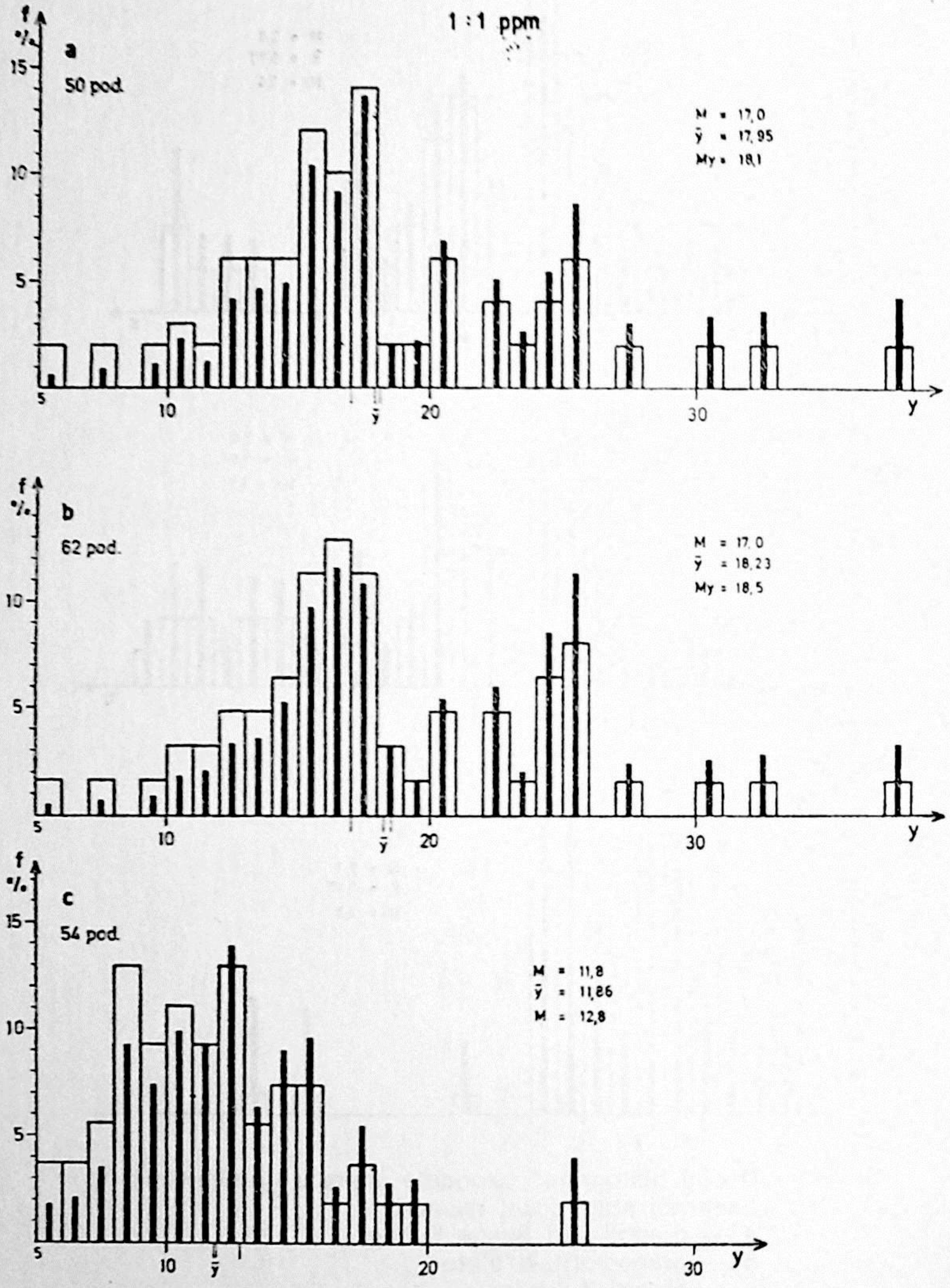
Raspodela urana u granitima Kukavice (pretežno sa lokalnosti Slatinska reka) je veoma neobična, kao da nedostaje desna strana histograma. Ovaj deficit populacije se naročito oseća u srednjem sadržaju, koji je znatno umanjen u odnosu na granodiorite. Usamljene informacije na



Sl. 4 — Dvojni histogrami raspodele urana u granitoidima (u linearnoj statističkoj razmeri):
a — granodioriti Besne Kobile,
b — granodioritski pluton,
c — graniti Kukavice.

Fig. 4 — The dual histograms of uranium distribution in granitic rocks (in the linear statistical scale):
a — granodiorite of Besna Kobila,
b — granodioritic pluton,
c — granite of Kukavica.

desnoj strani histograma su svakako relikti bogatijeg dela populacije. Razaranje dela populacije urana je svakako bilo u nekom kasnijem procesu, bilo kasnomagmatskom (endogena preraspodela urana) ili u procesu površinskog raspadanja granita (egzogeno izluženje urana). Prvobitni sred-



Sl. 5 — Dvojni histogrami raspodele torijuma u granitoidima (u linearnoj statističkoj razmeri):

a — granodioriti Besne Kobile,

b — granodioritski pluton,

c — graniti Kukavice.

Fig. 5 — The dual histograms of thorium distribution in granitic rocks (in the linear statistical scale):

a — granodiorite of Besna Kobila,

b — granodioritic pluton,

c — granite of Kukavica.

nji sadržaj urana je verovatno bio znatno viši, bar na nivou klarka granita (4,8 ppm) po T a y l o r-u (1964).

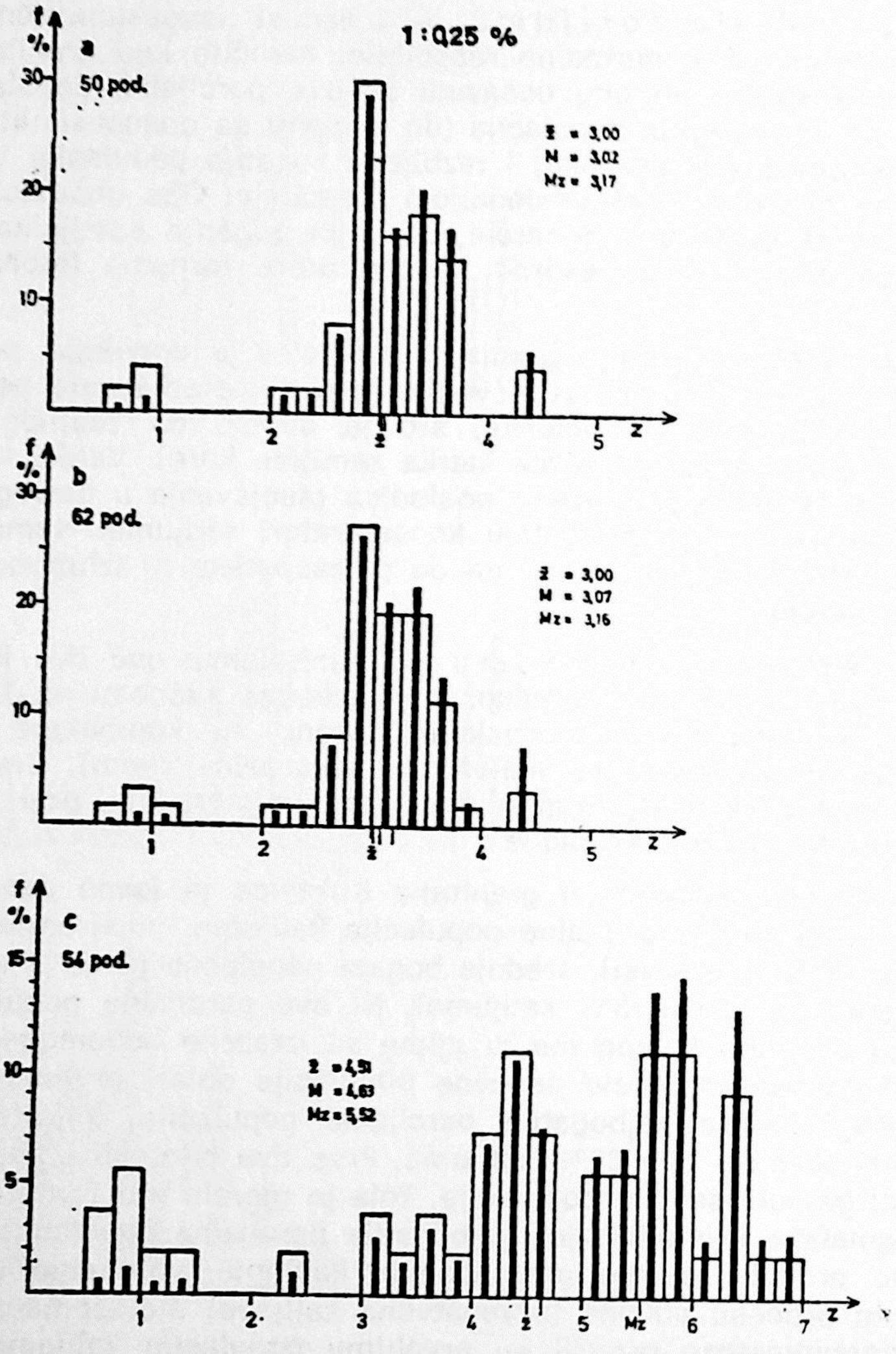
R a s p o d e l a t o r i j u m a je u osnovi levoasimetrična, sa tendencijom simetrične normalne raspodele, naročito kod granita Kukavice. U granodioritskom plutonu uočavaju se dve parcijalne populacije torijuma (sl. 5): siromašnija populacija (do 20 ppm) sa desnoasimetričnom raspodelom (desna Razumovska) i razbijena bogatija populacija torijuma ve- verovatno sa normalnom tendencijom raspodele. Obe populacije torijuma su vezane za petrogene minerale, od kojih bogatija parcijalna populacija je možda vezana za akcesorne koncentratore torijuma (monacit, alanit, itd.).

Raspodela torijuma u granitima Kukavice je pravilnija, populacija je kompaktnija. Karakteristično je veliko levo pomeranje cele populacije torijuma u odnosu na granodiorite, što je dovelo do znatnog smanjenja srednjog sadržaja (ispod nivoa klarka zemljine kore). Velika kompaktnost populacije torijuma je svakako posledica rasejavanja u petrogenim mineralima granita, u kome izostaju koncentratori torijuma. Nema indicija o kasnijim procesima koji bi doveli do preraspodele ili izluživanja torijuma iz ovih granita.

R a s p o d e l a k a l i j u m a u granitoidima ove dve lokalnosti je veoma različita (sl. 6), praktično nema nikakve sličnosti među njima. Populacije kalijuma u granodioritskom plutonu su kompaktne i približno normalno raspoređene (sa malom desnom asimetrijom). Sav kalijum u ovim stenama je akumuliran u petrogenim mineralima, praktično stvaranim u jednoj fazi kristalizacije.

Raspodela kalijuma u granitima Kukavice je jasno desnoasimetrična. Uočavaju se tri parcijalne populacije kalijuma: najsiromašnija populacija (oko 1% na apscisi), srednje bogata populacija (3 do 5%) i najbogatija populacija (preko 5% kalijuma). Ni ove parcijalne populacije kalijuma nisu dovoljno kompaktne, u njima su izražene nehomogenosti. Izrazito desno pomeranje cele osnovne populacije dolazi prvenstveno od dominantnog učešća najbogatije parcijalne populacije, koja sadrži preko 50% podataka sa oko 65% kalijuma. Prve dve parcijalne populacije kalijuma su ostaci osnovne populacije, koja je morala biti formirana u procesu magmatske kristalizacije. Najbogatija parcijalna populacija kalijuma je svakako produkt kasnije preraspodele kalijuma, verovatno u kasnomagmatskom procesu alkalne (prvenstveno kalijeve) metasomatoze. Ovi procesi metasomatoze razorili su prvobitnu populaciju kalijuma i uz priliv kalijuma sa strane formirana je dominantna parcijalna populacija na desnoj strani histograma.

Procesi kalijeve metasomatoze nisu imali uticaja na populaciju torijuma, ali je neizvesno koliki je njihov uticaj na populaciju urana (koja je delimično razorena). Veoma je moguće da je uran bio mobilan za vreme preraspodele kalijuma, te je potrebno bolje proučiti vezu kalijeve metasomatoze i urana, sa aspekta formiranja uranove mineralizacije u promenjenim zonama granita Slatinske reke.



Sl. 6 — Dvojni histogrami raspodele kalijuma u granitoidima (u linearnoj statističkoj razmeri):
a — granodioriti Besne Kobile,
b — granodioritski pluton,
c — graniti Kukavice.

Fig. 6 — The dual histograms of potassium distribution in granitic rocks (in the linear statistical scale):
a — granodiorite of Besna Kobila,
b — granodioritic pluton,
c — granite of Kukavica.

Zaključak

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u magmatskim i metamorfnim stenama Kukavice i Besne Kobile je izučavana preko statističkih uzoraka. Pri tome se vodilo računa o razlikama u procesima stvaranja stena, kao i o teritorijalnim razlikama. Kolektivni statistički uzorci su predstavljali metamorfne stene Kukavice, granite Kukavice, granodioritski pluton Surdulice i vulkanite Besne Kobile. Parcijalni statistički uzorci su predstavljali granodiorite, gnajseve i kristalaste škriljce. Mali broj podataka onemogućio je detalnija statistička ispitivanja raspodele radioaktivnih elemenata u svim petrološkim tipovima izučavanih magmatskih i metamorfnih stena.

Raspodela urana u granitoidima je uvek levoasimetrična i polimodalna. U granodioritskom plutonu uočavaju se tri parcijalne populacije urana, verovatno sa različitom genezom. Pored rasejanog urana u petrogenim mineralima zastupljeni su i koncentratori urana koji daju najbogatiju parcijalnu populaciju. U granitima Kukavice zastupljena je neobična forma raspodele urana, kao da nedostaje desna strana histograma. Usamljene informacije verovatno predstavljaju ostatke razorene populacije urana. Ovo razaranje dela populacije urana je bilo ili u kasnomagmatskom procesu (endogena preraspodela urana u alterisane zone) ili procesu površinskog raspadanja stene (egzogeno izluženje urana). Pri tome su znatno sniženi srednji sadržaji urana, u odnosu na granodiorite Besne Kobile.

Raspodela urana u metamorfnim stenama je takođe uvek levoasimetrična, kriva gustine u gnajsevima je tipična *Razumovska*, dok je forma raspodele u kristalastim škriljcima polimodalna zbog veoma heterogenog sastava ovog statističkog uzorka.

Raspodela torijuma u granodiioritskom plutonu i vulkanitima je levoasimetrična i jasno bimodalna. Ova sličnost verovatno nije slučajna, jer po sadržajima urana i torijuma kvarclatiti odgovaraju granitskim diferencijatima plutona, a daciti odgovaraju granodioritima. Na osnovu ovih sličnosti verovatno postoji genetska veza između plutonskih stena i vulkanita u okviru Surduličkog plutona.

Torijum u granitima Kukavice se nalazi u kompaktnoj unimodalnoj populaciji, koja je levo pomerena u odnosu na granodiorite, što ima za posledicu znatno sniženje srednjeg sadržaja.

Raspodela torijuma u gnajsevima je približno normalna i relativno slična sa raspodelom u granitima sa Kukavice, srednji sadržaji su takođe malo različiti. Populacija torijuma u kristalastim škriljcima je veoma heterogena, što je posledica veoma heterogenog materijalnog sastav ovog statističkog uzorka. Sadržaji urana i torijuma su veoma zavisni od sadržaja kalijuma u pojedinim petrološkim tipovima kristalastih škriljaca.

Odnosi Th/U su relativno niski, uvek su manji od 3, te ne odgovaraju odnosima u magmatskim stenama i zemljinoj kori gde je odnos uvek veji od 3,5. Populacija urana je uvek obogaćena u odnosu na populaciju torijuma, te možemo smatrati da je izražena izvesna geohemijska specijalizacija granitskih magmi sa aspekta uranonosnosti. Ova specijalizacija je više izražena u granodioritskom plutonu, ali je verovatno ranije bila izraženija u granitima Kukavice uzimajući u obzir da je deo populacije urana razoren u ovim stenama.

Odnos Th/U u gnajsevima Kukavice se nalazi na nivou odnosa u kontinentalnoj kori (na osnovu klarka torijuma i urana, po T a y l o r-u), što je svakako najverovatnija vrednost. U kristalastim škriljcima odnos Th/U je umanjen, sa izuzetkom dvoliskunskih škriljaca, a odgovara odnosima u granitoidima Kukavice i Besne Kobile. Opadanjem sadržaja kalijuma u kristalastim škriljcima brže opadaju sadržaji torijuma u odnosu na uran.

Raspodela kalijuma u magmatskim stenama je uvek desnoasimetrična, u granodioritima i vulkanitima je izražena normalna tendencija raspodele, populacija je uvek kompaktna i uslovno unimodalna. Međutim, u granitima Kukavice uočavaju se tri parcijalne populacije kalijuma, od kojih je dominantna najbogatija koja izaziva jasnu desnu asimetriju. Prvobitna populacija kalijuma u granitima je razorena verovatno kasnomagmatskim procesima kalijeve metasomatoze. Preraspodelom kalijuma, uz priliv sa strane, formirana je sadašnja bogata parcijalna populacija (preko 5% kalijuma u probama).

Raspodela kalijuma u metamorfnim stenama je uvek levoasimetrična. Populacija kalijuma u gnajsevima je kompaktna i relativno ravnomerno raspoređena. U kristalastim škriljcima populacija je veoma heterogena, dolazi do izražaja leva hiperboloidna raspodela jer se u 1. klasi nalazi preko 50% informacija. Materijaina heterogenost ovog statističkog uzorka najbolje je izražena u sadržajima kalijuma, koji veoma variraju u pojedinim petrološkim tipovima kristalastih škriljaca.

Primljeno 23. VI 1980. *Recenzent* dr. Antonije Antonović

LITERATURA

1. A n t o n o v i ć, A., 1968: Proučavanje vulkanita Jugoslavije. Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.
2. A n t o n o v i ć, A. i F i l i p o v i ć, V., 1977: Neki aspekti geologije, petrologije, geohemije i rudonosnosti kenotipnih vulkanita Jugoslavije. Radovi IGRI, sv. 11, Beograd.
3. B o g a c k i j, V. V., 1963: Matematičeskij analiz razvedočnoj seti. Gosgeoltehizdat, Moskva.
4. F i l i p o v i ć, V. i dr., 1980: Izučavanje mogućih izvora urana kao preduslova za stvaranje ležišta urana. Izučavanje geologije nuklearnih sirovina u SR Srbiji — 1976——1980. godina (izveštaj o napredovanju za IV fazu rada u 1979. godini), Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.
5. O m a l j e v, V., 1977: Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. Tehnika, RGM No. 10, Beograd.
6. O m a l j e v, V., 1978a: Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. Tehnika, RGM, No. 10, Beograd.
7. O m a l j e v, V., 1978b: Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.
8. O m a l j e v, V. i dr., 1980: Metalogenetsko izučavanje uranonosnog rejona Gornja Pčinja — Surdulica — Kukavica. Izučavanje geologije nuklearnih sirovina u SR Srbiji — 1976—1980. godina (izveštaj o napredovanju za IV fazu rada u 1979. godini). Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.
9. O m a l j e v, V., u štampi: Model ispitivanja raspodele odnosa Th/U na primeru gredenskih slojeva Žirovskog vrha (ova knjiga).
10. P a v l o v i ć, S., 1963: Izučavanje granitoidnih masiva Surdulice, Cera, Stalaća, Gornjana i Plavne. Fond. str. dok. Geoinstituta, Beograd.

11. Pavlović, S., 1964: Izučavanje granitoidnih masiva Jugoslavije. Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.
12. Rončević, G., 1979: Izveštaj o istraživanju urana na području Vranje — Pčinja u 1978. godini. Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.
13. Taylor, S.R., 1964: Abudance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geochem. et Cosmochem. Acta, Vol. 28, No. 8, p. 1273—1285.
14. Vinogradov, A.P., 1962: Srednie soderžanie himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih gornih porod zemnoj kori. Geohimija, No. 7, Moskva.
15. Vojtkevič, G.V., Mirošnikov, A.E., Povarennih, A.S Prohorov, V.G., 1977: Kratkij spravočnik po geohimiji. »Nedra«, Moskva.

Summary

DISTRIBUTION OF URANIUM, THORIUM AND POTASSIUM IN MAGMATIC AND METAMORPHIC ROCKS OF KUKAVICA AND BESNA KOBILA

by

Veljko Omaljev

Key words: distribution, uranium, thorium, potassium, magmatic rocks, metamorphic rocks, Kukavica, Besna Kobila (Serbia).

This paper represents the first application of a new method of statistical study of distribution of radioactive elements in the magmatic and metamorphic rocks in Yugoslvaia; the former papers by this author have treated the application of dual histograms on Val Gardena deposits of Zirovski Vrh area, Slovenia.

For a better understanding of this statistical method, author suggests the reader to study his previously published papers (Omaljev, 1978a, 1978b), where the definitions of theorem and laws of distirbution were discussed. The distribution of individual element is always presented in a mathematical form, by the parameters of distribution. These parameters determine whether the distribution is symmetrical (sometimes close to normal), left asymmetrical (logarithmic, sometimes close to log-normal) or right-asymmetric.

The populations of elements in rocks of Besna Kobila and Kukavica areas were given in form of statistical samples, where the processes of formation of various lithologic units were taken into the account as well. The statistical studies were made separately for metamorphic rocks of Kukavica, granitic rocks of Kukavica and Besna Kobila, and the volcanites of Besna Kobila. Within the metamorphic and igneous magmatic rocks, a number of partial statistical samples were made accordin to petrologic types of rocks.

The inadequate number of data within some of the statistical samples has prevented the statistical study of distribution. The statistical investigations were conducted for samples with more than fifty data, except for volcanites; however, the number of data was never less than 25.

The geological independent variables represent the concentrations of elements in the unit volumes, and their symbols were *x* for uranium, *y* for thorium, and *z* for potassium.

The distribution of uranium in all lithologic types of magmatic and metamorphic rocks is left-asymmetric, with uranium present in petrogenic minerals. According to the distribution density curves, here the important role play accessory minerals. The distribution density curve in crystalline schists is polymodal due to the large heterogenity of this statistical sample, i.e., this sample containns the rocks of different mineral composition. The polymodalism is also expressed in uranium distribution in granodiorite of Besna Kobila, where three partial populations are present. Particularly unusual is the distribution in granite os Kukavica, where the right side of histogram is seemingly missing (Fig. 2 and 4). The destruction of a part of uranium population occured during a subsequent process, whether a late magmatic (the endogene redistribution of uranium), or, more probably, during the weathering of granite and consequent leaching of uranium.

The average uranium concentrations in the rocks of Kukavica are at the average levels of the Earth's crust or of the corresponding differentiates of magmatic rocks; the granodiorite and volcanites of Besna Kobila Th/U ratio is relatively unchanged.

The thorium distribution in rocks of Kukavica is close to symmetrical, with an exemption of crystalline schists. The thorium populations in granite and gneiss are compact and unimodal, caused by dispersion of thorium within the petrogene minerals. In the magmatic rocks of Besna Kobila the distribution is bimodal, probably due to the presence of larger amounts of accessory minerals that act as thorium concentrators.

The average thorium concentrations in granite and gneiss of Kukavica are similar and slightly under the average for the Earth's crust. The Th/U ratios are lower, particularly in granite; this can be explained as due to some specialization of this magma in respect of uranium. The thorium concentrations in crystalline schists are highly reduced, but the Th/U ratio is relatively unchanged.

The magmatic rocks of Besna Kobila are enriched in thorium up to the average level of the acidic magmatic roks. The Th/U ratio is sharply reduced; this can be explained also by the fact that these magmas were specialized in uranium, but in a lsser degree relative to Kukavica.

The potassium distribution in metamorphic rocks of Kukavica is left-asymmetrical, caused by the distribution of potassium in petrogene minerals by the logarithmic law. In magmatic rocks, potassium shows a right-asymmetric distribution. In granodiorite and volcanites of Besna Kobila, the normal tendency of potassium distribution is particularly well expressed. In the granite of Kukavica, the right asymmetry is caused by a highly enriched partial population of potassium in the right side of histogram (Fig. 2 and 6), introduced by the processes of potassium metasomatosis.

The average potassium concentrations in the magmatic rocks of Besna Kobila are slightly below the Eearth's crust average for acidic magmatic rocks; however, granite oh Kukavica is highly enriched in potassium. The potassium cencentration in various metamorphic rocks are highly dependent on mineral composition.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 31—42, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 31—42, 1980, Belgrade.

Đorđe Klajn*

UDK 553.495 (497.11)

HIDROTERMALNA MINERALIZACIJA URANA MANDRE I NJENA MOGUĆA VEZA SA SKRIVENIM STRATIFORMNIM LEŽIŠTEM URANA

Područje antiklinale Dičine sa rudnom pojavom urana Mandre nalazi se u aktiviranom obodnom delu središnog masiva Srpsko-makedonske mase, koji strukturno pripada Vardarskoj zoni — istočnom delu unutrašnjih Dinarida. Ono je izgrađeno od donjeg metamorfnog paleozojskog, škriljastog, srednjeg mezozojskog molasno-karbonatnog i gornjeg alpskog vulkanogeno-sedimentnog strukturnog kata, čiji su stenski kompleksi ispresecani brojnim dubinskim i drugim rasedima prvog i nižih redova.

Sulfidno-uransko žično orudnjenje rudne pojave Mandre nalazi se na sitnoubranom istočnom krilu antiklinale Dičine, izgrađenom od sericitsko-hloritskih i grafitičnih škriljaca paleozojske starosti. Ono sadrži samo u površinskom delu orudnjenja pehblendu, koje u dubljim delovima nema. Nastanak ove rudne pojave urana vezuje se za postvulkanske hidrotermalne rastvore, koji su ispirali uran iz crnih uranonosnih škriljaca ili mineralizacija urana u metamorfnim škriljcima jezgra antiklinale Dičine i staložile ga na sulfidnoj ili grafitičnoj redukcionoj barijeri bliže površini.

U radu se razmatra mogućnost postojanja stratiformnog nagomilanja urana u stenama ispod rudne pojave urana Mandre i drugih rudnih pojava šire okoline antiklinale Dičine, koje bi prema tome bile indikatori skrivenog stratiformnog orudnjenja urana.

UVOD

Antiklinala Dičine nalazi se u južnom delu Šumadije istočno od Gornjeg Milanovca u SR Srbiji. U morfološkom pogledu ovo je tipično blago zatalasano područje Šumadije. Razuđenu mrežu vodenih tokova drenira reka Dičina leva pritoka Zapadne Morave.

Šire područje antiklinale prospektovano je od 1964. do 1970. godine regionalnim geološkim, aeroradiometrijskim i hidrogeohemijskim ispitivanjima. Otkrivene anomalije radioaktivnosti i hidrogeohemijske anomalije ispitivane su dalje radiometrijskim, emanacionim i geohemijskim metodama, a rudne pojave i rudarskim radovima (raskopima i istražnim bušenjem). Na rudnoj pojavi urana Mandre izvršeno je 1970. godine raskopavanje i istražno bušenje (V. F i l i p o v i ć 1968. i 1971). Najzad, 1976. godine izvršeno je metalogenetsko izučavanje razmere 1 : 50.000 sa prognozom na uran šireg područja ove antiklinale (M. R i s t i ć, i dr. 1976).

GEOLOŠKO-STRUKTURNA GRAĐA

Područje antiklinale Dičine ima dosta komplikovanu geološko-strukturnu građu, koja se sastoji od paleozojskih, mezozojskih i neogenih lito-

* Đ. Klajn, Geoinstitut, Beograd, Rovinjska 12.
Recenziju rada vršio: Dr Omaljev V., Geoinstitut, Beograd, Rovinjska 12.

stratigrafskih kompleksa, koji izgrađuju donji, srednji i gornji strukturni kat.

Paleozojski kompleks je izgrađen od serije škriljaca karbona i krečnjaka gornjeg perma; mezozojski kompleks je predstavljen donje i srednjetrijaskim krečnjacima, laporcima, peščarima, dolomitima, krečnjacima i porfiritima sa piroklastitima, gabrovima, dijabazima i serpentinisanim gabrovima, i najzad, od gornjekrednih laporaca, krečnjaka i fliša; neogeni kompleks sastoji se od vulkanogeno-sedimentne serije srednje i gornjomiocenske starosti, izgrađene od vulkanskih breča i tufova potpuno hidrotermalno izmenjenih.

Paleozojska serija škriljaca uslovno mlađepaleozojske starosti predstavlja najstarije stene ovog područja. Ona je otkrivena u vidu šire trake duž celog toka reke Dičine sa obe njene strane. Manji delovi ovih stena nađeni su u dolinama reka Ozrenice i Brusnice (slika broj 1).

Ova se serija sastoji od sericitskih i filitičnih škriljaca, kao i manjim delom od škriljavih peščara. Sericitsko-hloritski škriljci su najzastupljeniji član serije, a u njima se javljaju grafitični škriljci u vidu manjih sočiva. Debljina ovih sočiva je od nekoliko santimetara do nekoliko metara. Filitični škriljci, argilošisti i uškriljeni peščari su sasvim podređeno rasprostranjeni.

Boja sericitsko-hloritskih škriljaca varira od sivozelene, preko mrke do tamno sive. Oni su dobro uškriljeni, škriljave tekstrue i samo mestimično okcaste. Stenska masa je većim delom sveža, raspadnuta je samo površinski i duž razloma, ili kontakta sa vulkanitima.

Celokupna škriljava serija je ubrana u brojne nabore, čija veličina varira od nekoliko metara do nekoliko desetina metara. Grafitični škriljci se jasno izdvajaju od sericitsko-hloritskih škriljaca, od kojih se razlikuju tamno-sivom, skoro crnom bojom i veoma finom škriljavošću u vidu tankih listića. Delovi ovih škriljaca uvek su jače erodovani i ubrani nego sericitsko-hloritski škriljci. Njihova je struktura lepidoblastična, retko okcasta ili porfiroblastična. Sastoje se od: veće količine agregata, zrna ili sočiva kvarca, zatim sericita, hlorita, muskovita i biotita, čije su liske obično limonitisane i deformisane usled pritisaka, zatim, od akcesornih sastojaka — turmalina, apatita, cirkona i retko karbonata. U ovim se škrijcima nalazi i grafit u različitim količinama, što uslovljava prelaze od pravih grafitičnih do sericitsko-hloritskih škriljaca. Najzad, mnogobrojne kvarcne žice čija debljina varira od nekoliko santimetara do 1 metra, nalazi se u ovoj škriljavoj seriji.

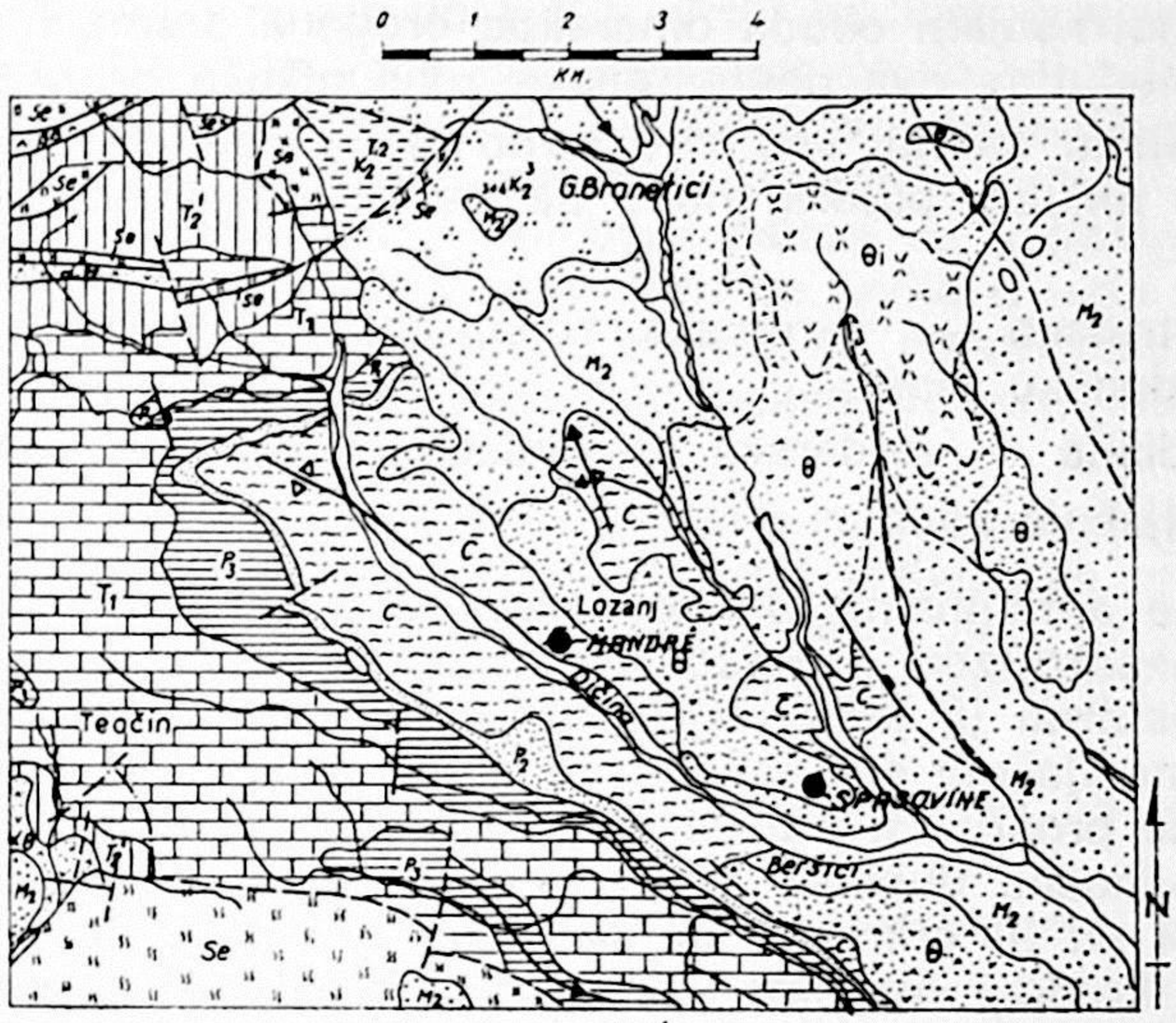
U dolini Lozanskog potoka, desnoj pritoci Brusničke reke seriju sericitsko-hloritskih škriljaca probili su na više mesta mlađi neogeni vulkaniti. Duž kontakta zapažaju se produkti hidrotermalne alteracije, uglavnom kaolinizacije. Pojave sulfidne mineralizacije, takođe su vezane za alterisane delove ove serije.

Starost ovih škriljaca nije faunistički utvrđena, već je određena na osnovu superpozicije, kao mlađepaleozojska — karbonska.

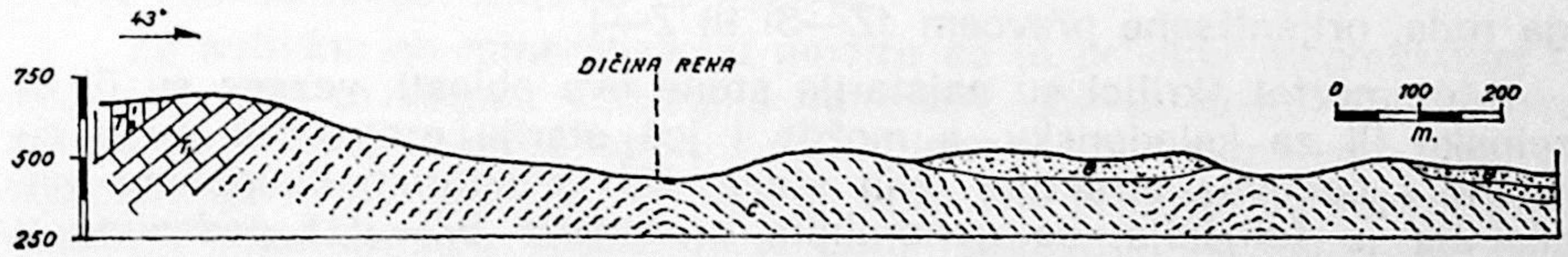
Upoređenje paleozojske (karbonske?) škriljaste serije Dičine sa paleozojskim tvorevinama jadarske oblasti, koje se sastoje od srednjedevonskih karbonatnih i terigenih sedimenata, donjokarbonskih škrilja-

PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA LOKALNOSTI DIČINSKE ANTIKLINALE

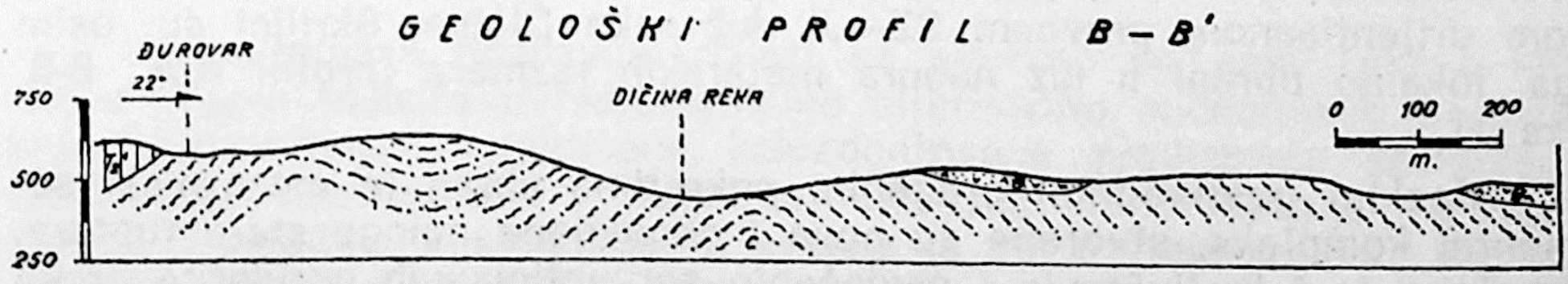
(OGK - LIST GORNJI MILANOVAC 1:100.000)



GEOLOŠKI PROFIL A–A'



GEOLOŠKI PROFIL B–B'



SLIKA 1

stih tvorevina sa retkim interkalcijuma i sočivima krečnjaka i škriljavih krečnjaka, ukazalo je na moguću njegovu veću geološku starost.

Najzad, gornjopermski krečnjaci javljaju se u jezgru antiklinale Dičine u vidu uzane trake pružanja severozapad—jugoistok.

Područje antiklinale Dičine geotektonski pripada zoni unutrašnjih Dinarida. Ova zona predstavlja veoma složenu geotektonsku jedinicu i nalazi se na unutrašnjem obodu dinarskog orogena prema Srpsko-makedonskoj masi. Međutim, ova geotektonska zona nikako ne predstavlja jedinstvenu tekontsku celinu, već strukturno jasno definisan prostor u kome po mišljenju mnogih autora mogu da se izdvoje tri osnovne tektonske celine:

— Unutrašnja — vardarska zona, koja se nalazi neposredno uz Srpsko-makedonsku masu;

— Središna — vardarska ili šumadijsko-vardarska zona;

— Spoljašnja zona.

Pordučje antiklinalne Dičine nalazi se u vardarsko-šumadijskoj tektonsko-magmaaskoj zoni i pripada tzv. južnoj šumadijskoj rudnoj zoni. Ovo područje prostorno je jasno ograničeno sa istoka veoma intenzivnom centralno-šumadijskom dubinskom rasednom zonom (S. V u k a š i n o v i ć, 1976), koja se prostire u pravcu SSZ—JJI. Ova rasedna zona (od Gledića do Avale), odnosno dubinski rased obeležena je ultramafitima i drugim bazitima, koji su ili otkriveni na površini, ili što je češće pokriveni su sedimentima krede i neogena. Centralni šumadijski rased predstavlja višekratno aktiviranje i još uvek tektonski aktivnu zonu, čija je evolucija imala odlučujući značaj za facijalni razvoj područja, ali i za stvaranje i prostorni raspored rudnih rejona, rudnih polja i orudnjenja pretežno polimetaličnih i drugih mineralnih sirovina.

Pored ovog raseda koji predstavlja dislokaciju prvog reda, pošto ima regionalni i dubinski karakter, u prostoru koji on ograničava, postoji i više velikih rasednih struktura drugog reda, čije je pružanje pretežno SZ—JI. Oni su predisponirali vulkanske komplekse, čije se pružanje i prostorni raspored poklapa sa pružanjem i rasporedom ovih rupturnih struktura.

Osim njih, u ovom se području mogu izdvojiti brojne rupture trećega reda, orijentisane pravcem JZ—SI ili Z—I.

Metamorfni škriljci su najstarije stene ove oblasti, vezane su ili za hercinsku ili za kaledonsku, a možda i još stariju orogenezu, kada su stvarane i osnovne strukture ovih stena. Od strukturnih elemenata najznačajnija je folijacija, sa generalnim pružanjem SZ—JI i padovima u severoistočno, odnosno, jugozapadno polje. Oni grade antiklinalu sa osom orijentisanom pravcem SZ—JI duž reke Dičine. Škriljci su, osim toga, lokalno ubrani u niz nabora metarskih razmera (profili A-A', B-B' slika 1).

Alpskim postkrednim orogenim pokretima ubran je mezozojski sedimentni kompleks, stvorene su nove i obnovljene mnoge stare rupture, a izvršeno je i kraljuštanje i navlačenje serpentinisanih peridotita preko trijaskih i permskih sedimenata.

Rudne pojave urana

Na kontaktu sericitsko-hloritskih i grafitičnih škriljaca otkrivena je uranonosna zona, pružanja istok—zapad, dugačka 100 i široka oko 18 m, čija je radioaktivnost iznosila 150 mikrorentgena na čas. Upravno na nju otkrivena je i druga uranonosna zona dužine 160 a širine do oko 20 m, čija je radioaktivnost iznosila do 80 Uh. Prva je zona proveravana raskopavanjima i izmerena je najveća radioaktivnost do 850 μh. U ovoj zoni se od minerala urana javljaju pehblenda i radioaktivni barit. Pored toga, prevlake pehblende su nađene na površinama krupnijih limonitisanih zrna i impregnacija pirita. Pehblenda i radiobarit nalaze se u paragenezi sulfidnih minerala u kojoj preovlađuje pirit. Pirit se javlja u vidu sitnog praha (nekad sa mineralima bakra) rasut u sericitskoj masi; znatno su manje zastupljeni halkopirit, tetraedrit, sfalerit, nekad galenit, markasit i najzad, malo martita, magnetita i hromspinela.

Uranonosna zona sadrži pored sulfidnih minerala i karbonate i radiobarit kao mineralne jalovine. Od karbonata javljaju se pretežno dolomit-ankerit, minimalno kalcit i sporadično siderit. Žuti ili radioaktivni i obični barit nalaze se u obodnom delu uranonosne zone u manjim ili većim količinama.

Sadržaji urana u uranonosnoj zoni varirali su od 58—973 gr/t pri debljinama orudnjenja od 0,7 do 1,7 m.

Sadržaji retkih i rasejanih elemenata u radioaktivnoj zoni Mandre, olovocinkovoj mineralizaciji Brajića potok i kvarcisanim stenama na kontaktu između bazičnih stena i ignimbrita, ukazuju na iste odlike intenzivne hidrotermalne aktivnosti, koja je u zavisnosti od okolnih stena stvarala mestimično različite parageneze.

Mineralisana zona sa vidljivom sulfidnom mineralizacijom ima povećane sadržaje bakra i barijuma; vulkaniti i miocenski krečnjaci imaju povećane sadržaje nikla, hroma, stoncijuma i cirkonijuma, koji su karakteristični za bazične stene; a škriljci iz istražnih bušotina imaju povećane sadržaje vanadijuma, nikla i hroma.

Na rudnoj pojavi Mandre izbušene su dve istražne bušotine ukupne dužine oko 500 m, kojima je ispitivana uranonosna zona do dubine 50—60 m. Njima je presečena sulfidna mineralizacija bez minerala urana, čija je radioaktivnost iznosila 10—12 μh.

Za sulfidnu se mineralizaciju smatra da je produkt magmatskog ognjišta za koje je vezana vulkanska aktivnost, dok je uranska mineralizacija produkt alkalno-karbonatnih i sa ugljenom kiselinom postvulkanskih hidrotermalnih rastvora, koji su ispirali uran bilo iz njegovih koncentracija možda i stratiformnog oblika ili iz crnih ugljevitih škriljaca antiklinale Dičina.

Rudna pojava Spasovina nalazi se severno od sela Takova blizu rudne pojave Mandre u hidrotermalno alterisanim andezitskim brečama, koje su opacitisane, opalitisane, kalcedonitisane, argilizirane, sericitisane (feldspati), hloritisane i fosfatisane. Uranska mineralizacija ispunjava prsline i pukotine u rasedima, a vezana je za kriptokristalastu fosfatnu materiju apatitskog sastava, koja zajedno sa opalom gradi zrna veličine do 0,5 cm. Sadržaji urana u mineralizovanoj zoni dužine oko 40 m vari-

rali su od 47 do 660 gr/t, ali su se brzo smanjivali i na dubini preko 40 m nje više nema.

Nasuprot rudnoj pojavi Mandre, ova bi rudna pojava najverovatnije bila descedentnog — infiltracionog nastanka, slično nizu drugih rudnih pojava vezanih sa fosfatnom materijom, od kojih je većina sa još manjim vertikalnim intervalom orudnjenja urana, verovatno zbog manje poroznosti okolnih stena.

Poreklo urana

Za utvrđivanje verovatnoće mogućeg nalaska skrivenog stratiformnog ležišta urana u crnim grafitskim i sericitsko-hloritskim škriljcima antiklinale Dičine, ima veliki značaj određivanje porekla urana u rudnoj pojavi Mandre.

U svetu danas preovlađuje mišljenje, da je najveći deo urana sadržanog u zemljinoj kori unet u stenske komplekse donjeg i srednjeg proterozoika, moguće na način kako su to P. Savić i S. Pavlović, (1954) izneli u svom saopštenju o geohemiji urana, njegovim iznošenjem iz dubokih delova zemlje koji se nalaze ispod mantije. Docnije je vršeno samo premeštanje i preraspodela urana u sve mlađim i mlađim stenskim kompleksima V. J. Smirnov (1965), kako dejstvom endogenih, tako i egzogenih procesa. Najveća nagomilavanja urana u svetu, međutim, nastala su poligenim procesima — sedimentacija, metamorfizam i magmatsko aktiviranje, najverovatnije iz crnih ugljevitih uranonosnih škriljaca proterozojske starosti.

U svetu se, inače, počev od donjeg proterozoika nadalje, povećane količine urana nalaze u stenama sa povećanim sadržajima organskih materija. Iz ovih se stena uran može lako da ispira dejstvom toplih alkalno-karbonatnih rastvora i rastvora sa ugljenom kiselinom, a zatim, da bude pretaložen u rudnim žicama urana i uranonosnim metasomatitima. Rudne pojave urana Mandre su najverovatnije nastale na sličan način, pri čemu je šestovalentni uran bio redukovan u četvorovalentni iz alkalno-karbonatnih rastvora i pretaložen na sulfidnoj i grafitičnoj redukcionoj barijeri.

Metalogenetska izučavanja šireg područja rudne pojave Mandre i antiklinale Dičine (M. Ristić i Đ. Klajn, 1976) ukazala su, da se nagomilanja urana javljaju sporadično i da su nastala u postvulkanskoj fazi, ispiranjem urana hidrotermalnim rastvorima vezanim za magmatsko ili apofizno vulkansko ognjište, a iz stratiformnih nagomilanja poreterozajske starosti, ili iz staropaleozojskih koncentracija urana u crnim ugljevitim škriljcima (kaledonidi), ili iz mladopaleozojskih nagomilanja urana u donjekarbonskim crnim škriljcima (hercinidi).

U sva tri slučaja u toku procesa strukturno-magmatskog aktiviranja uran je bio ispran hidrotermama iz ovih uranonosnih stenskih masa. Kako starost grafitičnih i sericitsko-hloritskih škriljaca antiklinale Dičine nije utvrđena, te može da bude karbonska, devonska, silurska, a može da bude i donjepaleozojska, ispod njih je moguće postojanje sva tri navedena uranonosna stenska kompleksa sa nagomilanjima urana, iz kojih je on bio ispran i unet u zone drobljenja u grafitičnim i sericitsko-hloritskim

škriljcima, aktiviranjem tektono-magmatskom procesa u alpskom orogenom ciklusu,.

Razmatranjem evolucije stvaranja ležišta urana u vremenu i prostoru, kao i upoređenjem geološke sredine u kojoj se nalazi rudna pojava Mandre, sa takvim sredinama u kojima se nalaze ležišta urana, dolazi se do pitanja, vezanim sa ocenom perspektivnosti ove rudne pojave, porekla urana u njoj i njene moguće veze sa nagomilanjima urana u stenama ispod sericitsko-hloritskih i grafitičnih škriljaca antiklinale Dičine.

U paleozojskim nabranim oblastima (F. I. V o l f s o n, 1978) nalaze se endogena ležišta urana u središnjim masivima ili njihovom nabranom obodu. Za nabrane obode središnjih masiva, što je slučaj sa područjem antiklinale Dičine, tipična su stratiformna ležišta urana, bez neke vidljive veze sa magmatizmom, koja pripadaju sulfidno-uranskoj i čisto uranskoj (malosulfidnoj) uranskoj formaciji.

Proterozojski i većina paleozojskih ugljevito-kvarcnih škriljaca sadrže ogromne količine urana, fosfora, molibdena, vanadijuma, nikla, olova, srebra, stroncijuma, barijuma, arsena i dr. Sadržaj ovih elemenata u ordovicijskim škriljcima je za 10—12 puta veći od sadržaja u sličnim stenama druge starosti, u kojima, na primer, sadržaji urana variraju od 5—10 gr/t (K a z a n s k i i dr., 1978).

Ležišta urana u crnim ugljevitim škriljcima paleozojske starosti nalaze se samo u obodnim delovima središnih masiva nabranih oblasti, a u zonama velikih dubinskih razloma (K a z a n s k i i dr., 1978) u kojima su izvršeni magmatski i drugi epigenetski procesi preraspodeljivanja urana. Ležišta se nalaze u serijama metamorfnih stena, koje se sastoje od liskunsko-glinenih škriljaca, crnih ugljevito-kvarcnih škriljaca i glinenih kvarcnih i krečnjačkih škriljaca, preko kojih leže glineni škriljci i karbonatne stene. To su stratiformna poligena (sedimento-dijagenetsko-hidrotermalna) ležišta. Drugi genetski tipovi paleozojskih hidrotermalnih ležišta nalaze se u orogenim kompleksima vulkanskih i intenzivnih stena pretežno kiselog sastava.

Proces poligenog stvaranja ovakvog ležišta urana izvršen je bio na sledeći način: povećani sadržaji urana u stenama prekambrije u jezgrima središnog masiva, bili su primarni izvor urana za stvaranje uranonosnih crnih škriljaca i drugih geosinklinalnih stena bez ekonomske vrednosti, nastali erozijom i razaranjem antiklinainih jezgra središnog masiva i taloženjem urana posredstvom detritusne ugljevite materije. Docniji metamorfni procesi izvršili su preraspodelu i koncentraciju singenetskog — dijagenetskog urana, a orogeni magmatski procesi donosili su kako magmatogeni, tako i hidrotermalno mobilisan ili preraspoređen uran iz uranonosnih sedimentnih stena i crnih škriljaca.

Slično kao u mnogim drugim delovima zemljine kore, stvorene su tektono-magmatskim aktiviranjem endogene rudne pojave urana Mandre, na račun urana iz crnih škriljaca, koga su lako ispirale tople vode sa ugljenom kiselinom, nastale u postmagmatskoj fazi alpske orogeneze. Ovi postvulkanski hidrotermalni rastvori su pri prolazu kroz nabranu škriljastu seriju antiklinale Dičine mogli da ispiraju uran iz ugljevitih uranonosnih crnih škriljaca različite starosti, pa možda i ordovicijske, koje su sadržavale znatno veće količine urana i drugih elemenata.

Primarni singenetsko-dijagenetski uran vezan za ugljevitu materiju, bio je prilikom metamorfizma preraspodeljen i koncentrisan. Višestruko tektonomagmatsko aktiviranje praćeno postmagmatskim hidrotermalnom aktivnošću, vezanom za bazične, alkalne i kisele eruptive hercinske i alpske orogeneze, moglo je da izvrši novu preraspodelu urana i da stvori skrivena poligena orudnjenja urana ekonomske vrednosti. Pri tome bi rudne pojave urana Mandre bile indikatori skrivenog poligenog stratiformnog orudnjenja urana ili nagomilanja urana u crnim škriljcima ispod njih.

Nedostatak orudnjenja urana u dubljim delovima uranonosnih sulfidnih žica Mandre, ukazuje na kasnije taloženje urana odvojeno od sulfidne mineralizacije. Poznato je da proces vulkanizma ne može da stvara koncentracije metala u kontinentalnim uslovima (M. Ristić, 1964). Stoga bi otkrivene rudne pojave urana nastale postvulkanskom hidrotermalnom aktivnošću magmatskog ognjišta ili apofiznog vulkanskog ognjišta, ujedno bile i indikatori stratiformnih koncentracija urana u crnim paleozojskim ili starijim škriljcima donjeg strukturnog kata ispod njih (V. I. Smirnov, 1965).

Vrlo je verovatno da i druge rudne pojave urana šireg područja Dičine vode poreklo od urana iz crnih škriljaca, ali je njhova veza sa njima veoma teško uočljiva, zbog najmanje tri uzastopne faze vulkanske aktivnosti, čiji su izlivi pokrivali vulkanske centre i izlive prethodne faze, pa i rudne pojave urana u njima.

Već je napred bilo pomenuto da se šire područje antiklinale Dičine nalazi u obodnom delu nabranog pojasa ili aktiviranom obodnom delu središnog masiva. U podlozi vulkansko-tektonskih struktura: vulkanskih kupola, horst-antiklinala, kalderastih vulkansko-tektonskih struktura, nalaze se proterozojski ili i mlađi uranonosni stenski kompleksi. Oni mogu da se sastoje ili od stena sa povećanim sadržajem urana kao što su gvoždeviti kvarciti, amfiboliti, ugljeviti filiti i dr., ili od većih ili manjih nagomilanja urana žičnog, štokverknog ili stratiformnog oblika.

Ovi uranonosni stenski kompleksi, najverovatnije ugljononosni škriljci bili su izvor urana za njegova endogena nagomilanja, koja se mogu da nalaze u srednjem strukturnom katu, izgrađenom od molasnih i karbonatnih stena mezozojske starosti. Iz uranonosnih kompleksa uran je bio ispran hidrotermalnim rastvorima različitog nastanka i staložen bliže površini.

Na ovaj način može da se objasni neravnomerna raspodela rudnih pojava urana u širem području antiklinale Dičine (Borač, Rudnik i dr.), kojih često nema u inače sličnim i bliskog vremena stvaranja metasomatski promenjenim stenskim masama. Ujedno bi površine sa grupama rudnih pojava urana predstavljale odraz prostiranja dubljeg stratiformnog orudnjenja urana u stenama srednjeg i donjeg strukturnog kata ispod njih.

Mala količinska zastupljenost orudnjenja urana je najverovatnije prouzrokovana relativno brzim zatvaranjem dovodnih puteva hidrotermi, usled argilizacije škriljavih okolnih stena. Stoga, veličina orudnjenja rudnih pojava urana nije merilo veličine nagomilivanja urana u metamorfnim sedimentnim stenama ispod njih. Međutim, nedostatak mineralizacije urana u dubljim delovima žičnih rudnih punjenja, ukazuje da su uranonosne stene relativno na maloj dubini (500—1.000 m).

Na kraju se može zaključiti, da je rešenje pitanja porekla urana i stepena verovatnoće nalaska skrivenog stratiformnog orudnjenja urana u jezgru antiklinale Dičine i drugim sličinim antiformama donjeg strukturnog kata u širem području, od bitne važnosti za dalje usmeravanje istraživanja urana u ovom delu Šumadije, a vrlo verovatno i za druge delove ne samo Šumadije, nego i Jugoslavije.

Zaključak

Područje antiklinale Dičine sa rudnom pojavom urana Mandre nalazi se u južnom delu Šumadije istočno od Gornjeg Milanovca u SR Srbiji. Ono je deo aktiviranog oboda središnog masiva Srpsko-makedonske mase, koji strukturno pripada Vardarskoj zoni — istočnom delu Unutrašnjih Dinarida.

Ovo je područje izgrađeno od donjeg paleozojskog metamorfno-škriljastog, srednjeg mezozojskog molasno-karbonatnog i gornjeg alpskog vulkanogeno-sedimentnog strukturnog kata, čiji su stenski kompleksi ispresecani brojnim dubinskim i drugim rasedima prvog i nižeg reda.

Sulfidno-uransko žično orudnjenje rudne pojave Mandre nalazi se na sitnoubranom istočnom krilu antiklinale Dičine, izgrađene od sericitsko-hloritskih i grafitičnih škriljaca paleozojske starosti. Ono sadrži pehblendu u površinskom delu orudnjenja, koje u dubljim delovima nema, što je utvrđeno istražnim bušenjem. Pehblenda je u paragenezi sa piritom, halkopiritom, tetraedritom, sfaleritom, nekad galenitom, markasitom, martitom, magnetitom, hromspinelom i mineralima jalovine karbonatima — pretežno dolomitankeritom i radiobaritom.

Rudna pojava se sastoji od dve mineralisane zone upravne jedna na drugu, od kojih veća ima dužinu 160 i širinu 20 m, a orijentisana je pravcem istok—zapad. Sadržaji urana variraju u njoj od 58—973 gr/t, pri debljinama orudnjenja od 0,7—1,7 m.

Za sulfidnu se mineralizaciju smatra da je produkt magmatskog ognjišta za koje je vezana vulkanska aktivnost, dok je uranska mineralizacija produkt postvulkanskih alkalno-karbonatnih i sa ugljenom kiselinom hidrotermalnih rastvora, koji su ispirali uran bilo iz njegovih koncentracija možda i stratiformnog oblika ili iz crnih ugljevitih škriljaca antikinale Dičine.

U radu se razmatra mogućnost postojanja stratiformnog orudnjenja urana u stenama ispod rudne pojave urana Mandre i drugih rudnih pojava šire okoline antiklinale Dičine, koje bi prema tome bile indikatori skrivenog stratiformnog orudnjenja urana.

Proces poligenog stvraanja koncentracija urana stratiformnog oblika mogao je da se izvrši na sledeći način: povećani sadržaji urana u stenama prekambrije u jezgrima središnog masiva, bili su primarni izvori urana za stvaranje uranonosnih crnih škriljaca i drugih geosinklinalnih stena bez ekonomske vredonsti, nastali erozijom i razaranjem antiklinalnih jezgri središnog masiva i taloženjem urana posredstvom detritusne ugljevite materije. Docniji orogeni magmatski procesi dono-

sili su kako magmatogeni, tako i hidrotermama mobilisan ili preraspodeljen uran iz uranonosnih sedimentnih stena i crnih škriljaca.

Endogene rudne pojave urana Mandre stvorene su, kao u mnogim drugim delovima zemljine kore, tektono-magmatskim aktiviranjem, na račun stratiformnog urana iz crnih škriljaca, koga su lako ispirale tople vode sa ugljenom kiselinom, nastale u postmagmatskoj fazi alpske orogeneze. Ovi postvulkanski hidrotermalni rastvori su pri prolazu kroz nabranu škriljastu seriju antiklinalne Dičine mogli da ispiraju uran iz ugljevitih uranonosnih crnih škriljaca različite starosti.

Primarni singenetsko-dijagenetski uran vezan za organsku materiju, bio je prilikom metamorfizma preraspodeljen i koncentrisan, a zatim višestrukim tektono-magmatskim aktiviranjem praćenim postmogmatskom hidrotermalnom aktivnošću, vezanom za bazične, alkalne i kisele eruptive hercinske i alpske orogeneze, mogla je da se izvrši nova preraspodela urana i nastanu skrivena poligena orudnjenja urana ekonomske vrednosti.

Na kraju se može zaključiti, da je rešenje pitanja porekla urana i stepena verovatnoće postojanja skrivenog stratiformnog orudnjenja urana u jezgru antiklinale Dičine i sličnim antiformama donjeg strukturnog kata u njenom širem području, od bitne važnosti za dalje usmeravanje istraživanja urana.

Primljeno 23. VI 1980.

Recenzent dr Veljko Omaljev

LITERATURA

1. Geologija Srbije 1975. god. Prekambrijum i paleozojik. knjiga II—1, Beograd.
2. Filipović V., 1968: — Prospekcija urana u oblasti Šumadije (Fond stručne dokumentacije Geoinstituta).
3. Filipović V., 1971: — Prospekcija urana u oblasti Šumadije od 1969—1971. (Fond stručne dokumentacije Geoinstituta).
4. Volfson F.N., 1978: — Gidrotermalnije mestoroždenija urana, Moskva.
5. Kazanski i dr., 1978: Evolucija uranovogo rudno obrazovanija, Moskva.
6. Pejatović S., 1970: — Nekatorije osobenosti zonalnosti Šumadijskoj metalogeničeskoj zoni, Akademija nauka SSSR, tom 12, Moskva.
7. Ristić M., 1964: — Genetsko strukturni tipovi mineralizacija urana Jugoslavije (doktorska disertacija, RGF, Beograd).
8. Ristić M. i Klajn Đ., 1976: Metalogenetska izučavanja nuklearnih sirovina SRS. (Fond stručne dokumentacije Geoinstituta).
9. Višić S., 1971: — Uranonosna područja Šumadije. Radovi Geoinstituta, godina VI, sv. 7, Beograd.
10. Vukašinović S., 1963: — Aeromagnetska ispitivanja, (Fond stručne dokumentacije Geoinstituta).
11. Vukašinović S., 1976: — Doktorska disertacija (RGF Beograd).
12. Savić P. i Pavlović S., 1954: — Contributio al etude mineralogique de l' uranium. Comptes reudus AS, t. 238, Paris.
13. Smirnov V.J., 1965: — Geologija poleznih iskopaemih, Moskva.

Summary

HYDROTHERMAL URANIUM MINERALIZATION AT MANDRE, CENTRAL SERBIA, AND ITS EVENTUAL RELATION WITH SUPPOSED CONCEALED STRATIFORM URANIUM DEPOSITS

by

Đorđe Klajn

Uranium mineralization at Mandre occurs within the Dičina anticline, located in the east of Gornji Milanovac, in Central Serbia. This area represents a part of the activated flank of central zone of Serbo-Macedonian Mass, and belongs structurally to Vardar Zone and the eastern part of Inner Dinarides.

The lowermost geological unit is composed of Paleozic metamorphic schists; the Mesozoic sediments composed of carbonates and molasses are the middle unit; and the Upper Alpine volcanic-sedimentary rocks represent the uppermost unit. All these rocks are intersected by numerous fault-type structures of different magnitudes.

The vein-type mineralization at Mandre occurs in the eastern flank of finely folded Dicina anticline, composed of sericite-chlorite and graphitic schists, most probably of Paleozoic age. Pitchblende occurs with pyrite, chalcopyrite, tetrahedrite, sphalerite, sometimes also with galena, marcasite, martite, magnetite, and chromium spinels; the carbonaceous gangue consists mostly of dolomite-ankerite and radiobarite. Pitchblende occurs in the upper parts of veins anly, as confirmed by drilling. The mineralization consists of two perpendicular zones; the larger zone is about 160 m long and 20 m wide, and trends eastwards. The uranium grade varies from 58 to 973 ppm within 0.7—1.7 m wide intervals.

The sulphides are supposed to be produced by the magmatic center responsible for the production of volcanites. The uranium has been probably leached by the alkaline- carbonate and CO_2 enriched hydrothermal solutions, from the underlying uranium concetrations within the eventual stratiform deposits or the black organic shales of Dičina anticline.

The origin of uranium can be explained by several ways. The polygene stratiform uranium concetrations can be explained by absorption of uranium in the black shales from eroded Precambrian rocks in the central parts of central massifs; the uranium from the eroded anticlinal cores could be enriched within the marly organic sediments. Subsequently, the magmatic processes have redistributed both the original magmatic uranium and the uranium from the black shales and other sedimentary rocks.

As in several other similar cases, the endogene mineralizations at Mandre were probably formed by the tectonic and magmatic reactivation of stratiform uranium deposits in black shales; the warm waters with carbonic acid, formed in the postmagmatic phase of Alpine oroge-

sis, was the most probable responsible for such reactivation and redistribution. These hydrothermal solutions, by circulation through the folded schists of Dičina anticline, could have leached uranium from the black shales of different ages.

The original syngenetic and diagenetic uranium within the black shales was probably of no economic value; however, it could have been redistributed and enriched by metamorphic processes and further redistributed by several phases of magmatic and tectonic activity. The hydrothermal activity, related to basic, alkaline and acidic magmatism of Hercian and Alpine orogeneses, introducted the additional redistribution and concetration, with final result of formation of polygenetic uranium mineralizations of economic value.

The proof of this model can have the important implication in the directing of uranium exploration within the core of Dičina and other similar antiforms in this and adjacent areas, as these structures may contain, inside the Paleozoic schists, the concealed stratiform uranium deposits.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 43—66, god. 1980., Beogred.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 43—66, 1980, Belgrade.

Veljko Omaljev

UDK 519,2 : 553,495 (497.12)

TROKOMPONENTNI DVOJNI HISTOGRAM NA PRIMERU ODNOSA RASPODELE URANA, TORIJUMA I KALIJUMA U GREDENSKIM SLOJEVIMA ŽIROVSKOG VRHA

(sa 6 slika i 1 tabelom)

Ključne reči: trokomponentni dvojni histogram, uran, torijum, kalijum, gredenski slojevi, Žirovski vrh.

Statistička izučavanja raspodele urana, torijuma i kalijuma u funkciji nezavisnih i zavisnih geoloških promenljivih predstavlja završetak razrade nove metodologije autora, na primeru gredenskih slojeva Žirovskog vrha. Svaka informacija-proba o sadržaju ispitivanih radioaktivnih elemenata u stenama predstavlja trokomponentni sistem, te je logično njihovo kompleksno statističko izučavanje. Dosadašnji radovi autora tretirali su informacije kao jednokomponentne sisteme, tako da su statistička izučavanja raspodele ovih elemenata bila nezavisna. Pri tome međuzavisne veze ovih elemenata, koje svakako potiču iz geneze rasejavanja ili koncentrisanja, ostaju skrivene. Analiza raspodele trokomponentnim dvojnim histogramima izučava kompleksne geohemijske uticaje i veze između ispitivanih elemenata.

Autoru nije poznat slučaj ovakvog kompleksnog izučavanja statističke raspodele elemenata u stenama (u domaćoj i stranoj literaturi), što svakako daje obaveze definisanja metodologije ispitivanja, uključujući i probleme terminologije pojmova, koji su originalni i do sada još uvek nedovoljno precizni. Tu svakako dolazi problem upotrebe opšte poznatih termina u specijalne, statističke, namene, što do sada nije bilo moguće prevazići.

Ova statistička ispitivanja su primenjena na statističke uzorke jednorodnih geohemijskih sredina, uključujući i različite granulometrijske frakcije gredenskih slojeva Žirovskog vrha.

Ostaje nada autora da će ova kompleksna statistička ispitivanja zakona rasejavanja, odnosno koncentrisanja elemenata u stenama naći primenu u praksi.

UVOD

Trokomponentni dvojni histogram raspodele elemenata prikazuje složene zavisnosti u raspodeli urana, torijuma i kalijuma u formiranim statističkim uzorcima. Pri tome svaki od ova tri elementa igra ulogu nezavisne i zavisne geološke promenljive, a karakteristike njihovog rasporeda u prostoru izučavamo preko raspodela relativnih frekvencija, koje se menjaju iz klase u klasu, pokoravajući se opštim zakonitostima koje su odredile karakter raspodele atoma svakog elementa.

Činjenica da svaka informacija o sadržajima radioaktivnih elemenata predstavlja trokomponentni sistem opredeljuje obavezu kompleksnog izu-

čavanja raspodele, pri čemu dolaze do izražaja složene zavisnosti koje su posledica geohemijskih uslova sredine prilikom akumulacije u stenskoj sredini. Pri tome se mogu uočiti specifične sličnosti i razlike u ponašanju svakog izučavanog elementa, što daje korisne informacije o procesima geneze, koji su doveli do akumulacija ovih elemenata.

Poznato je da Žirovski vrh predstavlja uranovo ležište, i sva ispitivanja ovog sedimentnog kompleksa su usmerena na dešifrovanje uslova i procesa koji su doveli do akumulacije urana, uključujući i rudna tela sa ekonomski interesantnim koncentracijama urana. Međutim, u ovom radu mi izučavamo sterilne klastične sedimente ovoga rudišta urana, zahvatajući primarne oreole rasejavanja urana oko rudnih tela. Pri tome obraćamo naročitu pažnju na dešifrovanju uslova stvaranja i uloge torijuma i kalijuma, koji su stalno udruženi sa uranom još u endogenim uslovima stvaranja. Njihovo druženje je posledica sličnosti geohemijskog ponašanaja prilikom primarne diferencijacije i formiranja zemljine kore, a traje i u uslovima sedimentne diferencijacije (L. S. Evseeva, i dr., 1974). Naša ranija ispitivanja potvrđuju neke sličnosti u ponašanju urana, torijuma i kalijuma u sedimentnoj diferencijaciji na ovom prostoru (V. Omaljev, 1979b, 1979c, u štampi). Međutim, kompleks geohemijskih veza među ovim elementima do sada je ostao nepoznat.

Kompleksno izučavanje uzajamnih složenih zavisnosti migracije i akumulacije urana, torijuma i kalijuma u procesu sedimentne diferencijacije pomoću analize trokomponentnih dvojnih histograma predstavlja dalji rad na usavršavanju ove nove metodologije statističkih izučavanja. Teoretske osnove su ranije objavljene (V. Omaljev, 1978a, 1978b), a takođe i prva primena trokomponentnog dvojnog histograma na izučavanju raspodele korisnih metala u polimetaličnom orudnjenju jednog ležišta (V. Omaljev, 1978c).

Kompleksno izučavanje raspodela radioaktivnih elemenata u klastičnim sedimentima Žirovskog vrha su takođe selektivna, kao i u predhodnim jednokomponentnim izučavanjima. Ova selektivnost je prvenstveno geohemijska, a zatim i granulometrijska. Stenske sredine, odnosno populacije elemenata u njima, koje su stvarane u oksidacionim uslovima moraju apsolutno biti odvojene od populacija stvaranih u redukcionim uslovima; a to saznanje je dobijeno drugim metodama geoloških ispitivanja. U okviru svake geohemijske facije mogu se formirati posebni parcijalni statistički uzorci po granulometrijskim frakcijama klastičnih sedimenata.

Facijalna diferencijacija je osnovni vid sedimentne diferencijacije gredenskih klastita Žirovskog vrha, a facije su stvarane u različitim uslovima. Gredenski slojevi Žirovskog vrha su stvarani fluvijalnom sedimentacijom u jednom relativno velikom rečnom sistemu. Sedimenti rečnih korita su grublje granulacije, a uvek su se nalazili ispod nivoa stalnih podzemnih voda, te se u njima formirala i očuvala redukciona sredina. To su tvorevine sive boje, koje čine najveću masu produktivne sive gredenske subformacije. Sedimenti poplavnih ravnina su finije granulacije, a za vreme rane dijageneze su bili stalno izloženi dejstvu slobodnog kiseonika iznad nivoa stalnih podzemnih voda. To su tvorevine crvene boje i predstavljaju crvene proslojke u sivoj subformaciji (V. Omaljev, 1967).

Evolucijom rečnog sistema progresivno se smanjuju denivelacije terena u rečnom slivu, a sa tim opada mehanička energija rečnog toka

(V. O m a l j e v, 1979a). Istovremeno reka neprestano proširuje poplavnu ravninu, po kojoj počinje da meandrira i progresivno se razbija u složeni sistem raspletene reke. U završnoj fazi ove evolucije, reka se potpuno razbija na mnogobrojne rukavce, dolazi do preovladavanja oksidacionog režima sedimentacije i u sedimentima plitkih rečnih korita rukavaca, te dolazi do stvaranja samo crvenih klastičnih sedimenata crvene gredenske subformacije.

Raspodela urana, torijuma i kalijuma kao jednokomponentnih sistema obrađena je ranije (V. O m a l j e v, 1979b, 1979c, u štampi), te će biti samo pominjana u neophodnom obimu za razumevanje interpretacije trokomponentnih sistema.

Trokomponentni dvojni histogrami su izrađeni samo u logaritamskim statističkim razmerama log 1:10 (V. O m a l j e v, 1977a, 1977b), koja omogućava upoređenje populacija u istim uslovima. Napominjemo da pojam statističke razmere nema nikakve veze sa pojmom grafičke razmere (date numerički ili grafički kao razmernik). Statistička razmera reguliše veličinu jedne klase, tj. predstavlja vid standardizacije koja omogućava upoređivanje populacija elemenata u različitim sredinama, kao i upoređivanje populacija elemenata međusobno u istoj sredini.

Ovaj vid statističkih ispitivanja se nalazi u početnoj fazi, te je autor unapred zahvalan na sugestijama i predlozima u smislu unapređenja metodologije i terminologije statističkih pojmova u geologiji.

TROKOMPONENTNI DVOJNI HISTOGRAM

Informacije (probe) o koncentracijama radioaktivnih elemenata u klastičnim tvorevinama Žirovskog vrha su trokomponentne. Jedinične koncentracije urana, torijuma i kalijuma se nalaze u jediničnoj zapremini, odnosno količini materijala, koja ustvari materijalno predstavlja probu.

Da rezimiramo: svaka informacija ima četiri parametra:

1. Jediničnu zapreminu **(v)**, odnosno jediničnu količinu materijala **(q)**, koju zovemo orudnjenje st. (statističko).
2. Jediničnu količinu prvog elementa **x** (U).
3. Jediničnu količinu drugog elementa **y** (Th).
4. Jediničnu količinu trećeg elementa **z** (K).

Evidentno je da je moguće izučavanje raspodele relativnih frekvencija svakog od četiri parametra po svakoj od tri geološke nezavisne promenljive (svakom elementu). Pri tome je moguće da samo jedna komponenta igra ulogu nezavisne promenljive, dok su druge dve zavisne promenljive koje igraju ulogu pratećih komponenti. Pri tome se raspodela relativnih frekvencija svakog parametra ponaša kao funkcija nezavisne promenljive, i to definišemo na sledeći način:

f(x) — Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. po prvoj nezavisnoj promenljivoj (uranu).

f×(x) — Raspodela relativnih frekvencija urana po prvoj nezavisnoj promenljivoj (uranu).

$f_U(x)$ — Raspodela relativnih frekvencija torijuma po prvoj nezavisnoj promenljivoj (uranu).

$f_K(x)$ — Raspodela relativnih frekvencija kalijuma po prvoj nezavisnoj promenljivoj (uranu).

$f(y)$ — Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. po drugoj nezavisnoj promenljivoj (torijumu).

$f_U(y)$ — Raspodela relativnih frekvencija torijuma po drugoj nezavisnoj promenljivoj (torijumu).

$f_U(y)$ — Raspodela relativnih frekvencija urana po drugoj nezavisnoj promenljivoj (torijumu).

$f_K(y)$ — Raspodela relativnih frekvencija kalijuma po drugoj nezavisnoj promenljivoj (torijumu).

$f(z)$ — Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. po trećoj nezavisnoj promenljivoj (kalijumu).

$f_K(z)$ — Raspodela relativnih frekvencija kalijuma po trećoj nezavisnoj promenljivoj (kalijumu).

$f_U(z)$ — Raspodela relativnih frekvencija urana po trećoj nezavisnoj promenljivoj (kalijumu).

(z) — Raspodela relativnih frekvencija torijuma po trećoj nezavisnoj promenljivoj (kalijumu).

Raspodela relativnih frekvencija ova četiri parametra po bilo kojoj nezavisnoj promenljivoj može se pretstaviti grafički u obliku histograma ili dijagrama. Polazeći od konstatacije da je histogram najpregledniji oblik raspodele služimo se samo histogramom, dok se krive gustine raspodele relativnih frekvencija mogu lako zamisliti nad histogramom, te zato nisu posebno konstruisane.

Trokomponentni dvojni histogram se formira i konstruiše na uobičajeni način. Prvo se izvrši rangiranje po intenzitetu koncentracije svake nezavisne promenljive, istovremeno upisujući i vrednosti zavisnih promenljivih. Zatim se formiraju tabele apsolutnih i relativnih frekvencija posebno za svaku nezavisnu promenljivu (sa zavisnim promenljivim) po klasama logaritamske statističke razmere log 1:10 (u ppm za uran i torijum, a u % za kalijum). Konstrukcije trokomponentnih dvojnih histograma za svaki statistički uzorak se rade za svaki elemenat (svaku nezavisnu promenljivu), tako da su intenziteti koncentracija za svaku nezavisnu promenljivu jednaki po kolonama (jedne ispod drugih). Ovaj uslov apsolutno zadovoljava izabrana statistička razmera ispitivanja log 1:10.

Relativne frekvencije orudnjenja st. po klasama nezavisne promenljive se konstruišu na jedinstven način i jednake su kao na histogramima drugih metodologija statističkih ispitivanja. Razlika od drugih metodologija je u prikazivanju raspodela relativnih frekvencija samih elemenata u funkciji broja njihovih atoma u svakoj jedinačnoj zapremini, odnosno u svakoj klasi histograma. Ove relativne frekvencije se konstruišu unutar kolone (stuba) frekvencija orudnjenja st. pa se zato daju šematski u vidu užih kolona (stubića), koje daju samo intenzitet relativne frekvencije u klasi u njenoj sredini (slike od 1 do 6). Pri tome se nezavisna promenljiva daje u

sredini širim stubićem, a zavisne promenljive se daju sa strane užim stubićima.

Za svaki statistički uzorak konstruišu se tri trokomponentna dvojna histograma, jedan ispod drugog, koji daju pregled raspodela relativnih frekvencija urana, torijuma i kalijuma po svakoj od nezavisnih geoloških promenljivih. Razlike u dimenzijama koncentracija između rasejanih elemenata (urana i torijuma) i glavnog elementa zemljine kore (kalijuma) ne predstavlja teškoću za logaritamsku statističku razmeru, faktor razlike je 10^{-4}%, a tada se logaritamske dekade nalaze jedna ispod druge. Napominjemo da je suštinski važno navesti dimenzije logaritamske statističke razmere, kao log 1:10 ppm za uran i torijum, odnosno log 1:10% za kalijum.

Ovi histogrami moraju biti dovoljno pregledni za praktičnu upotrebu, što se postiže dovoljnom širinom klasa, odnosno logaritamskih dekada, tako da histogrami nisu suviše pretrpani stubićima. Pregledanost dopunjava različita šrafura (ili boja) stubića za svaku komponentu (elemenat), koja je uvek ista na svakom histogramu.

Na svakom histogramu su date numeričke vrednosti parametara raspodele elementa nezavisne promenljive, a na apscisi su naznačena mesta ovih parametara, koji predstavljaju glavne tačke dvojnih histograma. Zato u tekstu neće biti matematičkih izraza tipa raspodele (koji su ranije objavljeni), već će se samo oni pominjati, zavisno od potrebe.

STATISTIČKI UZORCI POPULACIJA

Raspodela urana, torijuma i kalijuma, kao i njihovi odnosi, zavise od uslova stvaranja i zrenja sedimenata. Procesi sedimentne diferencijacije, prvenstveno granulometrijske, bitno utiču na raspodelu singenetskih parcijalnih populacija ovih elemenata. Geohemijska situacija sredine, prvenstveno oksidaciono-redukcioni potencijal, bitno utiče na raspodelu dijagenetskih i epigenetskih populacija elemenata, a naročito na one sa promenljivom valencom.

Singenetske parcijalne populacije radioaktivnih elemenata su nasleđene još iz primarnih izvora sedimentnog materijala, a one su pretrpele promene u procesima sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije. Zato je neophodno voditi računa o ovim razlikama.

Dijagenetske parcijalne populacije ovih elemenata su formirane prilikom dijagenetskih procesa zrenja sedimenata. U uslovima smenivanja oksidacionih i redukcionih uslova u stenama najaktivniji je bio uran, dok su torijum i kalijum uglavnom bili imobilni. Međutim, ni jedan proces u prirodi nije idealan u smislu čistih hemijskih reakcija rastvaranja i ponovnog obaranja, jer je geološko vreme nedovoljno poznat faktor.

Prave epigenetske parcijalne populacije urana nisu poznate u ležištu, jer se stvaranje uranovog orudnjenja završilo sa dijagenezom sedimenata.

Formiranje statističkih uzoraka pri ovim ispitivanjima odnosa sa torijumom i kalijumom je strogo selektivno u odnosu na geohemijsku sredinu. Formirane su dve grupe statističkih uzoraka: 1) crveni klastični sedimenti crvene subformacije, i 2) sivi klastični sedimenti sive subformacije. Zbog malog broja podataka, iz ovih ispitivanja su isključene informacije iz

crvenih proslojaka u sivoj subformaciji. Zajedničko izučavanje crvenih i sivih litoloških predstavnika je isključeno, zbog suprotnog karaktera procesa rastvaranja i obaranja urana. U odnosu na populacije torijuma i kalijuma mogu se ovi statistički uzorci spojiti.

Po granulometrijskom sastavu, gredenske slojeve izgrađuju alevroliti, psamiti i psefiti crvene i sive subformacije. Formirani crveni i sivi statistički uzorci predstavljaju kolektivne (zajedničke) uzorke st., koji su sastavljeni od parcijalnih statističkih uzoraka crvenih ili sivih alevrolita, psamita i psefita.

Poseban je problem broja podataka (informacija) za ovakva formiranja parcijalnih statističkih uzoraka. Neki od njih su eliminisani zbog nedovoljnog broja podataka, ili su priključeni drugim statističkim uzorcima. Ukupno obrađujemo 455 informacija, čija je struktura prikazana na tabeli 1.

Tabela 1 — Struktura podataka po statističkim uzorcima

Statistički uzorak	Crvena subformacija		Siva subformacija		Ukupno
	N	%	N	%	
Alevroliti	82	56,16	12	3,88	94
Psamiti	57	39,04	178	57,61	235
Psefiti	7	4,80	119	38,51	126
Psamiti + psefiti	64	43,84			
Klastiti	146	100,00	309	100,00	455

Ovi statistički uzorci su ranije formirani, pri studijskim izučavanjima raspodele ovih elemenata (V. O m a l j e v, 1979b).

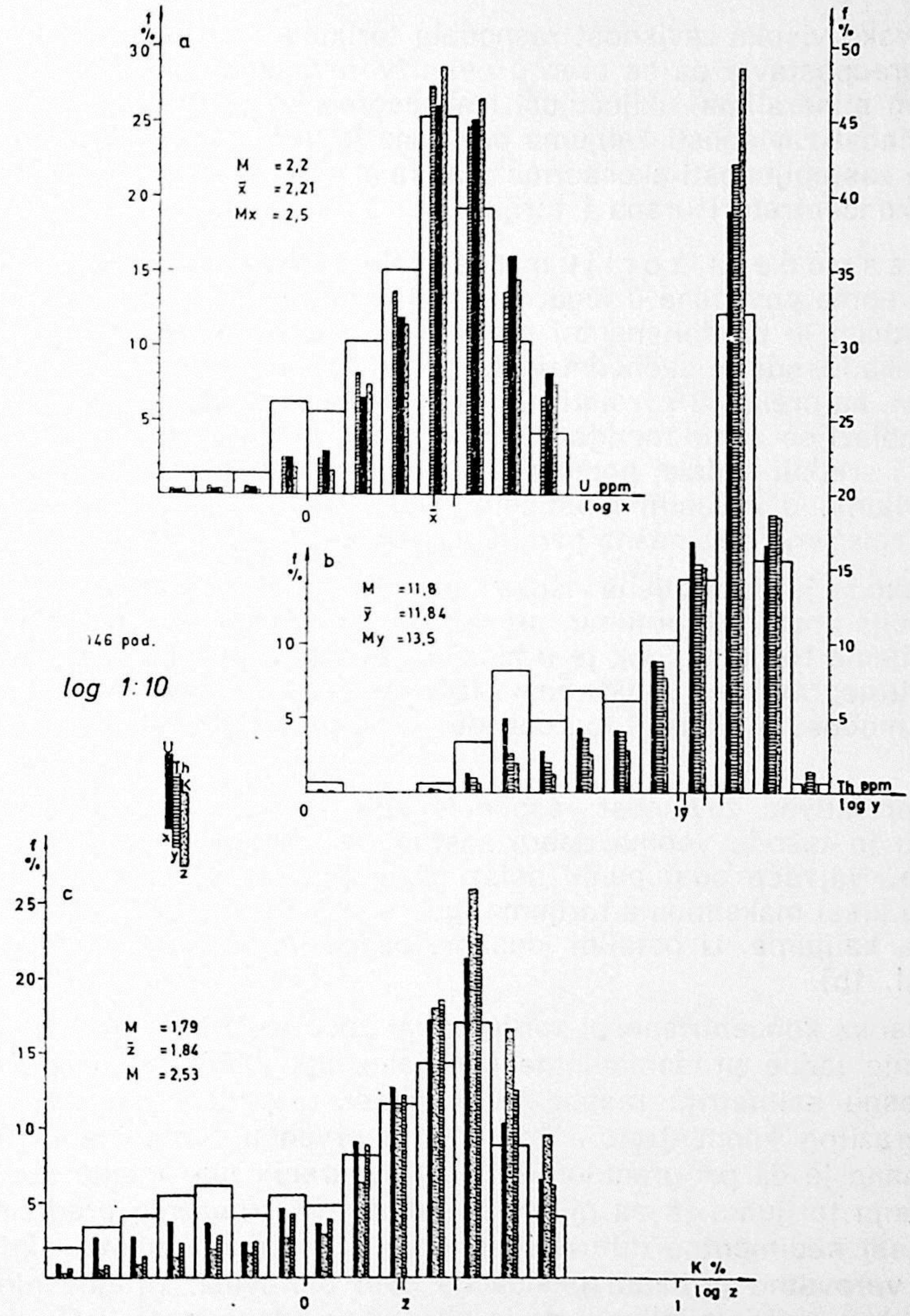
Crvena subformacija

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u klastičnim stenama crvene gredenske subformacije na Žirovskom vrhu je predstavljena statističkim uzorkom od 146 podataka (tabela 1). Ovaj zajednički uzorak st. sadrži parcijalne statističke uzorke po granulometrijskim frakcijama, koji će biti kasnije analizirani.

R a s p o d e l a u r a n a u crvenim klastičnim tvorevinama ove subformacije je normalna, a istovremeno je i logaritamski normalna. Uran se u ovim tvorevinama nalazi u kompaktnoj populaciji, koja u logaritamskoj statističkoj razmeri pokazuje desnu logaritamsku asimetriju raspodele relativnih frekvencija. Maksimalni intenzitet se nalazi u 4. klasi I log dekade, a u istoj klasi se nalaze i glavne tačke dvojnog histograma (parametri raspodele).

Veoma je karakteristična visoka zavisnost raspodele relativnih frekvencija torijuma i kalijuma u zavisnosti od urana (sl. 1a). Na niskim koncentracijama torijum je u ravnoteži sa uranom, na srednjim koncentracijama torijum je u suvišku nad uranom, dok na visokim koncentracijama urana je izražen njegov nedostatak. Minimalna koncentracija torijuma u pro-

bama se nalazi pri najnižim koncentracijama urana, dok se maksimalna koncentracija torijuma poklapa sa srednjim koncentracijama urana.



Sl. 1 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele urana, torijuma i kalijuma u klastičnim sedimentima crvene subformacije:
a — raspodela po nezavisnoj promenljivoj x (U),
b — raspodela po nezavisnoj promenljivoj y (Th),
c — raspodela po nezavisnoj promenljivoj z (K).

Fig. 1 — Three-component dual histograms of uranium, thorium and potassium distribution in clastic sediments of red subformation:
a — distribution based on independently variable x (U),
b — distribution based on independently variable y (Th),
c — distribution based on independently variable z (K).

Zavisnost raspodele kalijuma po uranu je veoma jasno izražena. Karakterističan je nedostatak kalijuma na niskim i najvišim koncentracijama urana, dok se u oblasti maksimuma nalazi suvišak kalijuma.

Ovako visoka zavisnost raspodele torijuma i kalijuma po uranu ide u prilog predpostavci da se uran u ovim tvorevinama isključivo nalazi u petrogenim mineralima, uključujući i akcesorne koncentratore urana i torijuma. Sličnost zavisnosti kalijuma od urana je verovatno posledica male količinske zastupljenosti akcesornih minerala, koji su u magmatskim stenama glavni koncentratori urana i torijuma.

Raspodela torijuma je malo desnoasimetrična, a ta asimetrija je veoma povećana u logaritamskoj razmeri log 1:10 ppm (sl. 1b). Karakterističan je predominantni maksimum relativnih frekvencija u 2. klasi II log dekade, gde je skoncentrisano preko 32% relativnih frekvencija orudnjenja st. sa preko 42% relativnih frekvencija torijuma. U ovoj klasi maksimuma nalazi se samo medijana torijuma *(My)*, dok su medijana orudnjenja st. *(M)* i srednji sadržaj pomereni u levo od maksimuma. Osnovna populacija torijuma u crvenim klastičnim tvorevinama nije jedinstvena, jer se izdvaja relativno siromašna parcijalna populacija u I log dekadi.

Takođe je zastupljena visoka korelativna zavisnost raspodele relativnih frekvencija urana po torijumu; urana je u suvišku na niskim i srednjim koncentracijama torijuma, dok je u manjku na najvišim koncentracijama. Oscilacije su nepravilne i uopšte malo izražene, najveći suvišak je u klasi sporednog modusa (6. klasa I log dekade), a najveći nedostatak je u klasi maksimuma.

Korelativna zavisnost raspodele relativnih frekvencija kalijuma po torijumu je takođe veoma dobro zastupljena, oscilacije kalijuma su malo izražene. Najveće odstupanje dolazi zbog prevelike skoncentrisanosti kalijuma u klasi maksimuma torijuma, gde se nalazi preko 48% relativnih frekvencija kalijuma. U ostalim klasama oseća se izvestan nedostatak kalijuma (sl. 1b).

Visoka koncentrisanost torijuma na početku II log dekade ukazuje na postojanje jedne predominantne parcijalne populacije, koja izaziva pomenutu desnu asimetriju raspodele. Karakter raspodele ukazuje na postojanje izrazitog koncentratora torijuma u crvenim tvorevinama Žirovskog vrha. Jasno je da pri granulometrijskoj separaciji nije moglo doći do koncentrisanja torijuma (a sa njim i kalijuma), već možemo predpostaviti da su procesi sedimentne diferencijacije uslovili i geohemijsku aktivnost torijuma, verovatno prilikom oksidacije ovih tvorevina. Drugovanje sa kalijumom ide u prilog mišljenju da je glinovita vezivna materija koncentrisala torijum, verovatno za vreme rane dijageneze ovih tvorevina.

Raspodela kalijuma je levoasimetrična, tj. logaritamska, sa veoma izraženom desnom logaritamskom asimetrijom (sl. 1c). Na desnoj strani histograma izdvaja se kompaktna parcijalna populacija sa maksimumom u 5. klasi I log dekade, dok se na levoj strani niže nekoliko parcijalnih populacija. Ovakva raspodela kalijuma ukazuje na složene uslove njegove akumulacije u crvenim tvorevinama Žirovskog vrha, što je svakako posledica složenih uslova sedimentne diferencijacije.

Zavisna raspodela relativnih frekvencija urana po kalijumu je relativno malo zastupljena, urana ima u suvišku na niskim i srednjim koncentracijama kalijuma, dok se na najvišim koncentracijama oseća znatan njegov nedostatak.

Torijum pokazuje znatno veću zavisnost od kalijuma, zavisnost je slična kao i kod urana ali su oscilacije znatno manje izražene; u tome se jedini izuzetak nalazi kod najbogatije klase (sl. 1c).

Crveni alevroliti

Crveni alevroliti, kao karakteristične tvorevine poplavnih ravnina, dominiraju u građi crvene subformacije na Žirovskom vrhu. Raspodela radioaktivnih elemenata u ovim tvorevinama reprezentovana je sa statističkim uzorkom od 82 podatka, što čini 56,16% učešća u kolektivnom statističkom uzorku crvene subformacije.

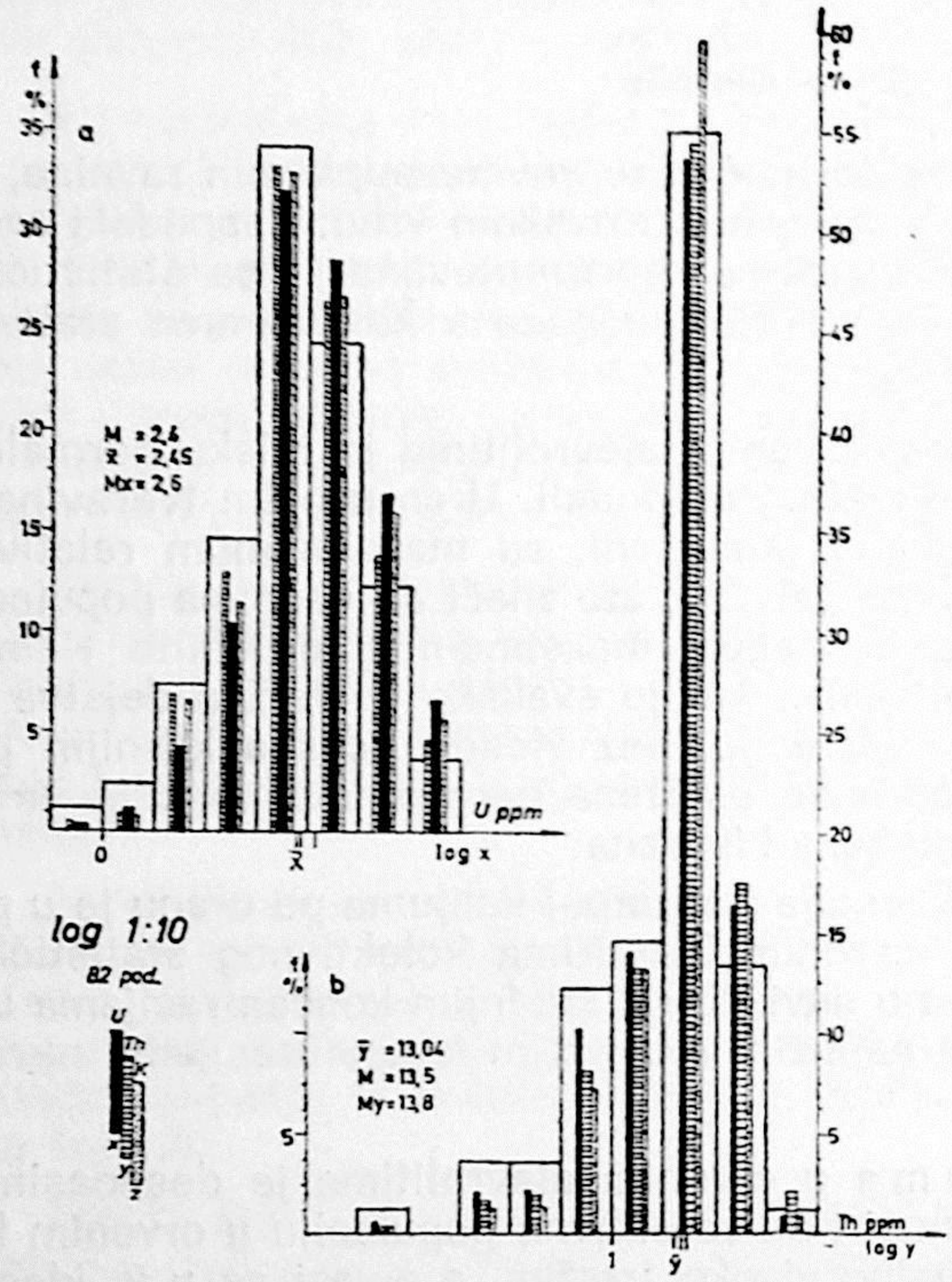
R a s p o d e l a u r a n a u crvenim alevrolitima je bliska normalnoj, a takođe je vrlo bliska i lognormalnoj raspodeli. Uran u ovim tvorevinama se nalazi u jedinstvenoj osnovnoj populaciji, sa maksimumom relativnih frekvencija u 4. klasi I log dekade (sl. 2a), što znači da osnovna populacija urana u kolektivnom uzorku st. nasleđuje maksimum iz alevrolita. Kompaktnost ove populacije je maksimalna, što je svakako posledica dejstva samo faktora granulometrijske separacije, bez vidnog učešća kasnijih procesa. Prilikom oksidacije je potpuno uništena parcijalna populacija urana u vezivnoj materiji, koja je oksidisana i isprana.

Raspodela relativnih frekvencija torijuma i kalijuma po uranu je u potpunosti ekvivalentna onoj u crvenim klastitima kolektivnog statističkog uzorka. Torijuma i kalijuma ima u suvišku na srednjim koncentracijama urana, dok ih je u nedostatku na najnižim i najvišim koncentracijama nezavisne promenljive.

R a s p o d e l a t o r i j u m a u crvenim alevrolitima je desnoasimetrična, a ova se asimetrija prenosi i na kolektivnu populaciju u crvenim klastitima. Maksimum je nenormalno visoko izražen, a nalazi se u 2. klasi II log dekade. U 55% relativnih frekvencija orudnjenja st. nalazi se blizu 55% torijuma (sl. 2b). Karakteristično je da se u ovoj klasi maksimuma nalaze svi parametri raspodele, što je svakako posledica velike akumulacije torijuma u ovoj klasi. Kompaktnost ove populacije torijuma ukazuje na jedinstvene procese akumulacije prilikom sedimentne diferencijacije (uključujući i ranu dijagenezu). Karakter raspodele ukazuje na prisustvo koncentratora torijuma, što bi mogla da bude vezivna materija (V. O m a l j e v, u štampi).

Zastupljena je veoma visoka korelativna zavisnost akumulacije urana i kalijuma po torijumu. Urana je u suvišku na nižim koncentracijama torijuma (do maksimuma), a kalijum se ekstremno akumulirao u klasi maksimuma, gde se nalazi preko 60% relativnih frekvencija kalijuma. Vezanost prevelike akumulacije torijuma za još veću akumulaciju kalijuma ide u prilog mišljenju da vezivna materija (koja je postala od glinovitog matriksa) igra ulogu koncentratora torijuma. Sve ove karakteristike su prenete na zajedničku populaciju u crvenim klastičnim sedimentima.

Raspodela kalijuma je desnoasimetrična, slično torijumu. Za razliku od urana i torijuma, karakteristike raspodele kalijuma se ne prenose na populaciju crvenih tvorevina. Relativno velika kompaktnost osnovne populacije kalijuma ukazuje na jedinstvene procese akumulacije prilikom sedimentne diferencijacije, a karakter raspodele na izvesnu obogaćenost crvenih alevrolita ovim elementom. Verovatno su bili prisutni procesi akumulacije kalijuma u glinovitoj materiji matriksa. Ova kompaktna



Sl. 2 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele urana, torijuma i kalijuma u crvenim alevrolitima:

a — raspodela po nezavisnoj promenljivoj x (U),

b — raspodela po nezavisnoj promenljivoj y (Th),

c — raspodela po nezavisnoj promenljivoj z (K).

Fig. 2 — Three-component dual histograms of uranium, thorium and potassium distribution in red siltstones:

a — distribution based on independently variable x (U),

b — distribution based on independently variable y (Th),

c — distribution based on independently variable z (K).

populacija, sa maksimumom u 5. klasi I log dekade se prenosi i na kolektivnu osnovnu populaciju.

Korelativna zavisnost urana i torijuma po kalijumu je slična kao u kolektivnoj populaciji crvenih tvorevina, klase najviših koncentracija kalijuma su njima osiromašene, dok su ostale klase obogaćene uranom i torijumom (sl. 2c).

Crveni psamiti i psefiti

Crveni psamiti su podređeni u crvenoj subformaciji, a crveni psefiti čine njen zanemarljivo mali deo. Zato je formiran jedinstveni statistički uzorak od 64 podataka, koji čini 43,84% od kolektivnog statističkog uzorka (tabela 1).

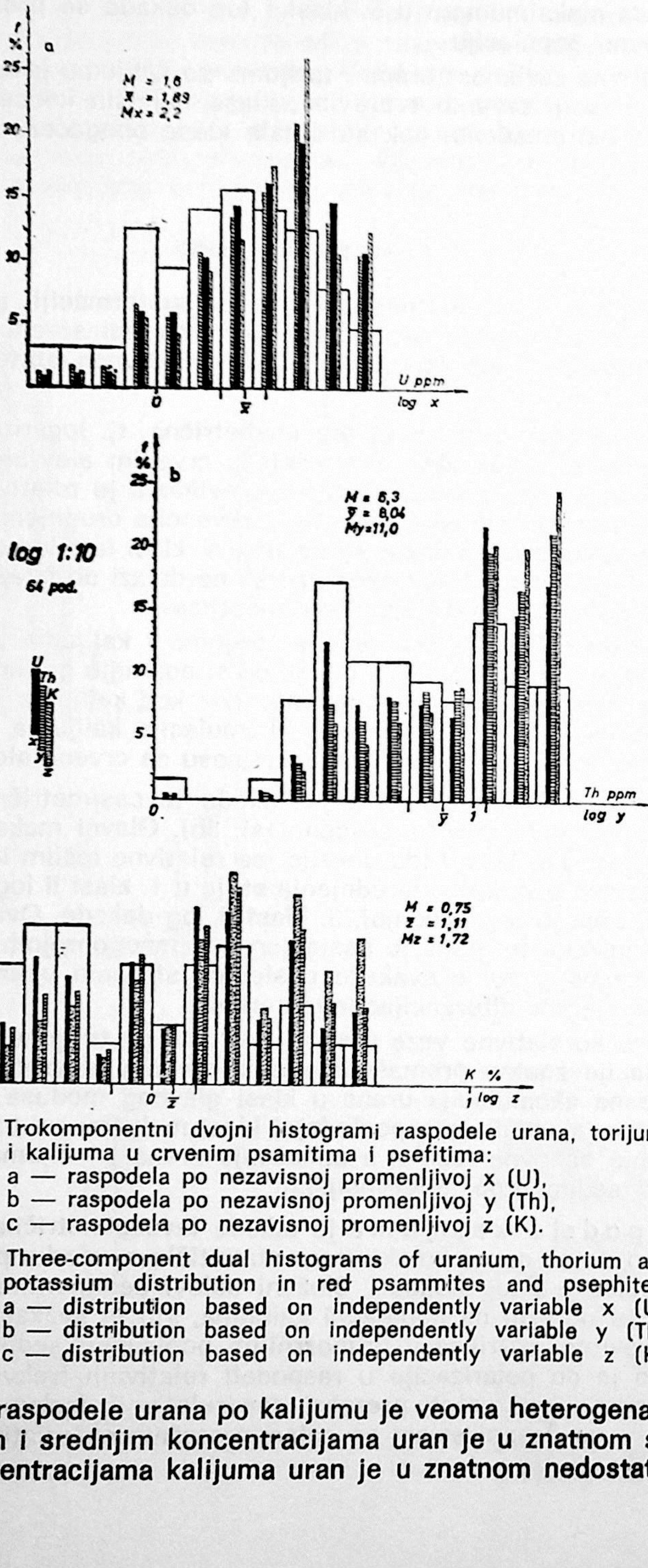
R a s p o d e l a u r a n a je levoasimetrična, tj. logaritamska, a to je različito u odnosu na karakter raspodele u crvenim alevrolitima. Osnovna populacija urana u ovim krupnozrnim tvorevinama je relativno kompaktna, sa neizrazitim maksimumom relativnih frekvencija orudnjenja st. u 3. klasi I log dekade, a maksimum urana se nalazi u 5. klasi iste log dekade (sl. 3a). Populacija urana ovoga statističkog uzorka ne dolazi do izražaja u zajedničkoj populaciji u crvenim klastičnim sedimentima.

Raspodele relativnih frekvencija torijuma i kalijuma po uranu pokazuju dobru zavisnost, ali svakako manju od sitnozrnijih granulacija. Pri tome je zavisnost torijuma po uranu pravilnija, dok kod kalijuma ima znatnih oscilacija. Karakteristična je povećana akumulacija kalijuma u klasi maksimuma (sl. 3a), što je znatno različito u odnosu na crvene alevrolite.

R a s p o d e l a t o r i j u m a je takođe levoasimetrična, a u logaritamskoj razmeri je veoma heterogena (sl. 3b). Glavni maksimum orudnjenja st. se nalazi u 6. klasi I log dekade (sa relativno malim intenzitetom torijuma), sporedni maksimum orudnjenja st. je u 1. klasi II log dekade, a maksimum torijuma je u poslednjoj, 3. klasi II log dekade. Ovako heterogena osnovna populacija torijuma je sastavjena od mnogobrojnih parcijalnih populacija torijuma, a to je svakako posledica složenih uslova akumulacije prilikom sedimentne diferencijacije materijala.

Zavisne korelativne veze urana i kalijuma po torijumu su takođe složene, oscilacije znatno premašuju one iz crvenih alevrolita. Karakteristična je izvesna akumulacija urana u klasi glavnog modusa orudnjenja st., dok se kalijum akumulirao u poslednjoj klasi maksimuma torijuma. To svakako ilustruje osnovne razlike u ponašanju urana i kalijuma, u odnosu na torijum, pri sedimentnoj diferencijaciji.

R a s p o d e l a k a l i j u m a je takođe levoasimetrična i veoma heterogena, tako da se ona u kolektivnom statističkom uzorku prenosi kao parcijalna populacija I log dekade. Složeni uslovi sedimentne diferencijacije su se najviše odrazili na populaciji kalijuma, što je svakako posledica odsustva glinovitog matriksa u grubozrnijim poplavnim sedimentima crvene boje. Došlo je do polarizacije u raspodeli relativnih frekvencija, na levoj strani histograma se nalazi pretežni deo relativnih frekvencija orudnjenja st. (sl. 3c), a na desnoj strani se nalazi pretežni deo relativnih frekvencija kalijuma.



Sl. 3 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele urana, torijuma i kalijuma u crvenim psamitima i psefitima:
a — raspodela po nezavisnoj promenljivoj x (U),
b — raspodela po nezavisnoj promenljivoj y (Th),
c — raspodela po nezavisnoj promenljivoj z (K).

Fig. 3 — Three-component dual histograms of uranium, thorium and potassium distribution in red psammites and psephites:
a — distribution based on independently variable x (U),
b — distribution based on independently variable y (Th),
c — distribution based on independently variable z (K).

Zavisnost raspodele urana po kalijumu je veoma heterogena i neujednačena, na nižim i srednjim koncentracijama uran je u znatnom suvišku, a na visokim koncentracijama kalijuma uran je u znatnom nedostatku.

Zavisnost raspodele torijuma po kalijumu je znatno pravilnija, izostaju oštre varijacije. Torijum je takođe u suvišku na nižim koncentracijama kalijuma, dok na višim koncentracijama je izražen njegov nedostatak.

*
* *

Procesi akumulacije urana, torijuma i kalijuma su veoma zavisni od procesa sedimentne diferencijacije, uključujući i geohemijsku. U sitnozrnijim granulacijama pravilnost raspodele sva tri elementa je izražena, najviše kod urana, a manje kod torijuma i kalijuma. Simetrična raspodela se sreće samo kod urana, dok kod torijuma i kalijuma raspodele su asimetrične; kod alevrolita na desnu (negativnu) stranu, a kod grubljih granulacija na levu (pozitivnu) stranu.

Složene zavisnosti između ovih radioaktivnih elemenata su takođe voma zavisne od granulometrijske diferencijacije. Pri tome naročitu ulogu igra glinovita vezivna materija, koja se ponaša kao koncentrator torijuma i kalijuma. Porastom krupnoće fragmenata smanjuje se količina glinovitog matriksa, a sa tim se oštro smanjuje količina kalijuma i torijuma. Razlike, međutim, nisu izražene u tolikoj meri da bi karakter složenih korelativnih zavisnosti između ovih elemenata bila toliko različita da bi to predstavljalo poseban momenat korelativne zavisnosti.

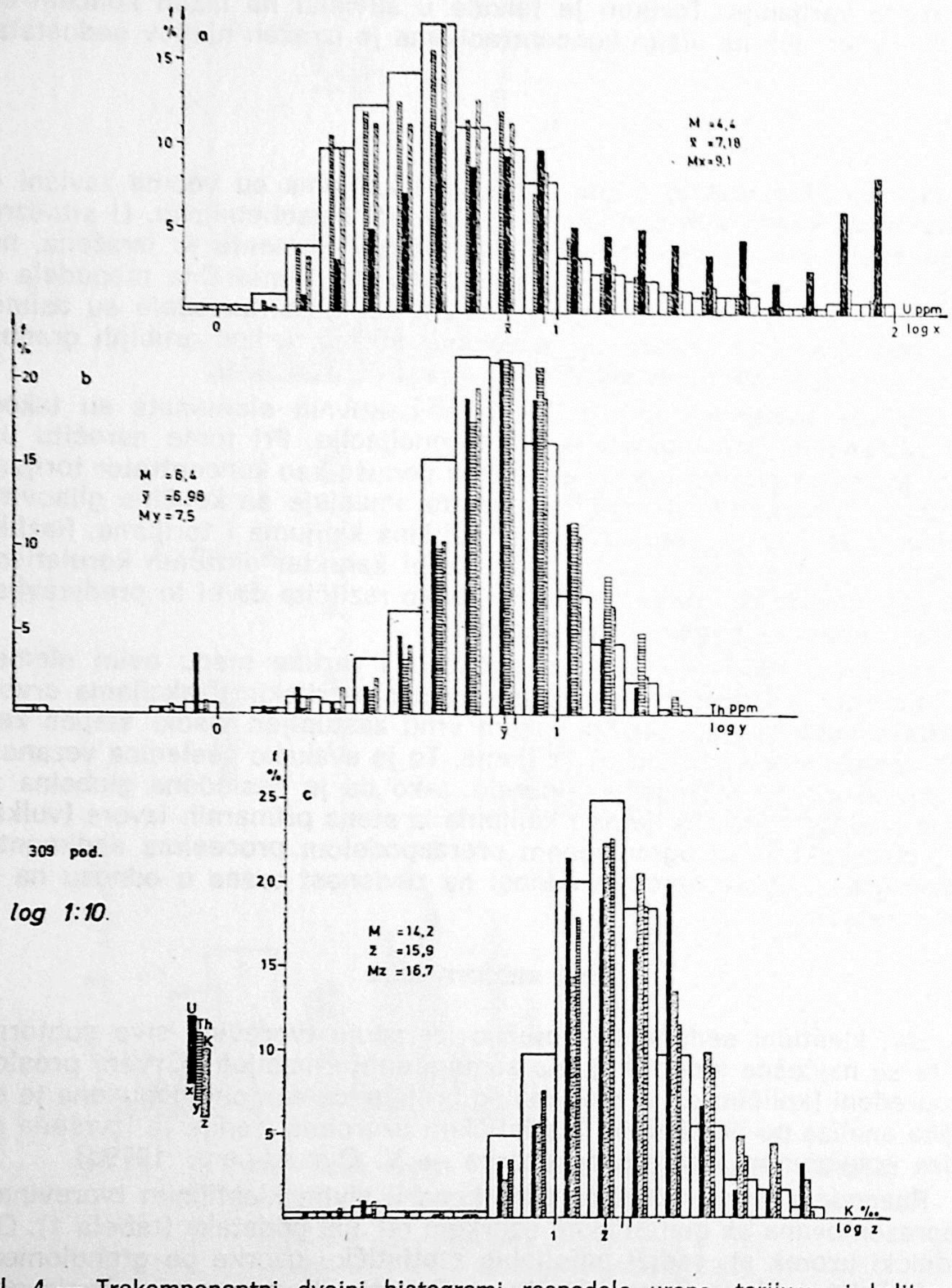
Imajući u vidu geohemijske sličnosti i razlike među ovim elementima, možemo smatrati da je u svim granulometrijskim frakcijama crvene gredenske subformacije na Žirovskom vrhu zastupljen visoki stepen zavisnosti između urana, torijuma i kalijuma. To je svakako posledica vezanosti ovih elemenata za petrogene minerale, tako da je nasleđena globalna zavisnost između urana, torijuma i kalijuma iz stena primarnih izvora (vulkanskih i plutonskih), sa ograničenom preraspodelom procesima sedimentne diferencijacije. To se naročito odnosi na zavisnost urana u odnosu na torijum i kalijum.

Siva subformacija

Sivi klastični sedimenti pretežno izgrađuju tvorevine sive subformacije, te se najčešće identifikuju sa samom subformacijom. Crveni proslojci su podređeni (količinski), a zbog malog broja podataka onemogućena je statistička analiza po parcijalnim statističkim uzorcima (ranije je izvršena ova analiza kolektivnog statističkog uzorka — V. O m a l j e v, 1979c).

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u sivim klastičnim tvorevinama je reprezentovana sa statističkim uzorkom od 309 podataka (tabela 1). Ovaj zajednički uzorak st. sadrži parcijalne statističke uzorke po granulometrijskim frakcijama, koje ćemo kasnije analizirati. Zbog premalog broja podataka onemogućena je statistička analiza podataka iz sivih alevrolita.

R a s p o d e l a u r a n a u sivim klastičnim tvorevinama Žirovskog vrha je bitno različita u odnosu na crvene tvorevine. Znatno je povećan varijacioni interval (do kraja II log dekade), raspodela urana je uvek logaritamska (po 2. zakonu — V. O m a l j e v, 1978a, 1978b, 1979c) sa dobro izraženim »logaritamskim repom« u II log dekadi (sl. 4a). Parcijalna populacija urana I log dekade je kompaktna i unimodalna, sa maksimumom u 7. klasi



309 pod.

log 1:10.

Sl. 4 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele urana, torijuma i kalijuma u klastičnim sedimentima sive subformacije:
a — raspodela po nezavisnoj promenljivoj x (U),
b — raspodela po nezavisnoj promenljivoj y (Th),
c — raspodela po nezavisnoj promenljivoj z (K).

Fig. 4 — Three-component dual histograms of uranium, thorium and potassium distribution in clastic sediments of gray subformation:
a — distribution based on independently variable x (U),
b — distribution based on independently variable y (Th),
c — distribution based on independently variable z (K).

umerenog intenziteta. Ova sindijagenetska populacija urana je bitno različita od singenetske populacije urana u crvenim klastičnim tvorevinama, desno je pomerena po apscisi, što znači da je bogatija uranom. Ovo obogaćenje dolazi od populacije urana u cemetnoj materiji sivih klastita, koja je stvorena u procesu dijageneze ovih tvorevina (slična populacija urana u poplavnim tvorevinama je uništena procesima oksidacije).

U klasi maksimuma se nalazi samo medijana orudnjenja st. *(M)*, dok je srednji sadržaj znatno pomeren u desno i nalazi se u 9. klasi I log dekade, nešto ispred medijane urana *(Mx)*. Ovo desno pomeranje srednjeg sadržaja dolazi od parcijalnih populacija urana u logaritamskom repu, koje predstavljaju tipične dijagenetske populacije urana u sopstvenim mineralima, što je osnovna geohemijska i metalogenetska karakteristika sivih klastičnih tvorevina Žirovskog vrha, kao rudonosne formacije.

Zavisne raspodele torijuma i kalijuma po uranu su takođe bitno različite u sivim tvorevinama. Kao interesantan fenomen funkcije zavisnih promenljivih $f_v(x)$ i $f_z(x)$ prate krivu gustine orudnjenja st. $f(x)$, što znači da su torijum i kalijum po uranu približno ravnomerno raspoređeni u prostoru (bez izrazitih akumulacija). To dovodi do izvesne negativne korelacije torijuma i kalijuma u odnosu na uran; u klasama do srednjeg sadržaja urana ovi elementi su u suvišku, dok je na višim koncentracijama urana izražen njihov nedostatak. Ovo je svakako posledica postojanja populacija urana u logaritamskom repu, ali pravu prirodu vezanosti ovih zavisnih funkcija raspodele za krivu gustine orudnjenja st. ne možemo sada protumačiti.

R a s p o d e l a t o r i j u m a u sivim klastitima je približno logaritamski normalna, zanemarujući malo zastupljene parcijalne populacije najnižih koncentracija torijuma (sl. 4b). Evidentna je suštinska razlika u odnosu na crvene tvorevine, gde je izražena desna asimetrija raspodele. Kompaktna parcijalna populacija torijuma u sivim klastitima, sa neizraženim maksimumima, je svakako posledica sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije materijala, a torijum je svakako isključivo vezan za mineralni detritus u ovim tvorevinama. Visoka kompaktnost populacije se ogleda u činjenici da su svi parametri raspodele u klasi maksimuma relativnih frekvencija u 9. klasi I log dekade.

Iznenađuje visoka korelativna zavisnost urana po torijumu, koja je sličnog karaktera kao u crvenim tvorevinama. Na nižim koncentracijama torijuma uran je u suvišku, dok se oseća njegov manjak na višim koncentracijama. Slična po prirodi je i zavisnost kalijuma po torijumu, odstupanja su manje izražena, što se moglo i očekivati. Svakako je iznenađenje da je priroda složenih zavisnosti urana i kalijuma po torijumu slična, uzimajući u obzir postojanje bogatih parcijalnih populacija urana u logaritamskom repu, što je dovelo do negativne korelacije ovih elemenata po uranu.

R a s p o d e l a k a l i j u m a u sivim klastitima pokazuje visoku log-normalnu tendenciju, naročito za relativne frekvencije kalijuma. Osnovna populacija kalijuma je kompaktna (sem izuzetka na niskim koncentracijama) i unimodalna, sa jasnim maksimumom u 2. klasi II log dekade (log 1:10%). Za razliku od crvenih tvorevina, uslovi akumulacije kalijuma u sivim klastičnim tvorevinama su posledica jedinstvenih faktora, verovatno samo granulometrijske diferencijacije. Po formi raspodele, populacija kalijuma je

slična populaciji torijuma (sl. 4c), a na ovo ukazuju male razlike u vrednosti parametara raspodele.

Zavisnost raspodele urana po kalijumu je relativno slabo zastupljena. Izostaje jasna polarizacija urana po kalijumu, oscilacije relativnih frekvencija su nepravilne i relativno intenzivne. Promena znaka korelativne zavisnosti urana po kalijumu je razumljiva jer postoje velike razlike u procesima akumulacije ovih elemenata, a maksimumi urana u 1. i 4. klasi II log dekade su verovatno slučajnog karaktera (sl. 4c).

Korelativna zavisnost raspodele relativnih frekvencija torijuma po kalijumu je relativno dobro zastupljena. Izražena je polarizacija: na niskim koncentracijama kalijuma torijum je u suvišku, dok je na višim koncentracijama izražen njegov nedostatak. Varijacije intenziteta ove zavisnosti su relativno istaknute, za razliku od zavisnosti kalijuma po torijumu.

Sivi psamiti

Raspodela izučavanih radioaktivnih elemenata u sivim psamitima je reprezentovana sa statističkim uzorkom od 178 podataka (tabela 1), što čini 57,61% učešća u zajedničkom uzorku st. sivih klastita Žirovskog vrha.

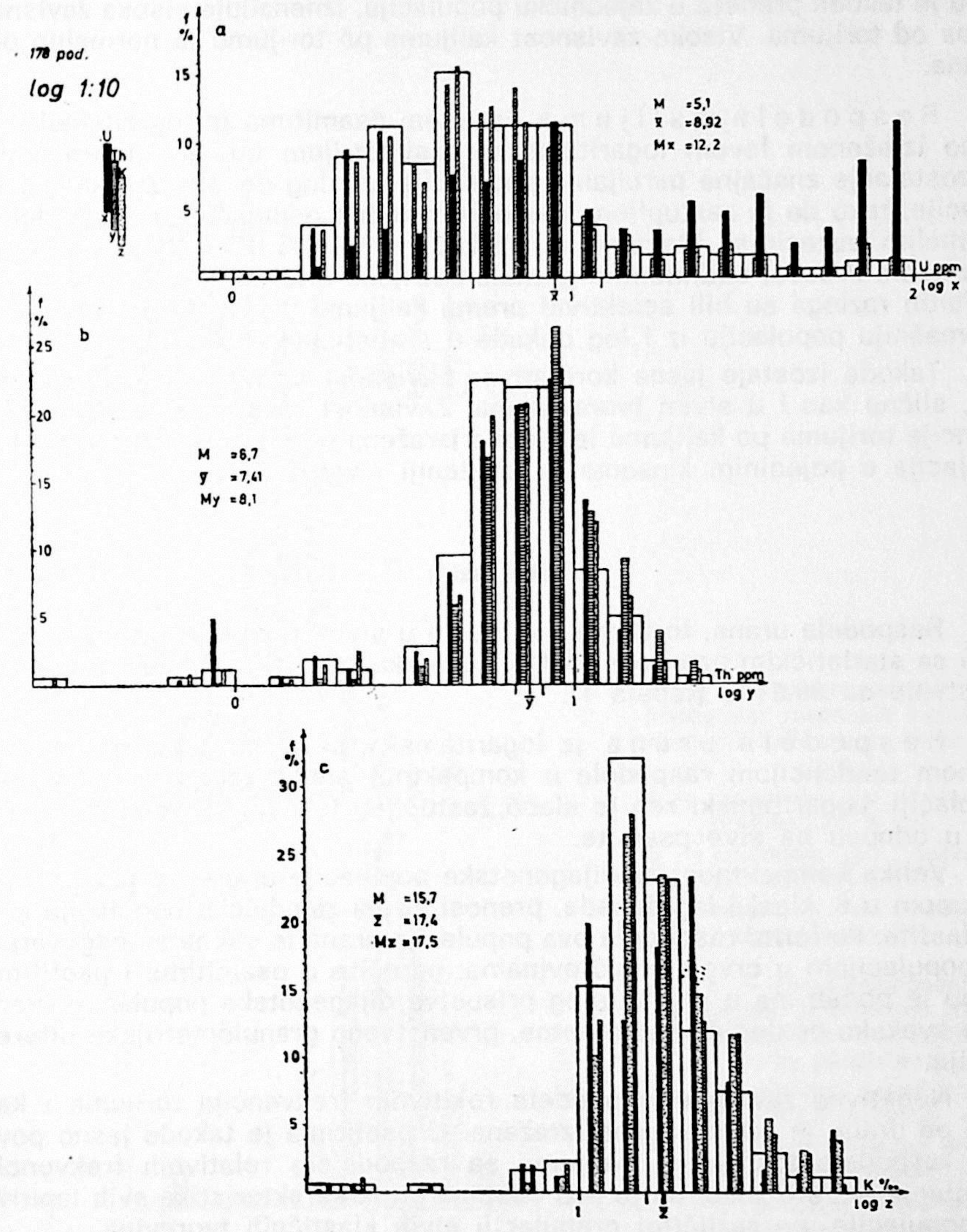
R a s p o d e l a u r a n a u ovim tvorevinama je logaritamska, sa heterogenim i mnogobrojnim parcijalnim populacijama (sl. 5a). Populacija urana I log dekade je razbijena na siromašniju singenetsku parcijalnu populaciju, sa modusom u 5. klasi i bogatiju dijagenetsku populaciju, koja je heterogenija. Singenetska parcijalna populacija urana uslovno odgovara sličnoj populaciji u crvenim tvorevinama, što znači da se ovaj uran nalazi u mineralnom detritusu nasleđen još iz primarnih izvora. Uran dijagenetske parcijalne populacije se nalazi u vezivnoj materiji i predstavlja rasejani mobilni uran nastao u procesima dijagenetskog zrenja ovih tvorevina.

Bogate parcijalne populacije urana logaritamskog repa se prenose u kolektivnu populaciju sivih klastičnih tvorevina.

Forma raspodele urana u sivim psamitima Žirovskog vrha najbolje ilustruje složene procese akumulacije urana, uključujući i akumulacije najviših sadržaja. Logaritamski rep ukazuje na prisutnost dijagenetske preraspodele urana u smislu stvaranja sve bogatijih populacija, uključujući i formiranje rudnih tela (koja su pri ovim izučavanjima veštački otsečena) sa akumulacijama urana od ekonomskog interesa.

Tip zavisnosti raspodele torijuma i kalijuma po uranu je prenet u zajedničku populaciju sivih klastita, a krive gustine zavisnih promenljivih u svemu prate krivu gustine orudnjenja st., što dovodi do izvesne negativne korelativne zavisnosti.

R a s p o d e l a t o r i j u m a u sivim psamitima je slična sa raspodelom u sivim klastičnim tvorevinama, tj. na zajedničku populaciju je preneta forma raspodele. Kompaktnost predominantne parcijalne populacije torijuma je svakako posledica faktora granulometrijske separacije pri sedimentaciji sivih psamita u rečnim koritima. Izraziti maksimum relativnih frekvencija torijuma u 10. klasi I log dekade (sl. 5b) je desno pomeren u odnosu na kolektivnu populaciju u sivim klastitima, ali to ne dovodi do bitnog pomeranja parametara raspodele.



Sl. 5 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele urana, torijuma i kalijuma u sivim psamitima:

a — raspodela po nezavisnoj promenljivoj x (U),
b — raspodela po nezavisnoj promenljivoj y (Th),
c — raspodela po nezavisnoj promenljivoj z (K).

Fig. 5 — Three-component dual histograms of uranium, thorium and potassium distribution in gray psammites:

a — distribution based on independently variable x (U),
b — distribution based on independently variable y (Th),
c — distribution based on independently variable z (K).

Zavisnost raspodele relativnih frekvencija urana i kalijuma po torijumu je takođe preneta u zajedničku populaciju, iznenađuje visoka zavisnost urana od torijuma. Visoka zavisnost kalijuma po torijumu je normalno očekivana.

Raspodela kalijuma u sivim psamitima je logaritamska, sa jasno izraženom levom logaritamskom asimetrijom (sl. 5c). Interesantno je izostajanje značajne parcijalne populacije iz I log dekade zajedničke populacije, tako da je zastupljena samo kompaktna populacija u II log dekadi (sa malim izuzecima). Maksimum je takođe u 2. klasi II log dekade i veoma je izražen. Procesi sedimentne granulometrijske diferencijacije iz nama nepoznatih razloga su bili selektivni prema kalijumu u psamitima, otsecajući siromašniju populaciju iz I log dekade u statističkoj razmeri log 1:10%.

Takođe izostaje jasna korelativna zavisnost urana u odnosu na kalijum, slično kao i u sivim tvorevinama. Zavisnost raspodele relativnih frekvencija torijuma po kalijumu je slabije izražena od sivih klastita, intenzitet varijacija u pojedinim klasama je izraženiji i varijabilniji.

Sivi psefiti

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u sivim psefitima je reprezentovana sa statističkim uzorkom od 119 podataka, te u zajedničkom uzorku st. učestvuje sa 38,51% (tabela 1).

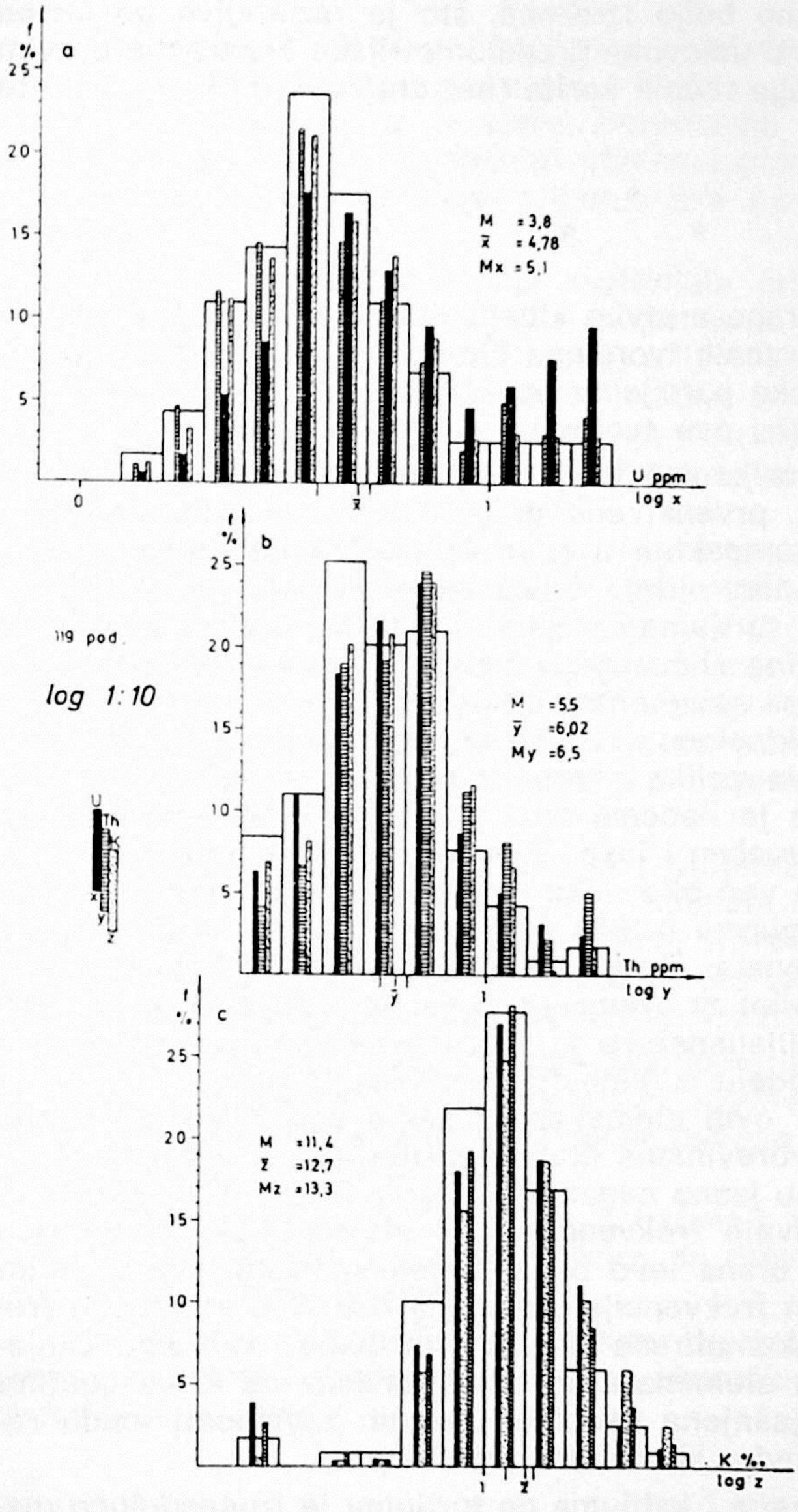
Raspodela urana je logaritamska, sa jasno izraženom lognormalnom tendencijom raspodele u kompaktnoj sindijagenetskoj parcijalnoj populaciji. Logaritamski rep je slabo zastupljen (sl. 6a), te je to bitna razlika u odnosu na sive psamite.

Velika kompaktnost sindijagenetske populacije urana, sa jasnim maksimumom u 6. klasi I log dekade, prenosi se na zajedničku populaciju u sive klastite. Po formi raspodele ova populacija urana je slična sa odgovarajućoj populacijom u crvenim tvorevinama, naročito u psamitima i psefitima; jedino je pomerena u desno zbog prisustva dijagenetske populacije urana. To je svakako posledica sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije.

Negativna zavisnost raspodele relativnih frekvencija torijuma i kalijuma po uranu je takođe jasno izražena. U psefitima je takođe jasno povezana raspodela torijuma i kalijuma sa raspodelom relativnih frekvencija orudnjenja st., što znači da je ova osobina bitna karakteristika svih ispitivanih populacija, po različitoj granulaciji sivih klastičnih tvorevina.

Raspodela torijuma je takođe logaritamska, populacija je kompaktna i levo pomerena u odnosu na sive psamite. Prilikom granulometrijske separacije materijala smanjuje se stepen akumulacije torijuma, ali faktori ove akumulacije su nepromenjeni. Karakteristična je izvesna bimodalnost raspodele, u 7. klasi I log dekade se nalazi modus orudnjenja st., a u 9. klasi se nalazi modus torijuma.

Takođe je zastupljena relativno visoka korelativna zavisnost raspodele relativnih frekvencija urana i kalijuma po torijumu, slično kao kod sivih psamita (sl. 6b).



Sl. 6 — Trokomponentni dvojni histogrami raspodele urana, torijuma i kalijuma u sivim psefitima:

a — raspodela po nezavisnoj promenljivoj x (U),

b — raspodela po nezavisnoj promenljivoj y (Th),

c — raspodela po nezavisnoj promenljivoj z (K).

Fig. 6 — Three-component dual histograms of uranium, thorium and potassium distribution in gray psephites:

a — distribution based on independently variable x (U),

b — distribution based on independently variable y (Th),

c — distribution based on independently variable z (K).

Raspodela kalijuma u sivim psefitima je logaritamska, sa jasno izraženom lognormalnom tendencijom. Deo kompaktne populacije kalijuma se prenosi na zajedničku populaciju sivih klastita. Jasno izraženi maksimum relativnih frekvencija orudnjenja st. i kalijuma je levo pomeren u odnosu na sive psamite i nalazi se u 1. klasi II log dekade u statističkoj razmeri log 1:10%.

Korelativna zavisnost raspodele relativnih frekvencija urana po kalijumu je bolje izražena od slične zavisnosti u sivim psamitima, ali se ista

ne prenosi na kolektivnu populaciju sivih klastita. Zavisnost raspodele torijuma po kalijumu je znatno bolje izražena, što je razumljivo posledica akumulacije ovih elemenata u uslovima granulometrijske separaclje u ovim najgrubljim frakcijama naslaga rečnih korita (bez znatnijeg priliva glinovite frakcije u matriksu).

*
* *

Procesi akumulacije urana u sivim klastičnim tvorevinama su veoma složeni i bitno različiti od crvenih tvorevina. Sem singenetskih prisutne su sindijagenetske i dijagenetske parcijalne populacije urana, koje u vidu logaritamskog repa determinišu ove tvorevine kao uranonosne.

Procesi akumulacije torijuma i kalijuma u sivim tvorevinama su jasno zavisni od sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije. Populacije su konstantno kompaktne u svim krupnozrnijim granulometrijskim frakcijama (bez sivih alevrolita). Velika kompaktnost i jasna lognormalna tendencija raspodele torijuma i kalijuma definišu razliku ovih sivih tvorevina od crvenih tvorevina slične granulacije. To je svakako posledica nekih razlika prilikom procesa sedimentne diferencijacije, uključujući i geohemijsku polarizaciju na oksidacionu i redukcionu sredinu zrenja gredenskih tvorevina Žirovskog vrha. Ova razlika u karakteru i formi raspodele nemobilnih radioaktivnih elemenata je neočekivana, te se na ovom stepenu izučenosti ne može dati jednoznačno i jasno objašnjenje. Predpostavljamo da su u procesu sedimentacije već bile neke razlike (tvorevine rečnih korita i poplavnih ravnina), ali je glavna razlika nastala, verovatno, tek za vreme oksidacije poplavnih sedimenata. Predpostavljamo da su torijum i kalijum u izvesnom smislu bili mobilni za vreme procesa oksidacije (uran je tada migrirao iz ranije prisutne dijagenetske ili sindijagenetske populacije), što je uslovilo njihovu preraspodelu u glinovitoj vezivnoj materiji.

Korelativne zavisnosti ovih elemenata u sivim klastitima su znatno složenije od zavisnosti u tvorevinama crvene subformacije. Zavisnosti torijuma i kalijuma od urana su jasno negativne, veoma dobro je izvršena polarizacija akumulacije relativnih frekvencija. Ovi elementi se koncentrišu na niskim koncentracijama urana levo od srednjeg sadržaja, gde u sivim klastitima na 40% relativnih frekvencija urana (na oko 75% relativnih frekvecnija orudnjenja st.) je akumulirano oko 70% torijuma i kalijuma. Činjenica da je akumulacija ovih elemenata po uranu zavisna od krive gustine orudnjenja st. ostaje nerazjašnjena osobina složenih zavisnosti među radioaktivnim elementima u sivim klastičnim tvorevinama.

Zavisnost raspodele urana i kalijuma po torijumu je iznenađujuće malo različita, uzimajući u obzir napred iznete zavisnosti ovih elemenata po uranu. Torijum i kalijum se slično ponašaju prilikom sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije, što dolazi do izražaja na trokomponentnim dvojnim histogramima. Zavisnost raspodele urana po torijumu se pokorava ovim zakonitostima kao da nisu prisutne dijagenetske akumulacije urana u cemetnoj materiji sivih tvorevina.

Zavisnost raspodele torijuma po kalijumu je znatno više zastupljena od zavisnosti urana po kalijumu, što je razumljivo s obzirom na karakter procesa akumulacije ovih elemenata.

Zaključak

Izučavanje složenih međuzavisnosti raspodele urana, torijuma i kalijuma mogu se uspešno sprovoditi analizom trokomponentnih dvojnih histrograma. Činjenica da je svaka informacija (proba) o sadržajima ovih elemenata u sterilnim klastičnim stenama predstavlja trokomponentni sistem omogućava i obavezuje primenu ove metodologije statističkih ispitivanja.

Sedimentna diferencijacija materijala prilikom stvaranja fluvijalnih tvorevina Žirovskog vrha uslovila je postanak dve različite facije: faciju rečnih korita i faciju poplavnih ravnina. U svakoj sredini stvaranja (faciji) dolazi do granulometrijske separacije. Ovi preduslovi su poštovani prilikom formiranja statističkih uzoraka, čije populacije radioaktivnih elemenata predstavljaju prirodne populacije u crvenim i sivim klastičnim tvorevinama gredenskih slojeva Žirovskog vrha.

Geohemijska mobilnost urana, kao elementa sa promenljivom valencom, uslovima je njegovo potpuno različito ponašanje u oksidacionoj (crvenoj) i redukcionoj (sivoj) sredini, odnosno faciji. U crvenim tvorevinama populacija urana je raspoređena približno normalno, sa malim izuzecima. Uran se isključivo nalazi zarobljen u petrogenim mineralima detritusa, nasleđen još iz primarnih izvora. U sivim tvorevinama uran je raspoređen logaritamski, što je posledica prisustva dijagenetskih populacija u vidu sopstvenih minerala.

Geohemijska inertnost torijuma i kalijuma u egzogenim uslovima daje predpostavku za sličnost njihove raspodele u crvenoj i sivoj faciji. Međutim, raspodele ovih elemenata u sivim tvorevinama su pravilnije i logičnije od raspodele u crvenim tvorevinama, što ukazuje na njihovu mobilnost, verovatno za vreme oksidacije poplavnih klastičnih tvorevina.

Zavisnosti raspodele torijuma i kalijuma po uranu su bitno različite u crvenim i sivim tvorevinama. Prisustvo dijagenetskih populacija urana u sivim tvorevinama uslovilo je postojanje izvesne negativne korelativne zavisnosti torijuma i kalijuma po uranu.

Složene zavisnosti urana po kalijumu i torijumu ne pokazuje bitne razlike u odnosu na facije, bez obzira na prisustvo dijagenetskih populacija urana u sivim tvorevinama.

Međuzavisnosti torijuma i kalijuma su veoma dobro izražene u tvorevinama obe facije, kuriozitet je velika akumulacija kalijuma po torijumu u crvenim alevrolitima.

Primljeno 6. VI 1980. *Recenzent* prof. dr Dejan Milovanović

LITERATURA

1. Ahrens, L.H., 1954: The lognormal distribution of the elements. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 5, No. 2. p. 49—73.
2. Evseeva, L.S., Pereljman, A.I. i Ivanov, K.E., 1974: Geohimija urana v zone gipergeneza. Atomizdat, Moskva.
3. Miller, R.L. and Goldberg, E.D., 1955: The normal distribution in geochemistry. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 8, p. 53—62.

4. Murray, E.G. and Adams, J.A.S., 1958: Thorium, uranium and potassium in some sandstones. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 13, No. 4. p. 260—269.
5. Omaljev, V., 1967: Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 3, Beograd.
6. Omaljev, V., 1977a: Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. Tehnika, RGM No. 10, Beograd.
7. Omaljev, V., 1977b: Geostatističko ispitivanje rudnog tela V—1 u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 11, Beograd.
8. Omaljev, V., 1978a: Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. Tehnika, RGM No. 10, Beograd.
9. Omaljev, V., 1978b: Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.
10. Omaljev, V., 1978c: Statistička analiza metalogenetskih karakteristika polimetaličnih orudnjenja. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.
11. Omaljev, V., 1979a: Metalogenetske karakteristike uranskog rudišta Žirovski vrh (doktorska disertacija). Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
12. Omaljev, V., 1979b: Studija raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Arhiv Geološkog zavoda Ljubljana, Beograd.
13. Omaljev, V., 1979c: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Radovi Geoinstituta, sv. 13, Beograd.
14. Omaljev, V., u štampi: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u alevrolitima, psamitima i psefitima gredenskih slojeva Žirovskog vrha.
15. Rodionov, D.A., 1961: K voprosu o logarifmičeski-normalnom raspredelenii soderžanij elementov v izverženih porodah. Geohimija, No. 4, Moskva.
16. Rodionov, D.A., 1963: Trehparametričeskie raspredelenija soderžanij elementov v porodah. Geohimija, No. 2, Moskva.
17. Tolstoj, M.I., Ostafijčuk, I.M. i Gudimenko, L.M., 1965: K voprosu o tipah krivih statističeskogo raspredelenija himičeskih elementov v gornih porodah i sposobah rasčeta in parametrov. Geohimija, No. 11, Moskva.

Summary

EXAMPLE OF APPLICATION OF THREE-COMPONENT DUAL HISTOGRAM IN STUDY OF URANIUM, THORIUM AND POTASSIUM DISTRIBUTION IN ZIROVSKI VRH VAL GARDENA DEPOSITS

by

Veljko Omaljev

Key words: three-component dual histogram, uranium, thorium, potassium, Val Gardena deposits Žirovski vrh (Slovenia).

The study of complex interdenendence in uranium, thorium and potassium distribution can be successfully conducted by the statistical analysis based on the three-component dual histograms. The fact that each information (sample) on concentrations of these elements within the sterile clastic rocks represents a three-component system, makes the study of their distribution as the independent and dependent geological variables possible.

Each information contains four parameters, i. e.,

1. The unit volume **(v)**, respectively the unit amount of material **(q)**, known also as the statistical mineralization;
2. Unit amount of the first element **x** (uranium);
3. Unit amount of the second element **y** (thorium);
4. Unit amount of the third element **z** (potassium).

According to a method described by this author (O m a l j e v, 1978a, 1978b), it is possible to study the distribution of relative frequencies of each of these parameters according to each independent geological variables (each element). Here the distribution of each element represents a function (O m a l j e v 1978b, 1978c), that can be graphically presented in form of histograms or diagrams. Considering the histogram as the most illustrative method of presentation, such three-component dual histograms were constructed for these independent and dependent variables.

The sedimentary differentiation of material during the deposition of fluvial sediments of Zirovski Vrh area has formed two different facies: the facies of stream channels and the facies of flood plains. The flood ·plains deposits have later, due to oxidation, obtained the red colour; the stream-channel deposits, due to reductive environment, have remained gray (the productive formation). Each of these deposits was subject to granulometric separation, and each consits of siltstones, psamites, and psephites. These facial and granulometric differences were taken in the account when the statistical samples were formed.

For each statistitcal sample the three three-component dual histograms were made (Fig. 1 to 6), which present the distribution of relative frequencies of uranium, thorium and potassium, according to each geological independent variable. The distribution of relative frequencies of the statistical mineralization was presented by the pillars, the distribution of independent variable by a narrow pillar in the center of each class of mineralization (statistical), and the distribution of dependent variable lines near the independent variable.

The uranium distribution is completely different in red and gray clastic deposits of Žirovski Vrh area. The distribution of uranium in red siltstones is approximately normal; in red psamites and psephites, the distribution is logarithmic. Within the gray facies, distribution is always logarithmic, featured by a long logarithmic "tail" in psamites, due to the diagenetic populations.

There are also the differences in thorium and potassium distributions. In red siltstones the distribution is right-asymmetrical, and in the coarser--grained deposits logarithmic (heterogene). In gray deposits these distributions are generally lognormal.

The dependence of thorium and potassium distributions, relative to uranium, are also different in gray and red deposits. In gray deposits, there exists the negative correlation (in II log decade) due to the presence of diagenetic populations of uranium.

Distribution of uranium relative to thorium and potassium do not show important differences relative to facies.

The interdependence of thorium and potassium is well pronounced in the clastic deposits of both facies, and particularly interesting is the large accumulation of potassium relative to thorium in the red siltstones (Fig. 2b).

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 67—80, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 67—80, 1980, Belgrade.

Vojislav Vujanović
Stevan Divljan i
Vera Ćebić

UDK 552 : 549.3 + 549.6 (497.11)

PARAGENEZE HROMA, TITANA I SULFIDA U LOKALNOSTI VALMIŠTE (CRNA TRAVA), SA PETROLOGIJOM TERENA

Ključne reči: Mineralogija, Geohemija, Petrografija, Serpentiniti, Gabrovi, Petrologija, Geneza, Srbija, Crna Trava.

Južno od s. Mlačište, u izvorišnim krakovima Male i Goleme reke, otkrivene su pojave serpentinita i metamorfisanih gabrova, a u njima pojave različitih parageneza. U oba slučaja mineralizacije su zapažene na dužini od nekoliko stotina metara, u opisanim stenama koje su jako izmenjene, a gabrovi još i metamorfisani.

U lokalnosti Mala reka (desni i srednji izvorišni krak) javljaju se pojave titanovih i sulfidnih, retko i hromnih, mineralizacija.

U lokalnosti Golema reka zapažena je samo hromna mineralizacija.

Petrografski sastav terena

Osnovu šireg terena ovde čine hloritsko-sericitski škriljci (5,6) sa pojavama muskovitskih, biotitskih i amfibolskih škriljaca, koji su manje ili više feldspatizirani, odnosno migmatizirani.

Od magmatskih stena zapaženi su proboji dacita i to na udaljenosti od oko 400 metara od izvorišnih krakova Male reke, približno u južnom pravcu, kao i nizvodno u samoj Maloj reci. Granitoidne stene za sada ovde nisu otkrivene, čak ni u mnogo širem prostoru.

U Golemoj reci, u ovakvoj osnovi, otkriveni su serpentiniti koji su praćeni na dužini od oko 300 metara i to u desnom izvorišnom kraku, oko 6 km ispod izvora. Serpentinit se javlja u vidu većeg broja izdanaka i proboja, koji se mogu pratiti na dužini do desetak metara. Stena je jako izmenjena i veoma često obogaćena u aktinolitu. Serpentinit je izgrađen iz zamršenog agregata antigorita, sa mestimičnim do masovnim pojavama aktinolita koji se javlja u vidu mnogobrojnih prizmatičnih, izduženih do igličastih kristala veličine i do 0,5 cm, koji su rasuti u antigoritskoj osnovi. U pojedinim preparatima vide se pojave rekristalizacije antigorita i njegovog mestimičnog zamenjivanja ljuspastim agregatima talka.

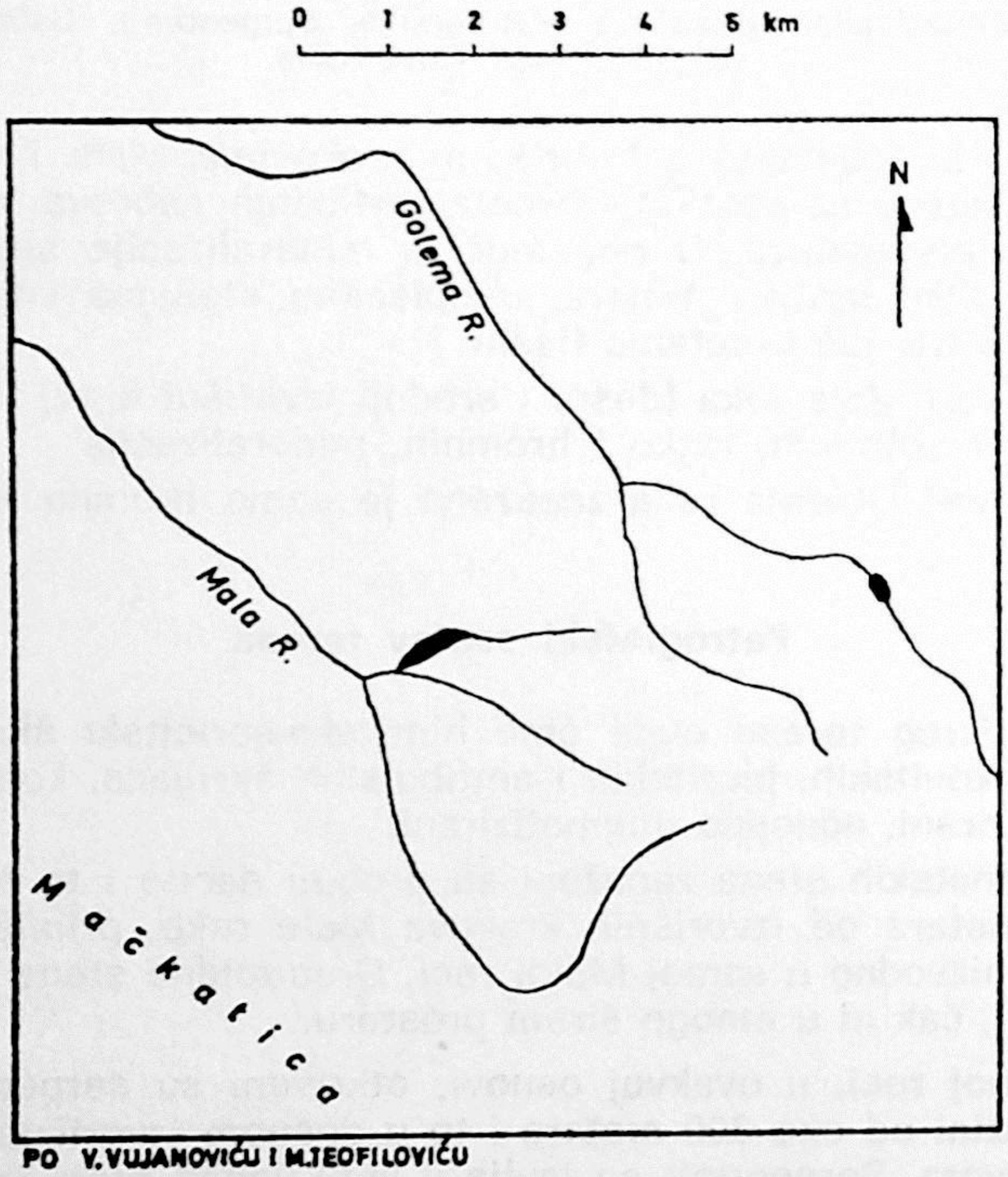
Aktinolit se javlja i u prslinama u steni u vidu jačih koncentracija, pri čemu je orijentisan upravno na zidove prsline.

Aktinolit je slabo karbonatisan, a samo mestimično se pretvara u talk i to u vrlo maloj meri.

Pojedini delovi serpentinita su jače talkizirani, a zapažena je i pojava amfibol-azbesta, kao i mestimične pojave žilica feldspata.

U Maloj reci smo takođe otkrili izdanke serpentinita koji su najčešće intenzivno talkizirani i pretvoreni u talkšist. S druge strane, ovde se često javljaju izdanci metamorfisanih gabrova, koji su najvećim delom pretvoreni u razne škriljce i to epidotsko-amfibolske, hloritsko-epidotsko-amfibolske, hloritsko-epidotsko-muskovitske i epidotsko-hloritske škriljce. U desnom izvorišnom kraku, na dužini od oko 200 metara, sve do sastava sa srednjim izvorišnim krakom, ovi škriljci dominiraju u profilu, a javljaju se najčešće u vidu izdanaka. Mestimično se u njima zapaža pojava aktinolita.

LOKALNOST VALMIŠTE - CRNA TRAVA



PO V.VUJANOVIĆU I M.TEOFILOVIĆU

Pojave serpentinita i metamorfisanih gabrova

Opisane pojave u Maloj reci leže zapadno od serpentinita iz Goleme reke i s obzirom da su i ovde otkriveni izdanci izmenjenih serpentinita, logično je zaključiti da se ovi ultrabaziti verovatno kontinuirano nastavljaju u pravcu zapad — istok, tako da bi ukupna dužina serpentinitskog masiva u Valmištu mogla da iznosi bar pet kilometara u pravoj liniji.

Metamorfisani gabrovi u Maloj reci verovatno predstavljaju manje bazični diferencijat ultra-bazične magme koja je dala i serpentinite sa kojima je u genetskoj vezi. S obzirom da nisu zapaženi postupni prelazi, smatramo da su gabrovi mlađi od serpentinita i da ih probijaju. Kasnije, usled metamorfizma, oni su pretvoreni u škriljce i u manjoj ili većoj meri feldspatizirani (albitisani), ili pretvoreni u migmatite.

* * *

Kako smo gore videli, unutar jedne zone kroz koju protiču Golema i Mala reka, javljaju se serpentiniti i metamorfisani gabrovi, a u Maloj reci oni nastupaju zajedno. Serpentiniti su delom ili u potpunosti talkizirani i mestimično pretvoreni u talkšiste, a podvrgnuti su i kontaktnom metamorfizmu i to pod uticajem mladih granitoidnih stena. Ove stene nisu otkrivene, čak ni u širem području Valmišta i verovatno se radi o vrlo mladim granitoidima, tercijarne do kvartarne starosti, koji ovde nisu izbili na površinu. Kao produkti kontaktne metasomatoze mogu da se označe aktinolit i magnetit, o kome će kasnije biti više reči.

Diskusija

Aktinolitizacija. Među dostupnim materijalima našli smo malo literaturnih podataka o mehanizmu i produktima metasomatskih promena serpentinitskih stena. Jedna od teškoća za preciznije tumačenje mehanizma metasomatskih promena serpentinita sastoji se i u tome da, s obzirom na najverovatnije totalnu serpentinizaciju, nemamo podataka o primarnoj prirodi ove, do sáda nepoznate, pojave ultrabazitskih stena.

Prema podacima Deer-a, Howie-a i Zussman-a (1), hidrotermalna alteracija ultrabazičnih stena bogatih kalcijumom dovodi do obrazovanja tremolitskog amfibola, kao i hlorita u slučaju da je prisutna dovoljna količina aluminijuma. Isti autori takođe pominju da su tremolit — $Ca_2Mg_5\ Si_8O_{22}\ (OH, F)_2$ i aktinolit — $Ca_2\ (Mg, Fe^{+2})_5\ Si_8O_{22}\ (OH, F)_2$ — karakteristični minerali za regionalno metamorfisane ultrabazične stene niskog stupnja metamorfizma. Našim shvatanjima uzroka i mehanizma aktinolitizacije ispitivanih serpentinita najbliže je tumačenje koje je dao G. A. Macdonald (2) u svom radu o progresivnom metasomatizmu serpentinita na području Sierra Nevade u Kaliforniji. Autor je izučavao male nodularne mase serpentinita u biotitskom škriljcu, koje su najverovatnije na tektonski način bile odvojene od matičnog ultrabazitskog sila i plasirane u biotitski škriljac u blizini intruzivnog tela kvarc-diorita. Na osnovu petroloških ispitivanja autor daje ubedljive dokaze da su mineralizatorski derivati obližnjeg kvarc-diorita »uneli nova jedinjenja u stenu i potpomogli rekristalizaciju sistema« navodeći dalje da je proces bio »blizak granitizaciji«, ali zbog izrazito različitih sastava produkti se razlikuju od uobičajenih produkata granitizacije. Utvrđeno je da su izvršene zonalne promene serpentinitskih nodula, tako da je u obodnoj zoni serpentin pretvoren u gotovo čist aktinolit, zatim sledi intermedijarna zona izgrađena pretežno od talka i aktinolita i na kraju očuvano serpentinsko jezgro.

Prema tome, u našem slučaju treba da je reč o kontaktno-metasomatskom uticaju mladih granitoidnih stena na serpentinite.

Talkizacija. Ovde ćemo, pre svega, istaći činjenicu da je u pojedinim preparatima zapaženo samo talkiziranje antigoritskog agregata bez ikakvog prisustva aktinolitizacije, što bi ukazivalo da bi se ovaj proces mogao vršiti i nezavisno od aktinolitizacije, a prema paragenetskim odnosima, posle aktinolitizacije. Najlogičnije je tumačenje da talkiziranje predstavlja u suštini produkt delimične silifikacije serpentinita, najverovatnije sa izvesnim odvođenjem *Fe* — komponente, koje se kasnije manifestuje u magnetitizaciji hromita. Pojava talkiziranja aktinolita je izgleda manje rasprostranjena i ovde se radi o potiskivanju jednog minerala drugim, bez indikacija ikakvih postupnih prelaza.

Prema podacima D e e r-a, H o w i e-a i Z u s s m a n-a, koji proces talkiziranja nazivaju »steatitizacijom«, isti je posledica hidrotermalnih alteracija ultrabazičnih stena i u nekim slučajevima postoje ubedljivi dokazi da hidrotermalni rastvori predstavljaju derivate matične ultrabazične magme, dok u drugim postoje jasne indikacije, kao i u našem slučaju, njihovog prodiranja iz neke druge otkrivene ili neotkrivene magmatske intruzije. Takođe, isti autori navode da se steatitizacija javlja posle serpentinizacije i da je, po mnogima, udružena sa procesom regionalnog metamorfizma koji bi odgovarao faciji zelenih škriljaca, pri čemu bi stvaranje aktinolitsko-hloritske asocijacije predstavljalo jedan intermedijarni stadijum. Prema T u r n e r-u (3, 4) obrazovanje »talkovitih tela« može nastati kao posledica silifikacije, karbonatizacije, ili usled prinosa *CaO*.

Uzevši u obzir naše ispitivano područje u celini, gde imamo brojne pojave intenzivne granitizacije manje ili više tektoniziranih i uškriljenih gabroidnih stena koje probijaju serpentinite, stojimo čvrsto na stanovištu da procesi aktinolitizacije i talkizacije (steatitizacije) predstavljaju rezultate istih intenzivnih granitizacionih fenomena, koji nesumnjivo imaju značajno prostiranje i različite manifestacije na znatno širem području Surduličkog magmatsko-metamorfnog kompleksa.

Gabrovi. Predstavljaju diferencijate prvobitnih peridotita koji su dali serpentinite, ali su gabrovi u međuvremenu metamorfisani u škriljce, a kasnije i intenzivno feldspatizirani, (albitisani).

U gabrovima se javljaju parageneze titana i sulfida, koje su mlađe i verovatno takođe naknadno prinešene.

Ultrabazične i metamorfisane bazične stene javljaju se, sa prekidima, na dužini od oko 5 kilometara, što znači da se ovde radi o manjem masivu, a ne pojedinačnim probojima. Utoliko su opisane pojave i izmene koje su navedene stene u međuvremenu pretrpele od većeg interesa.

Hemijski sastav ispitivanih stena

Kompletne silikatne analize ispitivanih stena nisu, za sada, urađene, već samo hemijske analize na neke elemente kao i spektrohemijske analize.

U sledećem ćemo izneti dobijene rezultate.

Spektralne analize*

	1. Hloritsko-amfibolsko-epidotski škr. (bivši gabro) Mala reka	2. Serpentinit Golema reka	3. Serpentinit Golema reka	4. Aktinolit Golema reka
		u % i u gr/t.		
Si	>1%	>1%	>1%	>1%
Al	>1%	>1%	>1%	8000
Fe	>1%	>1%	>1%	>1%
Mg	>1%	≫1%	>1%	>1%
Ca	≥1%	≥1%	≫1%	>1%
Na	0,8%			
Ti	6000	25	25	70
Mn	1340	1800	1340	500
V	180	21	35	50
Cu	22	13	26	2,5
Y	6	?	?	—
Zr	100	?	?	—
Ni	52	1800	1800	700
Co	32	32	65	25
Sc	46	?	?	12
Cr	316	316	316	400
Ba	11	?	?	—
Sr	115	115	?	30

* Spektralne analize uradila je, na našem materijalu, S. Maksimović, a analizu br. 4 (aktinolit) M. Arsenijević, takođe na našem materijalu.

Hemijske analize

Izvestan broj uzoraka analiziran je i u pogledu na sadržaje jednog broja elemenata i dobijeni su sledeći rezultati:

u gr/t.

	Ti	V	Ni	Co	Cr	Sr	Cu
1. Albit-hlorit-epidotaktinolitski škr. Mala r. (bivši gabro)	1,25%	400	200	185	80	5	
2. Serpentinit, aktinolitisan, Golema reka	60	120	1630	183	2600	7	27
3. Serpentinit, aktinolitisan i talkiziran. Golema reka	74	150	870	155	1900	6	52
4. Intenzivno talkiziran serpentinit, Golema reka	70	145	1500	215	1700	4	36
5. Aktinolit*	70	50	700	25	400	30	3
6. Amijant*	70	4	600	10	180	30	5

* Na osnovu spektralnih analiza, po M. Arsenijeviću; urađeno na našem materijalu.

Kako se iz analiza vidi, u svim ispitivanim metamorfisanim gabrovima i serpentinitima, kao i u aktinolitu i amijantu, sadržaji karakterisičnih »bazičnih« pratilaca, kao što su nikal, kobalt i hrom, značajni su, do veoma visoki i geohemijski odgovaraju stenama u kojima se nalaze. Upadljivo povećani sadržaji titana u analizi broj 1, ukazuje takođe na bazičnost pri-



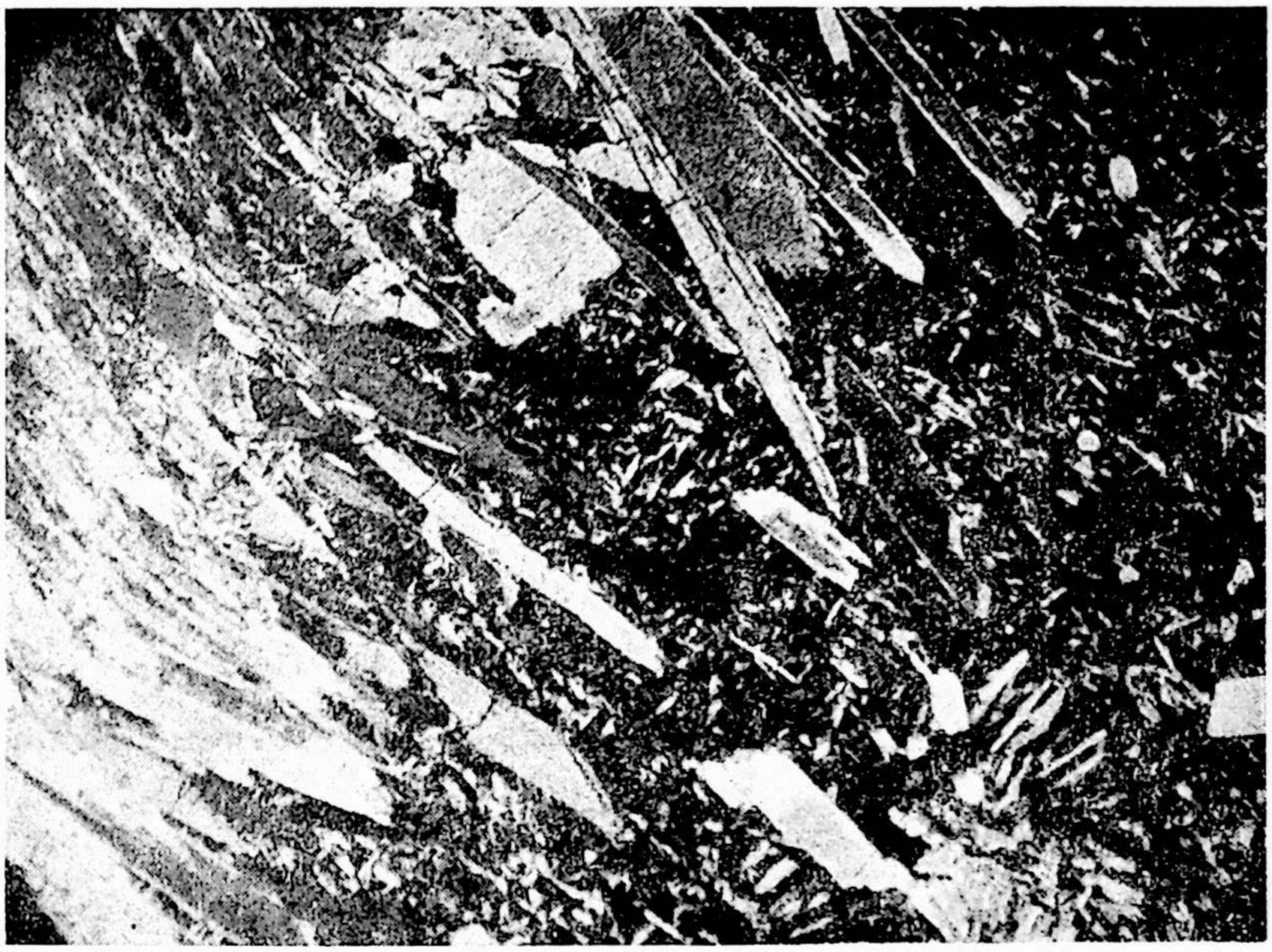
Sl. 1 — Neoagregati talka u sitnoljuspastoj antigoritskoj masi. U desnom delu slike zapažaju se mikroagregati zrna najverovatnije magnetitiziranog hromita (uzorak D-14829; + N, 15 ×).

Fig. 1 — Neoagregates of talc in fine-flaky antigoritic mass. At the right part of photos there are microagregates of the most probably magnetitized chromite grains (sample D-14829; + N, 15 ×).

marne magme, ali, kako ćemo docnije videti, ovde je titan velikim delom naknadno prinešen. Slabi sadržaji titana, pa i vanadijuma, u serpentinitima sasvim su prirodni, jer u serpentinitima iz Srpsko-makedonske mase Srbije, prema V. Vujanoviću (6) ovako niski, pa i niži sadržaji navedenih retkih metala predstavljaju normalnu pojavu. To isto važi i za aktinolit i amijant, jer su ovi nastali kontaktnim dejstvom na serpentinite.

Ako pogledamo rezultate spektralnih analiza, upadaju u oči visoki sadržaji natrijuma u metamorfisanim gabrovima, ali s obzirom da su oni feldspatizirani, jasno je da je natrijum naknadno unešen. To isto važi i za cirkonijum, čiji su sadržaji u istoj steni jasno povećani. Od ostalih elemenata ni jedan se ne javlja u povećanim koncentracijama, izuzev donekle stroncijum, koga inače nalazimo kako u bazičnim, tako i kiselim stenama, mada smatramo da je on najvećim delom naknadno prinešen. Sadržaji aluminijuma i silicijuma moguće su relativno visoki, ali egzaktno ispiti-

vanje istih je izostalo ovog puta. Ukoliko se naša predpostavka pokaže kao tačna, ove elemente, tj. njihov glavni deo, treba vezati za naknadne procese (kontaktni metasomatizam, alkalna metasomatoza). Iz spektralnih



Sl. 2 — Izduženo prizmatična zrna aktinolita koja gotovo postupno prelaze u žiličasti agregat amfibol-azbesta (amianta u levom gornjem delu slike. U desnom i centralnom delu slike sitnoljuspasti agregat antigorita (uzorak D-14827 + N, 15 ×).

Fig. 2 — Prismaticaly alongated grains of actinolite almost gradualy transiting into vein-like agregate of amphibole asbestos. At the right and central part of photos fineflaky antigoritic agregate (sample D-14827c; +N, 15 ×).

analiza može se takođe zaključiti da serpentiniti sadrže više magnezijuma nego metamorfisani gabrovi.

MINERALNE PARAGENEZE

Utvrdili smo prisustvo sledećih metaličnih minerala: *Magnetit, pirit, halkopirit, rutil, sfen, leukoksen, hromit, Cr-spinel, Cr-magnetit, magnetit, martit, hematit* i *limonit*.

Pirit, halkopirit, rutil, sfen, magnetit, martit i hematit javljaju se u bivšim gabrovima, a hromit, *Cr*-spinel i *Cr*-magnetit u izmenjenim serpentinitima. Limonit se javlja u obema stenama.



Sl. 3 — Sporadična aktinolitizacija i intenzivna talkizacija (gornji desni i donji levi deo slike) serpentina. Mestimično se zapaža i delimična talkizacija ranije obrazovanog aktinolita (uzorak D-14827a; + N, 20 ×).

Fig. 3 — Sporadic actinolitization (central part of photos) and intensive talcization (upper right and lower left part) of serpentinite. Localy is visible partial talcization of previously formed actinolite as well (sample D-14827a; + N, 20 ×).

Parageneze u bivšim gabrovima

Pirit se uglavnom javlja u Maloj reci. Rasut je u steni u vidu impregnacija promenljive veličine zrna (0,1 — 2 mm), a njegov sadržaj u steni može da iznosi i do 5%. Piritske impregnacije mogu da budu dosta ravnomerne u steni.

Halkopirit je dosta redak i slabo zastupljen, a javlja se najčešće zajedno sa piritom, od koga je mlađi i koga nekad potiskuje. Veličina zrna halkopirita iznosi do 200 mikrona. Halkopirit se, dakle, javlja u bivšim gabrovima, zajedno sa piritom.

Rutil je manjim delom sastavni deo stene, kad se javlja kao sitnozrni akcesorni sastojak, a delom učestvuje u izgradnji leukoksena (zajedno sa sfenom). Rutil je, najzad, i neogeni mineral, kada nastupa duž prslinica i u praznim prostorima u steni u zrnima i kristalićima veličine do nekoliko milimetara.

Leukoksen je slabo zastupljen i po pravilu se radi o sfenu sa brojnim inkluzijama i sitnim zrnima rutila. Leukoksen je nastao iz bivšeg, primarnog, ilmenita koji je bio normalan pratilac prvobitnog gabra.

Sfen je veoma čest mineral u opisanim metamorfisanim gabrovima. Manjim delom sfen je, zajedno sa rutilom, nastao iz primarnog ilmenita, ili je čak i sam primaran. Najvećim delom, međutim, sfen je naknadno prinešen (možda delom i remobilisan), a sadržaji neogenog sfena često iznose 3—10%. Sfen se ovde utiskuje duž površina škriljavosti metamorfisanih gabrova, ili u šupljinama u njima. Najčešći je u vidu zrna, a javlja se i u kristalima. Zrna su mu veličine do 160, a kristali do 90 mikrona i mogu nekad nastupiti masovno. Mestimično se zapažaju i dvojni blizanci kod ovog sfena. Mineral se često utiskuje paralelno folijaciji u vidu jako izduženih zrna.

Magnetit se javlja samo kao neogeni mineral utiskujući se u stenu u vidu impregnacija i kristala, veličine do 1 mm. Sadržaji magnetita pri tom mogu da iznose do 10%. Delom je ravnomerno, a delom neravnomerno rasut u steni. U nekim preparatima magnetit je skoro sav kristalan.

Martit nastaje iz magnetita, ali uglavnom nije jače zastupljen. Javlja se na obodu zrna magnetita, kao i duž prslina u njemu. Sasvim retko se magnetit u potpunosti pretvara u martit.

Hematit se javlja u žilicama u steni, ili u ljuspicama veličine do stotinak mikrona. Nije jače zastupljen.

Parageneza u serpentinitima

Ovu paragenezu izgrađuju hromit, *Cr*-spinel, *Cr*-magnetit i magnetit, a prati ih nekad limonit. Minerali ove parageneze javljaju se u vidu gušćih, ili razređenih impregnacija u steni, ili pak lokalnih nagomilanja.

Hromit je dosta redak mineral i javlja se u pojedinačnim, ili grupama zrna, s mesta na mesto u steni. Moć odbijanja svetlosti mu je niska i često pokazuje mrko-crvene unutrašnje reflekse.

Hromni spinel je mnogo zastupljeniji od hromita i predstavlja glavni mineral hroma u steni. Javlja se u serpentinitima, kako u Maloj, tako i u Golemoj reci. Pojavljuje se u vidu zrna, a ređe kristala, veličine do 0,5 mm. Hromni spinel je ređe potpuno očuvan, a mnogo češće metamorfoziran u magnetit i *Cr*-magnetit. U stvari, čistog hromnog spinela ovde ima malo, već se najčešće radi o slabijem ili jačem stepenu metamorfoze u magnetit. Magnetit koji nastaje iz *Cr*-spinela u početku se stvara na obodu i duž prslina u ovom mineralu, odnosno duž cepljivosti istog, zatim »prodire« u samu masu hromnog spinela. U najvećem broju slučajeva hromni spinel je manje-više do potpuno metamorfoziran u *Cr*-magnetit i magnetit, uz prisustvo brojnih međuprodukata pretvaranja.

Duž cepljivosti u hromnom spinelu, orijentisan u dva pravca, izlučuje se nekad i jedan providan mineral, koji bi mogao odgovarati uvarovitu.

Cr-magnetit i magnetit. Magnetit se javlja dvojako. Pre svega, on nastaje iz Cr-spinela, kada je reč o *Cr*-magnetitu, a delom je naknadno prinešen, ili remobilisan iz serpentinita. Sadržaji i jednog i drugog magnetita

su promenljivi, a iz jednog uzorka serpentinita iz Male reke dobili smo integriranjem sledeće rezultate:

Cr-magnetit	8%
Neogeni magnetit	15%
Svega:	23%

Magnetit koji nastaje iz *Cr*-spinela uvek preuzima njegove oblike zrna i kristala, tako da je često dosta krupnozrn (do 1 mm). Kristali neogenog magnetita, međutim, sitni su i retko prelaze veličinu od stotinak mikrona.

I *Cr*-magnetit i neogeni magnetit slabo se pretvaraju u martit. Neogeni magnetit može ipak da se jače martitiše. Hematit se javlja u vidu ljuspica kao sporedni mineral.

Pirit je jedini sulfidni mineral koji je do sada otkriven u opisanim serpentinitima. Uglavnom se javlja u magnetitu u vidu sitnih zrna i inkluzija.

Geneza

Postoje tri tipa mineralizacije u ispitivanom prostoru i to sulfidna, hromna i titanova.

U primarne parageneze, a koje su u neposrednoj vezi sa serpentinitima, spadaju hromni spinel i hromit. Pratioci ovih minerala nisu zapaženi, izuzev *Cr*-magnetita i magnetita, koji su nastali u toku metamorfoze *Cr*-spinela. No, bez obzira na način postanka magnetita u ovoj paragenezi, njega svakako treba priključiti istoj. Pojave neogenog magnetita treba vezati za naknadni kontaktni metamorfizam, koji je, moguće, doveo i do metamorfoze *Cr*-spinela. Martit i ljuspasti hematit su najmlađi članovi i nastali su u toku kasnije hidrotermalne akcije.

U primarne parageneze titana može se svrstati ilmenit, koji je skoro u potpunosti u međuvremenu pretvoren u rutil, leukoksen i sfen.

U mlađe parageneze koje su nastale kasnije, spadaju s jedne strane oksidne (magnetit, hematit, rutil, zatim sfen), a s druge strane sulfidne.

Glavni oksidni mineral je magnetit, koji može mestimično da se jače koncentriše, a koji je prinešen (možda delom i remobilisan) u toku kasnijeg granitoidnog magmatizma, verovatno kao kontaktni mineral. Ovaj magnetit se i inače javlja u kontaktnoj zoni bivših gabrova i serpentinita s jedne strane i okolnih škriljaca. Rutil II je takođe naknadan i ovo se odnosi na krupnozrni i kristalni rutil koji je, moguće, takođe kontaktni mineral, što važi i za uvarovit (?). Oba ova minerala mogla su bar delom da nastanu i remobilizacijom titana, odnosno hroma, iz primarnih stena.

Glavni deo sfena (sfen II) je takođe naknadnog porekla i on je često toliko zastupljen (do 10%), tako da se u konkretnom slučaju radi o sfenizaciji bivših gabrova. Za njega je karakteristično da je velikim delom kristalan, često i dvojno bližnjen i da je mlađi od stene u koju se utiskuje

duž folijacije. Sfen je proizvod titanskog metasomatskog fronta, koji je u prvoj fazi (rutil) verovatno imao kontaktni karakter.

Opisani minerali (magnetit, rutil II i sfen II) čine paragenetsku asocijaciju koja je nastala posle skoro svih izmena na gabrovima i posle njihovog uškriljavanja, a pre njihove feldspatizacije, tj. pre alkalnog fronta koji je doveo do iste.

U četvrtu paragenezu spadaju sulfidi i to pirit i halkopirit, koji predstavljaju najmlađe mineralizacije u ispitivanom prostoru. Ova dva minerala nastala su hidrotermalnim putem, takođe pod uticajem mladog granitoidnog magnatizma. Glavne količine pirita i sav halkopirit, javljaju se u bivšim gabrovima, i samo mestimično zapaženo je nešto pirita u serpenitima.

* * *

Iz svega navedenog može se zaključiti da ovde postoje četiri parageneze i to:

1. Primarni ilmenit u bivšim gabrovima, u međuvremenu pretvoren u sfen, rutil i leukoksen.

2. Primarni hromit i hromni spinel u serpentinitima, pri čemu je *Cr*-spinel naknadno velikim delom pretvoren u Cr-magnetit i magnetit.

3. Sekundarni titanovi minerali, možda delom remobilisani (sfen II, rutil II) i magnetit II (takođe možda delom remobilisan), koji su u stvari kontaktni minerali i koji su se naknadno utisnuli u bivše gabrove duž folijacije, u prslinama i praznim prostorima u istim.

Ovi sekundarni mineralni najvećim delom su nastali pod kontaktnim dejsvom mladih granitoidnih stena na bivše gabrove (prinos uz remobilizaciju).

4. Hidrotermalni sulfidni minerali (pirit, halkopirit) koji su takođe u genetskoj vezi sa mladim granitoidnim stenama, a koji se uglavnom javljaju u bivšim gabrovima.

Primljeno 23. VI 1980. *Recenzenti* dr Antonije Antonović i Stanojlo Cvetić

LITERATURA

1. Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. (1963): Rock-forming minerals. — London, sec. impression, Vol. 2 i 3.

2. Macdonald G.A. (1941): Progressive metasomatism of serpentine in the Siera Nevada of California. — Amer. Mineralogist, page 276, Vol. 26, Wisconsin.

3. Turner F.J., Verhoogen J. (1960): Igneous and metamorphic petrology. — Sec. edition, New York.

4. Turner F.J. (1968): Metamorphic Petrology — Mineralogical and field aspects, New York.

5. Vujanović V. (1978): Perspektivnost metamorfnih i bazičnih magmatskih stena Srpsko-makedonske mase Srbije na titan i prateće metale. (Surdulička eruptivna oblast). — Fondovi Republičke zajednice nauke Srbije, SIZ-a za geologiju Srbije, Beograd.

6. Vujanović V. (1979): Perspektivnost metamorfnih i bazičnih magmatskih stena Srpsko-makedonske mase Srbije na titan i prateće metale. — Fondovi Republičke zajednice nauke Srbije, SIZ-a za geologiju Srbije i Geoinstituta, Beograd.

7. Winchell A.N., Winchell H. (1951): Elements of optical Mineralogy. — New York.

Summary

THE *Cr* — *Ti* AND SULPHIDE OCCURRENCES IN THE VALMIŠTE AREA (CRNA TRAVA), WITH ITS PETROLOGY

by

V. Vujanović, S. Divljan and V. Ćebić

Key words: Mineralogy, Geochemistry, Petrography, Serpentinites, Gabbros, Petrology, Genesis, Serbia, Crna Trava.

This paper is based up on the mineralogic — petrographical examination of the chromium, titanium and sulphide mineral occurrences in the Valmište area (Crna Trava, SE Serbia), including the petrology of the area.

Petrography of the area. The main rock type of this high crystalline complex is represented by chlorite-sericite schists which are intercalated with relatively smaller lens-like bodies of more or less feldspathized (granitized) muscovite-biotite- and amphibole schists. Magmatic rocks occur in the form of small irregular masses of dacite (Mala Reka locality). Serpentinites form many small outcrops and irregular bodies closely associated with similar occurrences of most frequently intensively alkali--metasomaticaly altered gabroic rocks. Very frequently serpentinites are intensively actinolitized and/or talcized. Besides of different grades of granitization the gabroic rocks have been exposed to diaftoritic transformations to epidote-amphibole, chlorite-epidote amphibole and related schistose rocks.

In spite of many indications of granitization the granitoid rocks have not been detected in investigated area or in its wider surrounding.

Petrogenesis. In author's opinion the phenomenon of actinolitization of serpentinities is a consequence of high-temperature hydrothermal metasomatic alteration under the influence of granitoid magma. In such a way our opinion is very close to explanation given by G. A. Macdonald (lit. 2) for actinolitized serpentinites from Sierra Nevade region in California. We consider as well as satisfactory the interpretation given by F. J. Turner that talcization essentialy represents a result of partial silification of serpentinite which is the most probably followed by some removal of iron subsequently manifested by magnetitization of chromite.

As a result of their studies and having in mind all other granitization processes detected in this relatively small area the authors concluded that the actinolitization and subsequent talcization of serpentinites represents essentialy a contact-metasomatic alteration of mentioned rocks under the influence of alkali-silicic fluids coming from still undiscovered younger granitoid intrusion. On the basis of our progressing studies it is positively confirmed that granitization processes are intensively and extensively developed in a much larger region of Surdulica magmatic-metamorphic complex in which the investigated area belongs.

The ore occurrences

There exist three types of the occurrences such as:

— **The paragenesis in the serpentinite,** which is represented by chromium — spinel, followed by small amounts of chromite. *Cr*-spinel is mostly converted into *Cr*-magnetite and magnetite.

The chromium minerals are geneticaly related to the primary ultrabasic rock.

— **The titanium assemblages** which include ilmenite, rutile and sphene, associated with magnetite and hematite.

Ilmenite from this assemblage is geneticaly connected with the primary gabbroic rock, and it is mostly converted into rutile and sphene.

The late titanium paragenesis includes rutile II and sphene II, which are the product of the Ti — metasomatic front, geneticaly related to the late granitoid magmatism. The most aboundant titanium mineral is sphene (up to 10%), and we have here the case of the sphenisation of gabbroic rock. The associates are magnetite and hematite.

— **The youngest paragenesis** is the sulphidic one, including pyrite and chalcopyrite. This paragenesis is hydrothermal in origin, so it is geneticaly related to the late granitoid rocks.

RADOVI Geoinstituta, knjiga 14., str. 81—112, god. 1980., Beograd.
PROCEEDINGS of Geoinstitute, vol. 14, pp. 81—112, 1980, Belgrade.

Томислав Чобић[1]

УДК 553.622.27

ГЕОЛОШКО-ЕКОНОМСКИ ЕФЕКТИ РАЗБЛАЖЕЊА И ГУБИТАКА РУДЕ[2]

Кључне речи: разблажење, осиромашење, губици руде, геолошко-економски ефекти

1. УВОД

Евидентна је чињеница да се минералне сировине све више траже у свету, да се богата и велика лежишта исцрпљују и да је за проналазак нових потребно уложити све више средстава.

Премда се технологија ПМС у свету и код нас стално усавршавала и повећавала искоришћења у постројењима за ПМС, ипак је у 1975. години било потребно 2,3 пута више руде за производњу 1 т. концентрата Pb, а 1,5 пута више за производњу 1 т. концентрата Zn у односу на 1939. годину.

Ова повећана производња руде могла се остварити само применом метода масовног откопавања и употребом механизације, које собом носе и повећано разблажење и губитке руде.

Због свега тога, примена одговарајуће откопне методе и механизације, усмерена је у правцу максималног и рационалног искоришћења неког пронађеног и отвореног лежишта.

Максимални ефекти ће се постићи ако се лежиште откопа уз што мање разблажење и губитке руде.

Иако се са овим показатељима, свакодневно, срећу многи рудници, о њима се мало пише у нашој стручној литератури. Да то није само наш проблем говори и податак да су земље чланице СЕВ-а и СФРЈ организовале у пролеће 1971. године у Катовицама, НР Пољска семинар специјалиста по питању разблажења и губитака руде у рудницима обојених метала. И баш због тога, што нема пуно објављених радова из ове области, поготову не практичних примера, а знајући какве све недаће задају рудничким геолозима разблажење и губици руде сматрали смо да ће овај рад помоћи првенствено њима као и геолозима којима је специјалност економска геологија.

Аутор је у руднику „Сребреница" радио 12,5 година од чега 5 година на директној производњи па се са овим проблемом често сретао.

---

[1] Геоинститут, Београд.

[2] Реферат одржан на Другом саветовању о олово-цинковој минерализацији у СФРЈ. Штип, 1978.

2. ОПШТИ ПОДАЦИ О ЛЕЖИШТУ САСЕ — СРЕБРЕНИЦА

Пошто су на примеру лежишта Сасе, у рудном пољу Сребренице, приказани узроци настанка, начин прорачуна и негативни економски ефекти разблажења и губитака руде, аутор је сматрао да је потребно претходно укратко описати и само лежиште Сасе.

Рудно лежиште Сасе налази се у СИ делу полиметаличног рудног поља у коме се рудне жице пружају у правцу СИ—ЈЗ са падом 60—90°. Жице су депоноване или у пропилитисаном дацито-андезиту или карбонским шкриљцима или на контакту ових двеју средина. Најбогатије су и најпостојаније рудне жице које су локализоване у дацито-андезитима. У лежишту Сасе рударски је истраживано 15, а експлоатисано 11 рудних жица. Њихова просечна дебљина износи око 2,7 м. Главни рудни минерали су: марматит, галенит, а пратећи: пирит, пирхотин, марказит, кварц, сидерит, арсенопирит, антимонит и разне сулфо-соли.

3. ПОЈАМ РАЗБЛАЖЕЊА И ОСИРОМАШЕЊА РУДЕ

Као што се у појединим земљама овим проблемом баве различити стручњаци (геолози, рударски инжењери, јамомерци и сл.) тако се и ови појмови различито дефинишу.

На збрку и злоупотребу ових термина наилазили смо и у неким нашим геолошким и рударским пројектима и извештајима. Због тога ћемо их укратко овде описати и дефинисати.

Треба разликовати два појма р а з б л а ж е њ е и о с и р о м а ш е њ е чији су узроци настанка донекле различити али су им последице исте.

Под појмом разблажења подразумевамо механичко мешање јалових или слабо орудњених околних стена са рудном масом при њеном откопавању. На тај начин долази до смањења садржања корисних компоненти у рудној маси у односу на њихов садржај пре откопавања, при чему биланс метала остаје непромењен (прилог 1). Разликујемо примарно разблажење које настаје непосредно при отпуцавању рудне масе и секундарно разблажење које настаје услед неконтролисаног одваљивања кровинског и ређе подинског бока рудног тела што је нарочито уочљиво при откопавању магацинском откопном методом.

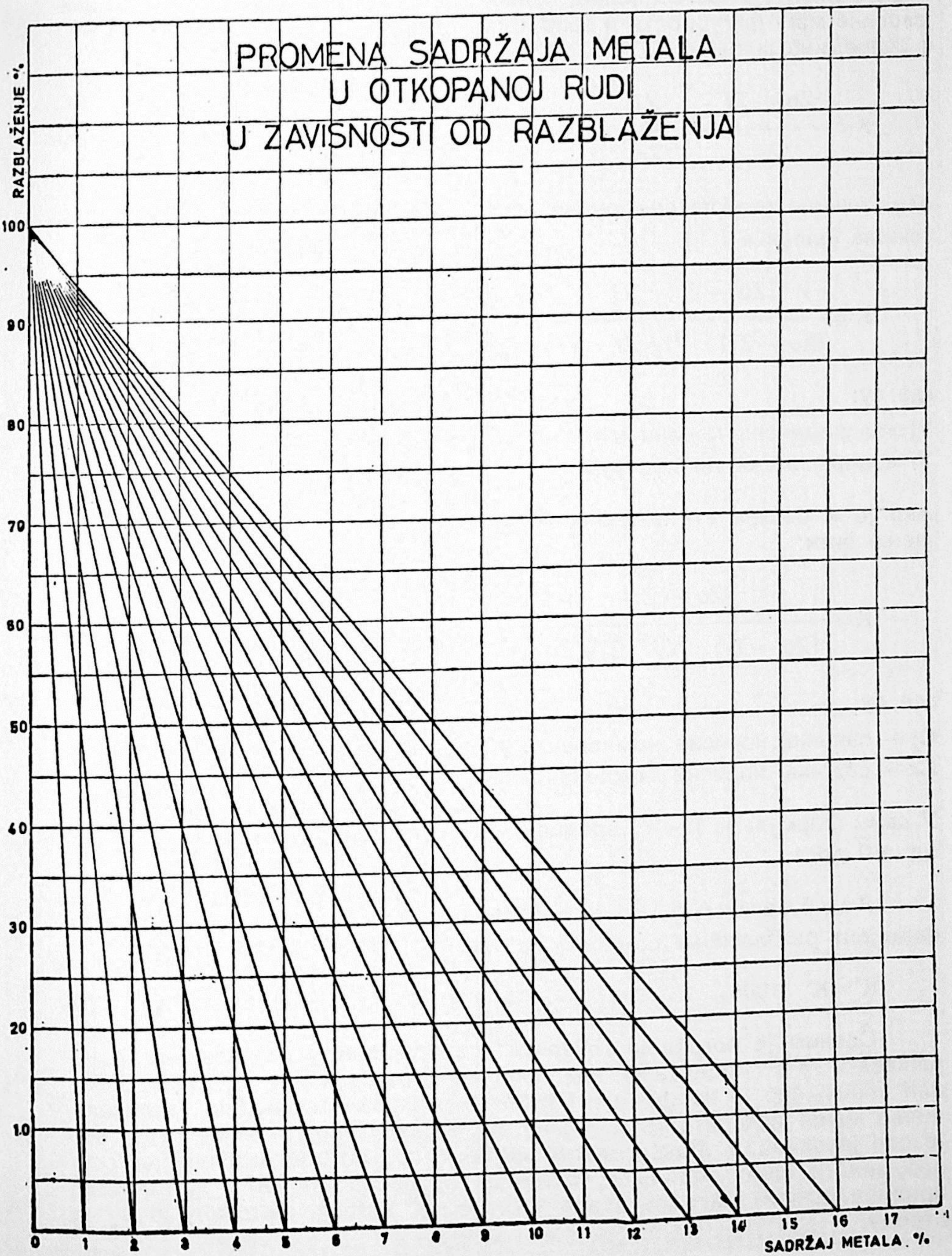
К о е ф и ц и ј е н т р а з б л а ж е њ а (К) је неименован број који представља однос јаловине и укупне рудне масе (заједно са јаловином) и може се изразити формулом:

$$K = \frac{Šo - Šr}{Šo} = \frac{J}{Šo} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

где су:

К — коефицијент разблажења
Šo — ширина откопа (м)
Šr — дебљина рудне жице (м')
J — дебљина јаловине (м')

ПРИЛОГ БР. 1


PROMENA SADRŽAJA METALA
U OTKOPANOJ RUDI
U ZAVISNOSTI OD RAZBLAŽENJA
RAZBLAŽENJE %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
1.0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
SADRŽAJ METALA . %

У формули (1) уместо ширине откопа, дебљине рудне жице и дебљине јаловине могу фигурисати и запремине откопа (Zo), запремина руде (Zr) и запремина јаловине (Zj)

$$K=\frac{Zo-Zr}{Zo}=\frac{Zj}{Zo} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

или, тежине разблажене рудне масе (Qo), тежина чисте руде (Qr) и тежина јаловине (Qj).

$$K=\frac{(Zo-Zr)\cdot Yj}{(Zo-Zr)\cdot Yj+Zr\cdot Yr}=\frac{Qj}{Qo} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

где су:

Yj = запреминска тежина јаловине
Yr = запреминска тежина руде

Ако је и околна стена минерализована тада ће коефицијент разблажења бити:

$$K=\frac{(Zo-Zr)\cdot Yj\cdot Cj}{(Zo-Zr)\cdot Yj\cdot Cj+Zr\cdot Yr\cdot Cr} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

где су:

Cj — садржај корисне компоненте у околној стени
Cr — садржај корисне компоненте у руди

У свим формулама (1—4) вредност коефицијента разблажења креће се од ±0 до 1.

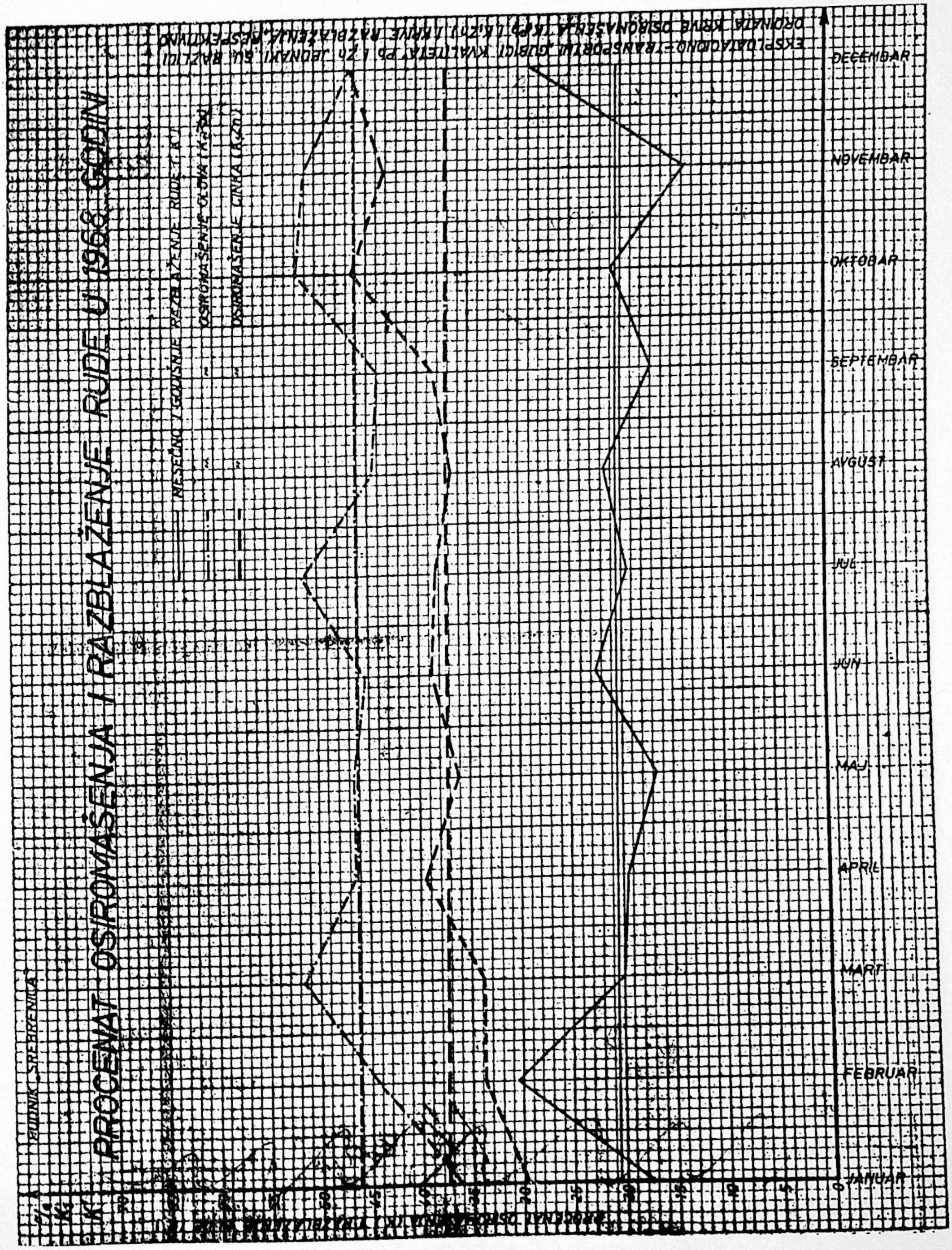
Разблажење (K') је изражено у % и добија се када се коефицијент разблажења помножи са 100.

$$K'=K\cdot 100\% \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Сасвим је погрешно говорити о коефицијенту разблажења, а изражавати га у процентима, или говорити о разблажењу од 150%, 300% или 1000% јер је коефицијент разблажења неименован број, а разблажење може износити максимално 100%, када уопште нема руде, већ је све јаловина. У даљем тексту ми ћемо под појмом разблажења подразумевати само смањење садржаја корисне компоненте (у %) због прилива јалових околних стена у отпуцану, нетранспортовану, руду на откопу.

Коефицијент осиромашења (K_1) представља однос садржаја корисне компоненте у руди која је допремљена у односу на

ПРИЛОГ БР. 2


PROGNOZA OSIROMAŠENJA I RAZBLAŽENJA RUDE U 1966. GODINI
PROSEČNO OSIROMAŠENJE RUDE U 1966. GODINI
PROSEČNO RAZBLAŽENJE RUDE U 1966. GODINI
OSTVARENO OSIROMAŠENJE RUDE U 1966. GODINI
OSTVARENO RAZBLAŽENJE RUDE U 1966. GODINI
MESEČNO OSTVARENJE OSIROMAŠENJA RUDE
MESEČNO OSTVARENJE RAZBLAŽENJA RUDE
EKSPLOATACIONO STANJE RUDE U JAMI
DECEMBAR
NOVEMBAR
OKTOBAR
SEPTEMBAR
AVGUST
JUL
JUN
MAJ
APRIL
MART
FEBRUAR
JANUAR

садржај у неоткопаном рудном блоку. То је такође неименован број и креће се у границама од ±0 до 1.

$$K_1 = \frac{Crb - Cf}{Crb} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

где су:

Crb — садржај корисне компоненте у неоткопаном рудном блоку

Cf — садржај корисне компоненте у улазној руди у постројење за ПМС

Осиромашење (K_1') се добија када се коефицијент осиромашења помножи са 100 и изражава се у %

$$K_1' = \frac{Crb - Cf}{Crb} \cdot 100\% \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Осиромашење се као и разблажење креће у границама ±0 до 100% и мора бити увек веће или једнако разблажењу. Оно представља збир разблажења у ужем смислу (с. с.), секундарног разблажења и „губитака квалитета" при транспорту од откопа, преко рудних сипки и транспортних ходника до постројења за припрему; то је уствари разблажење у ширем смислу (с. л.).

У наредном излагању употребљаваћемо та два појма у смислу претходне констатације.

Разблажење (с. с.) се може израчунати за свако радилиште, његов део, рудни ревир или цео рудник, док се осиромашење може израчунати само за цео рудник (сва производна радилишта) у једном временском интервалу.

Из величине осиромашења не виде се његови непосредни узроци настанка. Међутим, упоређивањем осиромашења и разблажења за један временски период (декаду, месец, годину) може се видети место настанка осиромашења (на откопу или због „губитка квалитета" приликом транспорта) — прилог 2.

Примарно разблажење може (теоријски) бити једнако нули, а да опет постоји осиромашење, било због губитака богатих делова руде, било због видљивог, али немогућег за регистровање, секундарног разблажења.

На прилогу 3 дат је пример прорачуна годишњег плана производње у коме разблажење и губици руде играју значајну улогу без чијег би укључивања у рачун дошло до великих грешака.

Разблажење, осиромашење и губици руде представљају главне показатеље ефективности примењених откопних метода од којих у великој мери зависи и економично пословање рудника.

ОБРАЗАЦ БР. 7ч

REDNI BROJ	BROJ RUDNE ŽICE	BROJ RUDNOG BLOKA	REZERVE ČISTE RUDE U BLOKU	KOLIČINA PREDVIĐENA ZA OTK						
				ČISTA RUDA			RAZBLAŽENJE	RAZBLAŽENA RUD		
				KOLIČINA RUDE	SADRŽAJ METALA			KOLIČINA RUDE	SADRŽAJ M	
			Q_B	$Q_Č$	Pb	Zn	K'	Q_R	Pb'	
			t	t	%	%	%	t	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	$9=\frac{5}{1-\frac{K'}{100}}$	$10=6(100-K')$	1
1	2	I	75 000	40 000	4,3	5,8	30	57 143	3,0	
2	II	2	68 500	55 000	3,9	6,5	20	68 750	3,1	
3	II	3	54 750	54 750	4,7	7,2	25	73 000	3,5	
4	II	4	39 600	39 600	3,5	6,4	25	52 800	2,6	
5	I	5	94 500	30 000	4,0	6,1	20	37 500	3,2	
6	I	6	48 000	25 000	3,3	4,8	15	29 412	2,8	
7	II	7	35 800	35 800	5,1	8,4	30	51 143	3,6	
8	II	8	43 400	34 850	4,5	11,2	30	49 786	3,1	
9	II	9	82 000		3,6	7,4	18			
10	II	10	41 300		4,2	6,8	30			
11	8	11	52 360		3,8	5,7	25			
12	II	12	37 450		5,0	9,6	35			
13	II	13	52 350		4,8	8,3	30			
14	5	14	62 500		3,6	6,9	30			
15	II	15	28 800		4,6	7,3	40			
16	II	16	43 750		7,9	10,6	40			
17	II	17	35 600		8,0	8,8	40			
18										
19										
20										
21										
22										
23										
Σ 1–17		VLAŽNA RUDA	895660		4,5	7,3	26,9	ukupno svi blokovi		
Σ 9-17			436 110		6,0	7,8	30,0	rezervni blokovi		
Σ 1- 8			459550	315 000	4,2	7,1	24,9	419534	3,1	
ODBIJA SE			EKSPLOATACIONI GUBICI = 10 %					– 41953	"	
			VLAGA = 6 %					– 25 172	"	
SUVA RAZBLAŽENA RUDA ZA OTKOPAVANJE								352 409	"	
USVAJA SE PLAN PROIZVODNJE RUDE								350 000	3,0	

računao:
GEOLOG ZA PROIZVODNJU

.....

kontrola:
ŠEF GEOL. SLUŽBE

.....

TEHN. R

.....

TEHNIČKI KOLEGIJUM OOUR-a
USVOJIO: RADNIČKI SAVET OOUR-a DANA
ZBOR RADNIH LJUDI OOUR-a

ПЛАН ПРОИЗВОДЊЕ ЗА ——

4. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА ПОВЕЋАНО РАЗБЛАЖЕЊЕ И ОСИРОМАШЕЊЕ РУДЕ

Прве прорачуне разблажења у руднику „Сребреница" без анализе њиховог настанка извршио је П. Бублик (1964), док је методу развио Ј. Стојковић (1965), а усавршили и изанализирали узроке повећаног разблажења и губитака руде Т. Чобић и Ј. Стојковић (1966—1972).

Набројаћемо најзначајније факторе који утичу на повећано разблажење и губитке руде.

А. ГЕОЛОШКИ ФАКТОРИ

а) средњи садржај метала у руди
   — коефицијент варијације
   — грешка опробавања
б) величина рудног тела
в) облик рудног тела
г) склоп рудног тела
д) физичко-механичке особине руде и околних стена
ђ) залегање рудног тела
е) тектоника лежишта
ж) хидрогеолошки услови у лежишту

Б. ЕКСПЛОАТАЦИОНИ ФАКТОРИ

а) избор откопне методе
б) избор механизације
в) величина производње
г) начин транспорта руде и дужина транспортних путева
д) експлоатациони губици

В. СУБЈЕКТИВНИ ФАКТОРИ

а) нетачност геолошко-мерачке документације
б) организација производње и транспорта
в) контрола квалитета радова
г) људски фактор
д) стимулисање радника на производњи

Због ограничености простора описаћемо само неке од ових фактора, док су други фактори или мање важни или су сами по себи јасни.

А.а) Средњи садржај метала у откопаној руди зависи пре свега од квалитета руде у експлоатационом блоку, те тачност прорачуна средњег садржаја игра значајну улогу. Грешка прорачуна средњег садржаја зависи од коефицијента варијације (V) корисне компоненте и релативне средње грешке (P) која се назива и показатељ тачности опробавања, који у крајњој линији одређују и растојање између проба, затим од уједначене чврстине руде и тд.

А.б) Величина рудног тела и разблажење стоје у обрнуто пропорционалном односу.

А.в) Рудне жице Сребренице одликују се великом сложеношћу; честа су рачвања, девијације, езетативно залегање, локална исклињења или прелазак компактне руде у штокверкна и импрегнациона оруднења. Откопавање апофиза често је скопчано са знатним тешкоћама, због рачвања и амигдалоидног пружања рудних жица уз обвезно повећање разблажења и губитака руде.

А.г) Опште је познато, да уколико су околне стене веће тврдине и чврстине од руде, тада су и разблажења и губици руде мањи и обрнуто. Нарочито су неповољне глиновите салбанде које се неконтролисано одваљују, мешају са рудом и за себе лепе истрошен галенит и отежавају искипавање руде кроз сипке.

У сложеним геолошким условима дозвољена ширина откопа (Šo) по Агошкову (1960) одређује се по формули

$$Šo = Drž + Jp + Jk \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

где су:

Drž — дебљина рудне жице (м')

Jp и Jk — нормалне дебљине примешане јаловине из подинског и кровинског бока рудне жице (м')

Нормална дебљина јалових околних стена одређена је сложеношћу морфологије контактне површине жице и јалове стене, типом и карактером контакта и износи по Агошкову:

Табела 1

Тип контакта	Карактер контакта	Нормална дебљина јаловине у подини и кровини рудне жице (м')
I	раван, јасан и чврст	до 0,05
II	раван, јасан и трошан	0,05—0,10
III	вијугав, јасан и чврст	0,10—0,20
IV	вијугав, нејасан и чврст	0,20—0,25

Из табеле се види да би се максимално смело откопати, уз било коју дебљину рудне жице 0,25+0,25=0,50 м јаловине.

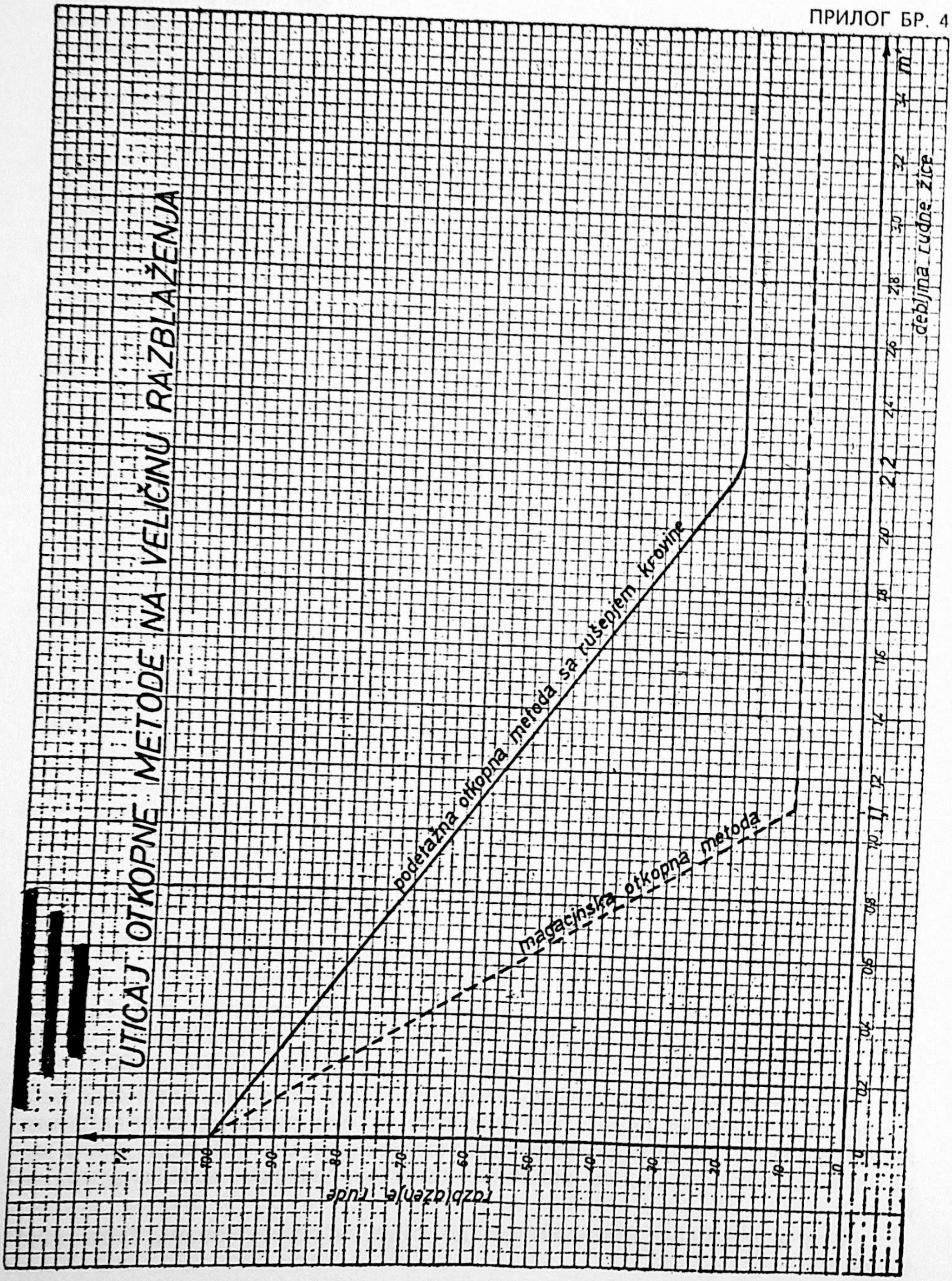
А.д) Најповољније је када рудна жица има постојан пад без наглих промена, а да при том бокови буду чврсти. За магацинску и подетажну методу најповољнији су падови рудне жице од 70 до 90°.

А.ђ) Тектоника, уопште узев, игра значајну улогу на величину разблажења и губитака руде , тим пре што је она праћена и повећаним приливом воде. Пошто је пострудна тектоника у Сребреници мање изражена то њен утицај, на величину ових показатеља, није знатно изражен.

Б.а) У руднику „Сребреница" до сада су примењиване 4 откопне методе:

— хоризонтално етажно откопавање са засипавањем из „џепова" (или краће засипна метода)

ПРИЛОГ БР. 4


UTICAJ OTKOPNE METODE NA VELIČINU RAZBLAŽENJA
podetažna otkopna metoda sa rušenjem krovine
magacinska otkopna metoda
razblaženje rude
debljina rudne žice
m'
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
%
2,2
4
6
8
10
12
14
16
18
20

— магацинска откопна метода
— подетажна метода са рушењем кровине и
— подетажна метода са остављањем отвореног откопаног простора.

Свака од ових метода има своје специфичности и различито се манифестује на величину разблажења и губитака руде.

Код засипне методе (која је у Сребреници избачена због малих учинака) нарочиту пажњу треба обратити на то да горњи слој засипа буде од ситног материјала чиме се спречава губитак растресите руде у засип.

Код магацинске откопне методе постоји примарно и секундарно разблажење. Ово последње настаје у фази искипавања магацина због одваљивања кровинског и подинског блока и оно је директно пропорционално времену истакања и откривеној површини магацина.

Према К. Пикли — у (1971) оно износи:

$$K' = 3{,}8 + 2{,}4\,F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

F — откривена откопна површина магацина у 10^4 m^2.

Испитивања у НР Мађарској су показала, да после почетка интензивног одваљивања, количина одваљене јеловине расте сваког месеца за 8 до 12%. Код магацина чија је откривена површина 80.000 m^2 интензивније одваљивање почиње после два месеца, а код магацина са откривеном површином од 115.000 m^2 после седам дана.

На прилогу број 4 приказан је утицај магацинске и подетажне методе са рушењем кровина на величину разблажења. Облик криве је, како последица природних фактора ,тако и утицаја Правилника о стимулисању радника за смањење разблажења.

Код подетажне методе са рушењем кровине разблажење се може регистровати само у фази израде подетажних ходника, док је то немогуће у фази обарања.

На величину разблажења и губитака руде код подетажне откопне методе нарочито велики утицај има правилно бушење минских рупа, нагиб равни лепезе, њихово међусобно растојање што условљава ширину миниране руде (од чега зависи њен гравитациони ток) и начин утовара руде на челу радилишта. Код ширих ходника руду треба интезивније утоварити на крајевима ходника са што дубљим продирањем кашике утоварне лопате, док у средини треба да се утовара са смањеним интензитетом.

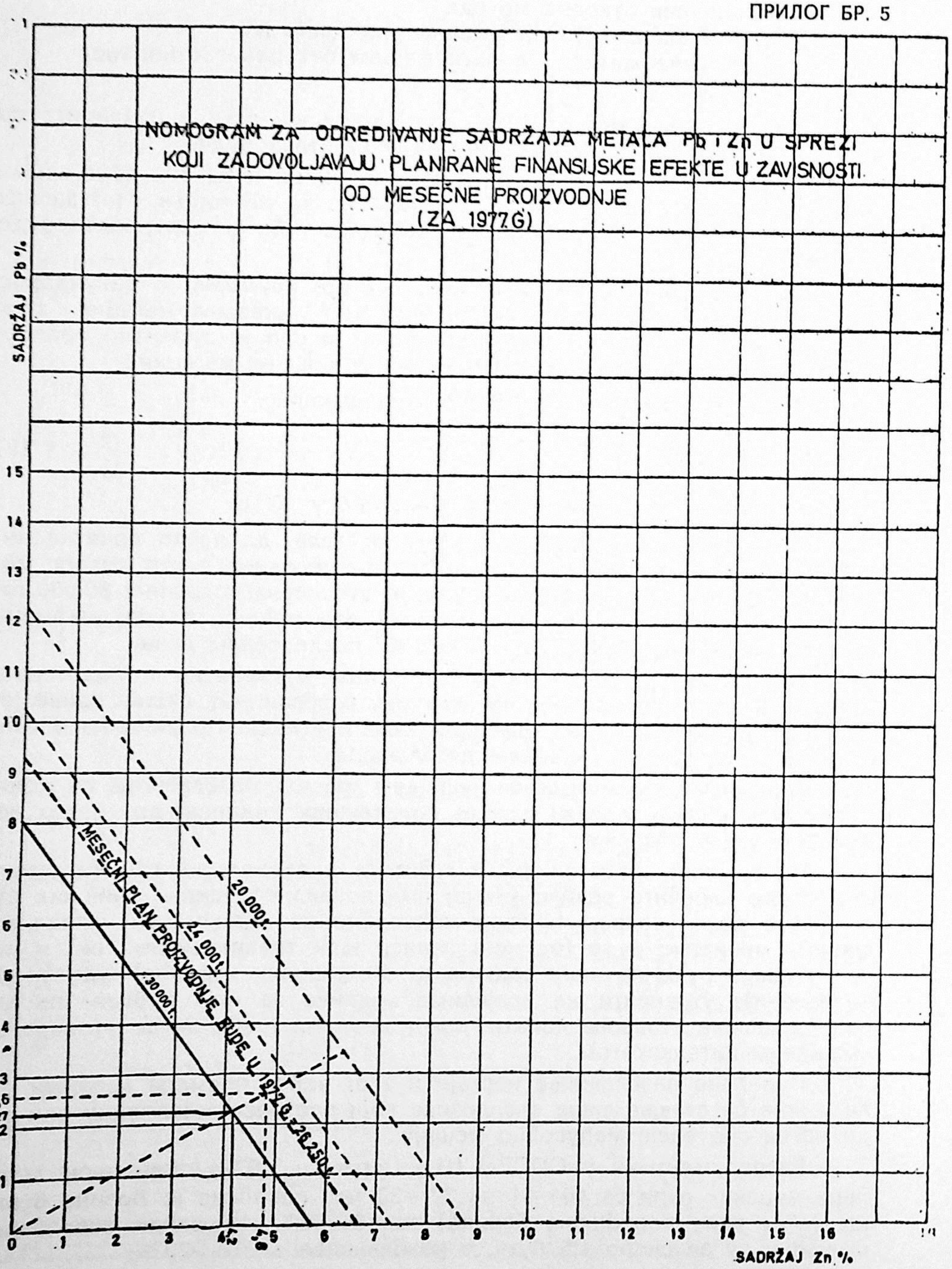
Повећано разблажење настаје и због већег промера минских рупа у које се ставља више експлозива који растреса и јаловину око руде па се оне више међусобно мешају.

Експериментима у СССР-у (Назарчик, 1972) смањењем пречника минских рупа са 46—44 на 32—30 мм, повећана је брзина бушења (због веће периферне брзине) за 40—50%, трошкови експлозива смањени су за скоро 1,5 пута, а разблажење за 10—20%.

Б.б) Величина разблажења је у директној вези са величином производње.

ПРИЛОГ БР. 5

NOMOGRAM ZA ODREDIVANJE SADRŽAJA METALA Pb i Zn U SPREZI KOJI ZADOVOLJAVAJU PLANIRANE FINANSIJSKE EFEKTE U ZAVISNOSTI OD MESEČNE PROIZVODNJE (ZA 1977 G)



Код подетажне откопне методе величина производње зависи, скоро искључиво, од правовремене припремљености радилишта, а код магацинске од залиха оборене руде у магацину. Нарочито је важно одредити оптималну количину магазиниране руде и припремљених подетажних ходника. Превремена израда подетажних ходника може довести до њиховог зарушавања пре почетка обарања, а превелика количина магазиниране руде одражава се вишеструко негативно на економске ефекте производње:

— потпуно онемогућено или отежано (због цементовања) искипавање руде уз повећан број радних дана
— повећано секундарно разблажење руде због убацивања експлозива у магацине у циљу децементације руде,
— руда оксидира чеме се смањује искоришћење метала у флотацији.

Једна наша анализа у периоду 1969—1971 показала је да залихе оборене руде не би смеле бити веће од тромесечне производње, стим да се упоредо кипа руда из потпуно оборених магацина и из магацина који су у фази обарања.

Мање залихе руде, које би се краће магазинирале опасне су јер ако се покваре неке утоварне машине долази до застоја производње на подетажама па се количина руде надокнађује кипањем већ давно источених магагина чиме се драстично смањује квалитет руде.

На монограму прилог 5 приказана је зависност количине производње и садржаја метала у руди који задовољавају планиране финансијске ефекте. Видљиво је да су ефекти већи ако се са мањом количином руде добија иста количина метала. Међутим, ако би се произвела већа количина руде од планиране (нпр. 30.000 т са смањеним садржајем метала Pb = 2,27% и Zn = 4,20%) али са истим биланском метала у руди као и код планске количине (682,5 т Pb и 1.260 т Zn), при чему је уочљиво да би разблажење износило око 13%, пословање рудника било би негативно, јер би се морало откопати, транспортовати и прерадити 3750 т. јаловине у рудној маси.

Б.в) Експлоатациони губици зависе у првом реду од примењене откопне методе, организације рада, склопа рудног тела и тектонских и хидрогеолошких услова у лежишту.

По Б. Глушчевићу (1974) губитак руде (G %) је однос између изгубљене руде из блока (Qg) према укупној количини руде у блоку (Qb)

$$G\% = \frac{Qg}{Qb} \cdot 100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

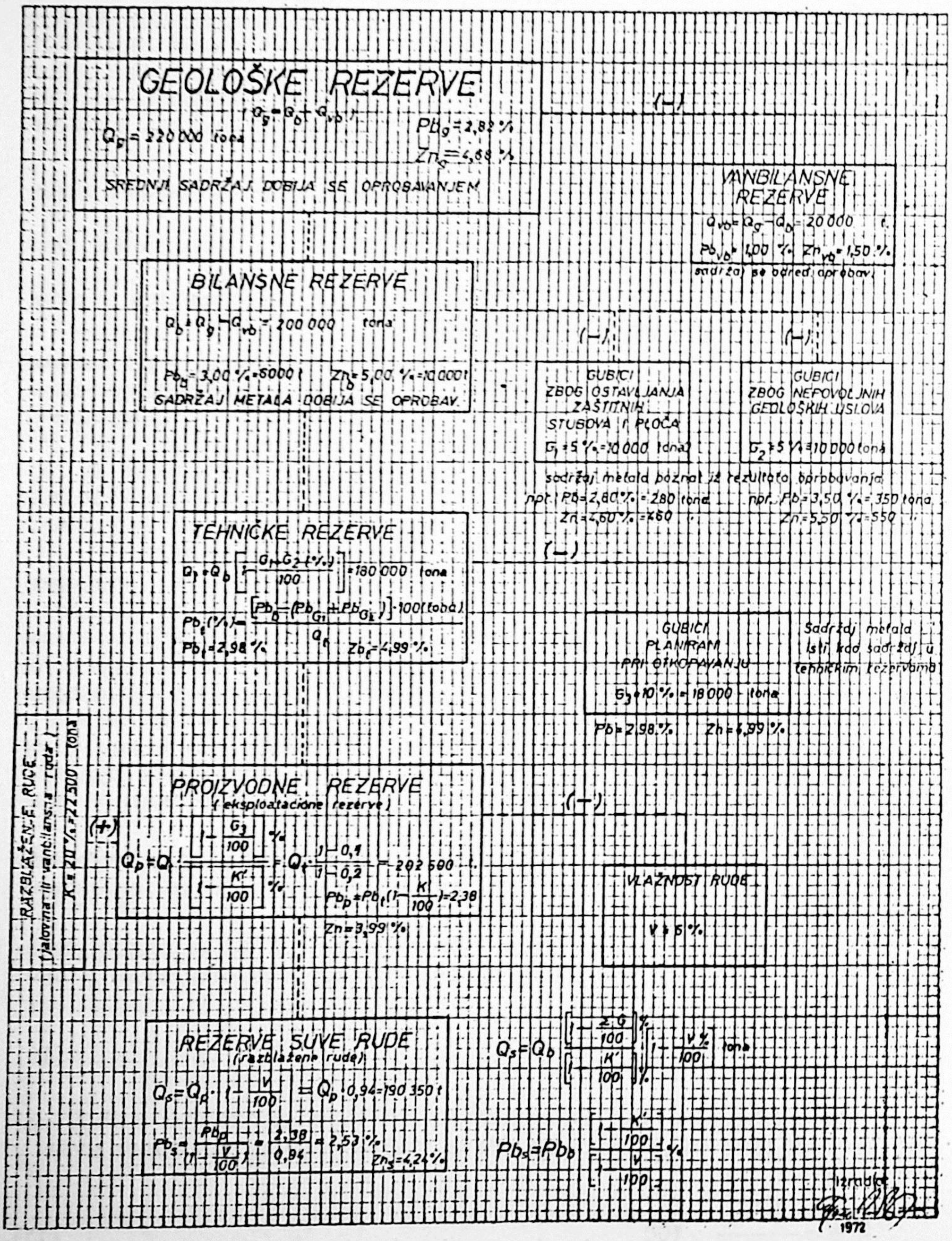
Искоришћење рудне супстанце (Ir %) је према истом аутору однос произведене руде (Qpr) из блока према укупној количини руде у блоку (Qb)

$$Ir\% = \frac{Qpr}{Qb} \cdot 100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

или

$$Ir = 100 - G\% \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

ПРИЛОГ БР. 6



ПРИМЕР ПРОРАЧУНА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ РЕЗЕРВИ У БЛОКУ

Према карактеру и месту настанка експлоатационе губитке, који утичу на осиромашење руде можемо поделити у две групе (Т. Чобић, Ј. Стојковић. 1971.):

1. Условно изгубљена руда, где спадају
— сигурносни стубови
— сиромашни делови лежишта
— врло танке рудне жице
— неистражене апофизе
— руда у пределу рушевина или старих радова.

2. Неповратно изгубљена руда којој припадају немерљиве, мање или веће количине, углавном богате руде.

Квалитативна разлика између ове две групе је у томе што за условно изгубљену руду није уложен никакав рад за експлоатацију.

Код засипне откопне методе ови губици настају услед пропадања ситних честица галенита и марматита у засип и приликом гравитационог транспорта кроз сипке. Уколико је горњи слој засипа крупнији, а сипке лошије изграђене и кроз које пролази вода, губици су већи.

Код магацинске откопне методе губици настају највише услед цементовања руде, затим због испирања водом фиших честица галенита и марматита, или када при спором искипавању магацина, дође до одвајивања глиновитих салбанди за које се лепе ситне честице галенита, које се не могу никад искипати.

Код подетажне откопне методе губици настају или услед непотпуног обарања подетажних плоча због кратких минских рупа, или услед мешања руде са јаловином на косини засипа.

Ови последњи узроци могли би се елиминисати ако би се покупио и један део засипа, чиме би се с друге стране знатно повећало разблажење руде.

За осиромашење руде значајан је губитак метала који настаје у процесу производње, а односи се на неповратно изгубљену руду, док условно изгубљена руда не утиче на величину осиромашења, јер она није ни откопавана. Како и колико губици и разблажење руде утиче на величину рудних резерви види се са прилога број 6, те би крајње изведене формуле на овом прилогу требало употребљавати приликом прорачуна резерви суве руде у блоку.

В.а) Нетачност геолошко-мерачке документације може се веома негативно одразити на величину губитака и разблажење руде. Тако на пример, ако неки истражни ходник на коме се планира експлоатација није са великом тачношћу картиран, или нису тачно измерени елементи залагања рудног тела, или су геодетски елементи погрешно измерени, тада може доћи до погрешног лоцирања рудних сипки у кровини жице, чиме се онемогућује искипавање. Код подетажне методе са рушењем кровине због нетачности документације могу се лепезе минских рупа погрешно урадити, при чему, само неколико дужих минских рупа, нарочито у кровинском блоку, изазива велики прилив јаловине.

Нетачност прорачуна средњег садржаја метала и количине руде у блоку може довести до заблуде да су направљени већи губици и разблажење него што је то у стварности.

Б.б) Проблемом разблажења у руднику „Сребреница" бави се геолошка служба — група за експлоатацију коју чине

Табела 2

Редни број	Назив радног места	квалификација	Број извршилаца
1.	геолог за експлоатацију	дипл. инж. геолог	2
2.	помоћник геолога за експлоатацију	геол. техничар	2
3.	техничар за опробавање и контролу квалитета	геол. техничар	1
4.	проспектор	КВ радник	1
5.	узимач проба	КВ радник	1
6.	помоћник узимача проба	КВ радник	2
		УКУПНО:	9

Сличну екипу на пример у Мансфелдским рудницима чини 46 људи где су укључени и рударски инжењери и економисти.

У Шановској области НР Пољска још 1961. године сви контролни органи рударства уједињени су у једну радну групу под руководством геолога. То се објашњава великим утицајем геолошких услова на квалитет, могућношћу примене геолошких метода контроле квалитета и одговорношћу и заинтересованошћу геолога за очување рудног блага за чији су проналазак уложили доста труда, а друштво доста средстава. На тај начин самостална група испуњава одговорне задатке опробавања и регистровања, прорачуна резерви ,израде производних планова, контроле и оцене квалитета до коначног производа. Та група се зове „оперативна група за оцену лежишта и контролу квалитета". Она има 45 људи где поред осталих спадају: руководилац групе (геолог), заменик руководиоца, инжењер за контролу, инжењер за регистровање губитака руде, геолог за експлоатацију и три стручњака који обрађују податке. Таквим организационим радом смањени су губици руде са 10% на 5% и поред увођења јамске механизације и аутоматизације. У руднику „Сребреница" могу се издвојити три периода у погледу регистровања и разблажења руде:

— период 1961—1964., када је откопавана изузетно богата руда и када се на те покаазтеље није обраћала пажња;

— период 1964—1972., који се карактерише појачаном контролом у циљу смањења разблажења руде и

— трећи период, 1972—1977., када је дошло до опуштања и занемаривања ових важних показатеља ефективности производње због постепеног притиска инжењерско-техничког кадра рударске струке којима овај метод није одговарао због честог пеналисања. Тако је Правилник о стимулисању радника неприметно потиснут и почело се радити по старом.

5. МЕТОДЕ ПРОРАЧУНА РАЗБЛАЖЕЊА И ОСИРОМАШЕЊА РУДЕ

На основу геолошких карактеристика рудне жице, услова експлоатације, методе откопавања, механизације и претходних података о разблажењу, геолошка служба „Сребренице" планира за свако радилиште

ОБРАЗАЦ БР. 3 бсч

ПРИЛОГ БР. 7

BROJ MERENJA	podaci o kartiranju otkopa								računski podaci .
	MIKROLOKACIJA (broj poligona i: uskopa, sipke ili prečnika)	STACIONAŽA (m')	ŠIRINA OTKOPA (m')	DEBLJINA RUDNE ŽICE (m')	ŠIRINA JALOVINE (m')	JALOVINA IZDVOJENA U ZASIP (m3)	BROJ ETAŽE	DATUM KARTIRANJA	br. etaže.....
a	b	c	d	e	f	g	h	i	
1	Od sipke 13	0	3,8	1,9	1,9		25		
2	prema s. 12	2	4,0	1,6	2,4				
3		4	2,5	1,6	0,9			08.08.1967	
4		6	2,2	1,0	1,2				
5		8	2,4	0,5	1,9				
6		10	2,4	0,8	1,6	18,2			
7		12	3,8	1,1	2,7				
8		14	4,1	1,8	2,3			12.08.1967	
9		16	4,2	1,4	2,8				
10		18	4,7	1,7	3,0				
11		20	4,6	2,5	2,1				
12		22	3,7	2,5	1,2				
13		24	3,3	2,8	0,5			17.08.1967	
14		26	3,2	2,4	0,8				
15		28	2,7	2,0	0,7				
16		30	2,0	1,1	0,9	38,2			
17	Od sipke 13	2	2,2	2,2	—				
18	prema s. 14	4	2,7	2,2	0,5				
19		6	3,3	2,3	1,0				
20		8	3,2	2,3	0,9			25.08.1967	
21		10	2,9	2,0	0,9				
22		12	2,5	1,7	0,8				
23		14	2,5	2,0	0,5				
24		16	2,5	2,0	0,5				
25		18	1,4	1,4	—			31.08.1967	
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
Σ:		48	76,8	44,8	32,0	68,4			

nomenklatura	formule za računanje	br. etaže..25..			
j					
DUŽINA OTKOPA m'	Σ c=(a-1)·2	48			
k					
SREDNJA ŠIRINA OTKOPA m'	Σd:Σa	3,07			
l					
SREDNJA VISINA OTKOPA m'	h	1,60			
m					
ZAPREMINA OTKOPA m³	k·l·m	235,78			
n					
SREDNJA DEBLJINA RUDNE ŽICE m'	Σe:Σa	1,79			
o					
ZAPREMINA RUDNE ŽICE m³	k·m·o	137,47			
p					
ZAPREMINA JALOVINE m³	n-p	98,31			
q					
ZAPREMINA JALOVINE ODVOJENE U ZASIP	Σg	68,40			
r					
ZAPREMINA JALOVINE KOJA RAZBLAŽUJE RUDU	q-r	29,91			
s					
RAZBLAŽENJE %	s:(n-r)·100	—			
t					
PREMIJE ZA SMANJENO RAZBLAŽENJE	10%-t	7,87			
u					
PENALI ZBOG POVEĆANOG RAZBLAŽENJA	t-10%				
v					
SREDNJI SADRŽAJ METALA U OTKOPU	Pb (%) Zn (%)	4,7	7,5		
w					
SADRŽAJ METALA U RAZBLAŽENOJ RUDI	Pb (%) Zn (%)	3,86	6,16		
x					
KOLIČINA RUDE NA ETAŽI	n·3,0	412,4			
y					
MERENJA SU IZVRŠILI	Σ				
z					

PRORAČUN RAZBLAŽENJA NA OTKOPU BR. 8, ZA MESEC AVGUST 1967.

ОБРАЗАЦ БР. 4 ч

ПРИЛОГ БР. 8

BROJ MERENJA	MIKROLOKACIJA (broj poligona tačke hodnika, preseka uskopa, slike itd.)	STACIONAŽA	DEBLJINA RUDNE ŽICE	DOZVOLJENA ŠIRINA OTKOPA	DOZVOLJENA ŠIRINA JALOVINE	IZRAĐENA ŠIRINA OTKOPA	OTKOPANA ŠIRINA JALOVINE	RAZBLAŽENJE				PRIMEDBE
								DOZVOLJENO	OSTVARENO	PREMIJE	PENALI	
		m'	m'	m'	m'	m'	m'	%	%	%	%	
A	B	C	D	E	F=E-D	G	H=G-D	$i=\frac{F}{E}\cdot 100$	$J=\frac{H}{G}\cdot 100$	K=I-J	L=J-I	M
1	Od uskopa br.	0	2,20	2,45	0,25	2,30	0,10					
2	1795 ka 1794	2	2,10	2,32	0,22	2,30	0,20					
3		4	2,30	2,56	0,26	2,30	0,00					
4		6	1,90	2,12	0,22	2,20	0,30					
5		8	1,60	1,78	0,18	2,00	0,40					
6		10	1,40	1,56	0,16	1,70	0,30					
7		12	1,40	1,56	0,16	1,60	0,20					
8		14	1,50	1,67	0,17	1,70	0,20					
9		16	1,70	1,89	0,19	1,90	0,20					
10		18	1,60	1,78	0,18	1,90	0,30					
11		20	2,90	2,32	0,22	2,20	0,10					
12		22	2,00	2,22	0,27	2,00	0,00					
13		24	2,30	2,56	0,26	2,30	0,00					
14		26	1,80	2,00	0,20	2,00	0,20					
15		28	1,70	1,89	0,19	1,80	0,10					
16		30	1,70	1,89	0,19	1,80	0,10					
17		32	1,70	1,89	0,19	1,80	0,10					
18		34	1,60	1,78	0,18	1,70	0,10					
19		36	1,60	1,78	0,18	1,70	0,10					
20		38	1,80	2,00	0,20	1,80	0,00					
21		40	1,80	2,00	0,20	1,80	0,00					
22		42	2,00	2,22	0,22	2,20	0,20					
23		44	2,90	2,32	0,22	2,20	0,10					
24		46	2,00	2,22	0,22	2,20	0,20					
25		48	2,00	2,22	0,22	2,20	0,20					
26		50	2,30	2,56	0,26	2,30	0,00					
27		52	2,40	2,67	0,27	2,50	0,10					
28		54	2,20	2,45	0,25	2,50	0,30					
29		56	2,20	2,45	0,25	2,40	0,20					
30		58	2,00	2,22	0,22	2,30	0,30					
31		60	2,00	2,22	0,22	2,20	0,20					
32												
33												
A=1-n	ZBIR	ΣA	ΣD	ΣE	ΣF	ΣG	ΣH					
		31	59,00	65,57	6,57	63,80	4,80					
	SREDNJE VREDNOSTI	ΣA	ΣD:ΣA	ΣE:ΣA	ΣF:ΣA	ΣG:ΣA	ΣH:ΣA	ΣF:ΣE	ΣH:ΣG			
		31	1,90	2,12	0,22	2,05	0,15	0,10	0,075			

DOZVOLJENO RAZBLAŽENJE NA RADILIŠTU	10,0 %	DUŽINA OTKOPA = (A-1)·2 = 60 m'
OSTVARENO " " "	7,5 %	Pb = 3,70% Zn = 10,70%
RADILIŠTE SE PREMIRA SA :	2,5 %	Pb' = Pb(100-J) = 3,42 %
" " PENALIŠE SA :	— %	Zn' = Zn(100-J) = 9,89 %

NAPOMENA: Prema Pravilniku o nagrađivanju min. širina magacina = 1,1m' a podetažnih hodnika 2,2m'
Kod žica debljih od navedenih širina, dozvoljeno razblaženje = 10 % za magacine, i 20% za podetaže.

ПРОРАЧУН РАЗБЛАЖЕЊА НА МАГАЦИНУ БР. 74, ЗА МЕСЕЦ II 1974.

ОБРАЗАЦ 4 Ач

ПРИЛОГ БР. 9

BROJ MERENJA	MIKROLOKACIJA (broj poligona tačke hodnika, prečnika uskopa, sipke itd.)	STACIONAŽA	DEBLJINA RUDNE ŽICE	DOZVOLJENA ŠIRINA OTKOPA	DOZVOLJENA ŠIRINA JALOVINE	IZRAĐENA ŠIRINA OTKOPA	OTKOPANA ŠIRINA JALOVINE	RAZBLAŽENJE				PRIMEDBE
								DOZVOLJENO	OSTVARENO	PREMIJE	PENALI	
		m'	m'	m'	m'	m'	m'	%	%	%	%	
A	B	C	D	E	F=E-D	G	H=G-D	$i=\frac{F}{E}\cdot 100$	$J=\frac{H}{G}\cdot 100$	K=i-J	L=J-i	M
1	Od tačke 5 ka	2	1,90	2,20	0,30	2,30	1,40					
2	tački 6, JZ kri-	4	1,90	2,20	0,30	2,30	0,40					
3	lo podinske žice	6	2,00	2,20	0,20	2,40	0,40					
4		8	2,10	2,20	0,10	2,40	0,30					
5		10	2,10	2,20	0,10	2,40	0,30					
6		12	2,40	3,00	0,60	2,80	0,40					
7		14	2,60	3,25	0,65	2,80	0,20					
8		16	2,60	3,25	0,65	2,80	0,20					
9		18	2,60	3,25	0,65	2,80	0,20					
10		20	2,70	3,37	0,67	2,80	0,10					
11		22	2,70	3,37	0,67	2,90	0,20					
12		24	2,60	3,25	0,65	3,00	0,40					
13		26	2,70	3,37	0,67	3,00	0,30					
14		28	2,80	3,60	0,70	3,00	0,20					
15		30	3,00	3,75	0,75	3,10	0,10					
16		32	3,20	4,00	0,80	3,30	0,10					
17		34	3,40	4,25	0,85	3,60	0,20					
18		36	3,20	4,00	0,80	3,50	0,30					
19		38	3,30	4,12	0,82	3,50	0,20					
20		40	3,20	4,00	0,80	3,40	0,20					
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
A=1-n	ZBIR	ΣA	ΣD	ΣE	ΣF	ΣG	ΣH					
		20	53,00	64,83	11,73	58,10	6,10..	.				
	SREDNJE	ΣA	ΣD:ΣA	ΣE:ΣA	ΣF:ΣA	ΣG:ΣA	ΣH:ΣA	ΣF:ΣE	ΣH:ΣG			
	VREDNOSTI	20	2,65	3,24	0,59	2,90	0,30	0,181	0,105			

DOZVOLJENO RAZBLAŽENJE NA RADILIŠTU 18,1 %

DUŽINA OTKOPA = (A-1)·2 = 38 m'

OSTVARENO " " " 10,5 %

Pb = 3,88 % Zn = 6,88 %

RADILIŠTE SE PREMIRA SA : 7,6 %

Pb' = Pb(100-J) = 3,18 %

Zn' = Zn(100-J) = 5,63 %

" " PENALIŠE SA : — %

NAPOMENA: Prema Pravilniku o nagrađivanju min. širina magacina = 1,1m' a podetažnih hodnika 2,2m'
Kod žica debljih od navedenih širina, dozvoljeno razblaženje = 10 % za magacine, i 20% za podetaže.

ПРОРАЧУН РАЗБЛАЖЕЊА НА ПОДЕТАЖИ БР. 64, ЗА МЕСЕЦ III 1974.

ОБРАЗАЦ 5 сч

ПРИЛОГ БР. 10

NAZIV RADILIŠTA	KOLIČINA RUDE PO ETAŽAMA Q(t)	RAZBLAŽENJE PO ETAŽAMA K'(%)	KOLIČINA JALOVINE PO ETAŽAMA $Q(t)=\frac{Q\cdot K'}{100}$	SREDNJE RAZBLAŽENJE NA RADILIŠTU $K'(\%)=\frac{\Sigma(Q\cdot K')}{\Sigma Q}$	
		jama I			
M-71	1265	5,1	64,0		
M-72	422	8,1	34,2		
M-73	1665	8,5	141,6		
M-74	156	10,5	26,9		
M-75	500	5,4	27,0		
M-76	1.110	5,7	63,3		
708 1	660	40,0	264,0		
790 1	366	40,0	146,4		
754	371	60,0	222,6	istrage	
748	237	70,0	165,9	"	
812	412	70,0	288,4	"	
ukupno:	7264	19,9	1444,3		
		jama II			
898	128	0,0	—		
840	440	75,0	330,0		
PeH-6	188	25,0	47,0		
M-86	103	40,0	41,2		
822	43	90,0	38,7	istrage	
886	44	70,0	30,8		
M-98	935	18,9	176,7		
M-100	355	0,0	—		
M-93	343	70,0	240,1		
M-99	1650	38,2	630,3		
997	19	0,0	—		
996	100	10,0	10,0		
8	412	17,8	73,3	} 16,5	
8	386	15,2	58,5		
9	456	19,3	88,0		
897	177	25,0	14,2		
M-84	5.900	2,5	148,2		
ukupno:	11709	16,5	1927,0		
Σ Rudnik	18.973	17,8	3.371,3		

Ukupno razblaženje

JAMA I: $K'=\frac{\Sigma Q\cdot K'\cdot 100}{\Sigma Q}=\frac{144430}{7264}=$ 19,9 %

JAMA II: $K'=\frac{\Sigma Q\cdot K'\cdot 100}{\Sigma Q}=\frac{192700}{11709}=$ 16,5 %

RUDNIK: $K'=\frac{\Sigma Q\cdot K'\cdot 100}{\Sigma Q}=\frac{337130}{18973}=$ 17,8 %

Razblaženje za obračun (po Pravilniku)

JAMA I: $K'=\frac{\Sigma Q\cdot K'\cdot 100}{\Sigma Q}=\frac{35700}{5218}=$ 6,8 % M-71, 72, 73, 74, 75, 76

JAMA II: $K'=\frac{\Sigma Q\cdot K'\cdot 100}{\Sigma Q}=\frac{105370}{8658}=$ 12,2 % M-84, 86, 99, 8, 9, 897

RUDNIK: $K'=\frac{\Sigma Q\cdot K'\cdot 100}{\Sigma Q}=\frac{141070}{13876}=$ 10,2 %

DATUM 04.05.71

RAČUNAO Z. Jovanović

OVERAVA Pov. Čitić

ПРОИЗВОДЊА РУДЕ И РАЗБЛАЖЕЊЕ ЗА МЕСЕЦ IV 1971.

величину дозвољеног разблажења, а затим сваког месеца након откопавања рачуна се стварно разблажење. Сва радилишта се картирају на свака 2 метра дужине и на основу ширине и висине откопа и дебљине рудне жице, врши се прорачун разблажења уз што тачнију евиденцију откопане руде са појединих радилишта. Начин прорачуна разблажења за засипну откопну методу приказан је на прилогу бр. 7; за магацинску на прилогу бр. 8, а за подетажну откопну методу на прилогу бр. 9.

У формулама за рачунање у поменутим прилозима фигурирају слова која означавају поједине рубрике тако да само рачунање не представља проблем.

Пошто дејству Правилника о стимулисању радника за смањење разблажења подлежу поред копача и палиоци мина, надзорници, пословође, управник и његов помоћник, то се на основу сумарних података из прилога бр. 7, 8 и 9 формира образац 5сч — прилог 10 и рачуна разблажење за поједине ревире и рудник као целину. Ако је разблажење веће од дозвољеног за 1% радници се пеналишу за 1%, а ако је мање за 1% од дозвољеног, радници се премирају са 2% на укупну зараду.

Геолошким разблажењем назвали смо укупно разблажење на радилишту.

Да би се израчунало осиромашење за цео рудник у одређеном временском периоду (обично за месец дана, тромесечје или годину) мора се знати тачна евиденција производње руде са сваког радилишта, квалитет руде на појединим радилиштима и квалитет улазне руде у постројење за припрему. Осиромашење се добија из пондерисаног садржаја метала Pb и Zn у блоку пре откопавања из средњег садржаја руде прерађене у постројењу за PMS према формули бр. 7 рачунањем у обрасцу бр. 6чсб прилог бр. 11, колоне 10 и 11. Да би се осиромашење и разблажење тачно израчунало потребно је на свим плановима и хемијским картама обележити месечна напредовања радилишта. Са прилога бр. 2 може се из разлике ордината осиромашења и разблажења добити величина „губитака квалитета" које одговара збиру секундарног разблажења у магацинима, разблажења при обарању подетажа и експлоатационо-транспортних губитака. Појединачно је ове вредности немогуће одвојити. Уочено је да је величина осиромашења Pb увек већа од осиромашења Zn, чему је узрок мања чврстина галенита, његова већа специфична тежина и мањи ореоли расејавања Pb. Код рачунања коефицијента варијације (V) грешка опробавања (P) увек је већа за Pb него за Zn, што значи да и тај утицај опробавања браздом утиче на прорачун садржаја метала у блоку.

Прорачун разблажења и осиромашења обично се врши логаритмаром или рачунаром. Да би смо тај посао олакшали израдили смо таблицу за одређивање разблажења (прилог бр. 12), која олакшава и убрзава рад. На основу те таблице израдили смо и номограм (прилог бр. 13) помоћу кога се за сваку вредност дебљине жице и ширине откопа може наћи разблажење. Фамилија кривих представља разне дебљине рудних жица у метрима и даје визуелни ефекат промене разблажења. На номограму је дата и математичка дискусија кривих преко лимеса. Уместо групе кривих разблажење се може добити и коришћењем са-

ОБРАЗАЦ 6 чсб

ПРИЛОГ БР. 11

redni broj	naziv otkopa	proizvodnja rude sa otkopa	nerazblažen sadržaj na otkopu		količina metala		ulaz metala u flotaciju		PROCENAT OSIROMAŠENJA	
		Q	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn
		t	%	%	t	t	%	%	%	%
1	2	3	4	5	$6=\frac{3\cdot4}{100}$	$7=\frac{3\cdot5}{100}$	8	9	$10=\frac{4-8}{4}100$	$11=\frac{5-9}{5}100$
1	M-71	3091	4,00	5,10	123,64	157,64				
2	M-72	568	13,50	6,60	76,68	37,49				
3	M-73	1465	6,20	8,10	90,83	118,66				
4	796	1562	9,80	3,50	153,08	54,67				
5	1787	122	2,00	1,00	2,44	1,22				
6	790 1	55	2,00	1,00	1,10	0,55				
7	1782	86	2,00	2,50	1,72	2,15				
8	796 1	169	9,00	1,50	15,21	2,53				
9	798	290	3,90	0,90	11,31	2,61				
10	708	44	3,50	5,50	1,54	2,42				
11	1782	15	2,00	2,50	0,30	0,37				
12	1780	66	1,00	1,00	0,66	0,66				
13	748	331	0,00	0,00	0,00	0,00				
14	M-78	39	6,00	11,70	2,34	4,56				
15	790	13	3,90	0,90	0.51	0,12				
16	747	26	0,00	0,00	0,00	0,00				
17	794	23	3,90	4,10	0,90	0,94				
18	M-84	5100	7,40	12,30	377,40	627,30				
19	M-87	1980	2,90	5,30	57,42	104,94				
20	840-A	437	5,83	12,70	25,48	55,50				
21	886	47	7,90	11,20	3,71	5,26				
22	PeH-5	173	2,70	7,59	4,67	13,13				
23	898	95	10,30	13,50	9,78	12,82				
24	M-86	1273	7,88	11,20	100,31	142,58				
25	897	108	1,50	7,40	1,62	7,99				
26	899	8	0,00	0,00	0,00	0,00				
27	PeH-6	13	2,66	5,13	0,35	0,67				
28	1818	112	4,80	7,60	5,38	8,51				
29	ciscenje	9	3,50	5,50	0,31	0,49				
30	M-99	1410	4,42	5,36	62,32	75,58				
31	996 1	36	3,34	6,63	1,20	2,39				
32	M-98	166	5,30	4,52	8,80	7,50				
33	100 1	305	2,20	3,90	6,71	11,89				
34	1008 1	265	2,60	7,60	6,89	20,14				
35	1981	31	3,20	8,50	0,99	2,63				
36	1008 2	112	2,60	7,60	2,91	8,51				
37	M-100	430	2,20	3,90	9,46	16,77				
38	912	222	0,00	0,00	0,00	0,00				
39	M-97	35	2,40	4,20	0,84	1,47				
40	1008	6	2,60	7,60	0,16	0,46				
41	M-101	56	3,60	6,50	2,02	3,64				
42		20394	5,74	7,44	1170,99	1516,76	3,50	5,67	39,02	13,79
43										
44										
45										

datum: 03.06.1971

računao: Dav. Cotto

ПРОРАЧУН ОСИРОМАШЕЊА РУДЕ ЗА МЕСЕЦ V 1971.

мо једне криве (прилог бр. 14). Овде је на апсцису уместо ширине откопа нанет о д н о с (К'') ширине откопа (D) и дебљине рудне жице (d); на позитивну ординату разблажење (К'), а на њен негативни део губици руде (G)

$$K'' = \frac{D}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Овај номограм се може корисније употребити ако на апцису нанесемо о д н о с количине разблажене откопане руде (Qo) према количини чисте руде у блоку (Qв)). У сваком случају количник означава к о л и к о ј е п у т а смањен садржај метала у откопаној руди у односу на садржај метала у чистој руди у маси и чита се на апсциси док се разблажење

$$K'' = \frac{Qo}{Q_в} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

за тај однос добија дизањем ординате до криве и читањем хоризонталне вредности на ординати.

Из криве се види да два пута смањен садржај метала даје разблажење од 50%, итд.

Суштинска промена настаје када је тај однос мањи од 1 (један). Тада је, дакле, количина чисте руде у блоку већа од количине откопане разблажене руде. Вредност на позитивном делу ординате показује да је откопана маса већа од прорачунате у рудном блоку, тј. да је дошло до разблажења руде, а вредност на негативном делу ординате да постоје губици руде, тј. да није искоришћена сва расположива руда, већ је лежиште „раубовано".

$$I + G = 100\% \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

где су:

I — искоришћење руде у процентима

G — губитак руде у %
(види формулу 12)

6. ЕКОНОМСКИ ЕФЕКТИ РАЗБЛАЖЕЊА И ГУБИТАКА РУДЕ

Да би се одговорило на често постављано питање шта више утиче на рентабилно пословање рудника разблажење или губици руде потребно је познавати:

— трошкови откопавања једне тоне руде,
— трошкови транспорта једне тоне руде,

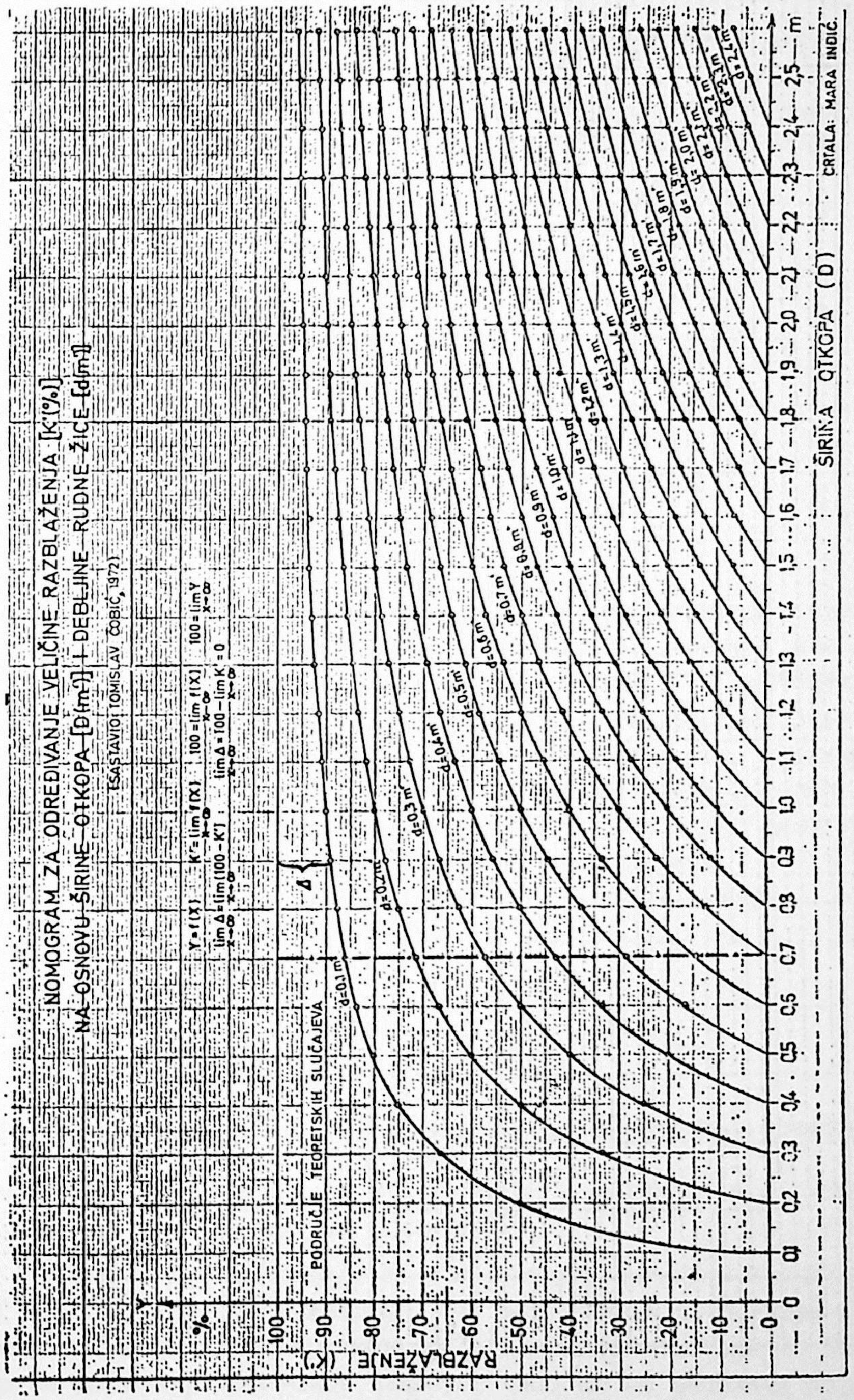
TABLICA ZA ODREĐIVANJE RAZBLAŽENJA RUDE

(sastavio: Čabić Tomislav 1972)

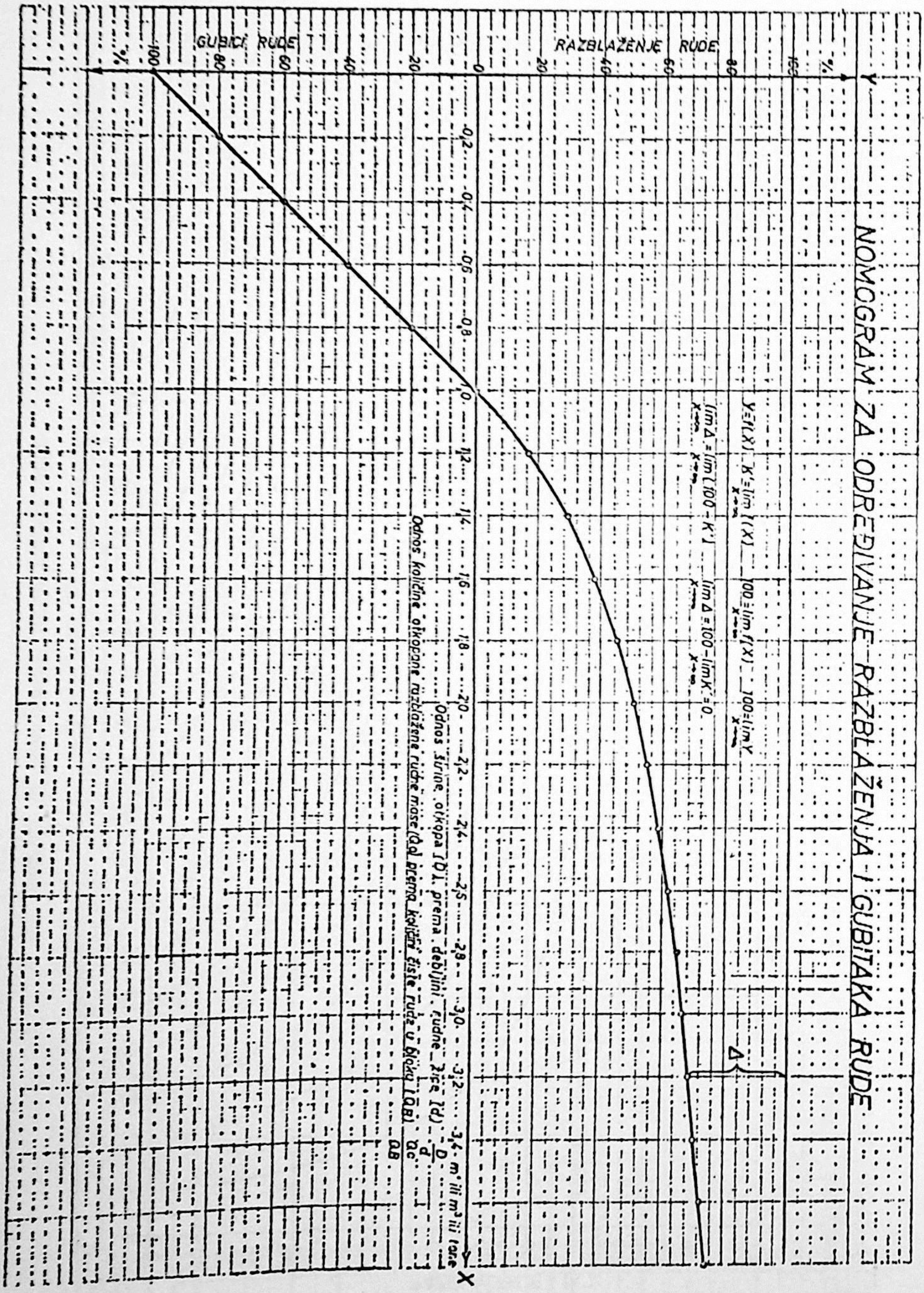
Širina otkopa / Debljina rudne žice	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
0.1	85.8	87.5	89.0	90.0	90.9	91.7	92.3	92.9	93.3	93.7	94.1	94.4	94.7	95.0	95.2	95.5	95.6	95.8	96.0	96.2	96.3	96.4	96.6	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.2
0.2	71.5	75.0	77.8	80.0	81.8	83.3	84.6	85.7	86.7	87.5	88.2	88.9	89.5	90.0	90.5	90.9	91.3	91.7	92.0	92.3	92.6	92.9	93.1	93.3	93.5	93.7	93.9	94.1	94.3
0.3	57.2	62.5	66.6	70.0	72.7	75.0	77.0	78.6	80.0	81.2	82.3	83.3	84.2	85.0	85.7	86.4	87.0	87.5	88.0	88.5	88.9	89.4	89.6	90.0	90.3	90.6	90.9	91.2	91.4
0.4	42.8	50.0	55.6	60.0	63.6	66.7	69.2	71.5	73.5	75.0	76.5	77.9	79.0	80.0	81.0	81.8	82.6	83.3	84.0	84.7	85.2	85.7	86.2	86.7	87.1	87.5	87.9	88.2	88.6
0.5	28.6	37.5	44.5	50.0	54.6	58.4	61.5	64.2	66.7	68.7	70.5	72.2	73.7	75.0	76.2	77.4	78.3	79.2	80.0	80.8	81.5	82.1	82.8	83.3	83.9	84.4	84.8	85.3	85.7
0.6	14.3	25.0	33.3	40.0	45.4	50.0	53.8	57.1	60.0	62.5	64.8	66.8	68.5	70.0	71.5	72.8	74.0	75.0	76.0	76.9	77.8	78.6	79.3	80.0	80.6	81.2	81.8	82.4	82.8
0.7	0.0	12.5	22.2	30.0	36.4	41.7	46.2	50.0	53.4	56.4	58.8	61.2	63.2	65.0	66.8	68.2	69.6	70.9	72.0	73.1	74.2	75.0	75.9	76.7	77.5	78.1	78.8	79.4	80.0
0.8		0.0	11.1	20.0	27.3	33.3	38.5	42.8	46.7	50.0	53.0	55.5	57.9	60.0	61.9	63.6	65.2	66.7	68.0	69.2	70.3	71.4	72.5	73.3	74.2	75.0	75.8	76.5	77.1
0.9			0.0	10.0	18.2	25.0	30.7	35.7	40.0	43.7	47.1	50.0	52.6	55.0	57.2	59.2	60.8	62.5	64.1	65.3	66.8	67.8	69.0	70.0	71.0	71.9	72.7	73.5	74.3
1.0			R	0.0	9.1	16.7	23.1	28.6	33.3	37.5	41.2	44.4	47.3	50.0	52.3	54.6	56.5	58.3	60.0	61.5	63.0	64.3	65.5	66.6	67.7	68.7	69.6	70.5	71.3
1.1					0.0	8.4	15.4	21.4	26.7	31.3	35.3	38.9	42.1	45.0	47.7	50.0	52.2	54.2	56.0	57.8	59.2	60.9	62.1	63.4	64.5	65.6	66.7	67.7	68.7
1.2					A	0.0	7.7	14.3	20.0	25.0	29.4	33.3	36.8	40.0	42.8	45.4	47.8	50.0	52.1	53.8	55.5	57.1	58.7	60.0	61.3	62.5	63.6	64.7	65.7
1.3							0.0	7.1	13.3	18.7	23.5	27.7	31.6	35.0	38.2	40.8	43.5	45.8	48.0	50.0	51.8	53.5	55.2	56.8	58.0	59.4	60.6	61.9	63.0
1.4							Z	0.0	6.6	12.5	17.7	22.2	26.3	30.0	33.3	36.4	39.2	41.7	44.0	46.2	48.2	50.0	51.7	53.3	55.0	56.3	57.5	58.8	60.0
1.5									0.0	6.2	11.7	16.7	21.1	25.0	28.6	31.8	34.8	37.5	40.0	42.2	44.4	46.5	48.2	50.0	51.7	53.2	54.6	56.0	57.2
1.6									B	0.0	5.9	11.1	15.8	20.0	23.8	27.2	30.3	33.3	36.0	38.5	40.7	42.9	44.8	46.7	48.4	50.0	51.5	53.0	54.3
1.7											0.0	5.6	10.5	15.0	19.1	22.7	26.2	29.2	32.0	34.7	37.1	39.2	41.4	43.3	45.2	46.8	48.5	50.0	51.5
1.8											L	0.0	5.2	10.0	14.2	18.1	21.7	25.0	28.0	30.7	33.3	35.7	37.9	40.0	41.9	43.7	45.4	47.0	48.5
1.9													0.0	5.0	9.5	13.6	17.4	20.8	24.0	26.9	29.6	32.1	34.4	36.6	38.7	40.7	42.4	44.1	45.7
2.0													A	0.0	4.7	9.0	13.0	16.6	20.0	23.0	25.9	28.5	31.0	33.3	35.4	37.5	39.3	41.1	42.8
2.1															0.0	4.5	8.6	12.5	16.0	19.2	22.2	25.0	27.6	30.0	32.2	34.4	36.4	38.2	40.0
2.2															Ž	0.0	4.3	8.3	12.0	15.4	18.5	21.4	24.2	26.7	29.1	31.2	33.2	35.2	37.2
2.3																	0.0	4.3	8.0	11.5	14.8	17.9	20.7	23.3	25.8	28.2	30.3	32.3	34.2
2.4																	E	0.0	4.0	7.7	11.1	14.3	17.3	20.0	22.7	25.0	27.2	29.3	31.4
2.5																			0.0	4.3	7.4	10.7	13.8	16.7	19.4	21.8	24.2	26.5	28.6
2.6																			NJ	0.0	3.7	7.1	10.3	13.3	16.1	18.7	21.2	23.5	25.6
2.7																					0.0	3.6	6.9	10.0	12.9	15.7	18.2	20.6	22.8
2.8																					E	0.0	3.5	6.7	9.7	12.5	15.1	17.7	20.0
2.9																							0.0	3.3	6.5	9.4	12.1	14.7	17.1
3.0																								0.0	3.2	6.3	9.1	11.8	14.3

PODRUČJE U KOJEM JE DEBLJINA RUDNE ŽICE VEĆA OD ŠIRINE ISTRAŽNOG HODNIKA, ODNOSNO PODRUČJE RAUBOVANJA PRI EKSPLOATACIJI

ПРИЛОГ БР. 13


NOMOGRAM ZA ODREĐIVANJE VELIČINE RAZBLAŽENJA [K'(%)]
NA OSNOVU ŠIRINE OTKOPA [D(m)] I DEBLJINE RUDNE ŽICE [d(m)]
IZRADIO TOMISLAV ĆOBIĆ, 1972
Y = f(X) K' = lim f(X) 100 = lim f(X)
lim Δ = lim (100 − K') lim Δ = 100 − lim K'
ŠIRINA OTKOPA (D)
RAZBLAŽENJE (K')
OBLAST TEORETSKIH SLUČAJEVA
CRTALA: MARA INDIĆ

ПРИЛОГ БР. 14


NOMOGRAM ZA ODREĐIVANJE RAZBLAŽENJA I GUBITAKA RUDE
GUBICI RUDE
RAZBLAŽENJE RUDE
%
Y
X
100
80
60
40
20
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
1,6
1,8
2,0
2,2
2,4
2,6
2,8
3,0
3,2
3,4
Y=f(X)
X=lim f(X) = 100=limY
x→∞
lim Δ = lim (100 - K') = 100 - limK' = 0
x→∞
lim Δ = 100
x→∞
Δ
Odnos količine otkopane rudne mase (Qd) prema količini čiste rude u bloku (QB)
Odnos količine otkopane rudne mase (Qd) prema količini čiste rude (Qc)
Qd/QB
Qd/Qc
D/d
t rude u m³ ili m³ ili tone

— трошкови флотирања једне тоне руде,
— тржишну цену једне тоне Pb и Zn концентрата.

На прилогу бр. 15 дат је пример тог односа за 1974. годину, али он не мора бити такав и за остале године.

Ако би лежиште експлоатисали без губитака, век експлоатације би износио T година, а са губицима (g) израженим у деловима јединице, век трајања би био:

$$Tg = T \cdot (1 - g) \quad (16)$$

односно

$$Tg = T \cdot i \quad (17)$$

где су:

Tg — век трајања лежишта при губицима „g" (g<1)
T — век трајања лежишта без губитака
g — коефицијент губитака (g<1)
i — коефицијент искоришћења (i<1).

Са прилога бр. 6 види се да се због разних губитака почетна количина биланских резерви у неком блоку знатно смањује, али да се она и „повећава" због прилива јаловине, односно због разблажења.

Негативни економски ефекти разблажења и губитака руде огледају се у утврђивању висине трошкова при откопавању, транспорту и преради руде. Они у себи садрже цену људског рада уложену за те операције, вредност утрошеног материјала, амортизацију, цену енергије и губитке настале због разблажења и губитака руде.

По А. Назарчику (1972) показатељ ефективности изражен у динарима једнак је:

$$Ef = Votf + Virm + Vme \quad (18)$$

где су:

Ef — показатељ ефективности
Votf — вредносни израз утрошеног рада при откопавању, транспорту и флотирању руде у динарима
Virm — вредност изгубљене руде и метала на откопу и флотацији
Vme — вредност материјала и енергије.

На први поглед изгледа да у претходној формули недостаје веома важан фактор ефективности — разблажење руде, које понекад може имати врло велики утицај на ефективност пословања. Међутим, ако се детаљније анализира формула лако ће се запазити да разблажење дејствује кроз величине Votf и Vme. Удео разблажења у показа-

тељима ефективности Votf и Vme могао би се изразити и преко израза K'' који је увек већи од један (види формуле бр. 13 и 14 и прилог бр. 14).

$$E_{K''} = \frac{Votf\ (K''-1)}{K''} + \frac{Vme\ (K''-1)}{K''} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Први члан десног дела једнакости изражава вредност рада при откопавању и обогаћивању у флотацији примешане јаловине у рудној маси, док други члан изражава вредност материјала и енергије утрошених при откопавању и обогаћивању јаловине из рудне масе.

Из наредне рачунице могуће је сагледати све негативне ефекте разблажења руде:

Предпоставимо да је месечна производња 25.833 t. суве руде са 2,9% Pb и 5,0% Zn, планирано искоришћење Pb = 93% и Zn = 84%, а планирани квалитет Pb = 70% и Zn = 50%. Тада ће се у процесу обогаћивања добити 995 тона Pb концентрата и 2.170 тона Zn концентрата.

Ако би смо приликом откопавања имали 20% разблажење, тада би смо уместо 25.833 т. добили 32.284 т. разблажене руде, али сада са садржајем од 2,32% Pb и 4,0% Zn. Значи, морамо више откопати, транспортовати и у флотацији прерадити 6.451 т. јаловине помешане са рудом. Под условом да су искоришћење и квалитет концентрата исти и да је цена откопавања и транспорта 1 тоне руде 211,77 динара, а цена флотирања 79,12 динара, имали би смо финансијске губитке од

6.451 t . 290,89 дин. = 1.876.531,39 динара

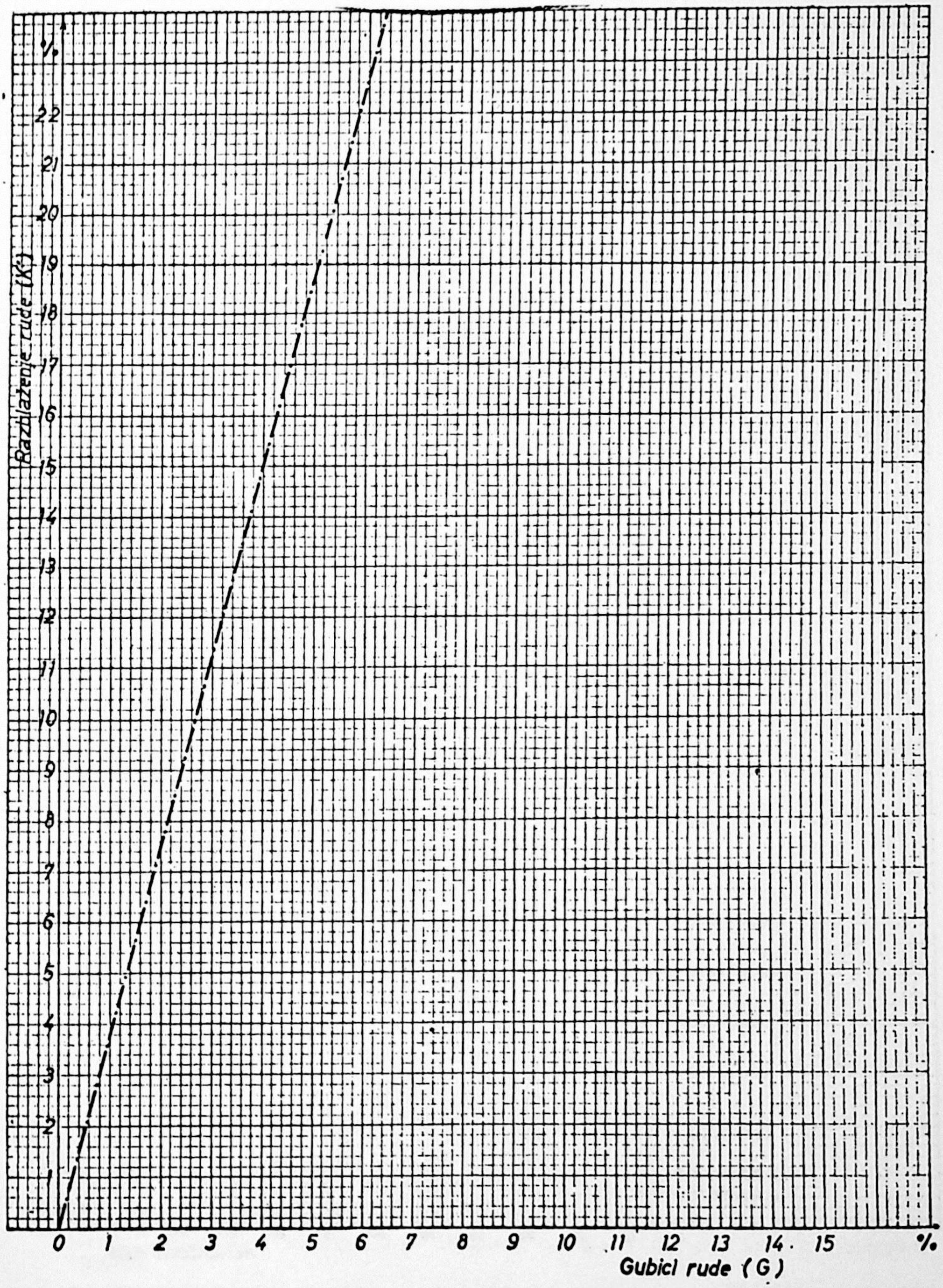
Какви су финансијски ефекти ако у процесу откопавања дође и до губитака руде лако је замислити. У пракси су ови трошкови још већи јер јаловина собом носи у отоκ и извесну количину метала.

У табели бр. 3 дати су трошкови откопавања, транспорта и флотирања у зависности од разблажења руде. Подаци из ове табеле приказани су и графички на прилогу бр. 16, где се види да трошкови у једном моменту са порастом разблажења нагло расту.

Табела 3

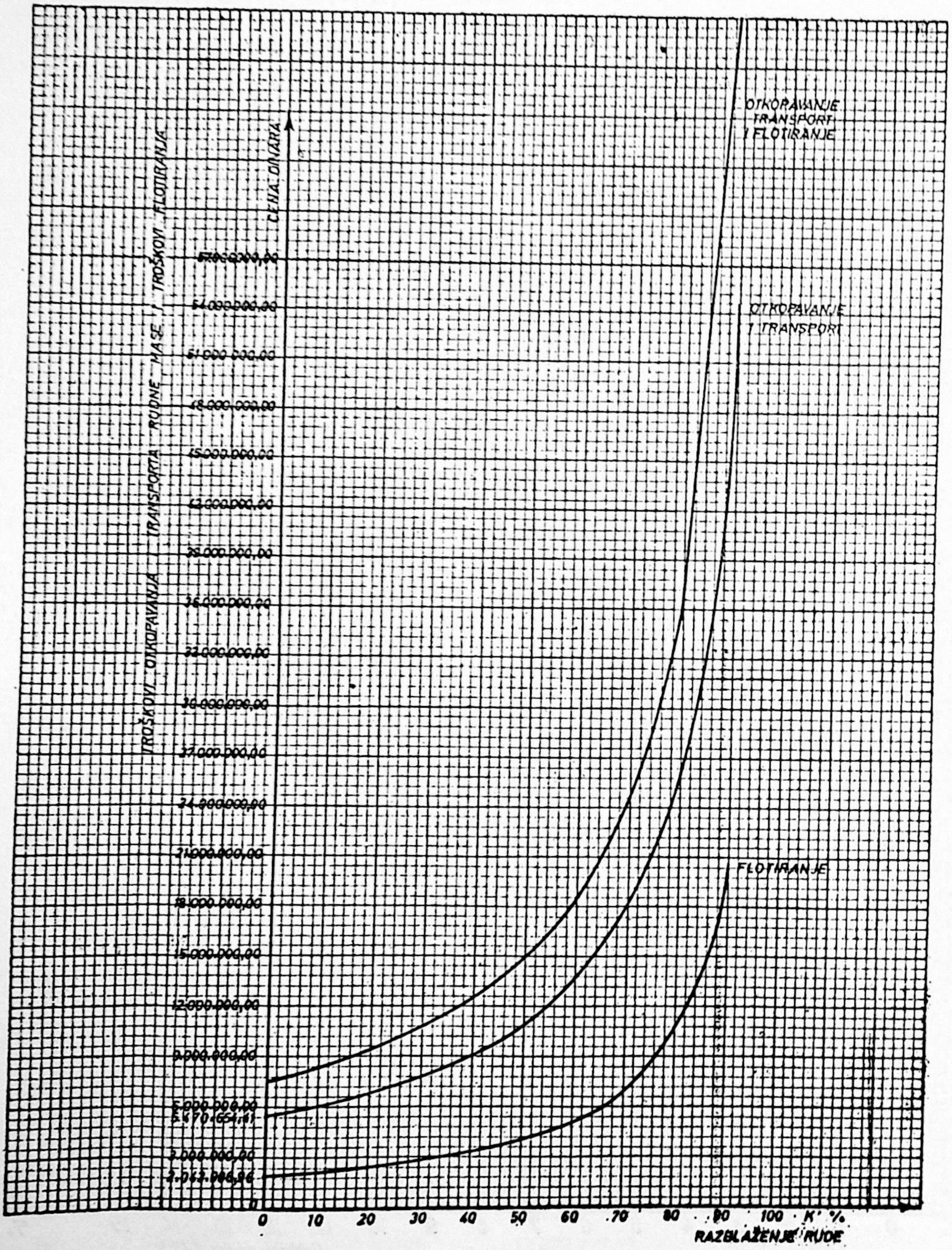
Разблажење %	Количина рудне масе (т)	Цена флотирања (динара)	Цена откопавања и транспорта (динара)	Цена откопавања транспорта и флотирања (динара)
0	25.833	2.043.906,96	3.470.654,41	7.514.561,37
10	28.697	2.270.506,64	6.077.163,69	8.347.670,33
20	32.284	2.554.310,08	6.836.782,68	9.371.092,76
30	36.896	2.919.211,52	7.813.465,92	10.732.677,44
40	43.046	3.405.799,52	9.115.851,42	12.521.650,94
50	51.655	4.086.943,60	10.938.979,35	15.025.922,95
60	64.569	5.108.699,28	13.673.777,13	18.782.476,41
70	86.091	6.811.519,92	18.231.491,07	25.043.010,99

ПРИЛОГ БР. 15



МЕЂУСОБНИ ОДНОС ГУБИТАКА И РАЗБЛАЖЕЊА РУДЕ МЕРЕН НЕГАТИВНИМ ЕКОНОМСКИМ ЕФЕКТИМА (ЗА 1974. ГОДИНУ).

ПРИЛОГ БР. 16



КРЕТАЊЕ МЕСЕЧНИХ ТРОШКОВА ОТКОПАВАЊА, ТРАНСПОРТА И ФЛОТИРАЊА РУДЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД РАЗБЛАЖЕЊА (ПЛАН ЗА 1974. ГОДИНУ).

Из свега напред изнесеног може се закључити да разблажењу и губицима руде треба посветити велику пажњу у циљу што рационалнијег искоришћења рудних лежишта.

ЗАКЉУЧАК

Полиметалично рудно поље Сребреница налази се приближно у центру Југославије, а жично лежиште Сасе у североисточном делу тог рудног поља.

Главни рудни минерали су марматит и галенит, а пратећи пирит, пирхотин, марказит, сидерит, арсенопирит, антимонит, тетраедрит и др. У постројењу за припрему минералних сировина врши се концентрација Pb и Zn, а уз њих и Ag, Cd и Au.

Пошто је разблажење један од великих проблема приликом откопавања лежишта приступили смо његовом детаљном проучавању, како узрока тако и места настанка. Јасно су дефинисани термини коефицијент разблажења, разблажење, коефицијент осиромашења и осиромашење.

Међу најзначајније узроке настанка издвојени су:
геолошки фактори
експлоатациони фактори
субјективни фактори.

Сваки од ових фактора издиференциран је на око 5 до 8 подфактора. Другу целину рада чини оригинална методологија прорачуна разблажења и осиромашења руде. Путем специјално израђених формулара (прилози 7, 8, 9 и 10) рачуна се разблажење у зависности од откопне методе за сваку етажу или радилиште у било ком временском интервалу, а на прилогу 11 израчунава се осиромашење за цео рудник у одређеном временском периоду.

У циљу лакшег рачунања самог разблажења урађена је таблица (прилог 12) и номограми (прилози 13 и 14).

На крају смо упоредили негативне ефекте губитака и разблажења руде и дошли до закључка да су негативни ефекти због губитака много већи него због разблажења. Уз ово је дат и пример повећања трошкова откопавања, транспорта и припреме руде због повећаног разблажења од 20% што је илустровано и на прилогу бр. 16.

Примљено 6. VI 1980. *Рецензент* проф. др Дејан Миловановић

LITERATURA

1. Глушчевић, В.: Отварање и методе подземног откопавања рудних лежишта. Београд, 1974.
2. Глушчевић, В. Лилић М.: Моделско одређивање оптималних параметара за методу подетажног зарушавања. Зборник радова РГФ. св. 11—12, Београд, 1968/69.
3. Јанковић, С.: Опробавање и прорачун резерви минералних сировина. Посебно издање Завода за геолошка и геофизичка истраживања НР Србије. Београд, 1957.

4. Јанковић, С. Миловановић, Д.: Економска геологија I део. Београд, 1957.
5. Јанковић, С. Миловановић, Д.: Научно-технички прогрес и истраживање минералних сировина. Рударски гласник бр. 4, Београд (Земун), 1972.
6. Назарћик, А, Ф.: Исследование еффективности разработки жилних месторождениј. Изд. „Наука" Москва, 1972.
7. Поповић, В.: Кинематика точења руде с обзиром на њене физичко-механичке особине и начин решавања проблема заглављивања рудних сипки. Техника — РГМ, бр. 7—8, Београд, 1977.
8. Радичевић, П.: Разблажење и губици руде при експлоатацији рудних лежишта. Техника — РГМ, бр. 2/1971.
9. Рамовић, М.: Рудне парагенезе у области Сребренице (Источна Босна. Посебна издања Геолошког гласника, Сарајево, 1963.
10. Симић, Д. Николич, А. Баровић, М.: Сировинска база олова и цинка у СФРЈ. Часопис РМХК бр. 1. Звечан, 1977.
11. Стојковић, Ј. Чобић, Т.: Анализа опадања средњег садржаја Пб и Зн у откопаној руди рудника олова и цинка „Сребреница" у 1971. години ФСД Рудника „Сребреница"
12. Тимофејев, В. И.: Економическое стимуризование рационалного испозованија надр на горнодобивајушчих предпријатијах. Горниј Журнал № 3/1972.
13. Чобић, Т.: Способ расчјота разубоживанија и мери дљаего уменшенија в руднике свинца и цинка „Сребреница". Реферат на семинару специјалиста земаља чланица СЕВ иСФРЈ по питању смањења експлоатационих губитака и разблажења руде у рудницима обојених метала. Катовице, 1971.
14. Чобић, Т. Стојковић, Ј.: Узроци који доводе до повећаног разблажења руде и мере за његово смањење у Руднику „Сребреница". Реферат на Октобарском стручном саветовању рудара, геолога и металурга из области обојених и тешких метала. Бор, 1971.

Summary

GEOLOGICAL AND ECONOMIC EFFECTS RELATED TO REDUCTION OF ORE GRADE AND LOSSES OF ORE

by

Tomislav Čobić

Key words: reduction of ore grade, loss of ore, geological and economic effects.

The Sase vein-type deposit is located within the northwestern part of polymetallic Srebrenica mining area, southeastern Bosnie. The main ore minerals are marmatite and galena, associated with pyrite. pyrhotite, marcasite, siderite, arsenopyrite, antimonite, tetrahedrite and other minerals. In addition to concentration of lead and zinc, silver, cadmium and gold are also concentrated.

One of the main problem faced in the exploitation of this deposit was the reduction of ore grade my mining methods, and this problem has been studied in detail by this author. Among the most important factors influencing the reduction of ore grade are the geological, exploitation, and subjective factors, and each of these factors can be subdivided into 5—8 subfactors. By a specially prepared system of nomograms and tables (Fig. 12—14), and corresponding forms (Fig. 7—10), it is possible to calculate to reduction of ore grade depending on the mining method for each level in any interval of time and the reduction for the entire mine, in given period of time. (Flg. 11)

The present study shows that the negative effects, due to the loss of ore, are more detrimental that the effects introduced by the reduction of ore grade. An example of increased costs introduced by mining, transport and treatment of ore due to reduction of ore grade of up to 20% is illustrated in Fig. 16.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 113—146, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 113—146, 1980, Belgrade.

Vojislav Vujanović i
Milorad Teofilović

UDK 550.4 : 553.7 (497.11)

PROBLEMI GEOHEMIJE I GENEZE MINERALNIH VODA SRBIJE

Ključne reči: — *Mineralne vode*, — Termomineralne vode, — *Geohemija*, — Hemijski sastav voda, — *Geneza*, — *Srbija*.

Poreklom mineralnih voda u svetu i kod nas bavio se do sada veliki broj autora, ali i dalje ova tema pobuđuje sve veću pažnju i interesovanje. U početnoj fazi ispitivanja ovaj problem je bio sasvim pojednostavljen, tako da su sve mineralne vode bile razvrstavane u tri genetske grupe i to:

— *Vulkanske vode*, u koje su svrstavane sve mineralne vode sa povećanom temperaturom.

— *Slane vode*, koje su u genetskom pogledu označavane kao fosilne marinske vode i

— *Hladne mineralne vode* za koje se smatralo da su descedentnog porekla.

Samim tim i hemizam mineralnih voda, po ovim autorima, bio je u direktnoj vezi sa ovim vodama, a to se odnosilo i na gasove u njima.

U nekim kasnijim radovima, paralelno sa novim idejama u nauci o rudnim ležištima, javljaju se i nove ideje u pogledu geneze mineralnih voda, naročito kada je reč o njihovom hemijskom sastavu.

Tako, dok se u nauci o rudnim ležištima javljaju ideje o sekundarno-hidrotermalnim tipovima, o regeneraciji i remobilizaciji kao i rastvaranju elemenata iz okolnih stena i ležišta od strane toplih voda (*Clar E.*, 1945, *Schneiderhöhn H.*, 1951 i 1952, *Bolze J.* i *Schneiderhöhn H.*, 1952, *Vujanović V.*, 1952 i 1956 i dr.), dotle se u radovima hidrogeohemičara pojavljuju ideje o uticaju termalnih voda na okolne stene i »ispiranju« elemenata iz njih, zatim ideje o »mešanim tipovima« termalnih voda (vulkansko-descedentnim i sl.), pa samim tim i o njihovom heterogenom hemijskom i gasnom sastavu.

Kao rezultat svih ovih razmišljanja i ispitivanja došlo se do zaključka da se ne može više govoriti samo o genezi mineralnih voda, već da ovaj termin mora obavezno da uključi i problem geneze gasova u njima, kao i njihovog hemijskog sastava.

Iako su u međuvremenu objavljeni mnogobrojni radovi koji tretiraju ovu problematiku, većina autora i danas greši i pojednostavljuje stvari,

baveći se skoro isključivo problemom geneze mineralnih voda, ili poreklom određenog broja elemenata u njima i to onih glavnih. Drugi autori skoro svu pažnju koncentrišu na gasove, smatrajući genezu voda jednostavnom, jer po ovim autorima, sve mineralne vode su u stvari infiltracionog (descedentnog) porekla.

U novije vreme, međutim, sve je više autora koji ukazuju na složenost gornje problematike, smatrajući i dalje da je utvrđivanje geneze mineralnih voda težak problem, kome današnja naučna misao možda i nije sasvim dorasla. Tako se dešava da pojedini autori u osnovi koriguju svoja ranija shvatanja, naročito kada su u pitanju vode vulkanskog tipa.

Zbog svega ovog, neki autori, u poslednje vreme, izbegavaju da generališu stvari, već se koncentrišu na sistematska ispitivanja pojedinih izvora mineralnih voda, dok drugi, nasuprot ovima, vrše proučavanja čitavih regiona u kojima se javlja veliki broj mineralnih voda, dajući na taj način generalna tumačenja za ceo region.

Kako se iz svega izloženog vidi, ne postoje ni danas jasni kriterijumi u pogledu načina i metoda ispitivanja porekla mineralnih voda, a još manje zajednički pristup ovoj problematici. Pogotovo se ne uzima u obzir činjenica, koja će izgleda ovog puta biti prvi put iznešena, a koja ukazuje da problem uključuje tri glavna momenta, koji se odnose, pre svega, na gasove u vodama, na same mineralne vode i na kraju na njihov hemijski sastav.

S toga ćemo u daljem izlaganju poći upravo ovim putem.

O gasovima u mineralnim vodama

Prema pristupačnoj literaturi većina gasova je vulkanskog porekla, a samo neki od njih mogu da se stvaraju i na drugi način. S obzirom na ovo vredelo bi prikazati sadržaje gasova u nekim vulkanima, solfatarama i fumarolama, koje su ispitivali razni autori.

Tako, prema *Jaggar-u* (*V. V. Ivanov,* 1967), srednji sastav vulkanskih gasova lave Kilauea, na temperaturi od 1200° i pri pritisku od 760 mm živinog stuba, na osnovu 26 analiza, je sledeći:

Tabela 1. u zapreminskim %

komponenta	sadržaj	komponenta	sadržaj
H_2	0,72	CO	0,65
Cl_2	0,38	CO_2	12,55
S_2	0,53	— N_2	8,58
SO_2	2,82	Ar	0,23
SO_3	1,90	H_2O	68,15

Iz ove tabele proizilazi da se od gasova javljaju hlor, sumpor, sumpor dioksid, vodonik, ugljen monoksid i dioksid, argon ,azot, sumpor trioksid i vodena para.

Međutim, kako ćemo docnije videti, gasni sastav fumarola može da bude i znatno složeniji, na šta ukazuju *Nemoto* i *Haiakawe* (1957, prema *White-u* i *Waring-u,* 1961), na primeru Showa vulkana u Japanu:

Tabela 2. u gr/l.

komp.	760°	525°	220°	komp.	760°	525°	220°
Cl	0,728	0,420	0,433	H_2	0,685	0,381	0,020
F	0,238	0,169	0,035	NH_3	0,0013	0,0008	0,017
Br	0,0011	0,0009	0,0012	N_2	0,567	0,676	1,250
H_2S	0,008	0,042	1,080	A^{40}	0,0006	—	0,0015
S	0,0037	0,0018	—	CH_4	0,0015	0,018	—
SO_2	1,490	0,716	0,716	SiO_2	0,253	0,289	0,048
SO_3	0,021	0,011	0,0027	Al	0,015	0,014	0,0013
CO	0,050	0,034	—	Fe	0,0013	0,0012	0,0059
CO_2	29,200	25,800	13,000	Ca	0,0046	0,0043	0,021
B	0,039	0,021	0,0056	Mg	0,032	0,014	0,0079
PO_4	0,0028	0,003	0,0008	Na	0,022	0,022	0,013
No_2	0,00001	0,000001	0,000008	K	0,015	0,011	0,0017
O_2	0,051	0,047	0,023				

Ostali elementi su ispitivani spektrohemijski i određeni su sadržaji Ni, Cu, Zn, Ge, As Mo, Ag, Sn, Sb, Pb i Bi, koji su manji od 1 mg/l.

Prema *D. E. White*-u (1957), u nekim izvorima Sjedinjenih Država i Novog Zelanda, pored CO_2 i CO_3, javljaju se još i amonijak, SO_4, S_2O_3 i vodonik sulfid. Autor ne daje sigurne podatke o poreklu ovih gasova, ali on veruje da su vode koje ih nose konatnog, ili metamorfnog porekla.

Uostalom, evo rezultata analiza vrućih izvora natrijum hloridnog tipa u milionitim delovima, po ovom autoru:

Tabela 3

	Steamboat izvori, Nevada	Morgan, Tehama Kalif.	Norris basen Yellowstone Park, Wyoming	Gornji basen Yellowstone Park	Wairakei N. Zeland
Temp. C°	89,2	95,4	84	94,5	>100
pH	7,9	7,83	7,45	8,69	8,6
SiO_2	293	233	529	321	386
Fe				tr	
Al				0,0	
Ca	5,0	79	5,8	4	26
Mg	0,8	0,8	0,2	tr	<0,1
Sr	1	10^7			

	Steamboat izvori, Nevada	Morgan, Tehama Kalif.	Norris basen Yellowstone Park, Wyoming	Gornji basen Yellowstone Park	Wairakei N. Zeland
Na	653	1400	439	453	1130
K	71	196	74	17	146
Li	7,6	9,2	8,4		12,2
NH_4	<1	<1	0,1	0,0	0,9
As	2,7	2,2	3,1		
Sb	0,4	0,0	0,1		
CO_3	0,0	0,0	0,0	66	
HCO_3*	305	52	27	466	35
SO_4	100	79	38	15	35
Cl	865	2430	744	307	1930
F	1,8	1,5	4,9	21,5	6,2
Br	0,2	0,8	0,1		
I	0,1	<0,1	<0,1		
B	49	88	11,5	3,7	26,2
S_2O_3				2	
H_2S	4,7	0,7	0,0	0,0	1,1
CO_2					11
SUM.	2360	4580	1890	1680	3740

* Svi karbonati i bikarbonati kalkulisani su kao HCO_3.

W. W. Rubey (1951) daje zapreminske procente gasova iz nekih vulkana i vrućih izvora i to na osnovu analiza velikog broja uzoraka:

Tabela 4.

Vulkanski gasovi Kilauea i Mauna Loa (26 uzoraka)		Gasovi iz fumarola Katmai regiona i iz parnih izvora i gejzera Kalifornije i Wyominga (23 uzorka)
CO_2	11,8	0,02
CO	0,5	tr
H_2	0,4	tr
N_2	4,7	0,11
A	0,2	0,15
SO_2	6,4	0,02
S_2	0,2	0,01
SO_3	2,3	0,02
Cl_2	0,05	0,06
F_2	—	0,03
H_2O	73,5	99,58
	100,00%	100,00%

W. W. Rubey je takođe dao hemijski sastav normalne morske vode koji ćemo dole prikazati:

Tabela 5

rastvorene materije	u gr/kg
Cl	19,360
SO_4	2,701
Br	0,066
F	0,001
CO_2	0,001
H_2CO_3	
HCO_3	0,116
CO_3	0,012
H_3BO_3	0,022
H_2BO_3	0,005
Na	10,770
Mg	1,298
Ca	0,408
K	0,387
Sr	0,014

Mackenzie F. i Garrels R. (1966) daju glavni hemijski sastav rečnih voda u svetu u gr/l., koji je, prema njima, sledeći:

Tabela 6

Sastav	gr/t
HCO_3	58,4
Ca	15
Na	6,3
Cl	7,8
SiO_2	13,1
Mg	4,1
SO_4	11,2
K	2,3

Interesantno je da ovi autori smatraju da reke nose samo HCO_3 koji unose u okeane, dok CO_2 i CO_3 ,po njima, nije prisutan u tim vodama. Ovakvo gledište je u suprotnosti sa rezultatima do kojih su došli drugi autori, kada je u pitanju HCO_3, koji ukazuju da ovaj spoj dobijaju preračunavanjem iz natrijum, kalcijum, kalijum i drugih bikarbonata i karbonata. Ovo iz razloga što je HCO_3 vrlo nestabilan i što nastaje kao proizvod određenih procesa posebno iz reakcije CO_2 i vode, u toku kojih dolazi do stvaranja pomenutih bikarbonata. Na ovo ukazuju, između ostalih, *S. Arsenijević* (1977) i *J. Hick* (1967). Ovaj drugi (Hick) kaže da je kalcijum kar-

	Steamboat izvori, Nevada	Morgan, Tehama Kalif.	Norris basen Yellowstone Park, Wyoming	Gornji basen Yellowstone Park	Wairakei N. Zeland
Na	653	1400	439	453	1130
K	71	196	74	17	146
Li	7,6	9,2	8,4		12,2
NH_4	<1	<1	0,1	0,0	0,9
As	2,7	2,2	3,1		
Sb	0,4	0,0	0,1		
CO_3	0,0	0,0	0,0	66	
HCO_3*	305	52	27	466	35
SO_4	100	79	38	15	35
Cl	865	2430	744	307	1930
F	1,8	1,5	4,9	21,5	6,2
Br	0,2	0,8	0,1		
I	0,1	<0,1	<0,1		
B	49	88	11,5	3,7	26,2
S_2O_3				2	
H_2S	4,7	0,7	0,0	0,0	1,1
CO_2					11
SUM.	2360	4580	1890	1680	3740

* Svi karbonati i bikarbonati kalkulisani su kao HCO_3.

W. W. Rubey (1951) daje zapreminske procente gasova iz nekih vulkana i vrućih izvora i to na osnovu analiza velikog broja uzoraka:

Tabela 4.

Vulkanski gasovi Kilauea i Mauna Loa (26 uzoraka)		Gasovi iz fumarola Katmai regiona i iz parnih izvora i gejzera Kalifornije i Wyominga (23 uzorka)
CO_2	11,8	0,02
CO	0,5	tr
H_2	0,4	tr
N_2	4,7	0,11
A	0,2	0,15
SO_2	6,4	0,02
S_2	0,2	0,01
SO_3	2,3	0,02
Cl_2	0,05	0,06
F_2	—	0,03
H_2O	73,5	99,58
	100,00%	100,00%

W. W. Rubey je takođe dao hemijski sastav normalne morske vode koji ćemo dole prikazati:

Tabela 5

rastvorene materije	u gr/kg
Cl	19,360
SO_4	2,701
Br	0,066
F	0,001
CO_2	0,001
H_2CO_3	
HCO_3	0,116
CO_3	0,012
H_3BO_3	0,022
H_2BO_3	0,005
Na	10,770
Mg	1,298
Ca	0,408
K	0,387
Sr	0,014

Mackenzie F. i Garrels R. (1966) daju glavni hemijski sastav rečnih voda u svetu u gr/l., koji je, prema njima, sledeći:

Tabela 6

Sastav	gr/t
HCO_3	58,4
Ca	15
Na	6,3
Cl	7,8
SiO_2	13,1
Mg	4,1
SO_4	11,2
K	2,3

Interesantno je da ovi autori smatraju da reke nose samo HCO_3 koji unose u okeane, dok CO_2 i CO_3 ,po njima, nije prisutan u tim vodama. Ovakvo gledište je u suprotnosti sa rezultatima do kojih su došli drugi autori, kada je u pitanju HCO_3, koji ukazuju da ovaj spoj dobijaju preračunavanjem iz natrijum, kalcijum, kalijum i drugih bikarbonata i karbonata. Ovo iz razloga što je HCO_3 vrlo nestabilan i što nastaje kao proizvod određenih procesa posebno iz reakcije CO_2 i vode, u toku kojih dolazi do stvaranja pomenutih bikarbonata. Na ovo ukazuju, između ostalih, *S. Arsenijević* (1977) i *J. Hick* (1967). Ovaj drugi (Hick) kaže da je kalcijum kar-

bonat nerastvoran u čistoj vodi, a slabo rastvoran u prisustvu ugljen dioksida:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$$

M. E. Aljtovski (1973) smatra da HCO_3 može da se ne samo stvara, već i da egzistira u vodi i to pod dejstvom »agresivne ugljene kiseline«, pod kojom podrazumeva CO_2 kada je ispoljavanje njegove agresivnosti moguće. On, dakle, za agresivnu ugljenu kiselinu smatra CO_2 u kontaktu sa kalcijum karbonatom u vodi, koga prevodi u rastvor po formuli:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows Ca^{2+} + 2HCO^{-}_3$$

Ovaj proces je, međutim, reverzibilan i ne dolazi do kraja, pošto jedan deo CO_2 ostaje i dalje slobodan. Ako u vodi ima više »ugljene kiseline« (CO_2) od potrebne za ravnotežu, tada će se ravnoteža pomeriti udesno i pri dodiru takve vode sa $CaCO_3$ ovaj će početi da se rastvara. Proces rastvaranja će ići sve dotle, dok se ne utroši deo »ugljene kiseline« i ne nastane ravnoteža. Taj deo slobodne ugljene kiseline (CO^2) koji se pri tom utroši na rastvaranje ugljokiselog kalcijuma naziva se *agresivna ugljena kiselina*. Međutim, i ovaj autor kaže da HCO_3 egzistira kratko vreme i to u procesu rastvaranja karbonata, pri čemu se brzo formira $Ca(HCO_3)_2$ koji se pri analiziranju preračunava u HCO_3 jone. Za ravnotežu sistema je karakteristično da svakom određenom sadržaju HCO_3 odgovara strogo određena sadržina slobodne »ugljene kiseline« (CO_2).

Iz svega ovoga sledi da HCO_3 egzistira vrlo kratko vreme u vodi, jer je nestabilan i vezuje se za određene elemente stvarajući hidrokarbonate, pa je doista za čuđenje da on može u rečnim vodama u potpunosti da opstane, pa čak i da sasvim zameni CO_2.

Takođe, iz navedenih podataka proizilazi da CO_2 čini, pre svega, sastavni deo vulkanskih gasova, a da je za stvaranje većih količina ugljen dioksida u infiltracionim, metamorfnim i drugim vodama, potrebno postojanje inicijalnih količina CO_2, koje mogu da izazovu proces razlaganja kalcijum karbonata i oslobađanje CO_2 na taj način. Iz gornjih navoda proizilazi i činjenica da se agresivnost CO_2 svodi na rastvaranje kalcijum karbonata i to pod određenim uslovima njegove koncentracije i koncentracije inicijalnog CO_2. Tek gornjim razlaganjem i stvaranjem međuprodukta (HCO_3), uz pomoć CO_2, može da dođe i do stvaranja raznih hidrokarbonata (Ca, Na, K, Li i dr.) koji su rastvorni u običnoj vodi i kao takvi ostaju u rastvoru.

J. Hick (1967) navodi da se natrijum bikarbonat može dobiti zasićenjem sa CO_2 hladnog natrijum karbonatnog rastvora, dok se kalijum bikarbonat dobija uvođenjem CO_2 u suspenziju hidratisanog Mg-karbonata u rastvoru kalijum hlorida:

$$2KCl + CO_2 + 3MgCO_3 \cdot 3H_2O = 2KHCO_3 \cdot MgCO_3 \cdot 4H_2O\downarrow + MgCl_2$$

M. L. J. Patrick, i D. E. White (1968) ispitivali su poreklo CO_2 u geotermalnom sistemu Salton jezera i to ispitujući niz bušotina.

Ovim ispitivanjima indicirano je da su primarni karbonati razoreni, pri čemu je oslobođen CO_2 u toku dve metamorfne reakcije koje su napale sedimente u dubini pod visokotemperaturnim uslovima geotermalnog sistema. Na dubini od preko 300 metara i temperaturama od 150 — 200° dolomiti reaguju sa kaolinitom dajući hlorite, kalcit i CO_2. U zonama najintenzivnije alteracije na temperaturama od 300—320°C i na dubinama većim od 900 metara, CO_2 se oslobađa pri brzom razlaganju kalcita uz odgovarajuće stvaranje epidota.

* * *

Kako se iz svega navedenog vidi ni CO_2, a niti HCO_3 ne mogu bitnije da utiču na rastvaranje okolnih stena u kojima cirkulišu mineralne vode, sa izuzetkom kalcijum karbonata, koji pod određenim uslovima, pre svega uz prisustvo inicijalnih količina CO_2, može da počne da se rastvara, pri čemu se oslobađaju veće količine CO_2 koje omogućuju dalje razaranje kalcijum karbonata. U odsustvu kalcijum karbonata (kalcit, aragonit, krečnjak, laporac, mermer) u stenama kroz koje prolaze mineralne vode koje nose CO_2, ovaj gas je praktično inertan, s tim što može, pod određenim uslovima, da potpomogne stvaranje nekih hidrokarbonata (Na, K, Li i dr.).

Što se tiče ugljene kiseline, ona je veoma nepostojana i po pravilu se javlja u malim količinama i to na osnovu reakcije između CO_2 i vode u kojoj se ovaj gas nalazi. Međutim, svega 0,1% ukupnog CO_2 u vodi može da se na taj način pretvori u ugljenu kiselinu (S. Arsenijević, 1977). S druge strane, ugljena kiselina je poznata kao vrlo slaba kiselina.

I ostali gasovi su manje-više takođe inertni i samo ako u rastvoru prisustvuju HCl i H_2SO_4 (ili HF), može da dođe do znatnijih rastvaranja okolnih stena. Međutim, prisustvo ovih kiselina u mineralnim vodama retko je. Tako V. V. Ivanov (1966) navodi da u fumarolama, lavama i solfatarama, mogu da se nađu izvesne količine HCl i HF, dodajući da je najveća kompleksnost gasova zapažena u fumarolama i solfatarama. U nekim slučajevima, prema ovom autoru, može da se nađe i H_2SO_4. Međutim, prisustvo ovih kiselina u mineralnim vodama obavezno dovodi do snižavanja pH u njima, koji nekad ide ispod tri, ili čak i ispod 1. Interesantno je da u mineralnim vodama Srbije (Vulkanski tip) pH se uglavnom kreće od 6,3 — 8,5 (najčešće 6,8 — 7,5), sa izuzetkom Đavolje vode (54) gde je utvrđeno prisustvo H_2SO_4, uz pH od 1,5.

O poreklu mineralnih voda

Postoje veoma različita shvatanja i razne klasifikacije pomoću kojih se pokušava utvrđivanje porekla mineralnih voda, a najdetaljniju šemu dao je V. V. Ivanov sa saradnicima. U jednom radu (1967) Ivanov daje četiri tipa mineralnih voda i to:

— Infiltracija današnjih atmosferskih voda sa učešćem voda magmatskog i termometamorfnog porekla u slučaju termalnih voda »dubokog stvaranja«.

— Infiltracija atmosferske vode sa moguće neznatnim učešćem starih voda marinskog porekla i

— Infiltracija atmosferske vode.

U daljem izlaganju on navodi četiri moguća slučaja i to:

1. Termalne vode gornjih oksidacionih zona aktivnih vulkana.

To su blizupovršinske vode u kojima mogu da budu rastvoreni vulkanski gasovi. One pokazuju H_2S — CO_2 sastav, a voda dosta nisku temperaturu. Reč je o infiltracionim vodama zasićenim fumarolskim gasovima, uz prisustvo slobodne HCl i H_2SO_4 i izrazito kiselu reakciju (pH je manji od 3, ili čak i od 1). Opisane vode sadrže vrlo kompleksan katjonski sastav koji zavisi od uslova »ispiranja« vulkanskih stena, zatim često visoke količine Fe i Al i visoke H_2SiO_3 i HBO_2.

2. Termalne vode u redukcionim uslovima u dubini u regionima aktivnih vulkanskih žarišta. Ovde se, po pravilu, radi o arterskim vodama, koje su relativno obogaćene u litijumu. Azotno-CO_2 su sastava i nekad sadrže velike količine HCO_3; one imaju najviše sadržaje H_2SiO_3 i nisku mineralizaciju (1,5 — 5 gr. l.). Ove vode, sem toga, pokazuju uniforman hloridno-natrijumov sastav, obično uz visoke sadržaje HBO_2 i niske sadržaje gasova. Prisustvo CO_2 je dokaz uticaja izvesnih gasova dubinskog porekla, koje može biti magmatsko, ili termometamorfno.

3. Termalne vode u redukcionim uslovima u dubini, u sferi uticaja termometamfornih procesa. Ovde nema uticaja magmatskih gasova, već je prvenstveno reč o termalnom metamorfizmu (u smislu Betehtina, 1946) debelih slojeva stena različitog sastava i porekla. Na temperaturama od oko 350—400° ovi metamorfni procesi izazivaju oslobađanje CO_2, koji dopire do površine. U ovakvim slučajevima dolazi do visokih koncentracija CO_2 u opisanim descedentnim vodama. Eksperimenti su pokazali (S. D. Malinin, 1959. i N. I. Khitarov i S. D. Malinin, 1958) da pod pritiskom od 200 kg/cm^2 koji odgovara hidrostatičkom pritisku u dubini od oko 2 km i na temperaturi od 200—300° voda može da sadrži do 60—70 gr/l, rastvorenog CO_2. To dovodi do širokog rasprostrajnenja karbonatnih voda, a njihove osobenosti su srednji odnos K/Na (najčešće 0,03 — 0,2), niske vrednosti za Li (0,002 — 0,04) i promenljivost odnosa Cl/Br koji se često približavaju vrednostima tipičnih morskih voda. Ove vode na površini izbijaju pod temperaturama od 60—80°.

4. Termalne vode u redukcionim uslovima u dubini, van sfere uticaja magmatskih i termometamorfnih procesa. Ovde se radi o vodama koje se spuštaju duž dubokih raseda van sfere magmatskih uticaja, a koje izlužuju elemente iz okolnih stena. Uslovi su slični onim u starim platformama i pratećim regionima, gde je aktivna najmlađa orogeneza. Ove vode su, po pravilu, uniformnog sastava, azotne su (sadržaji N_2 iznose i preko 95%). Mineralizacija im je niska (manje od 1,5 gr/l.) i po pravilu su hloridno-sulfatno-natrijumskog sastava, pokazujući osobito alkalnu reakciju (pH više od 8). Sadržaji H_2SiO_3 u njima idu do 130—150 mg/l.

U jednom novijem radu Ivanov, sa saradnicima, (1968) dobrim delom revidira svoje stavove i daje sledeći prikaz genetskih tipova hidrotermalnih voda u regionima recentnog vulkanizma:

— Termalni izvori fumarolskog tipa (H_2S — CO_2) koji se pojavljuju unutar sfere uticaja aktivnog vulkanskog žarišta. Ovi izvori su i genetski i prostorno vezani sa emisijom vulkanskih gasova i locirani su u kraterima, kalderama i njihovim bokovima. Različiti sastavi hidrotermalnih voda ovog tipa zavisni su od akitvnosti magmatskog žarišta, sastava, temperature i pritisaka gasova, a takođe i od uslova međuakcije kasnijih površinskih voda i stena. Rastvaranje vulkanskih stena od strane kiselih termalnih rastvora dovodi do obogaćenja u Fe, Al, Ca, Na, Si i drugih katjona, dok je anjonski sastav termalnih voda uglavnom u vezi sa vulkanskim sastavom.

— Azotne termalne vode (N_2, CO_2) formirane u geološkim strukturama u regionima pojavljivanja aktivnih vulkana, sa temperaturama do 300°, pa i preko, na dubinama od nekoliko stotina metara. Ove vode stvarane su kompleksnim procesima: unošenje vrućih fluida iz dubine u descedentnu vodu, rastvaranje stena, redukcija sulfata i dr. Mineralizacija u vodama ovog tipa iznosi do 5 gr/l.

— Ugljen dioksidne (CO_2) vode, obično formirane u znatnoj dubini u zatvorenim i poluzatvorenim strukturama, uz laganu izmenu vode. Mineralizacija jedva dostiže 10 gr/l, a često i ispod 3 gr/l.

— Azotne alkalne vode (N_2) u prostorima kasnog kvartarnog vulkanizma. One su formirane bez znatnog uticaja magmatskih i termometamorfnih procesa, obično u zonama dubokih razloma. Temperature im iznose 25—100° (uglavnom 60—70°), imaju jako nizak gasni sastav i nisku mineralizaciju (do 1,5 gr/l.), i alkalnu reakciju (pH im je na površini 8 i više). To su u genetskom pogledu infiltracione vode, a njihov jonski sastav predstavlja rezultat rastvaranja stena.

D. E. White (1957) kaže da su mnogi termalni izvori locirani u prostorima javljanja recentnog vulkanizma, zatim da imaju visoku temperaturu i hemijske karakteristike koje su u uskoj vezi sa vulkanizmom. Međutim, drugi izvori imaju nisku, ili umerenu temperaturu, ali su mnogo više mineralizovani od obične vode. On se, na kraju, pita da li i ovi izvori takođe sadrže juvenilnu vodu i ovo pitanje postavlja kao problem koji tek treba rešavati. Što se tiče termalnih voda natrijum hloridnog tipa, ovaj autor smatra da one potiču od magmatskih emanacija. Ostale mineralne vode mogu se, prema ovom autoru, podeliti u nekoliko grupa i to:

— Meteorske vode, koje uključuju konatne vode, a takođe i vadozne i pluvijalne.

— Konatne, ili fosilne, vode koje su za duži geološki period bile bez kontakta sa atmosferskom vodom. To su intersticijalne vode u nemetamorfisanim sedimentima.

— Metamorfne vode koje su se nalazile u stenama u vreme njihovog metamorfizma.

Među konatne vode White ubraja i Bad Hall u Austriji, koja, prema Schmölzer-u (White, 1957) indicira svoje konatno poreklo zbog visokog sadržaja joda.

White takođe pominje i *»mešane vode«*, čije poreklo treba tumačiti mešanjem vadoznih sa »dubokim vodama« u manjoj ili većoj meri.

J. Šilar (1968) je ispitivao 200 izvora koji se javljaju unutar prostora prečnika oko 400 km u provinciji Yunan (Kina). 18 izvora ima temperaturu od preko 80°.

Šilar je došao do zaključka da su ovde u pitanju infiltracione vode koje su ponirale unutar velikog sistema pukotina i prslina, a temperatura ovih voda zavisna je od dubine na kojoj su locirane, odnosno od geotermalnog gradienta. Autor posebno izdvaja mineralne vode koje sadrže CO_2 za koje kaže da se javljaju samo u području recentnih bazaltnih erupcija, u okolini Tengchung-a u zapadnom Yunanu. Osim u ovom području, himalajski pokreti u Yunanu nisu bili praćeni vulkanskom aktivnošću. U okolini Tengchung-a utvrđena je, međutim, uska veza između pojava ugljen dioksida i vulkanske aktivnosti.

Slane vode poznate su u okolini Ipinlana u centralnom Yunanu. One su poreklom vadozne, a koriste se za dobijanje soli.

E. Mazor (1968) je proučavao genezu preko 170 mineralnih voda u Izraelu u prostoru dugom oko 200 km, gde se opisane vode javljaju duž Sirijsko-afričke pukotine. Najveći broj ovih izvora ima slične sadržaje soli i to su u stvari okeanske, odnosno marinske, vode koje su se infiltrirale u tektonski oslabljene zone. Opisane vode mešaju se na svom putu sa svežim vodama formirajući Tibeias-Noit asocijaciju.

Na nekoliko mesta na obali Mrtvog mora ove inicijalne okeanske vode mešaju se sa slanim infiltracionim vodama Mrtvog mora, stvarajući slane vode Zohar-Yesha područja. Povećane temperature pojedinih izvora posledica su geotermalnog gradienta.

F. Mackenzie i R. Garrels (1966) vršili su direktna ispitivanja sadržaja materijala rastvorenog u okeanima i oni tvrde da 99% rastvorenog materijala u okeanima otpada na elemente i spojeve kao što su Na, Mg, Ca, K, Cl, SO_4, HCO_3 i SiO_2. Po njima, isti slučaj je i sa rastvorenim materijalom koji reke unose u mora s tim što rečnim vodama dodaju još Fe i NO_3.

* * *

Četrdesetih godina ovog veka vršena su masovna »određivanja« učešća juvenilnih voda u termalnim izvorima Sjedinjenih Država. Postupak je bio vrlo jednostavan i sastojao se u uzimanju određene količine vode koja je zagrevana do visokih temperatura (obično do 600°); pošto bi se ova voda uparila dodavala joj se voda čija je temperatura odgovarala temperaturi hladnih voda, koje se javljaju u regionu u kome su locirane termalne vode. Dodavanjem hladne vode snižavala se temperatura pregrejane vodene pare i ovo bi bio ključni deo eksperimenta. Naime, hladna voda je dodavana sve dok se temperatura, njene mešavine sa parom ne spusti na temperaturu koja odgovara srednjoj temperaturi mineralnih voda koje se javljaju u opisanom regionu. Na osnovu prethodno izmerene količine uparene vode i količine dodate hladne vode, izračunavano je učešće »juvenilne vode«. To znači da je količinski odnos uparene i dodate hladne vode predstavljao u stvari i odnos juvenilne i podzemne vode u termalnim izvorima određenog regiona.

Na ovaj način su, između ostalih, određivali učešće juvenilne vode u termalnim izvorima Allen E. T. i Day A. L. (1935) i Day A. L. (1939) i to na primeru vrućih izvora Jelovstonskog parka, kojom prilikom su »utvrdili« da ovi izvori sadrže samo 10—15% magmatske pare, a da je sva ostala voda descedentnog porekla.

N. D. Stearns, H. T. Stearns i G. A. Waring (1937) ispitali su preko 1000 termalnih izvora i grupa izvora u kontinentalnom delu Sjedinjenih Američkih Država. Oni smatraju da su nesumnjivo dokazali da je jedan manji broj ovih izvora zagrevan u toku »duboke arterske cirkulacije«, a najveći sadrži descedentnu vodu sa svega 0,8% juvenilne vode.

U novije vreme neki autori u USA počeli su opet da određuju učešće juvenilnih voda u termalnim izvorima u Sjedinjenim Državama, ali primenjujući čisto računske metode. Tako je W. W. Rubey (1951) ispitivao preko 100 vrućih izvora i grupa izvora koji se javljaju duž granice Idaho-batolita (USA) i on smatra da se i ovde radi o površinskim vodama koje se mešaju sa malom količinom magmatske vode. Ova proračunavanja vršio je na osnovu srednjih temperatura opisanih vrućih izvora (39°) i srednjih godišnjih temperatura hladnih izvora iz ovog regiona (8°). On je pošao od pretpostavke da juvenilne pare imaju temperaturu od oko 600° i, uzevši u obzir gornje srednje temperature vrućih i hladnih izvora, došao matematičkim putem do zaključka da u ovom regionu učešće magmatske vode u vrućim izvorima iznosi svega 2,5%. Interesantno je pri tom da Rubey smatra da, iako je Idaho-batolit kredne starosti (po Ross-u, 1936), da on ipak i danas ispušta magmatske vruće vode.

Slična »određivanja« Rubey je vršio i za vruće izvore koji se javljaju u jedanaest zapadnih država USA i dobio »podatke« prema kojima učešće magmatske vode u navedenim izvorima iznosi svega 1,8%.

O poreklu hemijskih elemenata u mineralnim vodama

Sistematska proučavanja u navedenom pogledu do sada nisu obavljena, tako da o poreklu pojedinih elemenata ima podataka samo u nekim radovima. Najčešće se pri tom radi o poreklu gasova, koji su prema literaturnim podacima, u vezi sa vulkanskim ekshalacijama, a u slučaju CO_2 i HCO_3 često se radi o rastvaranju krečnjaka. Neki autori takođe dozvoljavaju pojave gasova kao produkata termalnog metamorfizma, ali se ovo odnosi uglavnom na CO_2. Samo mestimično se sreću mišljenja (N. Dimitrijević, 1975) da gasove uzimaju infiltracione vode iz vazduha.

U fumarolama, solfatarama i svežim lavama do sada su utvrđeni sledeći elementi i spojevi u vidu gasova: Cl, F, Br, H_2S, S, SO_2, CO, CO_2, B, PO_4, NO_2, O_2, H_2, Ar, H_2O, N_2 i NH_4.

D. E. White daje i nekompletan sastav vrućih izvora iz nekih izvora u USA i Novog Zelanda (vidi tabelu 3), gde su, pored nekih gasova i spojeva, iznešeni i podaci o sadržajima Fe, SiO_2, Al, Ca, Mg, Sr, Na, K, Li, As, Sb, I, Br i HCO_3 (preračunat iz bikarbonata). U nekim od ovih izvora spektrohemijski je utvrđeno prisustvo bakra (do 0,3%) kao i manji sadržaji mangana. Nemoto i Haiakava (1957) kažu da u fumarolama Showa vulkana ima manje od 1 mg/l Ni, Cu, Zn, Ge, As, Mo, Ag, Sn, Sb, Pb i Bi.

U brojnim analizama rečnih i potočnih voda USA (S. K. Love, 1965) mogu da se nađu podaci za prisustvo sledećih spojeva i elemenata: SiO_2, Fe, Ca, Mg, Na, K, HCO_3, SO_4, Cl, F i NO_3.

V. V. Ivanov takođe navodi određene gasove, ali pri tom više obraća pažnju na ukupne mineralizacije, temperature i ostale momente, nego na hemijski sastav ispitivanih voda. Neki autori (E. Mazor, White i dr.) daju podatke o sadržajima natrijum (ređe i kalijum) hlorida, ne upuštajući se detaljnije u hemijski sastav voda.

U radovima hidrogeologa, doista se često daje glavni hemijski sastav mineralnih voda, ali preko formule Kurlova, gde se u stvari radi o međusobnim procentualnim odnosima CO_2, H_2S, HCO_3, Cl, Na, K, Ca, Mg i SO_4. Međutim, mnogi raniji hemičari vršili su analiziranje glavnog hemijskog sastava u mineralnim vodama, ali bez ikakvih komentara, obavljajući ovaj posao uglavnom u balneološke svrhe. U većini zemalja u inostranstvu ovi podaci su pristupačni samo užem krugu balneologa.

U našoj zemlji, pored kompletnog glavnog i mikro sastava, često se u poslednje vreme mogu naći i podaci o sadržajima hlora, broma, joda i drugih elemenata, koji mogu da ukažu na poreklo ispitivanih voda.

Međutim, najveći broj autora u svetu ne uzima ozbiljno u obzir hemijski sastav mineralnih voda, oslanjajući se najčešće samo na neke elemente i gasove i to naročito na CO_2. Glavninu elemenata najveći broj autora vezuje za okolne stene, koje »ispiraju infiltracione vode«, zbog čega se hemijskom sastavu mineralnih voda i ne poklanja odgovarajuća pažnja.

* * *

Kako smo napred videli proučavanje geneze mineralnih voda uključuje paralelno proučavanje tri faktora i to gasni sastav, hemijski sastav i poreklo mineralnih voda.

Gasni sastav nam često ukazuje na poreklo gasova (vulkansko ili drugo), zatim na njihovu agresivnost (naročito CO_2), a često i na pritiske koji vladaju u zonama akvifera.

Hemijski sastav može da ukaže na poreklo elemenata, pa samim tim i mineralnih voda u kojima se ovi elementi i odgovarajući spojevi nalaze. Hemijski sastav, posebno karakteristični elementi, mogu, pored geoloških i geohemijskih podataka, da daju ključne podatke za utvrđivanje geneze mineralnih voda, dok sadržaji raznih kiselina, ili njihovo odsustvo (varijabilnost u vrednosti pH), mogu da ukažu na rastvaračke sposobnosti ovih voda, ili na njihovu inertnost u navedenom pogledu.

Ispitivanje porekla mineralnih voda, paralelno sa gornjim ispitivanjima, može ova zadnja da olakša, pogotovo što između sva tri navedena faktora postoji međusobna uzročna veza. Pri tom je neophodno utvrditi niz faktora koji se direktno vezuju za samu vodu, kao što su geološki podaci o prostoru u kome se javlja mineralna voda, o njenoj temperaturi na površini i, po mogućstvu, na većim dubinama, odnosno u akviferu, zatim o mineralizaciji, o pH vrednosti vode, o njenoj izdašnosti na površini i u dubini (bušotine) kao i o pritiscima u akviferu koji se nekad mogu relativno tačno utvrditi na površini (gejziri) a nekad samo pomoću bušenja.

Uzimajući sve ove faktore u obzir mi ćemo u sledećem pokušati da damo genetske karakteristike mineralnih i termomineralnih voda u Srbiji, a koje smo u dosadašnjem radu imali prilike da proučavamo.

VULKANSKE VODE SRBIJE

U tretiranju vulkanskih voda treba, pre svega, poći od poznatih činjenica, naročito onih koje su zapisane u pristupačnoj literaturi. Pri tom ne mislimo isključivo na vode koje se javljaju u okolini današnjih ili bivših vulkana, pošto one i ne moraju da budu vulkanskog porekla, već na prvom mestu na vodenu paru, koja sa gasovima izbija iz lava, fumarola i solfatara na mnogim mestima u svetu. Svakako je iluzorno utvrđivati praporeklo svake vode u fumarolama, solfatarama, ili vulkanskoj lavi, naročito s obzirom na činjenicu da i sama magma može nastati na sasvim različite načine (juvenilna magma, granitizacija, anateksis, palingena magma), a i voda u toj magmi može biti različitog porekla (juvenilna voda, ili od strane magme ili lave zahvaćena morska, metamorfna, pa čak i infiltraciona voda). Međutim, geološka nauka, sem u izuzetnim slučajevima, još uvek ne može da utvrdi da li je vodena para koju izbacuju fumarole, solfatare i vulkanska lava, juvenilnog ili »palingenog« porekla, pa s toga moramo da pođemo od realnosti da između vulkanizma i vode postoji neposredna i uska veza. Detaljnija rasčlanjavanja u navedenom smislu svakako ćemo morati da prepustimo kasnijim generacijama. To je, uostalom, mnogo ispravnije, nego a priori tvrditi da je svaka voda, odnosno vodena para, koja izbija iz fumarola, solfatara i lave, infiltraciona, što će reći atmosferskog porekla. Ako želimo da počnemo da rešavamo ove probleme, onda treba da sledimo neke autore koji su pošli od najjednostavnijih slučajeva u kojima se redosled događaja mogao pratiti bez većih teškoća. Reč je, pre svega, o vodama koje se javljaju u živim i ugašenim ostrvskim vulkanima u okeanima i morima, gde je dokazano da je lava u nekim slučajevima, prirodno, zahvatala morsku vodu (Island), ili o čistim vodama u živim vulkanima (koji privremeno miruju), gde je očigledno odsustvo morske vode (neki izvori na Kanarskim ostrvima).

Uostalom, i u nauci o rudnim ležištima pneumatolitske i hidrotermalne parageneze bilo kog tipa tretiraju se i danas kao takve, ukoliko ne postoje čvrsti argumenti da se radi o sekundarnim hidrotermama, odnosno o produktima regeneracije i remobilizacije elemenata iz okolnih stena i ruda.

S toga, u nedostatku adekvatnih dokaza u suprotnom smislu, mi još uvek nemamo drugih mogućnosti, sem da vodenu paru u fumarolama, solfatarama i lavi (odnosno magmi), tretiramo kao juvenilnu, ili bar kao »pseudojuvenilnu«, jer ćemo tako pasti u mnogo manju grešku, nego ako a priori ovu paru označavamo kao descendentnu. Iz tog razloga, kako smo već rekli, utvrđivanje praporekla vodene pare u živim vulkanima i lavama, mora da čeka bolje dane, sem u izuzetnim slučajevima o kojima smo gore govorili.

U smislu ovakvih shvatanja bilo bi veoma interesantno još jednom se osvrnuti na neke napred prikazane analize sastava gasova i para u nekim fumarolama, solfatarama i lavama u svetu, koje su urađene od strane raznih autora.

Tako, prema J a g g a r-u (V. V. I v a n o v, 1967), srednji sadržaj H_2O u gasovima lave Kilauea-e, na temperaturi od 1200°C, iznosi 68,15% ukupnog sastava gasova, što znači da ova lava emituje velike količine vodene pare. Prema W. W. R u b e y-u (1951), vulkanski gasovi Kilauea-e i Mauna Loa-e sadrže 73,5% H_2O, a gasovi fumarola Katmai regiona čak 99,58%.

R u b e y daje pojedinačne srednje zapreminske i težinske sastave gasova u raznim tipovima lava i stena i to prema raznim autorima (E. S. S h e p h e r d, A l l e n i Z i e s, A l l e n i D a y i dr.), pa bi i ove rezultate vredelo prikazati makar u skraćenom obimu:

Zapreminski sadržaji H_2O u gasovima raznih lava i stena	
Bazaltska lava i dijabaz	71,32 —92,40% (13 uzoraka)
Obsidijan, andezitska lava i graniti	69,44 —98,55% (17 uzoraka)

Iz ovih, kao i drugih podataka koji nisu ovom prilikom prikazani proizlazi da »smirena« magma i lava sadrže, a tekuća lava, fumarole i solfatare emituju veliku količinu gasova u čijem sastavu vodena para učestvuje kao dominantan sastojak (68—99% H_2O).

Uostalom, da magma emituje veliku količinu vodene pare, a u kasnijim fazam i termalne (čak i hladne) vode, ukazuje i klasična geologija, koja pruža masovne dokaze o njenom pneumatolitskom i hidrotermalnom dejstvu na okolne stene, kao i hidrotermalnim akcijama koje su dovele do stvaranja brojnih ležišta metala i nemetala u svetu, bilo da se radi o juvenilnom prinosu, ili regeneraciji ovih elemenata iz okolnih stena.

U vezi sa ovim trebalo bi se osvrnuti i na praporeklo mora i okeana, koje sigurno nije descedentnog karaktera, već je voda isključivo bila emitovana iz užarene magme, i to u vidu pregrejane vodene pare, pri čemu je isključeno da je u ta stara vremena sva voda koju je užarena magma sadržavala emitovana u atmosferu. Na ovo, između ostalog, ukazuju i analize magmatskih i vulkanskih stena, koje i posle ogromne emisije vodene pare i vode, dakle u čvrstom stanju, sadrže određene količine konstitucione vode.

Sve ove činjenice uveliko zanemaruju mnogi autori koji magmatsku vodu isključivo tretiraju kao infiltracionu, metamorfnu, okeansku, ili jezersku, koju je magma, odnosno lava, naknadno zahvatila. Posebno su u zabludi autori koji skoro sasvim isključuju emisiju vodene pare u toku magmatskih akcija (magma, lava, fumarole, solfatare) čak i u pogledu na vruće izvore. Za čuđenje je, ali i činjenica da danas uglavnom dominira ideja o zagrevanju atmosferske vode pod uticajem vulkanskih akcija, odnosno toplotnog i emisionog dejstva »smirenih« plutona, do kojih se zaključaka došlo na osnovu brojnih eksperimenata i matematičkih proračuna, po kojima izlazi da relativno mala količina emitovanih gasova, koji imaju temperature od oko 600°C može, mešanjem sa atmosferskom (infiltracionom) vodom da da tople vode zagrejane i do više desetina stepeni, u kojima učešće juvenilne vode obično ne prelazi nekoliko proce-

nata. Pri ovim eksperimentima i proračunima ne uzima se, pre svega, u obzir činjenica da emitovani gasovi mogu da budu veoma različite temperature, i to od sasvim niske (solfatara kod Ohrida, Koselj), pa do veoma visoke (1200°C, gasovi lave Kilauea-e) i da je temperatura od 600°, koja se uzima kao osnova pri ovim eksperimentima sasvim proizvoljna, našta indirektno ukazuje i jedan od zagovornika ovih eksperimenata *W.* W. R u b e y (1951, 1975), koji, između ostalog, kaže: »Recimo da temperatura gasa iznosi 600°C, i da su ovi gasovi rashlađivani (od strane infiltracionih voda) do temperature od 29°...«. Na osnovu ovih proračuna autor dolazi do zaključka da su vrući izvori u Sjedinjenim Američkim Državama nastali zagrevanjem površinske vode od strane svega 1,8% magmatske vode.

Još veću grešku prave mnogobrojni autori koji potpuno isključuju uticaj magmatske vode, pa sve vruće vode tretiraju kao proizvod završnog dela ciklusa podzemne cirkulacije atmosferske vode. Po njima, sve termalne vode u svetu nastaju isključivo cirkulacijom atmosferskih voda, koje poniru u veće dubine, gde se zagrevaju čisto geotermalnim putem (geotermalni gradient). Termodinamičke procese u ovakvom kružnom sistemu navedeni autori pri tom uopšte ne uzimaju u obzir, iako je očigledno da se oni ne mogu zaobići. Uzmimo kao primer jednu strukturu duž koje ponire atmosferska voda, koja se, prema ovim autorima, usled termalnog gradienta, na određenoj dubini, zagreva, i posle, po zakonu o spojenim sudovima i usled pritiska penje ponovo na površinu, ali sada kao vruća ili čak pregrejana voda (Jošanička banja, 76—80°C). Po ovim autorima takva voda »upija« gasove dok se još nalazi na površini, i to iz atmosfere, a kasnije, kada se zagreje, emituje još i vodenu paru, što znači da u akviferu vladaju relativno visoke temperature i pritisci. Ovi pritisci dolaze kako zbog geotermalnog gradienta, odnosno pritisaka gornjih delova zemljinog omotača, tako i zbog napona samih gasova kao i vodene pare, pa je prirodno što će termalna voda biti oslobođena iz akvifera i izbiti, zajedno sa gasovima, na površinu, ukoliko postoje određene strukture, iil bar prsline i pukotine u okolnim stenama. Postavlja se, međutim, pitanje šta se dešava sa atmosferskom vodom kada sa površine stigne poniranjem u zonu akvifera, kada su pritisci u njemu daleko veći, nego pritisci vodenog stuba atmosferske vode. Očigledno je da u ovakvim slučajevima ne može biti govora o otvorenom kružnom cirkulisanju atmosferske vode zbog termodinamičkih procesa u akviferu i njegovoj okolini. S druge strane, geotermalni gradient je relativna stvar u nabranim oblastima, gde se uostalom i pojavljuje daleko najveći broj vrućih izvora u svetu. Jer, ako nije tako, kako objasniti činjenicu da najveći broj izvora u nabranim oblastima nema povećanu temperaturu, iako voda poniranjem često dopire do velikih dubina (čak i nekoliko hiljada metara), našta jasno ukazuju mnogobrojne hladne vode koje izviru na morskoj obali, ili čak i na morskom dnu, a koje su pre toga duboko ponirale. Takođe se postavlja pitanje kako to da samo mali broj površinskih voda asimilira gasove iz vazduha, jer je poznato da hladne (između ostalog i sve pijaće) vode praktično ne sadrže gasove, pa ispada da njih apsorbuju samo one atmosferske vode koje poniru u velike dubine.

Na kraju, ovde se postavlja pitanje zašto se daleko najveći broj termalnih izvora u svetu, pa i kod nas, javlja u zonama aktivnog ili recen-

tnog vulkanizma, odnosno magmatizma, što ne negiraju čak ni autori koji odbacuju znatnije učešće juvenilne vode u ovim izvorima, i s druge strane, kako objasniti okolnost da se prateći gasovi javljaju u najvećem broju i količini baš u tim zonama u svetu, a da hemijski sastav i mineralizacije, iako kolebljivi, u celini uzev, odslikavaju određene magmatske i vulkanske akcije. Kako, na primer, objasniti poreklo »Šumadijskih vulkanskih voda« koje se često javljaju u Šumadijsko-vardarskoj zoni, dakle u regionu intenzivnog recentnog vulkanizma, a koje uvek sadrže cezijum, iako ga vulkanske stene u kojima se ovi izvori javljaju najčešće uopšte ne sadrže? Iz kojih stena te vode ispiraju cezijum, kada ni ostale formacije unutar kojih se javljaju ove vode (škriljci i gnajsevi) ne sadrže ovaj metal, a graniti se po pravilu, javljaju daleko od izvorišta ovih voda. Cezijum je otkriven (V. Vujanović, M. Teofilović, 1964, 1971, i dr.) i to u povećanim sadržajima, u leucitskim vulkanskim stenama, koje kao mlađi diferencijati prate vulkanske stene u opisanom prostoru. To znači da o generalnom »ispiranju« cezijuma na tako velikom i u cezijumu pretežno sterilnom prostoru, ne može biti reči i da je on najvećim delom morao biti naknadno prinošen i to od strane vulkanskih voda.

Kako, uostalom, objasniti redovno prisustvo kompletne geohemijske »svite« elemenata u vulkanskim vodama »Šumadijskog tipa« (V. Vujanović i M. Teofilović, 1970, 1971, 1976 i dr.), tj. cezijuma, litijuma, rubidijuma, kalijuma i stroncijuma, i to u povećanim do visokim sadržajima, kada ove vode izviru u prostorima u kojima se javljaju razne geološke formacije, uz najčešće odsustvo granita u blizini.

S druge strane, da bi neka voda imala jaču rastvaračku moć, ona mora da sadrži povećane količine HCl, H_2SO_4, ili HF, pošto H_2CO_3 praktično nema nikakvog efekta u navedenom smislu, kako je napred rečeno, a CO_2 može da deluje samo na karbonatne stene, i to pod određenim uslovima.

Kako su dosadašnja ispitivanja pokazala, ni jedna od navedenih kiselina ne javlja se u »Šumadijskim mineralnim vodama«, bar ne u jačoj meri, o čemu svedoči i relativno visoke vrednosti pH u njima, koje ovim vodama daju alkalni karakter, pa ih samim tim čine pretežno neagresivnim.

Kako je napred rečeno, sve mineralne vode »Šumadijskog tipa« javljaju se u zoni mladog vulkanizma, što ih na određeni način i karakteriše, jer se ovde ne radi samo o prostornoj, već i geohemijskoj vezi, pošto su u vulkanitima o kojima je reč otkriveni isti elementi iz gornje »svite«, tj. K, Li, Rb, Sr. a u leucitonosnim varijetetima i Cs (V. Vujanović i M. Teofilović, 1964, 1970, 1971, A. Antonović, 1968, Z. Maksimović i M. Terzić, 1965).

Iz svega proizilazi da vulkanske vode »Šumadijskog tipa« ne vrše značajnija rastvaranja elemenata iz okolnih stena, naročito ne onih koji ih karakterišu (K, Li, Rb, Cs, Sr), jer one, u celini uzev, nisu agresivne. To naravno ne isključuje mogućnost da se one u manjoj, a nekad i u većoj meri, mešaju sa infiltracionim vodama, pogotovo što su u najvećem broju slučajeva locirane u neposrednoj blizini površinskih tokova (reke, potoci), a u nekim i u samim rekama, odnosno potocima (Gornja Trepča, Sijarinska banja, Ovčar banja, Savinac, Mlakovac i dr.), pošto

su i same opisane mineralne vode koristile isti sistem tektonskih struktura penjući se ka površini, kao i navedene površinske vode. Međutim, mešanje sa ovim poslednjim ustvari je beznačajno, našta ukazuje i okolnost da su mnoge vode »Šumadijskog tipa« pokazivale iste ili slične hemijske karakteristike još pre istraživanja i bušenja, iako se često radilo o sasvim slabim izvorima i baricama lociranim neposredno pored tekućih voda. Intenzitet mešanja opisanih mineralnih voda sa dubljeležećim infiltracionim vodama za sada je ostao neproučen, ali, kako smo već napred istakli, on generalno ne treba da bude veliki, i to pre svega zbog relativno visokih temperatura i pritisaka u akviferima ovih mineralnih voda, koji ne dozvoljavaju jači priliv infiltracione vode.

Jedini faktor koji može da omogući delimično rastvaranje elemenata iz okolnih stena jeste temperatura samih mineralnih i eventualno prinešenih infiltracionih voda, ali relativno niska temperatura većine voda »Šumadijskog tipa« smanjuje ovu mogućnost. Karakterističan je, pri tom, primer mineralnih voda Bukulje (Aranđelovac i dr.), koje su autori (šest izvora) odredili kao tipične predstavnike »Šumadijskih voda« (koje se slabo mešaju sa descedentnim), iako se temperature ovih mineralnih voda kreću od 13—23°C.

Na osnovu svega izloženog prizilazi da su mineralne vode »Šumadijskog tipa« vulkanske vode, koje su u vezi sa mladim leucitonosnim vulkanizmom, da su im sadržaji karakterističnih elemenata (K, Li, Rb, Cs, Sr) primarni i da u proseku ne sadrže značajnije količine infiltracione vode niti elemenata izluženih iz okolnih stena.

Što se tiče »Ostalih vulkanskih voda«, (Moravica, Park, Zdravljak u Soko Banji, zatim Prolom banja i Đavolja voda) autori ostaju takođe pri svom shvatanju da se i ovde radi o vulkanskim vodama, koje se u manjoj meri mešaju sa descedentnim, uz slabija rastvaranja pojedinih elemenata iz okolnih stena. Od ovoga se donekle izuzima Đavolja voda, koja zbog visokih sadržaja H_2SO_4 ima dosta jaku rastvaračku moć, ali detaljnija ispitivanja u navedenom smislu nisu vršena.

U pogledu CO_2 može da se kaže da skoro sve vulkanske vode koje su autori ispitivali, a koje se javljaju u Srbiji, sadrže manje ili veće, a nekad čak i visoke sadržaje ovog gasa, pa su i mogućnosti rastvaranja kalcijum karbonata iz okolnih stena značajne. Iznenađuje, međutim, podatak da u opisanim mineralnim vodama sadržaji kalcijuma iznose obično do 100 mg/1, što predstavlja relativno male vrednosti. Takođe iznenađuje podatak da sadržaji CO_2 i kalcijuma u većini slučajeva nisu u proporcionalnom odnosu kako bi trebalo očekivati, o čemu svedoči i mineralna voda Vrnjci gde sadržaji CO_2 iznose i do 1760 mg/1, a kalcijuma svega 160 mg/1 (Slatina), odnosno Sijarinska banja (Bušotina, Borovački potok), gde sadržaji CO_2 iznose 1050 mg/1, a kalcijuma 160 mg/1. Poznato je, međutim, da vode Sijarinske banje talože velike količine aragonita i to posebno izvor »Gejzir«, koji, prema analizama, skoro uopšte ne sadrži CO_2, dok sadržaj kalcijuma u ovoj vodi iznosi svega 38 mg/1.

U svakom slučaju problem rastvaranja kalcijum karbonata u okolnim stenama, a pod uticajem CO_2, zaslužuje mnogo veću pažnju nego što joj je do sada posvećivana.

U pogledu na ostale gasove može da se kaže da su u proučavanim vulkanskim vodama Srbije otkriveni svi gasovi koji se inače javljaju u vulkanskim lavama i fumarolama u svetu. Međutim, pre nego što pređemo na njihovo detaljnije prikazivanje, potrebno je ukazati na podatke o sadržajima gasova u pojedidnim lavama i fumarolama vulkana Kilauea-e, Mauna Loa-e i Showa, kao i u vrućim izvorima Wairakei-a i Jelovstvonskog parka.

Tako, prema analizama raznih autora, sadržaji pojedinih gasova u navedenim vulkanima i vrućim izvorima, izraženi u mg/1, kreću se u sledećim granicama:

CO_2	11 — 29.000
N_2	8,58 — 1250
H_2S	0,0 — 1080
NO_2	0,008 — 0,01
O_2	23 — 51
NH_3	0,8 — 17
NH_4	0,0 — 0,9
CH_4 (preko 200°C)	0,0 — 18
CH_4 (ispod 200°C)	0,0
S (ispod 200°C)	0,0
B	5,6 — 39*

U sledećem ćemo dati sadržaje navedenih elemenata u vulkanskim vodama Srbije, pretežno onim »Šumadijskog tipa« i to takođe u miligramima na litar. Ovi rezultati su dobijeni upoređivanjem sadržaja gornjih gasova u sledećim mineralnim vodama: Vrnjačka, Mataruška, Bujanovačka i Aranđelovačka banja, kao i ostale mineralne vode Bukulje (Partizani — »izvor Glišića«, Slatina Progoreoci, Kruševica, Garaši i Onjeg), zatim Sijarinska, Vranjska i Bogutovačka banja, Gornja Trepča, Mlakovac, Vrujci, Sirča, Jošanička, Niška, Soko i Ovčar banja, Koviljača, Đavolja voda i Prilički kiseljak. Evo tih rezultata:

Kiseonik (O_2). Sadržaji ovog gasa su niski (0,67—8,32 mg. 1.), ili je on sasvim odsutan (sva tri izvora Vrnjačke banje, zatim Mataruška i Bujanovačka banja, bušotina B-15 Aranđelovačke banje, Kruševica, izvori »Zdravlje«, »Kiseljak«, i bušotina B-1 Sijarinske banje, Koviljača i dr.).

Vodonik sulfid (H_2S). Samo izuzetno odsustvuje (G. Trepča, Mlakovac i Kruševica, kao i izvor »Zdravlje« u Sijarinskoj banji), a njegovi sadržaji se kreću od 0,05—2,0 sa izuzetkom Koviljače (8,5) i Mataruške banje (12,70 mg.l.).

Azot (N_2, NO_2 NO_3). Elementarni azot se skoro redovno javlja i to u sadržajima od 0,15—60, NO_3 od 0,3—9,4, a NO_2 se samo izuzetno sreće.

---

* Bor potiče iz magme, zajedno sa drugim gasovima, a dalja njegova migracija u prirodi ide posredstvom biosfere (F. Tućan, 1930). U lavama i fumarolama javlja se uglavnom u vidu borne kiseline (H_3BO_3), ili u vidu nižih spojeva sa vodonikom. U oba slučaja radi se o gasovima, s tim što borna kiselina druguje sa vodom u fumarolama (Toskana, na primer) u kojoj se i rastvara i sa kojom zajedno isparava (St. Arsenijević, 1977). Naši analitičari daju bor u vidu HBO_3, što će reći soli borne kiseline, pa je i u ovom tekstu bor dat u navedenom obliku.

Interesantno je da NO_3 odsustvuje u izvorima »Snežnik« i »Slatina« (Vrnjačka banja), zatim u Mataruškoj banji, Slatini Progoreoci, Kruševici, Gornjoj Trepči, Mlakovcu, Ovčar banji, Jošaničkoj banji, Koviljači i Priličkom kiseljaku, što će reći u skoro svim glavnim vulkanskim vodama »Šumadijskog tipa«.

Amonijak (NH_3) je redovno prisutan, ali u minimalnim sadržajima koji iznose 0,1—1,1 mg/l.

Metan (CH_4) je uglavnom odsutan i samo se mestimično sreće u tragovima (0,03—0,20) i to u Aranđelovačkoj banji, Slatini Progoreoci, Vrujcima, Niškoj i Soko banji.

HBO_2 se javlja u svim vulkanskim vodama Srbije koje smo do sada ispitivali i to u sadržajima koji se najčešje kreću od 0,2—21 mg/l. Znatniji sadržaji HBO_2 otkriveni su u sledećim vodama: Vrnjci (6—10 mg.l.) Mataruge (10), Bujanovac (do 16), Slatina Progoreoci (6), Sijarinska banja (4—7,5), zatim u vranjskoj mineralnoj vodi (4—4,8), Koviljači (5—6), Ovčar banji (6), a najveći u Priličkom kiseljaku (21 mg.l.), Lukovskoj (10—40) i Kuršumlijskoj banji 60—80 mg.l.).

* * *

Kako smo napred naveli, skoro svi gasovi koji se javljaju u lavama i fumarolama u svetu, otkriveni su i u proučavanim vulkanskim vodama Srbije, ali su sadržaji ovih gasova vrlo promenljivi.

U pogledu na CO_2 može da se kaže da njegovi sadržaji mogu da budu veoma visoki, ali da su uglavnom nezavisni od mineralizacija, što dokazuje da ugljen dioksid ne pokazuje skoro nikakvu agresivnost i da nije u stanju da vrši »ispiranja« elemenata iz okolnih stena, sem kada je u pitanju kalcijum karbonat. Poreklo ovog gasa je svakako juvenilno, našta ukazuju i njegovi visoki sadržaji u tipičnim vulkanskim vodama »Šumadijskog tipa«, kao što su Vrnjačka, Mataruška, Aranđelovačka, Bujanovačka i druge banje, gde se sadržaji CO_2 uglavnom kreću od 210—1760 mg/l., a koja količina nije mogla biti apsorbovana iz vazduha.

U odnosu na kiseonik, karakteristično je da je on često odsutan i to baš u nekim tipičnim vodama »Šumadijskog« vulkanskog tipa, kao i da se u ostalim vulkanskim vodama javlja u malim količinama (do 8,3 mg.l.). S obzirom da kiseonik može da se pojavi i u vulkanskim i površinskim, odnosno infiltracionim vodama, ovde je od bitnog značaja njegovo pretežno odsustvo u nekim tipičnim vulkanskim vodama »Šumadijskog tipa«, koje dokazuje da ove vode nisu dolazile u dodir sa atmosferskim vazduhom, pa samim tim nisu mogle nastati descedentnim putem.

Azot i njegovi oksidi takođe mogu da se jave i u vulkanskim i vodama drugog tipa, pa se on u konkretnom slučaju ne može oceniti kao karakterističan gas. Po našem mišljenju samo znatniji sadržaji azota mogu da ukažu na njegovo vulkansko poreklo, što se u konkretnom slučaju odnosi na mineralne vode Vrnjačke banje gde sadržaji ovog gasa mogu da iznose i do 60 mg/l.

Amonijak je takođe nekarakterističan gas, jer može da se javi i u vulkanskim i infiltracionim vodama, pa njegovo prisustvo u proučavanim vulkanskim vodama Srbije može samo da ukaže na njihovo vulkansko poreklo. Ipak, dosadašnja naša proučavanja pokazala su da sadržaj amonijaka u descedentnim nikad ne dostižu one u vulkanskim vodama Srbije, što sugerira zaključak da je amonijak u ovom zadnjem slučaju juvenilnog porekla.

Vodonik sulfid takođe može da se javi u različitim tipovima voda, ali i ovaj gas se isključivo koncentriše u nekim opisanim vulkanskim vodama, što ukazuje na njegovo juvenilno poreklo. Od ovoga treba izuzeti mineralnu vodu Mataruške banje, gde je dokazano da veliki deo H_2S nastaje razlaganjem sulfida pod uticajem ove vode (M. Teofilović i V. Vujanović, 1974).

Iz svega navedenog može se zaključiti da su opisani gasovi, sa navedenim izuzetkom za H_2S, juvenilnog porekla i da su u genetskoj vezi sa vulkanskim vodama koje ih nose. Veoma značajan podatak pri ovakvim zaključivanjima je često odsustvo kiseonika u tipičnim vulkanskim vodama »Šumadijskog tipa«, što znači da ove vode nisu dolazile u kontakt sa atmosferskim gasovima, pa samim tim nisu mogle da apsorbuju ni neke druge gasove kao što su N, NO_2, NO_3, NH_4 i CO_2.

Ovakav zaključak dobija u značaju ako se uzme u obzir okolnost da sve proučavane vulkanske vode Srbije sadrže HBO_2 (verovatno u vidu borne kiseline i gasova nižeg reda), čiji sadržaji mogu da budu veoma visoki. Kako smo već naveli, bor je po poreklu juvenilnog karaktera, i kao primaran produkt direktno je u vezi sa magmatizmom, odnosno vulkanizmom. Istina, u toku kasnijih površinksih akcija, putem biosfere, on može da jako migrira, pa čak i da na taj način stvara sopstvena ležišta u nekim jezerima u svetu. U našem slučaju, međutim, glavne količine bora su svakako juvenilnog porekla i genetski su vezane za vulkanske vode Srbije, o čemu svedoči i okolnost da su daleko najveći sadržaji HBO_2 registrovani u vulkanskim vodama koje se javljaju u stenama (do 80 mg.l.), a da mineraine vode koje su locirane u jezerskim sedimentima, ili njihovoj blizini (Vrnjci, Mataruge, Aranđelovac, Sijarinska banja i dr.) po pravilu sadrže malo bora. (0,2—16 mg.l.).

I na kraju, da se osvrnemo na sadržaje metana u našim vulkanskim vodama i da još jednom konstatujemo da je ovaj gas u njima najčešće odsutan. S druge strane, prisustvo metana po pravilu je minimalno (0,01—0,20 mg.l.), a kako može da se javi u vodama raznog tipa, o njemu se, za sada, ne može ozbiljnije diskutovati. Možda bi ipak trebalo ukazati na to da se metan javlja kako u vodama koje su locirane u jezerskim sedimentima (Slatina Progoreoci, Soko banja), ili blizu kontakta sa njima (Vrujci), tako i u čvrstim stenama (Aranđelovac- bušotina B-15, Lukovska banja, izvor). S obzirom da se u ovom prvom slučaju metan češće javlja moguće je da je on najvećim delom apsorbovan iz okolnih sedimenata od strane opisanih vulkanskih voda.

SLANE MINERALNE VODE SRBIJE

To su vode koje sadrže povećane do veoma visoke sadržaje natrijum hlodira (često i KCl), a koje se javljaju na velikom broju mesta u

svetu i kod nas. Veliki broj ovih voda neki autori smatraju juvenilnim (D. E. White, 1957. i dr.), ali će ovde biti reč samo o slanim mineralnim vodama Srbije koje nisu juvenilne, s obzirom da u našim vulkanskim vodama sadržaji hlora obično dostižu nekoliko do pedesetak miligrama na litar vode, a retko stotinak ili više. To znači da u Srbiji i nema natrijum hloridnih voda vulkanskog tipa, odnosno da ovakve vode nisu do sada otkrivene.

Slane mineralne vode u Srbiji uglavnom se javljaju u području bivšeg Panonskog mora (Vojvodina) i njegovih zaliva (Palanački kiseljak, Mladenovac, Leštani, Ritopek, Valjevo, Mionica, Kolubara i dr.). Ove vode javljaju se na mnogim mestima u opisanim prostorima, ali veoma retko u vidu izvora, već obično kao slane bare i manja jezera, koji se naročito koncentrišu u užem i širem prostoru tektonskog rova reke Tise. Takođe, prilikom kopanja bunara u Vojvodini često se nailazi na slane mineralne vode, nekad i na maloj dubini.

Slane mineralne vode genetski se mogu uglavnom podeliti na dve grupe i to na Panonske i descedentne mineralne vode.

Mineralne vode Panonskog tipa

To su fosilne morske i naftne vode koje predstavljaju zaostatke bivšeg Panonskog mora, a koje se nalaze u paleoreljefu i u debelim naslagama mladih sedimenata. U prvom slučaju radi se o strukturama u paleoreljefu duž kojih je ponirala morska voda i akumulirala se u njemu (Bušotina u Palanačkom kiseljaku, zatim u Leštanima, kao i neke bušotine u Vojvodini). U sedimentima Panonskog basena takođe se javljaju fosilne morske i naftne vode i to na mnogim mestima. Nekada se ove vode otkrivaju prilikom bušenja na naftu, ali u mnogim slučajevima one same izbijaju na površinu.

Fosilne morske i naftne vode u paleoreljefu po pravilu su zatvorene jer su locirane u njegovim strukturama (rasedi, pukotine i dr.) i prekrivene debelim naslagama sedimenata, tako da se do njih može doći samo dubokim bušenjem.

Fosilne morske i naftne vode u sedimentima delom su zatvorene, a često i poluotvorene. U zadnjem slučaju one se obično kreću ka površini duž mnogobrojnih prslina, gde, zajedno sa atmosferskim vodama, stvaraju bare i manja jezera. To znači da na površini nemamo nikad čiste Panonske vode, već pomešane sa atmosferskim. U toku kretanja ka površini Panonske mineralne vode nose natrijum hlorid i druge elemente kao i sitne čestice sedimenata, zapunjavajući postepeno prsline duž kojih se kreću. S druge strane, u samim površinskim akumulacijama (bare i jezera) talože rastvoreni i prinešeni materijal, stvarajući na taj način, zajedno sa atmosferskim vodama, muljevite taloge debele i do jednog metra. Ovim procesima postepeno se zapunjavaju prsline duž kojih cirkulišu Panonske vode, a samim tim prestaje dovod fosilne morske i naftne vode iz dubine. To stoga što iako se akumulacije ovih voda nalaze pod pritiskom, one nemaju snage da same izbiju na površinu ukoliko ne postoje određene strukture, makar u vidu prslina i pukotina. Ta-

ko, u slučaju zapunjavanja ovih mikro struktura i pora, fosilne morske vode traže nove puteve i to po pravilu u blizini zapunjenih struktura. To je i razlog što se opisane slane bare i jezera stalno »kreću«, menjajući i mesto i oblik i veličinu, a što se najbolje može utvrditi upoređivanjem starih topografskih karata i današnjeg stanja.

Količinski odnos atmosferske i fosilne morske vode u opisanim barama i jezerima je jako kolebljiv i zavisi od atmosferskih prilika u toku godine. To isto važi i za mineralizacije koje su najviše u sušnim periodima. Kako atmosferska voda ne vrši skoro nikakva rastvaranja u okolnim terenima, osnovni hemijski sastav u ovim površinskim akumulacijama se ne menja, jer je on uglavnom vezan za fosilne morske i naftne vode koje smo napred opisali. Na osnovu toga, kao i ispitivanja morske i naftne vode iz nekih bušotina, mogu se utvrditi glavne hemijske karakteristike ovih voda. Tako, Panonske mineralne vode odlikuju se, pre svega, visokom mineralizacijom, koja mestimično dostiže i 71 gr/l., kao i povećanim sadržajima određenih elemenata, kao što su *litijum, jod, brom, hlor* (natrijum i kalijum hlorid), *vanadijum, magnezijum, natrijum, stroncijum* i *hrom*. Sličan je slučaj i sa kalijumom, kalcijumom i gvožđem, a često i aluminijumom.

Ovakav hemizam direktno ukazuje na marinsko poreklo opisanih voda, s tim što u pogledu na neke elemente mora biti dato dopunsko objašnjenje. Tako, relativno visoki sadržaji litijuma, vanadijuma, hroma i mangana nisu karakteristični za morske, već za naftne vode, što dobrim delom važi i za stroncijum. Kako se u blizini Panonskih voda često javljaju i ležišta nafte, ili se njihovo prisustvo predpostavlja, to česti povećani sadržaji navedenih elemenata ne treba da čude.

I na kraju, podzemne akumulacije Panonskih mineralnih voda, obično se, po nama, ne javljaju unutar određenih akvifera, već se najčešće radi o velikim akumulacijama i jezerima. Na ovo, između ostalog, ukazuje i činjenica da se tokom vremena vrši konstantna salinizacija plodnih terena Vojvodine, što predstavlja veliki privredni problem ove Pokrajine. Da se radi samo o poniranju atmosferskih voda, njihovoj salinizaciji i ponovnom izbijanju na površinu, ovaj proces se sigurno nebi odvijao, tj. nebi dolazilo do konstantnog povećanja zasoljenih površina, već samo do njihovih pomeranja, a često i do desalinizacije.

* * *

Prva proučavanja mineralnih voda Panonskog tipa vršio je N. Milojević (1960), ali bez detaljnijih hemijskih analiza i podataka. S toga on daje generalni pregled porekla opisanih mineralnih voda i, između ostalog, kaže da je verovatno »da slana voda predstavlja najvećim delom fosilnu vodu drugomediteranskog mora«... da »voda sadrži i znatne količine joda i broma, te se može uvrstiti i u slano-jodno-bromne vode«... kao i da »postoje potpuno izolovane geološke strukture koje sadrže samo slanu vodu, ili vodu, naftu i gas.«

V. Vujanović i M. Teofilović vršili su detaljnija ispitivanja velikog broja slanih voda Panonskog basena, kao i područja bivših

zaliva Panonskog mora (1970, 1971, 1976, 1977 i dr.) i utvrdili njihove geohemijske i genetske karakteristike. Oni su, između ostalog, predložili termin »Panonske mineralne vode«, a koji se odnosi na sve slane vode u ispitivanim prostorima u kojima je dokazano učešće morske ili naftne vode, u manjoj ili većoj meri, ili u potpunosti.

U novije vreme neke slane vode ispitivane su i od strane N. Dimitrijević (1975, 1975) i M. Arsenijevića (1977). U prvom slučaju radi se o ispitivanju sadržaja gasova u navedenim vodama, sa izuzetkom slane vode Leštana, za koju N. Dimitrijević kaže da je descendentnog porekla, s tim što joj se »zone hranjenja nalaze na istočnom obodu Šumadijske mezozojske grede gde se kao infiltracione vode, zajedno sa apsorbovanim vazduhom i drugim elementima kreću niže i usputno minerališu... »U pogledu na ostale slane vode N. Dimitrijević ne daje genetska tumačenja, ali su interesantne njene analize sadržaja metana u nekim slanim vodama (Stari Bečej, Slankamen, Ovča, Temerin, Novi Sad) koji iznose 30,76—82% ukupnog zapreminskog sadržaja gasova, a koji podaci pri daljim ispitivanjima mogu da jasno ukažu na eventualno prisustvo naftne vode, pa čak i nafte u užoj, ili široj okolini pojavljivanja slanih voda.

U odnosu na ostale gasove N. Dimitrijević navodi samo podatke za azot, kiseonik, ugljen dioksid i H_2S, odnosno za njihove međusobne zapreminske odnose u slanim vodama Novog Sada, Temerina, Starog Bečeja, Slankamena, Ovče, Smederevske palanke (bušotina) i Leštana.

U svim ovim vodama nađeni su azot, kiseonik i CO_2 u promenljivim procentualnim odnosima, dok je H_2S registrovan samo u vodi Smederevske palanka. Od plemenitih gasova N. Dimitrijević pominje helijum i argon i to u malim količinama.

Ovakav gasni sastav sasvim odgovara descedentnim, ali isto tako i morskim vodama, pa on i ne može da bude od većeg značaja pri navedenim genetskim tumačenjima. Zbog toga bi ispitivanja trebalo proširiti i na druge gasove, koji do sada nisu bili predmet interesovanja istraživača. Posebno bi bilo interesantno sistematsko ispitivanje sadržaja metana u svim slanim vodama Vojvodine i bivših zaliva Panonskog mora i naročito iz razloga koje smo gore naveli (Prospekcija na naftu).

Descedentne slane vode

Pored toga što se atmosferska voda meša sa morskom u opisanim barama i jezerima Vojvodine, dominirajući nad ovom zadnjom u kišnim periodima, u opisanom području javljaju se i čisto descedentne slane vode i to na taj način što atmosferske vode, naročito u kišnim periodima, rastvaraju natrijum hlorid i neke druge spojeve u potpuno suvim slatinama, stvarajući tako omanje bare i druge površinske vodene akumulacije. S druge strane, atmosferske vode često i poniru duž prslina i usled poroznosti sedimenata, a zatim se delom vraćaju na površinu obogaćene u natrijum hloridu i drugom materijalu. U ovom poslednjem slučaju mogu se uglavnom otkriti pri kopanju bunara, zbog čega do danas nisu detaljnije proučene. Descedentne slane vode najčešće ne vrše oz-

biljnija rastvaranja elemenata iz okolnih sedimenata, već uglavnom rastvaraju slane taloge fosilnih morskih i naftnih voda, zbog čega ih je vrlo teško razlikovati od ovih.

DESCEDENTNE MINERALNE VODE SRBIJE

To su atmosferske vode koje poniru do manjih ili većih dubina, usput se minerališu i ponovo izbijaju na površinu kao mineralne vode. U Srbiji se javljaju u vrlo različitim formacijama, počev od kristalastih škriljaca i gnajseva, preko vulkanita, pa do krečnjačko-dolomitskih i drugih sedimentnih stena i sedimenata.

Mi smo proučavali veći broj ovih voda i to u zapadnoj, centralnoj i istočnoj Srbiji, ali bez obzira na prostor, odnosno region u kome su locirane, one pokazuju određene zajedničke karakteristike.

Tako, sve ove vode imaju nisku mineralizaciju, koja se uglavnom kreće od 245—460 mg/1, sa izuzetkom Brestovačke banje (600 mg.l.). S druge strane, opisane vode se karakterišu prisustvom velikog broja elemenata (veoma često i gasova), ali su sadržaji najvećeg broja elemenata jako niski. U pogledu na pH on najčešće iznosi 7—7,5, sa izuzetkom Brestovačke i Šarbanovačke banje čiji pH iznosi 8,1 odnosno > 8,4. Iz ovoga proizilazi da su sve descedentne vode koje smo do sada proučavali alkalne vode, čija je rastvaračka moć dosta slaba, pa otuda pored ostalih faktora, i minimalne mineralizacije u njima i slabo prisustvo najvećeg broja elemenata.

Descedentne vode zapadne i centralne Srbije

Ispitivana je voda u selu Moravci kod Ljiga, kao i dva izvora na Juhoru (»Soko« kod Varvarina i »Raševica« blizu Svetozareva). Kako su rezultati ovih ispitivanja objavljeni (V. Vujanović, S. Cvetić i M. Teofilović, 1975), to se na njima nećemo duže zadržavati.

Kako smo već naveli, ove vode imaju slabu mineralizaciju, koja se kreće od 280—520 mg/l. i uglavnom slabo prisustvo najvećeg broja elemenata.

Vode iz izvora »Soko« i »Raševica«, na svom putu ka površini prolaze kroz feldspatizirane škriljce (mikašisti, amfibolski i drugi škriljci) koji su velikim delom pretvoreni u migmatit gnajseve, a voda iz izvora »Moravci« izvire u zoni pojavljivanja dacito-andezita i njihovih piroklastita. Sve ove vode sadrže manje količine Al, Mg, Fe, Ca, Si, K i Na i niz mikro elemenata kao što su barijum, stroncijum, hrom, mangan, titan i kadmijum, dok se nikal, kobalt i vanadijum javljaju samo u nekim vodama. U pogledu na retke metale kao što su litijum, rubidijum i cezijum utvrđeno je da je litijum uvek prisutan, dok je rubidijum nađen samo u vodi »Soko«. Što se tiče cezijuma, njegovo prisustvo nije moglo biti dokazano ni u jednoj ispitivanoj vodi.

Sadržaji mikroelemenata, izraženi u mg/l, veoma su niski i najčešće se kreću oko četvrtog decimala. Bitnije povećani sadržaji zapaže-

ni su samo kod nekih glavnih elemenata kao što su magnezijum i kalcijum (»Soko«, »Moravci«), zatim kalijum, natrijum, aluminijum i silicijum (»Soko«).

Skoro svi elementi kojl su otkriveni u ovim vodama, naročito u onim sa Juhora, nađeni su i u okolnim stenama (V. Vujanović, 1974), a to se odnosi i na mikro elemente, jer su u opisanim kristalastim žkriljcima i gnajsevima Juhora otkriveni povećani sadržaji Zn, Pb, Cu, Ti, V, Ni, Co, Cr, Ba, Sr i dr., a ovi elementi se javljaju u promenljivim sadržajima i u drugim stenama sa Juhora. Mogućnosti za »ispiranja« elemenata iz okolnih stena bile su, dakle, dobre, iz čega proizilazi da su rastvaračke sposobnosti ispitivanih voda bile male i to iz sledećih razloga: niska temperatura opisanih mineralnih voda, relativno visok pH i relativno brza cirkulacija ovih voda na svom kružnom putu, uz odsustvo većih pritisaka u akviferima. Od ovoga se donekle izuzima mineralna voda »Soko« koja, između ostalog, sadrži 19 mg/l kalijuma, ali ovaj rezultat svakako treba proveriti, jer makro sastav ove vode nije ispitivan u odgovarajućoj ustanovi.

Descedentne vode istočne Srbije

Proučavani su sledeći izvori: Zvonačka banja, Rgoška banja, Šarbanovačka banja, Despotovačka banja, Kravljensko topilo, Gamzigradska banja (Zaječar), Nikolićevska banja (bušotina, Zaječar) i Brestovačka banja (Bor). Rezultati hemijskog ispitivanja ovih voda uzeti su iz fonda Republičke zajednice nauke Srbije (S. Pokrajac i M. Arsenijević, 1976), a za Rgošku banju iz objavljenog materijala (V. Vujanović i M. Teofilović, 1978). kao i navedenog fonda.

Temperature ovih voda iznose 25,5—43°C, što ih svrstava u termomineralne vode. Što se tiče mineralizacija one se kreću od 280—620 mg/l, pH im uglavnom iznosi 7—7,5, ređe i više (Brestovačka banja 8,1 i Šarbanovačka banja > 8,4), a sadržaji najvećeg broja elemenata su im veoma niski. Izvori se pojavljuju u karbonatnim stenama (krečnjaci i dolomiti), odnosno u andezitima, ili dacitsko-andezitskim tufovima (Nikolićevska, Brestovačka, Gamzigradska i Šarbanovačka banja). U užem rejonu izviranja Šarbanovačke i Nikolićevske banje javljaju se i jezerski sedimenti, a u području Gamzigradske banje, pored krečnjaka, nastupaju još andeziti i dacitsko-andezitski tufovi. Interesantno je ukazati i na činjenicu da se u užem području izvora Kravljensko topilo, pored krečnjaka i laporaca, pojavljuju i gline sa ugljem.

Skoro sve ispitivane vode istočne Srbije sadrže, pre svega, veći broj gasova i to SO_4, N_2, NO_3 H_2S, O_2, NH_3 i CH_4, a u najvećem broju slučajeva i CO_2 koga jedino nema u vodama Brestovačke i Šarbanovačke banje. Prisustvo ovih gasova, međutim, ne izaziva čuđenje, s obzirom da su atmosferske vode s jedne strane mogle da ih apsorbuju iz vazduha (N_2, NO_3 i O_2), pogotovo što je njihov sadržaj po pravilu nizak, dok s druge strane i sam humus relativno dobro je snabdeven azotom i NH_3, pa je apsorbovanje ovih gasova bilo utoliko lakše.

Što se tiče H_2S i SO_4, oni treba da su produkt razlaganja sulfida koji su, kao što je poznato, široko diseminirani u ovim prostorima, če-

sto se pojavljujući i u povećanim, pa čak i ekonomskim koncentracijama. Nije, prema tme, ni malo čudno što su daleko najveći sadržaji SO_4 nađeni baš u vodi Brestovačke banje (400 mg.l.), jer je ovaj izvor lociran u dacitsko-andezitskim tufovima borskog bakronosnog pojasa.

Upadljivo je i skoro redovno prisustvo CO_2 (22—44 mg.l.) u ovim mineralnim vodama, a povećani sadržaji ovog gasa su u direktnoj proporciji sa sadržajima kalcijuma u njima (uglavnom 22—82 mg.l.), a donekle i magnezijuma (12—25 mg.l.). Ugljen dioksid se javlja u povećanim sadržajima uglavnom u vodama koje prolaze kroz krečnjačko-dolomitske stene, gde je mogao da se odigra proces razlaganja kalcijuma karbonata pod uticajem CO_2, a samim tim je i jedan deo magnezijum karbonata prelazio u rastvor. Ovde se, međutim, postavlja pitanje inicijalnih količina CO_2, potrebnih za početak procesa razlaganja kalcijum karbonata, a ove inicijalne količine vezujemo za poreklo samih voda, koje su početne količine CO_2 preuzele iz vazduha. Mi, prema tome, uglavnom odbacujemo mogućnost juvenilnog prinosa ugljen dioksida i to iz razloga što njega uopšte nema u vodama koje su locirane u andezitima (Šarbanovačka banja) i dacitskoandezitskim tufovima (Brestovačka banja).

Ono što posebno iznenađuje to je prisustvo metana (CH_4) u svim ispitivanim vodama istočne Srbije, mada su njegovi sadržaji po pravilu niski (uglavnom 0,03—11,70 mg.l.). Za sada se ne može dati drugo objašnjenje sem da su ovaj gas navedene vode »preuzimale« iz slojeva uglja kroz koje su prolazile, odnosno sedimentnih slojeva, koji takođe mogu u nekim slučajevima da sadrže metan. A poznato je da u navedenim terenima postoje brojni proslojci, slojevi, pa čak i ležišta uglja, koji se inače javlja u sedimentima. U pogledu sadržaja metana posebno se ističe voda Nikolićevske banje (11,70 mg.l.), koja je locirana u prostoru gde se javljaju ne samo dacitsko-andezitski tufovi, već i senonski i jezerski sedimenti, pa bi u ovom slučaju bilo veoma korisno preduzeti preliminarna ispitivanja na ugalj, što bi uostalom omogućilo i sigurno utvrđivanje porekla metana u mineralnim vodama istočne Srbije. Pri tom svakako nebi trebalo eliminisati ni mogućnost pojavljivanja nafte, bar u onim prostorima u kojima se javljaju veće naslage sedimenata.

Posebno je upadljivo prisustvo HBO_2, mada uglavnom minimalno i to u svim proučavanim vodama, naročito iz razloga što se ova so borne kiseline (odnosno H_3BO_3!) javlja u svetu u fumarolama. Ovaj podatak ukazuje na izvestan uticaj juvenilne vode na proučavane mineralne vode istočne Srbije, a ovakvo shvatanje potkrepljuje i činjenica da su maksimalni sadržaji HBO_2 otkriveni u vodama koje su locirane u andezitskim tufovima (Brestovačka banja; 2,0 mg.l.). Okolnost da su opisani vulkaniti kredno-tercijarne starosti nebi trebala da utiče na ovaj zaključak, jer ima i drugih autora koji smatraju da su ovako stari magmatiti još uvek sposobni da emituju određene količine gasova i vodene pare (W. W. Rubey, 1951, 1975). S druge strane, porast sadržaja HBO_2 u izvorima koji su locirani u vulkanitima i njihovim piroklastitima (Šarbanovačka i Brestovačka banja) može da samo potkrepi ovakvu predpostavku, a njoj ide u prilog i okolnost da sve proučavane vode ovog regiona imaju povećanu temperaturu na površini, koja je svakako bitno viša u akviferima. Ova temperatura ne može se isključivo vezivati za geotermalni gradient, pošto se radi o nabranim oblastima. Na kraju, teško je, bez detalj-

nijih proučavanja, sa sigurnošću tvrditi da u istočnoj Srbiji ne postoje i mlađi vulkaniti, mada verovatno ne tako mladi kao oni iz Šumadijsko — vardarske zone. (Leucitonosne vulkanske stene).

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da su proučavane mineralne vode istočne Srbije u osnovi descedentnog porekla, ali da često sadrže i manje količine juvenilne vode.

Analiza sadržaja ostalih elemenata i spojeva u proučavanim vodama može samo da ide u prilog ovakvim shvatanjima na šta ukazuje, između ostalog, i činjenica da se najveći broj elemenata javlja u njima u tragovima. To se, pre svega, odnosi na V, W, Cr, Sb, Ag, Sn, i Cd čiji se sadržaji uglavnom kreću oko četvrtog decimala (u mg.l.), ali i na druge elemente koji, iako se javljaju u povećanim koncentracijama u mnogim prostorima u istočnoj Srbiji (Cu, Mo, Zn, Pb, Co, Ni), u opisanim vodama učestvuju u sasvim malim količinama (uglavnom od drugog do trećeg decimala, u mg.l.). Izuzetak čini donekle cink, koji se dosta često pojavljuje i na prvom decimalu (do 0,47 mg.l), ali ovoj pojavi se za sada ne može dati adekvatno tumačenje, jer su njegovi povećani sadržaji zapaženi kako u vodama koje su locirane u krečnjacima i dolomitima, tako i u onim iz andezita i dacitsko-andezitskih tufova.

Relativno visoki sadržaji natrijuma (uglavnom 6—127 mg.l), uz niske kalijuma (0,8—6,3 mg.l.) u opisanim vodama, sasvim odgovaraju geohemijskoj sredini u kojoj su locirane ove vode, pošto je poznato da kisele vulkanske stene sadrže mnogo više natrijuma nego kalijuma, pa je samim tim i mogućnost »ispiranja« ovih elemenata iz okolnih stena bila različita.

Treba se takođe osvrnuti i na veoma česte povećane sadržaje HCO_3 (uglavnom od 255—350 mg.l.) koga svakako treba većinom vezati za odgovarajuće bikarbonate [pretežno $Ca(HCO_3)_2$], stvarane u procesu razlaganja kalcijum karbonata pod uticajem CO_2. Za izvore koji se javljaju u karbonatnim sredinama ovo objašnjenje izgleda sasvim logično, ali se teškoće pojavljuju pri utvrđivanju porekla kalcijuma u nekim vodama koje izviru iz vulaknskih stena. Tako, na primer, voda Brestovačke banje, koja je locirana u dacitsko-andezitskim tufovima, sadrži 88 mg.l. kalcijuma, uz potpuno odsustvo CO_2! Objašnjenje za ovu pojavu mora se tražiti u temperaturi vode (40°C), koja je, zbog usporene cirkulacije, moguće, znatno viša u dubini, što je omogućilo rastvaranje kalcijum karbonata iz okolnih stena. Druga je mogućnost, uostalom i za ostale descedentne vode istočne Srbije, da su hidrokarbonati, makar delom, takođe juvenilnog karaktera.

I na kraju, treba ukazati na niske sadržaje retkih alkalnih metala, kao što su litijum (0,005—0,07 mg.l.) i rubidijum (0,007—0,03 mg.l.) i na praktično odsustvo cezijuma u ovim vodama. Ovde se pri tom treba podsetiti da vulkaniti istočne Srbije skoro redovno sadrže prva dva elementa (A. Antonović, 1969), često u povećanim količinama i da skoro nikad ne sadrže cezijum. Niski sadržaji litijuma i rubidijuma prirodna su posledica geneze ovih voda, i njihovih drugih, napred navedenih, osobenosti, zbog čega su izostala značajnija izluživanja ova dva retka metala iz okolnih stena, kao uostalom i drugih mikro elemenata.

Primljeno 3. X 1980.

Recenzent dr Dragoljub Zogović

LITERATURA

1. Allen E. T. i Day A. L. (1935): Hot Springs of the Yellowstone National Park. — Carnegie Inst., No 466, Washington.
2. Aljtovski M. E. (1973): Spravočnik gidrogeologija, Moskva.
3. Antonović A. (1969): Proučavanje vulkanita Jugoslavije. — Fond str. dok., IGRI, Beograd.
4. Arsenijević St. (1977): Opšta i neorganska hemija, Beograd.
5. Arsenijević M. (1977): Alkalni i zemnoalkalni elementi u mineralnim vodama Srbije. — Radovi IGRI, br. 10, Beograd (By Mistake cited as printed in 1975 Year!).
6. Barabanov L. N. (1968): The Principal Regularities of Formation of Nitrogenous thermal Waters in the USSR and some others Countries. — Intern. Geol. Congress, Prague.
7. Belousov V. V. (1937): Ocherki geokimii prirodnykh gazov. — ONTI.
8. Betechtin A. G. (1946): Promišljenje margancovie rudi. — Akad. Nauka SSSR.
9. Betechtin A. G. (1955): Gidrotermal'nye rastvory, ikh priroda i protsessy rudnoobrazovaniya. — AN SSSR, Moskva.
10. Bolze J. i Schneiderhöhn H. (1952): Métalogenie hydrothermale dans les Monts de Teboursouk (Tunisie Septentrionale). — Bull. Soc. Géol., France.
11. Chamberlin R. T. (1908): The Gases in Rocks. — Publis. Carnegie Inst., No 106, Washington.
12. Clar E. (1945): Ostalpine Vererzung und Metamorphose. — Verh. geol. Bundesants., Wien.
13. Day A. L. (1939): The Hot Springs Problem. — Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 50.
14. Dimitrijević N. (1975): Gasovi u podzemnim vodama s posebnim osvrtom na njihovo prisustvo u mineralnim vodama Srbije. — Zbor. radova Rud. — geol. fak., Posebno izdanje, sv. 3, Beograd.
15. Ginzburg A. I. (1957): Nekotorye osobenosti geokhimii litiya. — Trudy Mineralogicheskogo muzeya AN SSSR, No. 8, Moskva.
16. Garrels R. i Christ C. (1965): Solutions, Minerals and Equilibria. — New York.
17. Hicks J. (1967): Comprehensive Chemistry. — London—New York—Toronto.
18. Ivanov V. V. (1967): Principal Geochemical Environments and Processes of the Formation of Hydrothermal Waters in Region of Recent Volcanic Activity. — Geochemistry of Water (1975). — Stroudsburg, Pennsylvania.
19. Ivanov V. V., Kononov V. I. i Sugrobov V. M. (1968): Main Regularities of the Formation of Hydrothermal Waters in the Region of Recent. Volcanism. — Intern. Geol. Congress, Prague.
20. Jaggar T. A. (1940): Magmatic Gases. — Amer. J. Sci., Vol. 238.
21. Khitanov N.I. i Malinin S. D. (1958): O ravnovesnykh fazovykh otnosheniyakh v sisteme H_2O — CO_2. — Geokhimiya, No. 7, Moskva.
22. Kitano Y. (1975): Geochemistry of Water. — Nagoya, Japan i Stroudsburg, Pennsylvania.
23. Krauskopf K. B. (1959): The Use of Equilibrium Calculation in finding the Composition of a Magmatic Gas Phase. — In Abelson, P. H., ed. Researches in Geochemistry, pp. 260—278.
24. Love S. K. (1965): Quality of Surface Waters in the United States. — Washington.
25. Mackenzie F. i Garrels R. (1975); Chemical mass Balanc between Rivers and Oceans. — Geochemistry of Water, Stroudsburg, Pennsylvania.
26. Malinin S. D. (1959): Sistema H_2O — CO_2 pri vysokih temperaturakh i dovlenyakh. — Geokhimya, No. 3, Moskva.
27. Maksimović Z. i Terzić M. (1965): Geohemija stena Rudničkih planina. — Simpozijum iz geohemije, Beograd.

28. Mazor E. (1968): Genesis of Mineral Waters in the Tiberias-Dead Sea Arava Rift Valley, Israel. — Intern. Geol. Congress, Prague.
29. Patrick M. L. J. i Donald E. White (1968): Origin of CO_2 in the Salton Sea Geothermal System, Southeastern California, USA. — Intern. Geol. Congress, Prague.
30. Pokrajac S. i Arsenijević M. (1976): Hidrogeohemijska studija termomineralnih voda SR Srbije (hemijske analize: Z. Červenjak). — Fond Rep. zajednice nauke Srbije, Beograd.
31. Ross C. P. (1936): Some Features of the Idaho Batholith. — Intern. Geol. Congress, United States.
32. Rubey W. W. (1951, 1975): Geologic History of Sea-Water-Geochemistry of Water. — Stroudsburg, Pennsylvania.
33. Schneiderhöhn H. (1951): Metallepochen, Metallprovinzen und sekundärhydrothermale Vorgänge. — Rend. Soc. Min., Italiana.
34. Schneiderhöhn H. (1952): Genetische Legerstättengliederung auf der geotektonischer Grundlage, Stuttgart.
35. Shepherd E. S. (1938): The Gases in Rocks and Some Related Problems. — Amer. J. Sci., Ser. 5, Vol. 35 A.
36. Sisler H., Vanderwerf C. i Davidson A. (1949): General Chemistry. — New York.
37. Stearn N. D., Stearn H. T. i Waring G. A. (1937): Thermal Springs in the United States. — U.S. Geol. Survey, P. 679-B.
38. Šilar J. (1968): On the Origin of the Mineral Springs in Yunnan (Southern China). — Intern. Geol. Congress, Prague.
39. Teofilović M. i Vujanović V. (1974): Geohemijsko-genetska proučavanja termomineralne vode Mataruške banje. — Zapisnici SGD za 1973., Beograd.
40. Teofilović M. i Vujanović V. (1976): Hemijski sastav mineralnih voda Srbije. — Hemijski pregled Srp. hem. društva, br. 5 i 6, Beograd.
41. Teofilović M. i Vujanović V. (1977): Geohemijsko-genetske karakteristike termomineralne vode Palanačkog kiseljaka. — Zapisnici SGD za 1975 i 1976, Beograd.
42. Teofilović M. i Vujanović V. (1979): Geohemija i geneza nekih mineralnih voda Bukulje i njene okoline. — Zapisnici SGD za 1978., Beograd.
43. Tućan F. (1930): Specijalna mineralogija, Beograd.
44. Vernardskii V. I. (1933): Vodnoe ravnovesie zemnoi kory i khimicheskie elementy. — Priroda, No. 8—9.
45. Vujanović V. (1952, 1956): O kombinovanim i kombinovano-regeneriranim rudnim ležištima. — Zapisnici SGD i Glasnik Prir. muz. Srpske zemlje, Beograd.
46. Vujanović V., Teofilović M. i Arsenijević M. (1970): Predhodna regionalna proučavanja nekih mineralnih voda i banja u Srbiji i njihove genetske karakteristike. — Zapisnici SGD za 1970, Beograd.
47. Vujanović V., Teofilović M. i Arsenijević M. (1971): Regionalna proučavanja mineralnih voda i banja u Srbiji i AP Vojvodini i njihove osnovne geološke, geohemijske i genetske karakteristike. — Radovi IGRI, Beograd.
48. Vujanović V. (1972): Ispitivanje sadržaja retkih metala u slanim izvorima, vodama i slatinama Bačke, Banata, okoline Beograda i Mionice kod Valjeva. — VII Kongres geologa SFRJ, 1970, Zagreb.
49. Vujanović V. (1973): Prilog poznavanju sadržaja retkih metala u slanim izvorima, vodama i slatinama Bačke, Banata, okoline Beograda i Mionice kod Valjeva. — Radovi IGRI, Beograd.
50. Vujanović V. i Teofilović M. (1974): Geohemijsko-genetska proučavanja termomineralnih i mineralnih voda Vrnjačke banje. — Zapisnici SGD za 1973, Beograd.
51. Vujanović V. (1974): Istraživanja titana i pratećih metala u Srpsko-makedonskoj masi Srbije (Juhor i Crni Vrh). — Fond Republičke zajednice nauke Srbije, Beograd.
52. Vujanović V., Cvetić S. i Teofilović M. (1975): Geohemijsko-genetske karakteristike nekih mineralnih voda Juhora i okoline Ljiga i njihovo upoređenje sa vulkanskim vodama »Šumadijskog tipa«. — Zapisnicl SGD za 1974, Beograd.

53. Vujanović V. i Teofilović M. (1977): Sijarinska banja — geologija terena i geneza termomineralnih voda. — Glasnik Prir. muzeja, Serija A, Beograd.
54. Vujanović V. i Teofilović M. (1977): Geohemijske i genetske karakteristike mineralne vode iz Đavolje Varoši (Radan planina). — Zapisnici SGD za 1976, Beograd.
55. Vujanović V. i Teofilović M. (1978): Termomineralne vode Rgoške banje (Knjaževac). — Zapisnici SGD za 1977, Beograd.
56. White D. E. (1957): Magmatic, Connate and Metamorphic Waters. — Geol. Soc. Amer. Bull., 68.
57. White D. E. (1957): Thermal Waters of Volcanic Origin. — Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 68.
58. White D. E. i Waring G. A. (1961): A Review of the Chemical Composition of Gases from Volcanic Fumaroles and Igneous Rocks. — Geological Survey Research.
59. Wilson S. H. (1955): Chemical Investigations Geothermal Steam for Power in New Zeland. — N. Z. Dept. Sci. and Industr. Res. Bull., Vol. 117.

Summary

PROBLEMS OF GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF MINERAL WATERS IN SERBIA

by

V. Vujanović and M. Teofilović

Key words: Mineral waters. Thermomineral waters. Geochemistry. Chemical composition of waters. Genesis. Serbia.

This paper is based on the results of the examinations of about fifty mineral waters situated in different areas in Serbia. These waters were examined in 1969—1979. period (5, 14, 30, 39, 41, 47, 50 etc.).

There are two dominating opinions on the genesis of the mentioned waters such as:

1. Mineral waters in Serbia are the atmospheric infiltration waters heating and mineralizing by deep circulation.

2. Other authors believe that the case is of the infiltration waters which are often mixing with some magmatic water (up to 5%) at depth, are heating under thermal influence of the recent magmatic rocks.

Contrary to the above cited conclusions we divide the mineral waters in Serbia into four genetical groups which will be discussed below.

1. Panonian waters. These are sodium chloride waters occurring inside the limits of the former Panonian sea in northern Serbia and Vojvodina. The question is of the ancient marine waters and the oilfield brines which reservoirs are situated at depth in the Tertiary Panonian sediments and in their fractured Mesozoic paleorelief. Both marine and brine waters, which are situated in the Mesozoic limestones and the other rocks, are closed reaching the surface only by deep drillings

(800 m and more). On the other hand, the waters which reservoirs are situated in the Panonian sediments are often semi-open circulating along the fissures and the porosity in these sediments and arriving at the surface as the water seepages. In this way often the salt lakes and the pools are forming which waters are mixing with atmospheric ones. As the considerable amounts of the marine and the brine waters constituents are precipitating inside the conducting fissures and void spaces in the sediments influx of the water cut off frequently and this is the reason why the described lakes and pools are changing in form and largeness or disappear totally, occurring again in the vicinity of the previous points of the water accumulation. This is best visible by comparing the old topographic maps with the new ones.

Some marine and brine waters are situated near the surface and can be detected only by the drillings. These waters are also mixed with the atmospheric ones in the limits which are dependent on the season.

The surface Panonian waters show the original composition undependingly on their mixing with the atmospheric waters as the latter do not leach the surrounding sediments. This fact as well as the composition of closed waters (drillings) of this type make possible the determination of the primary composition of the Panonian waters in Serbia, generally. Thus, Panonian waters are characterized by the high mineralizations (up to 71 gr. l) and the concentrations of *sodium chloride*, further on by increased amonts of *lithium*, *bromine*, *iodine*, *strontium*, *magnesium*, *vanadium* and *chromium*. Frequent are potassium, calcium, iron and aluminium. The gaseous constituents are CH_4, *O*, *N* and CO_2, sometimes also H_2S, with insignificant amounts of *A* and *He*.

The surface Panonian mineral waters are never thermal, but those deeply seated have the temperatures in the range 40—100° C or more. Temperatures are caused by the geothermal gradient, occasionally perhaps by thermal effect of recent magmatic rocks too. As thermal waters are situated in a closed system in the sediments and the carbonate rocks, no considerable leaching, beside calcium, is supposed.

2. Volcanic mineral waters of Šumadija type. Occur in the areas of recent volcanism and are mostly concentrated along the Šumadija—Vardar geotectonic unit. Most of these waters are thermal with temperatures ranging 20—97°C on the surface. The waters are circulating along deep fault and fracturing systems which represent the conducting and discharging channels. To this type also belong a number of the famous yugoslav spas such as Vrnjačka, Matarška, Bukovička, Vranjska and the others. The *pH* values of the waters of Šumadija type are mostly in the range 6,5—7,2 whereas the mineralisations can reach up to 6,2 gr.l. Composition of the waters of Šumadija type is characterized by large number of the constituents which are always present (*Na, K, Li, Rb, Cs, Sr, Ba, Al, Fe, Cr, Mn* and *Cu*) or occur frequently (*Ti, Ni, Mo, Co, Ag* and *V*). Also presence of lead and tungsten was detected occasionally. The characteristic constituents of these waters are *lithium* (up to 7,5 mg.l. *rubidium* (up to 1,9),*caesium* (up to 1,0), *strontium* (up to 4,7) and *potassium* (up to 76 mg.l), The examinations of the surrounding volcanic rocks (dacites, andesites etc.) have shown the presence of *K, Li, Rb* and

Sr with the caesium completelly lacking. On the other hand caesium is always present in the recent leucite volcanic rocks in the region together with *K, Li, Rb* and strontium. Thus, leucite basalt from the Vranje spa area contains, beside others, about 100 ppm of the caesium. In this way the geochemical relations among the recent leucite volcanic rocks and the Šumadija type waters are indicated, but not the considerable leaching of the said rocks by these waters. On the contrary, we do not believe that the mineral waters of Šumadija type have always the possibility to mineralize on interaction with leucite volcanic rocks inside the region which largeness is about 15.000 km^2. This is possible in some cases only. On the other hand, the mineral waters of the Šumadija type are never acid, usually being moderatelly thermal, thus their leaching capacity is as a rule rather low. Therefore, the mineral waters of Šumadija type, as well as their characteristic constituents such as *K, Li, Rb, Cs* and *Sr* may be essentially originating from the recent volcanic leucite rocks which are often detected in the desribed region. Regarding the other constituents like lead, copper, molybdenum, silver and tin it is supposed that they also are dominantly related to the described waters whereas nickel, cobalt, chromium and vanadium may be usually leaching from the surrounding rocks, Frequent participation of the infiltration waters is also supposed, but these are, as a rule, weakly mineralized (see below).

A characteristic feature of typical mineral waters of the Šumadija type (Vrnjačka, Mataruška, Bukovička, Sijarinska, Koviljača and Kruševica spas) is totally lacking of oxygen in them and this data indicates the absence of atmospheric or thermometamorphic waters in the cited ones. Another mineral waters of the Šumadija type contain 0,67—8,3 mg.l. of the oxygen.

The concentrations of HBO_2 are in range 0,2—21 mg.l., NO_2 and NO_3 occur extremelly rarely, whereas NH_3 is always present. These facts also indicate the essentially volcanic origin of the described waters.

As to the H_2S concetrations they are, as a rule, low, (up to 1 mg.l.) with some exceptions like Brdjani (4 mg.l), Slatina—Čačak (14 mg.l.) and Mataruška spa (21 mg.l.). In the latter case it is by the drillings proved that H_2S is mainly introducing in the water by the dissolving of pyrite from the serpentinites by this water.

Carbon dioxide is almost always present, being concentrated in typical waters of the Šumadija type (114—1762 mg.l.). However, the mineralizations and the carbon dioxide amounts curves totally differ indicating that CO_2 is not aggressive and that it can leach the carbonatic rocks only, which are often absent in the vicinity of the desribed waters. As the highest concentrations of CO_2 are found in the typical waters of Šumadija type it may be concluded that CO_2 is essentially originating from the leucite volcanic rocks.

With respect to the methane (CH_4) it is mainly absent and it occurs only in the waters escaping from the lake sediments. The concentrations of CH_4 in such cases are in the range 0,01—0,20 mg.l. Methane is passing into the waters from the surrounding sediments or the coal layers.

3. Other volcanic mineral waters. Five sample were examined, i. e. the waters of the famous Soko Banja spa (three sample points), further on of the Prolom spa and the »Devil water«; they occur in the areas of the Tertiary dacites and andesites. Waters are often thermal (up to 42°C) with pH values ranging 1,5—7,1. With exception of the »Devil water«, composition of these waters is similar to those of the Šumadija type, but the former do not contain caesium at all. Also surrounded Tertiary dacites and andesites always contain *K, Li, Rb* and *Sr* but never caesium which is characteristic of the waters of Šumadija type. These facts, beside others, indicate that the »Other volcanic waters« are not related to the caesiumbearing leucite volcanic rocks, but the dacitic-andesitic ones. With one exception (»Devil water«, *pH* 1,5), the considerable leaching of the surrounding rocks by these waters and intense mixing with the infiltration ones is not supposed.

4. Descending mineral waters. There are numerous descending waters in the Panonian basin which leach sodium chloride and the associates from the surrounding Panonian sediments. Arriving at the surface these waters show the similar composition to those of the Panonian type from which usually do not differ.

Another group of the mineral water springs, including a drillhole is found in the eastern Serbia, i.e. inside the Carpatho-Balkan range. The waters occur throughout the copper belt (Bor and Majdanpek mines etc.), namely in the region of the Tertiary dacites, andesites and their pyroclastics, in the large fracturing systems. The escape points of the springs are in the zones of appearance of limestones and dolimites, or of andesites and dacitic-andesitic pyroclastics.

There are eight known spas in the region which waters will be discussed below.

The temperatures of the waters are in the range 25,5—43°C, and the *pH* values 7—8,4. The main characteristic of these waters is very low mineralization (280—620 mg.l.) as well as the mutual similar composition. Thus, almost all of the examined waters contain SO_4, N, H_2S, O_2, NH_3 and CH_4. Regarding the carbon dioxide it is absent only occasionally.

No wonder as to the presence of some gases *(N, NO_3, O_2, CO_2)* as the atmospheric waters can supply with them before the infiltration at depth. On the other hand the concentrations of the gaseous constituents are as a rule low. Regarding the sulfurous gases *(H_2S* and *SO_4)* they are passing into the waters during the disintegration of the sulphides which are disseminated in the rocks throughout the whole copper belt. The increased concentrations of CO_2 (up to 44 mg.l.) are mainly detected in the waters which occur in the zones of apperance of the limestones and the dolomites. In such cases the inicial CO_2 may support the leaching of the carbonate rocks which process makes possible the introduction of the additional amounts of CO_2 in the water.

Surprising is the presence of CH_4 (0,03—11,7 mg.l.) in all of the waters in question. Owing to absence of the close data it may be supposed that methane is passing into the waters by its absorbtion from the surrounding lake sediments and the coal beds. The amounts of a

number of trace elements in the waters (*V, W, Cr, Sb, Ag, Sn* and *Cd*) are extremelly low and can be expressed only in parts per million per litre. The amounts of other constituents (*Cu, Mo, Pb, Ni, Co*) range 0,001—0,015 mg.l., although these elements were frequently found in increased concentrations in the surrounded volcanic, magmatic and metamorphic rocks. Lithium contents are in the range 0,005—0,07 mg.l., those of rubidium 0,007—0,03, whereas caesium is always absent.

The appearance of the described waters outside the areas of recent volcanism, further on the very low mineralizations as well as extremelly low contents of the trace elements in them indicate, beside others desceding origin of these waters. The increased temperatures of the described waters and particularly the presence of HBO_2 (H_3BO_3) in them indicate some influence of the late magmatic or volcanic rocks which are not outcroped and are perhaps deeply seated. Other possibility is related to the weak thermal influence and the emanation of the Tertiary dacites and andesites or the corresponding plutonic rocks, analogously to the influence of the Idaho batholit in USA which is even of Cretaceous age (31,32).

The influence of the geothermal gradient in this case is likely of additional importance only, as the case is of the mountain region in which the temperature gradient is frequently absent up to considerable depths.

In the western Serbia several mineral water springs were examined too, showing the grate similarity with those cited above. These waters are not thermal and are weakly mineralized (280—520 mg.l.) showing the extremelly low amounts of the trace constituents. They can be expressed only in parts per million per litre, although most ot these elements were found in the surrounded metamorphic rocks. (*Zn, Pb, Cu, Ti, V, Ni, Co, Cr, Ba, Sr* etc.). Presented data, beside others, indicate descending origin of the described waters.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str 147—158, god. 1980., Beograd
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 147—158, 1980, Belgrade.

Nadežda Krstić

UDK 56 : 551.78

NOVE VRSTE OSTRAKODA SA PARASTRATOTIPOVA PANONA*

Ključne reči: gornji miocen, Paratetis, kaspibrakična mikrofauna.

Sa parastratotipova panona, koji se nalaze u Tuzli i Beočinu (P. Stevanović, u štampi), opisane su 4 nove vrste i 1 podvrsta ostrakoda i dati prikazi još 3 nedovoljno precizno određene vrste, kao i dve forme otvorene nomenklature.

U okviru edicije Chronostratigraphie und Neostratotypen za štampu se priprema knjiga Pannonien. Kao parastratotipove panona, koji će biti prikazani u ovoj knjizi, akademik P. Stevanović je izabrao profil Tuzle i profil Beočina Detaljna obrada paleontološkog sadržaja parastratotipova obuhvatila je i faunu ostrakoda. Autor ovog članka bila je počastvovana što je njoj poverena odredba ostrakodske faune sa parastratotipova.

Pošto će detaljan opis profila panona u Tuzli i u Beočinu (P. Stevanović, u štampi) biti dat u knjizi Pannonien (ed. A. Papp, Wien) ovde se nećemo zadržavati na stratigrafskom položaju uzetih proba. Jedino je na slici 1 dat hipsometrijski položaj pojedinih proba uzetih u Beočinu, sa naznačenim položajem granice dveju poslednjih panonskih zona, sedme i osme zone.

Pri odredbi asocijacija ostrakoda parastratotipova panona konstatovano je, pored ranije poznatih vrsta, i nekoliko formi koje do sada nisu bile poznate. Ovi novi oblici javljaju se u odeljcima, tj. u oblastima u kojima su razvijene facije drugačije nego što su facije u okolini Beograda i okolini Zagreba, tj. na mestima gde su ostrakodi panona (i ponta) detaljno proučeni (Sokač, 1972; Krstić, 1973).

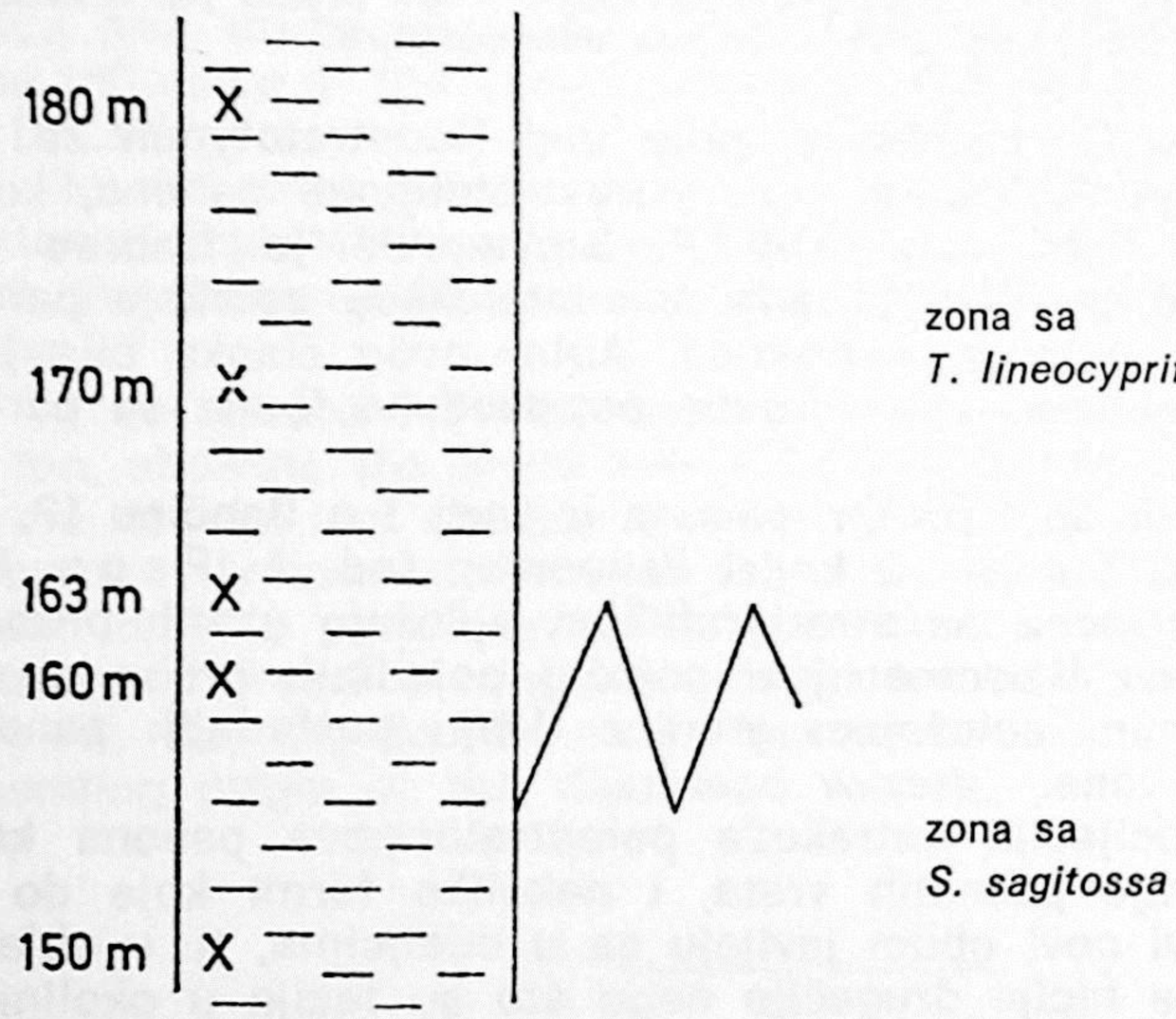
U okolini Tuzle nove vrste javljaju se u probama koje je P. Stevanović prikupio kod Husina. Kod Husina su panonski sedimenti veoma oslađeni tako da se ostrakodska asocijacija udaljava od svih poznatih panonskih asocijacija, ali ima i prelaznih tipova koji biofacijelno odgovaraju Bečkom basenu (zalivu). Tako se u lokalnosti klizište u Husinu (siva proba, sa Dreissensiomya) javlja kao najbrojnija nova vrsta *Cyprireis miocyprideiformis* n.sp. koja po spoljnim karakteristikama otstupa od do sada poznatih vrsta roda *Cyprideis* i približava se rodu *Miocyprideis*. Iz iste probe određeni su još *Cyprideis hungarica Zalanyi* (sitna forma), *Amplocypris* sp. nov., *Cypria cf. teslae* Krstić i *Candona (Propontoniella?)* sp. Uopšte uzev Cyprididae su u ovoj probi malobrojne. Druga proba iz iste lokalnosti (žuta proba sa limnokardidima) sadržala je, osim

---

* Saopšteno na sednici Srpskog geološkog društva od 24. I 1980. godine.

Cypria cf. teslae još *Cyprideis tuzlae* Krstić i *Amplocypris cf. tenuis* Zalanyi *sensu* Krstić, 1973. Vrsta *Cyprideis tuzlae* je najbrojnija u ovoj drugoj probi sa velikog klizišta u Husinu. Tek proba iz jedne druge lokalnosti (usek puta kod kuće N. Pavljaševića), u kojoj se osim vrsta nađenih u drugoj probi javljaju još *Cyprideis heterostigma* (Reuss), *Amplocypris recta* (Reuss), *Cyprideis triebeli* Krstić (sitna forma), *Hungarocypris auriculata* (Reuss) i *Stenocypria elegans* (Mehes), omogućava da se odredi starost probe sa novom vrstom *Cyprideis miocyprideiformis* n. sp. kao zona sa *Propontoniella candeo*.

Na profilu Beočinskog majdana cementnih laporaca (probe je sakupio R. Milić iz Zavoda za zašt. prirode u Novom Sadu) razvijena je beočinska (»karbonatna«) biofacija u kojoj nedostaju *Cyprideis*-i a broj drugih *Cytherideida* veoma je mali (uporedite Krstić, 1973, tabela 3 i 4). Pored niza vrsta Cypridida, poznatih iz okoline Beograda i okoline Za-



Sl. 1 — Granica zona sa *Serbiella sagittosa* i sa *Typhlocyprella lineocypriformis* na profilu beočinskog majdana laporaca, sa mestima uzetih proba.

Fig. 1 — Boundary between *Serbiella sagittosa* — Zone and *Typhlocyprella lineocypriformis* — Zone in the section of the Beočin marl quarry, with sampling places.

greba gde je razvijena normalna biofacija, u Beočinu se javljaju nove forme. To su, na prvom mestu, *Candona (Caspiolla) alasi beočini* n.ssp., *C. (Fabaeformiscandona) fruškagoraensis* n.sp. i *C. (Typhlcypris) flectidorsata* n.sp. koje su verovatno facijelni fosili jer nisu nađene u »normalnim« biofacijama okoline Beograda i okoline Zagreba. Pored njih opisana je *Candona (Reticulocandona) sokači* n.sp. Sve ove vrste potiču iz gornjeg dela gornjeg panona koji je otkriven na profilu beočinskog majdana. Naime, profil Beočina koji je visok nešto preko 30 m (panonski deo — slika 1) otkriva uglavnom sedimente zone sa *Typhlocyprella li-*

neocypriformis, tj. poslednje (osme) panonoske zone. Sedimenti prethodne (sedme) panonske zone, zone sa *Serbiella sagittosa*, nalaze se samo u bazi profila. Evolucija većine od gorenavedenih novih vrsta može se pratiti po stubu beočinskog majdana (vidite dalji tekst).

Candona (Caspiolla) alasi beočini n. ssp.
tab. I, sl. 3 — 7

Ime: prema lokalnosti iz koje potiče
Holotypus: L♀, br. 0—520, Prirodnjački muzej u Beogradu
Paratypes: veliki broj ženki i larvi kao i malo mužijaka, br. 0—521 i 0—522
Stratum typicum: panon, zona sa *Typhlocyprella lineocypriformis*
Locus typicus: Beočin, majdan cementnih laporaca, sloj sa kote od 163 m

Dijagnoza: Krupnija i izduženija podvrsta vrste *Caspiolla alasi* kod koje je ventralni kraj udubljeniji nego kod osnovne forme. Na profilu Beočina može se pratiti postepena evolucija ove podvrste kroz povećanje njenog rasta — uporedite slike 5 i 6 sa slikama 3 i 4 na tabli I.

Dimenzije fotografisanih primeraka: holotip: d—1,25, v—0,60; paratipovi: D♀ : d—1,21, v—0,54; D♂ : d—1,23, v—0,58 mm.

Nije isključeno da je ovo samostalna vrsta bliska vrsti *C. alasi*, a koja se nalazi u drugoj, karbonatnoj biofaciji.

Candona (Caspiolla?) sp.
tab. I, sl. 11, 12

Dva primerka visoke i srazmerno kratke kandone sa šiljastim posteroventralnim uglom stavljena su sa rezervom, u podrod *Caspiolla*. Potiču iz probe sa 180 m u beočinskom majdanu laporca.

Candona (Serbiella) cf. sagittosa K r s t i ć
tab. I, sl. 1, 2

Primerci nađeni u Beočinu, duž cele visine profila, od 150 pa do 180 m apsolutne visine, razlikuju se od primeraka iz okoline Beograda. Beočinske forme odlikuju se nešto većom visinom, manje iskošenim dorzalnim krajem i povijenim zadnjim krajem. Ove razlike svakako su prouzrokovane razlikama u biofaciji. U Beočinu je razvijena karbonatna biofacija za razliku od okoline Beograda gde je u gornjem delu gornjeg panona razvijena »normalna« kaspibrakična biofacija, pa čak i oslađena, kandonska biofacija.

Candona (Serbiella?) sp.
tab. I sl. 8—10

U probi sa kote 180 m u beočinskom majdanu laporaca srazmerno je česta jedna kandona koju sa rezervom stavljamo u podrod *Ser-*

biella. Za serbiele je krupna i visoka, inače ima njihov izduženi oblik i gustu ornamentiku koja pokriva celu površinu ljušture. Muri koji odvajaju izdužene poligonalne Jamice imaju široku bazu i uzan ali zaobljen greben (varijanta 1 tipa I — u Krstić, 1972, sl. 2).

Candona (Reticulocandona) sokači n. sp.
tab. II, sl. 1—3, 16

Ime: prema Ani Sokač, koja je prikazala slične forme iz gornjeg panona Zagrebačke gore
Holotypus: L♀, br. 0—527, Prirodnjački muzej u Beogradu
Paratypes: 2 D♀, 1 D♂, više kapaka larvi, br. 0—528 i 0—529
Stratum typicum: gornji panon, zona sa *Typhlocyprella lineocypriformis*
Locus typicus: Beočin, majdan cementnih laporaca, sloj sa kote od 180 m

Dijagnoza: Visoka, srazmerno ispupčena, glatka retikulokandona sa unapred iskošenim dorzalnim krajem. Prednji deo ventralnog kraja udubljen. Mužjaci su nešto viši od ženki i dorzalni kraj im je izrazitije nagnut unapred.

Dimenzije fotografisanih primeraka: holotip: d-1,44, v-0,79; paratipovi: D♀: d-1,41, v-0,76; D♂: d-1,33, v-0,80 mm.

Srodnosti: Od svih poznatih predstavnika podroda *Candona (Reticulocandona)* razlikuje se po obliku. Drugi predstavnici ovog podroda: *R. reticulata* (Mehes), *R. posteroerigera* Krstić, *R. kochanskae* (Sokač)* i *R. zagrebiensis* Sokač (= *R. sp.* Krstić, 1972) imaju horizontalan ili čak unazad nagnut dorzalni kraj, kao i strmiji zadnji kraj. To što neke retikulokandone imaju mrežastu, ponekad veoma izrazitu ornamentiku, a neke čak i grbice (na primercima vrste *R. reticulata* iz Beočina mogu se videti snažna rebra koja pokazuju tendenciju razbijanja na grbice) dok su druge glatke, to je fenotipska osobina i može se javiti u okviru jedne populacije (uporedite: Krstić, 1972, str. 59, opis *R. reticulata)* a pogotovu u okviru jedne vrste.

Candona (Fabaeformiscandona) fruškagoraensis n.sp.
tab. I, sl. 13, tab. II, sl. 8—13

Ime: prema planini na kojoj je nađena
Holotypus: D♀, br. 0—523, Prirodnjački muzej u Beogradu
Paratypes: 1 D♀ i 1 D♂, 2 L i 1 D odraslih larvi, br. 0—524
Stratum typicum: panon, zona sa *Typhlocyprella lineocypriformis*
Locus typicus: Beočin, majdan laporaca, sloj sa kote 163 m

Dijagnoza: Visoka i ovalna *Fabaeformiscandona* sa dorzalnim krajem nagnutim unapred. Dorzalni uglovi jedva primetni. Mužjaci niži i sa

---

* *R. kochanskae* je nedavno nađena na profilu Dubokog kod Beograda u bazalnom delu donjeg ponta (lokalnost: veliki profil pored druma).

subhorizontalnim dorzalnim krajem. I ova vrsta evoluira povećanjem rasta što se može pratiti na profilu Beočina.

Dimenzije fotografisanih primeraka: holotip: d-0,90, v-0,46; paratipovi: D♀: d-0,87, v-0,46; D♂: d-0,88, v-0,42 mm.

Srodnosti: Veoma bliska forma poznata je iz zone sa *Hemicytheria croatica* u Beogradu gde je opisana pod nazivom *F. ex. gr. krstići* (u: K r s t i ć, str. 94, tab. XXIX, sl. 4). Razlike između njih su minimalne, beogradska forma je malo viša, udubljenijeg ventralnog kraja i nešto je krupnija i ako je stratigrafski starija. Možda su u pitanju dve podvrste ograničene na dve različite biofacije, ali to se može ustanoviti samo na obimnijem materijalu i uz pomoć varijacione statistike.

Candona (Typhlocypris) flectidorsata n.sp.
tab. I, sl. 14—17, tab. II, sl. 7, 14—15

Ime: prema unutra povrnutom dorzalnom kraju L larvi
Holotypus: L♀, br. 0—525, Prirodnjački muzej u Beogradu
Paratypes: veći broj kapaka larvi, obično oštećenih, br. 0—526
Stratum typicum: panon, zona sa *Typhlocyprella lineocypriformis*
Locus typicus: Beočin, majdan laporaca, sloj sa kote 180 m

Dijagnoza: Krupan tiflocipris skoro ravnog ventralnog kraja. Dorzalni kraj gradi zaobljen ugao od oko 120°. Kod larvi je ovaj ugao nešto oštriji (oko 110°) i manje zaokrugljen na vrhu a dorzalni kraj im je povijen prema unutrašnjoj strani kapaka (levi kapci). Posteroventralni ugao je upravljen unazad. Površina centralnog polja ukrašena je plitkim i širokim jamicama.

Dimenzije jedinog celog odraslog primerka: holotip: d-1,34, v-0,79 mm. Visina primerka iz sloja sa kote 163 m (tab. II, sl. 14) je 0,85 mm.

Srodnosti: Ima sličnosti sa vrstom *T. beogradica* K r s t i ć iz donjeg panona okoline Boegrada. Kod vrste *T. beogradica* ventralni kraj je udubljeniji a prelaz dorzalnog u zadnji kraj neznatno naglašen.

Primedba: Ova vrsta opisana je kao nova, i ako ima veoma malo celih primeraka, zato što je česta na celom profilu Beočina a oblik dorzalnog kraja L larvi veoma je karakterističan. Nije primećena evolucija ove vrste, u smislu povećanja dimenzija, na profilu u Beočinu, što je slučaj sa drugim vrstama iz asocijacija mikrofaune ove lokalnosti.

Cypria cf. teslae K r s t i ć
tab. IV, sl. 12—15

Ova vrsta bila je do sada poznata iz peskovitih i delimično oslađenih sedimenata panona u podnožju Kosmaja i iz peskovitih sedimenata Topolovnika (K r s t i ć, 1975). U Husinu kod Tuzle nađena je u glinovitim i oslađenim sedimentima. Zbog toga bi ovu, donekle varijabilnu vrstu možda trebalo vezati za oslađenu »bečku« biofaciju.

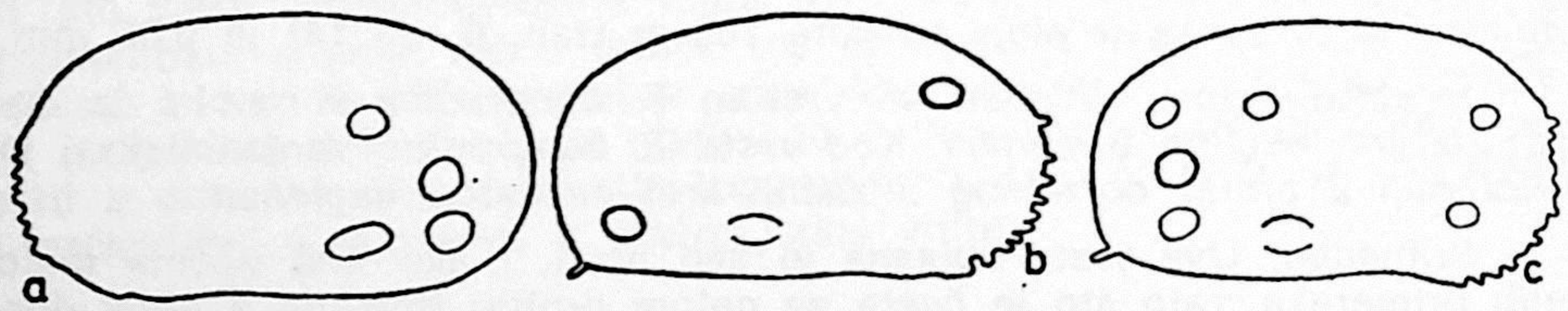
Amplocypris n. sp.
tab. IV, sl. 16—18

Ova sitna vrsta roda *Amplocypris ima* končaste lateralne kanale i zaokrugljen posterovantralni ugao, zbog čega pripada grupi *A. recta.* U odnosu na vrstu *A. recta* (R e u s s) ima srazmerno manju visinu, uže zaokrugljen prednji kraj, slabije uočljiv (praktično neprimetan) anterodorzalni ugao, znatno blaže iskošen zadnji kraj i manje dimenzije. Slična su otstupanja od vrste *A. cf. intestina* (S c h n e i d e r) *sensu* K r s t i ć, 1973. Izduženošću i veličinom donekle se približava vrsti *A. lipae* K r s t i ć, ali je dorzalni kraj *A. lipae* nagnut unapred a ne unazad kao kod vrste iz Tuzle, dok su prednji i zadnji kraj *A. lipae* šire zaokrugljeni.

Cyprideis miocyprideiformis n. sp.
Sl. 2a-c, 3, tab. III, sl. 5—13, 17, tab. IV, sl. 1—3, tab. V, sl. 1—5

Ime: po spoljašnjoj sličnosti sa rodom *Miocyprideis*
Holotypus: L♀, br. 0—517, Prirodnjački muzej, Beograd
Paratypes: 38 L♀, 30 D♀, 36 Lj♀, i oštećeni 1 L♂ i 2 Lj♂, br. 0—518 i 0—519
Stratum typicum: panon, oslađeni ekvivalenti zone sa *Propontoniella candeo*
Locus typicus: Tuzla, Husino, veliko klizište, povlata podinskog sloja uglja, asocijacija sa *Dreissensiomya,* 30—VIII—1959, coll, prof. P. Stevanović

Dijagnoza: Sitna vrsta roda *Cyprideis* sa brojnim gusto poređanim zubcima duž prednjeg kraja. Bodlja na mamuzi jaka. Ljušturica prozračna



Sl. 2 — Raspored grbica kod *Cyprideis miocyprideiformis* n. s p. (primerci sa table IV, sl. 1—3).

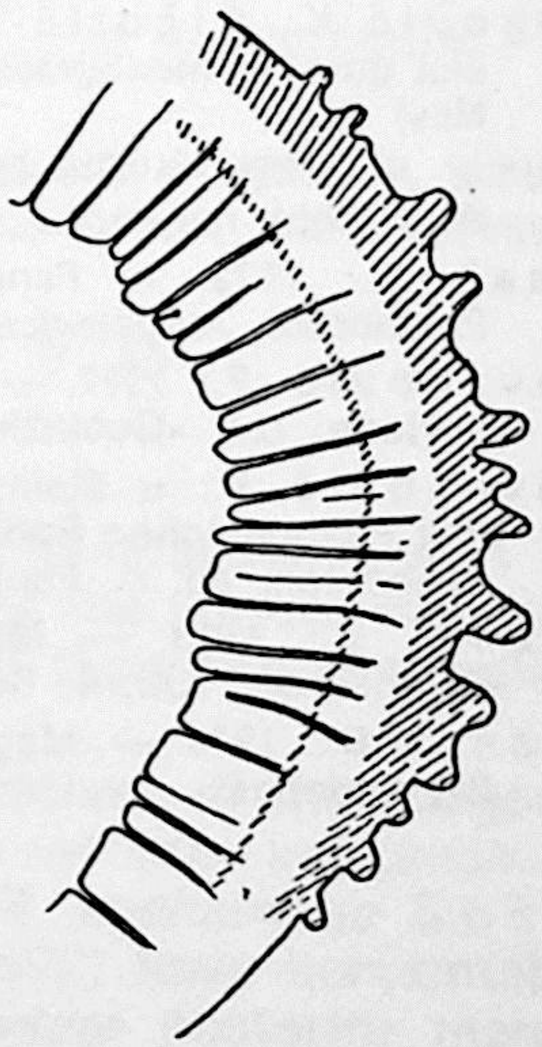
Fig. 2 — Arrangement of tubercules on *Cyprideis miocyprideiformis* n. s p. (specimens from the plate IV, figs. 1—3).

i ukrašena krupnim jamicama. Osim jamica ukrašena je grbicama, izrazitijim na desnom kapku. Najčešće se javlja i najizrazitija je posteroventralna grbica. Druga okrugla grbica razvijena je na granici centralnog i zadnjeg polja na polovini visine kapka a treća je ispod posterodorzalnog ugla. Četvrta grbica se nalazi ispred posteroventralne i ima izdužen oblik a peta je okrugla i nalazi se iznad izdužene u visini posterodorzalne grbice. Poslednje dve grbice, okruglog oblika, nalaze se na donjem i gornjem delu prednjeg polja (vidite sl. 2). Veličina grbica

varira i često mnoge od njih nedostaju. Mužjaci su veoma retki a du žina im je minimalno veća od dužine ženki. Građa brave i mišićno polje kao kod drugih vrsta roda *Cyprideis.*

Dimenzije fotografisanih primeraka: holotip: d-0,853, v-0,491; beli paratipoidi: L♀: (sa tab. III, sl. 6) d-0,837, v-0,475; (sa tab. III, sl. 7) d-0,853, v-0,475; D♀: (sa tab. III, sl. 8) d-0,789, v-0,443; (sa tab. III, sl. 10) d-0,805, v-0,459; crni paratipoidi: L♂: d-0,821, v-0,437; D♀: (sa tab. IV, sl. 2) d-0,805, v-0,451; (sa tab. IV, sl. 3) d-0,781, v-0,435; dimenzije nefotografisanog Lj ♂ : d-0,869, v-0,451 mm.

Srodnosti: Kako ime kaže ova vrsta ima izvesnih spoljnih sličnosti sa predstavnicima roda *Miocyprideis.* Sličnosti su u velikom broju zubaca duž prednjeg kraja kapaka, jakoj bodlji na mamuzi desnog kapka, a delimično i u obliku kapaka (uporedite slike 1 i 5 kao i 2 i 8 na tab. III). Međutim, zubci duž prednjeg kraja su duži a bodlje na mamuzi tanje nego kod *Miocyprideis-a.* Oblik desnih kapaka predstavnika roda *Miocyprideis* i ovde prikazane nove vrste nije mnogo različit, ali je zato razlika u obliku levih kapaka znatna: dorzalni kraj L kod *Cyprideis miocyprideiformis* je nagnut unazad a ventralni udubljen dok je kod *Miocyprideis sarmatica Zalanyi* dorzalni kraj horizontalan a ventralni prav. Ukoliko bi spoljašnji izgled i izazivao sumnju o rodovskoj pripadnosti nove vrste, unutrašnja građa neosporno dokazuje njenu pripadnost rodu *Cyprideis:* brava je tanka, naročito njen zadnji deo (uporedite slike III/4 i V/7 sa slikama V/2,4), a otisak frontalnog mišića ima oblik slova V (uporedite sl. 5 i 8 na tabli V).



Sl. 3 — *Cyprideis miocyprideiformis* n. sp., L ♀ holotip, pojas srastanja na prednjem kraju.

Fig. 3 — *Cyprideis miocyprideiformis* n. sp., L ♀ holotype, anterior marginal zone.

Nova vrsta *Cyprideis miocyprideiformis* lako se, već na prvi pogled, razlikuje od svih do sada poznatih predstavnika roda *Cyprideis* jer ima mnogobrojne zubce duž prednjeg kraja. Izvesne minimalne slič-

nosti u obliku, odnosno u ornamentici ima sa dve ranije opisane vrste roda *Cyprideis*:

Oblikom se donekle približava vrsti *C. carus* Krstić, 1970. Međutim *C. carus* je ukrašena znatno sitnijim jamicama, ima samo 5—6 zubaca duž prednjeg kraja (u odnosu na 15-ak kod nove vrste), nije ukrašena grbicama i krupnija je.

Krupne jamice, oblika sličnog kao kod *C. miocyprideiformis* ima vrsta *C. macrostigma* Kollmann, 1960, ali joj je oblik, veličina, a naročito broj zubaca duž prednjeg kraja različit.

Primljeno 3. X 1980.

Recenzent dr Dobra Veselinović

LITERATURA

Kollmann K.: 1960 — *Cytherideinae* und *Schulerideinae* n. subfam. (Ostracoda) aus dem Neogen des östl. Oesterreich; Mitt. Geol. Ges., 51, Wien

Krstić N.: 1970 — Ostracodes des couches congeriennes: 1. Cyprideis; Glasnik Prir. muz., A, 23 (1968), Beograd

Krstić N.: 1972 — Rod *Candona* (Ostracoda) iz kongerijskih slojeva južnog dela Panonskog basena; Pos. izd. SANU knj. CDL, Od. prir.-mat. nauka knj. 39, Beograd

Krstić N.: 1973 — Biostratigrafija kongerijskih slojeva okoline Beograda na osnovu ostrakoda sa opisom vrsta roda *Amplocypris*, Pos. izd. IGRI, 4, Beograd

Krstić N.: 1975 — Ostrakodi kongerijskih slojeva: 7. Vrste roda *Cypria* i neke druge nedovoljno definisane forme, Radovi IGRI, 10, Beograd

Mehes G.: 1907 — Beiträge zur Kenntnis der pliozänen Ostracoden Ungarns, I. Die Cypridideaen der unterpannonischen Stufe; Földt. közl., 37, Budapest

Petković K., Čičulić-Trifunović M., Pašić M. i Rakić M.: 1976 — Fruška gora — monografski prikaz geološke građe i tektonskog sklopa; Matica srpska, Novi Sad

Reuss A.: 1850 — Die fossilen Entomostraceen des österreichischen Tertiarbeckens; Abh. Heid. naturwiss., 3, 1, Wien

Sokač A.: 1972 — Pannonian and Pontian ostracode fauna of mt. Medvednica; Palaeontol. Jugoslavica, 11, Zagreb.

Stevanović P.: 1977 — Pont — u: Geologija Bosne i Hercegovine, III, Kenozojske periode; izd. »Geoinžinjering«, Sarajevo

Stevanović P.: u štampi — Parastratotypen des Pannons s. str. aus der Süd-Teil des Pannonischen Beckens in Jugoslawien, Chronostratigraphie und Neostratotypen, Pannonien, ed. A. Papp, Wien

Zalanyi B.: 1913 — Miocäne Ostrakoden aus Ungarn; Mitt. Jahrb. Ungar. geol. Reichsanst., XXI, 4, Budapest

Zalanyi B.: 1944 — Magyarorszagi neogen ostracodac; Geol. Hung., ser. pal., fasc. 21, Budapest

Summary

NEW SPECIES OF OSTRACODES FROM THE PARASTRATOTYPES OF THE PANNONIAN

by

Nadežda Krstić

Key words: Upper Miocene, Paratethys, kaspibrackian microfaune.

In the microfauna associations of the samples taken from the profiles in Tuzla and Beočin, selected by P. Stevanović to become the parastratotypes of the Pannonian, some new forms were found in addition to a range of the known species. These forms are described in the paper and include four new species and one subspecies the description of which is here presented in the translated version. The dimensions of the new species and the subspecies, their types as locality and level from which they have been derived are given in the text in Serbo-Croat.

Candona (Caspiolla) alasi beočini n.ssp.

Tab. I, Fig. 3—7

Diagnosis: Large and somewhat more elongate subspecies of the Caspiolla alasi species with the ventral margin more concave than on the basic form. On the Beočin profile, the gradual evolution of this subspecies can be seen in the enlargement of its size — compare Figs. 5 and 6 with Fig. 3 and 4 on Table I.

It is not out of question that this is an independent species similar to the species *C. alasi* which is situated in the other, carbonaceous biofacies.

Candona (Reticulocandona) sokači n. sp.

Tab. II, Fig. 1—3, 16

Diagnosis: High, relatively swollen, smooth *Reticulocandona* with its dorsal margin inclined forwards. The anterior part of the ventral margin is concave. Males are slightly higher than females and their dorsal margin is more inclined forwards.

Affinities: It differs in shape from all the representatives of the subgenus *Candona (Reticulocandona).* Other representatives of this subgenus: *R. reticulata* (M e h e s), *R. posteroerigera* K r s t i ć, *R. kochanskae* S o k a č and *R. zagrabiensis* S o k a č (= *R. sp.* K r s t i ć 1972) have horizontal or even backwards inclined dorsal margin and a steeper posterior margin. The fact that some reticulocandonae have reticulated sometime quite distinct ornamentation and even nodes on some (the specimens of the *R. reticulata* species of Beočin shows strong ridges with the tendency of being broken into nodes) while others are smooth, is of phenotypic nature and may occur within a single population (compare: K r s t i ć, 1972, page 59 description of *R. reticulata)* within a species.

Candona (Fabaeformiscandona) fruškagoraensis n. sp.
Tab. I, Fig. 13, Tab. II, Fig. 8—13

Diagnosis: High and oval *Fabaeformiscandona* with its dorsal margin incined forward. The cardinal angles are hardly discernible. Males are lower and possess subhorizontal dorsal margin. The evolution of this species can also be seen in the enlarging of size and this can be followed on the Beočin profile.

Affinities: There is a very similar form in the zone with *Hemicytheria croatica* in Beograd which is described under the name of *F. ex. gr. krstići* (in: K r s t i ć, page 94, Tab. XXIX, Fig. 4). The differences between them are minimum, the beograd form being slightly higher with a more concave ventral margin and slightly larger though stratigraphically older. May be we are talking of two subspecies restricted to two different biofacies but this may be stated only on more extensive material and using the statistics of variance.

Candona (Typhlocypris) flectidorsata n. sp.
Tab. I, Fig. 14—17, Tab. II, Fig. 7, 14—15

Diagnosis: A large *Typlocypris* with almost flat ventral margin. The dorsal margin builds a rounded angle of about 120°. This angle, at the larval stage is more acute (about 110°) and less rounded on top while the dorsal margin is bent towards the inside of valve (left valve). The posteroventral angle is pointed backwards. The surface of the central field is ornamented with shallow and large pits.

Affinities: It is similar to the species *T. beogradica* K r s t i ć of the Lower Pannonian in the vicinity of Beograd. On the species *T. beogradica* the ventral margin is more concave and the passage from the dorsal into the posterior margin is slightly accentuated.

Remarks: This species is described as a new one, though there are only a few whole specimens, because it is very frequent on the whole profile of Beočin and the shape of its dorsal margin on the larval is very characteristic. The evolution of this species (enlarging of size) was not noticed on the profile of Beočin.

Cyprideis miocyprideiformis n. sp.
Figs. 2a—c, 3, Tab. III, Fig. 5—15, 17, Tab. IV, Fig. 1—5

Diagnosis: A tiny species of the *Cyprideis* genus with numerous and densely spread teeth along the anterior margin. The spine on the spur is strong. The carapace is transparent and ornamented with large pits. Beside them, there are distinct nodes on the right valve. The most distinct and frequent is the posteroventral node. The next circular node is developed at the border between the central and the posterior fields at half the valve height. The third node lies in front of the posteroventral node and is elongate. The last two nodes, circular in shape lie on

the bottom and the upper part of the anterior field. The size of nodes varies and some of them are often missing. The males are very rare and by a minimum exceed the females in length. The hinge structure and the muscle scar field are the same as on the other species of the genus *Cyprideis.*

Affinities: As its name says, this species has some external likeness with the representatives of the genus *Miocyprideis.* It can be noticed in a large number of teeth along the anterior margin of the valves, the strong spine on the right valve spur and partly in the shape of the valves (compare Figs. 1 and 5 with 2 and 8 on Tab. III). However, the teeth along the anterior margin are longer and the spine on the spur is thinner than on Miocyprideis. The shape of the right valves in the representatives of the genus *Miocyprideis* does not differ from the new species shown here but the difference in the left valve shapes is substantial: the dorsal margin of L on *Cyprideis miocyprideiformis* is inclined backwards and the ventral one is concave while on *Miocyprideis sarmatica* Z a l a n y i the dorsal margin is horizontal and the ventral one is straight. If the outside appearance could cause doubt as to the generic membership of this new species, the inner structure beyond any doubt proves that it belongs to the genus *Cyprideis:* the hinge is thin, particularly its posterior part (compare Figs. III/4 and V/7 with Figs, V/2, 4) while the frontal muscle scar is Vee shaped (compare Figs. 5 and 8 on Table V).

The new species *Cyprideis miocyprideiformis* is easily, at the first glance, distinguished from the representatives of the genus *Cyprideis* known up to now, as it has numerous teeth along the anterior margin. There is some minimum likeness in the shape and in the ornamentation with the two species of the *Cyprideis* genus described earlier:

By shape it approaches the *C. carus* K r s t i ć, 1970. The *C. carus* is however ornamented with substantially tinier pits and has only 5—6 teeth along the anterior margin (compared with fifteen or so in the new species) and is not ornamented with nodes and is larger in size.

Large pits, shaped similarly as on *C. miocyprideiformis* are possessed by the *C. macrostigma* K o l l m a n n, species, 1960, but its shape, size and particularly the number of teeth along the anterior margin are different.

TABLA I PLATE

Beočin, majdan laporaca — marl quarry

1—2. *Candona (Serbiella)* cf. *sagittosa* Krstić;
proba sa kote 180 m — sample from the level 180 m;
panon, zona sa *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis* zone
1. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
2. D ♀ spolja — R ♀ from outside.

3—7. *Candona (Caspiolla) alasi beočini* n. s s p.;
probe sa kota 180 (sl. 3, 4) i 163 m (sl. 5—7) — samples from levels 180 (figs 3, 4) and 163 m (figs 5—7);
panon, zona sa *T. lineocypriformis* i prelaz ka zoni sa *S. sagittosa* — Panonian, *T. lineocypriformis* zone and transition to *S. sagittosa* zone;
3, 5. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
4, 6. D ♀ spolja — R ♀ from outside,
7. D ♂ spolja — R ♂ from outside,

8—10. *Candona (Serbiella?)* sp.;
proba sa kote 180 m — sample from the level 180 m;
panon, zona s *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis* zone;
8, 9. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
10. D ♀ spolja — R ♀ from outside.

11—12. *Candona (Caspiolla?)* sp.;
proba sa kote 180 m — sample from the level 180 m;
panon, zona s *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis* zone;
11—12. L ♀ spolja — L ♀ from outside.

13. *Candona (Fabaeformiscandona) fruškagoraensis* n. s p.;
proba sa kote 180 m — sample from the level 180 m
panon, zona s *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis* zone;
13. L juv. spolja — L juv. from outside.

14—17. *Candona (Typhlocypris) flectidorsata* n. s p.;
probe sa kota 163 (sl. 17) i 180 m (sl. 14—16) — samples from levels 163 (fig. 17) and 180 m (figs. 14—16);
panon, zona sa *T. lineocypriformis* i prelaz iz zone sa *S. sagittosa* u zonu s *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis zone* (sample from 180 m) and transition from *S. sagittosa* in *T. lineocypriformis* zone (sample 163 m);
14—16. L juv. spolja — L juv. from outside,
17. L ♀ spolja, holotip — L ♀ from outside, holotype:

Foto: B. B. Krstić

Uveličanje prikazano razmernikom
Magnification shown by the bar

TABLA I PLATE

Nadežda Krstić: Nove vrste ostrakoda sa parastratotipova panona
Nadežda Krstić: New species of ostracoda from the parastratotypes of the Pannonian

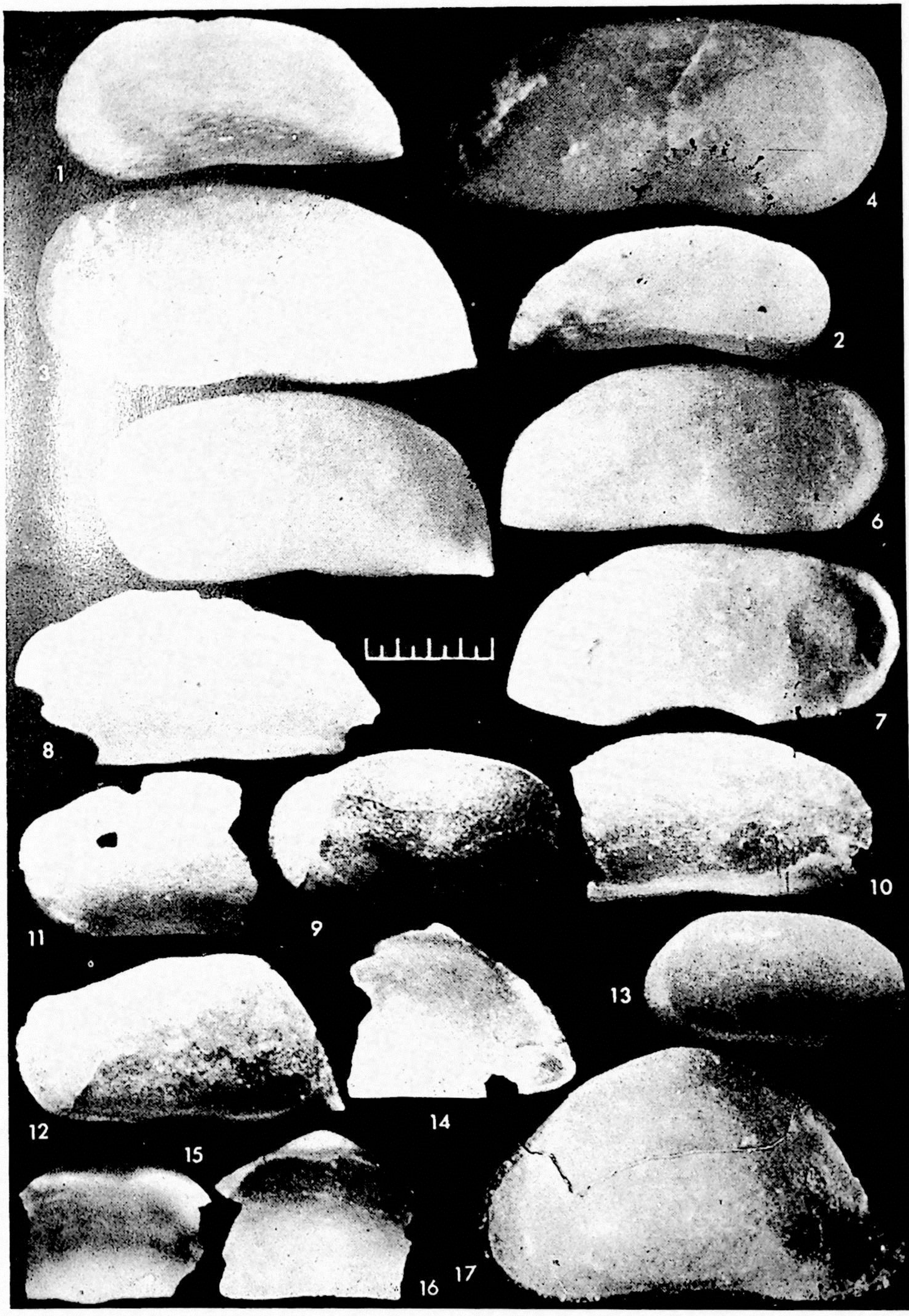


Tabla II PLATE

Beočin, majdan laporaca — marl quarry

1—3, 16. *Candona (Reticulocandona) sokači* n. s p.:

proba sa kote 180 m — sample from the level 180 m;
panon, zona sa *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis* zone;
1. L ♀ spolja, holotip — L ♀ from outside, holotype
2. D ♂ iznutra, paratip — R ♂ from inside, paratype
3. D ♀ spolja, paratip — R ♀ from outside, paratype
16. L juv. spolja, paratip — L juv. from outside, paratype

4—6. *Candona (Reticulocandona) reticulata* (M e h e s);

proba sa kote 180 m — sample from the level 180 m;
panon, zona sa *T. lineocypriformis* — Pannonian, *T. lineocypriformis* zone;
4. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
5. D ♂ iznutra — R ♂ from inside,
6. L juv. spolja — L juv. outside.

7, 14—15. *Candona (Typhlocypris) flectidorsata* n. s p.;

probe sa kota 163 (sl. 7, 14) i 180 m (sl. 15) — samples from levels 163 (figs. 7, 14) and 180 m (fig. 15);
panon, prelaz zona *S. sagittosa* u *T. lineocypriformis* (proba 163 m) i zona sa *T. lineocypriformis* (proba 180 m) — Pannonian, transition of *S. sagittosa* in *T. lineocypriformis* zone (sample 163 m) and *T. lineocypriformis* zone (sample from 180 m);
7. L juv. spolja — L juv. from outside,
14. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
15. D juv. spolja, paratip — R juv. from outside, paratype.

8—13. *Candona (Fabaeformiscandona) fruškogoraensis* n. s p.;

probe sa kota 150 (sl. 8), 163 (sl. 11—13) i 180 m (sl. 9, 10) — samples from levels 150 (fig. 8), 163 (figs. 11—13) and 180 m (fig. 9, 10);
panon, zona sa *S. sagittosa* (proba sa 150 m), ostalo kao gore — Pannonian, zone with *S. sagittosa* (sample from 150 m), others as above;
8, 9. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
10. L ♂ spolja — L ♂ from outside,
11, 13. D ♀ spolja, 11. paratip, 13. holotip — R ♀: 11. paratype, 13. holotype
12. L ♀ spolja, paratip — R ♂ from outside, paratype

Foto: B. B. Krstić

Uveličanje prikazano razmernikom.
Magnification shown by the bar.

TABLA II PLATE

Nadežda Krstić: Nove vrste ostrakoda sa parastratotipova panona
Nadežda Krstić: New species of ostracoda from the parastratotypes of the Pannonian

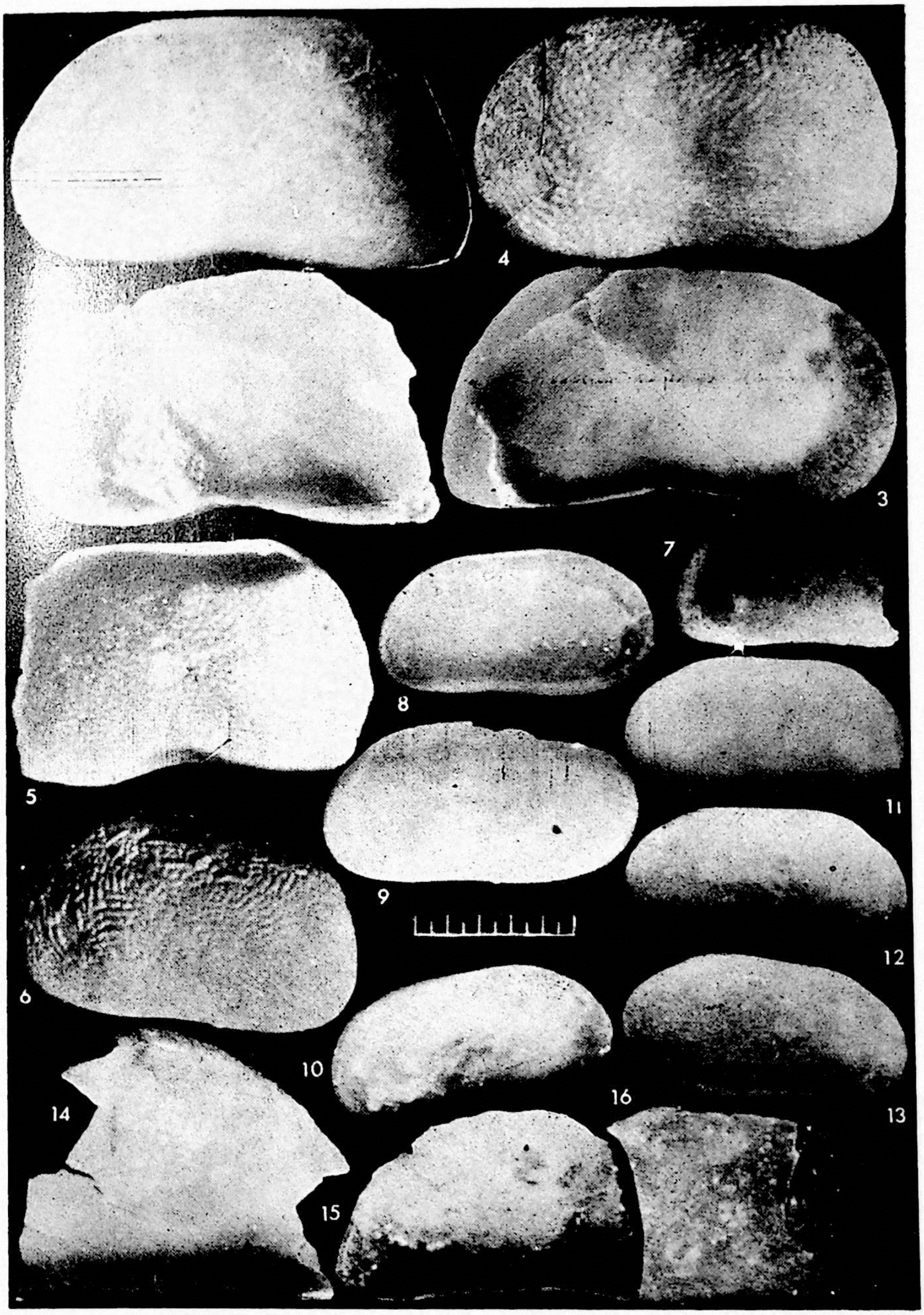


TABLA III PLATE

1—4, 14, 16. *Miocyprideis sarmatica* (Z a l a n y i);
srednji miocen, zona sa *A. beccarii* — Middle Miocene, *A. beccarii* zone;
Beograd, Kneževac, tunel — Belgrade, Kneževac, tunnel;
1. L ♀ spolja — L ♀ from outside,
2—4. D ♀ spolja (2) i iznutra (3, 4) — R ♀ from outside (2) and inside (3, 4)
14. marginalna zona L sa sl. 1 — marginal zone of L from fig. 1,
16. marginalna zona D sa sl. 3 — marginal zone of R from fig. 3.

5—13, 17. *Cyprideis miocyprideiformis* n. s p.:
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (siva proba) — landslide (gray sample);
5—7 L ♀ spolja, 5. holotip — L ♀ from outside, 5. holotype,
8—10 D ♀ spolja — R ♀ from outside,
11—12 Lj ♀ sa grbicama, odozgo — tuberculate C ♀ from above,
13. marginalna zona L sa sl. 5 — marginal zone of L from fig. 5,
17. marginalna zona D sa sl. 9 — marginal zone of R from fig. 9.

15. *Cyprideis tuzlae* K r s t i ć;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (žuta proba) — landslide (yellow sample);
marginalna zona D ♀ iznutra — marginal zone of R ♀ from inside.

18—19. *Cyprideis hungarica* Z a l a n y i, sitna forma — small form;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (siva proba) — landslide (gray sample);
18. marginalna zona D ♀ spolja — marginal zone of R ♀ from outside,
19. marginalna zona L ♀ iznutra — marginal zone of L ♀ from inside.

Foto: Đ. Cekić

Uveličanje prikazano razmernikom odnosi se na sl. 1—10
Magnification shown by refer to figs. 1—10

TABLA III PLATE

Nadežda Krstić: Nove vrste ostrakoda sa parastratotipova panona

Nadežda Krstić: New species of ostracoda from the parastratotypes of the Pannonian

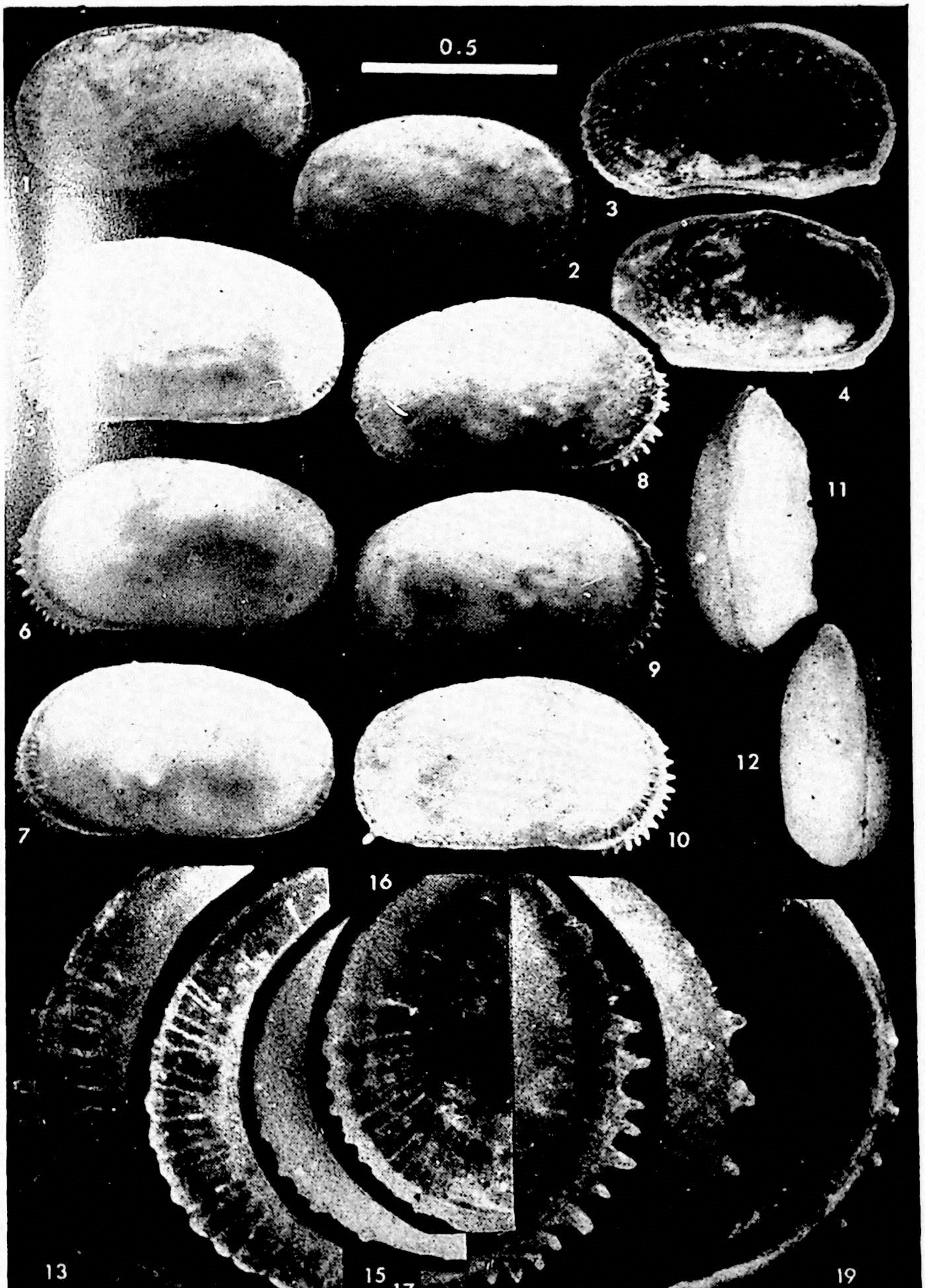


TABLA IV PLATE

1—3. *Cyprideis miocyprideiformis* n. s p.;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
1. posrebren L ♀ spolja — silver coated L ♀ from outside,
2—3. posrebreni D ♀ sa tri i pet grbica — silver coated D ♀ with three and five tubercules.

4—8. *Cyprideis hungarica* (Z a l a n y i), sitna forma — small fo
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (siva proba) — landslide (gray sample);
4. posrebren L ♂ spolja — silver coated L ♂ from outside,
5. posrebren D ♂ spolja — silver coated R ♂ from outside,
6—7. posrebreni L ♀, spolja — silver coated L ♀ from outside,
8. posrebren D ♀ spolja — silver coated R ♀ from outside.

9—11. *Cyprideis tuzlae* K r s t i ć;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (žuta proba) — landslide (yellow sample);
9. posrebren L ♀ spolja — silver coated L ♀ from outside,
10. posrebren D ♀ spolja — silver coated R ♀ from outside,
11. D ♀ iznutra, uveličan — R ♀ from inside, magnificied.

12—15. *Cypria of teslae* K r s t i ć;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (siva proba) — landslide (gray sample);
12, 15. Lj ♀ (?) s leva i odozgo — C ♀ (?) from left and above,
13, 14. D ♀ (?) spolja — R ♀ (?) from outside.

16—18. *Amplocypris* n. s p.;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (siva proba) — landslide (gray sample);
16. D ♀ spolja — R ♀ from outside,
17—18. Lj ♀ s leva i odozgo — C ♀ from the left and above.

Foto: Đ. Cekić

Uveličanje prikazano razmernikom odnosi se na sl. 1—10, 12—13 i 17.
Magnification shown by the bar refer to figs. 1—10, 12—13 and 17.

TABLA IV PLATE

Nadežda Krstić: Nove vrste ostrakoda sa parastratotipova panona

Nadežda Krstić: New species of ostracoda from the parastratotypes of the Pannonian

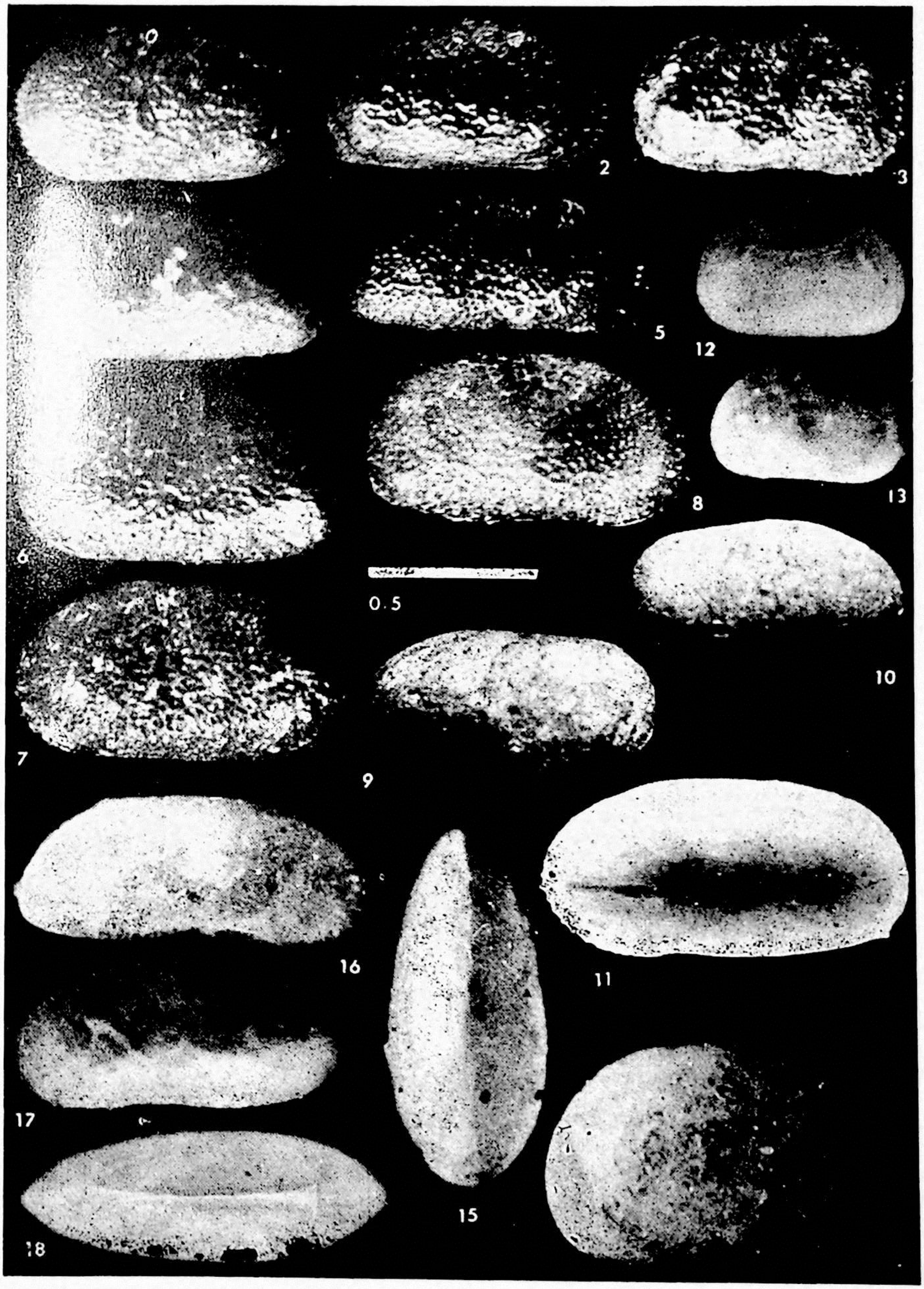


TABLA V PLATE

1—5. *Cyprideis miocyprideiformis* n. s p.;
panon (?zona sa *P. candeo)* — Pannonian *(?P. candeo* zone);
Tuzla, Husino, veliko klizište (siva proba) — landslide (gray sample);
1. L ♀ iznutra, holotip — L ♀ from inside, holotype,
2. D ♀ odozdo, brava — R ♀ from below, hinge,
3. D ♀ odozdo, prednji deo brave — R ♀ from below, anterior part of the hinge,
4. D ♀ sa anteroventralne strane, zadnji deo brave — R ♀ from anteroventral, posterior part of the hinge,
5. L ♀, otisci mišića — L ♀, adductor muscle scars.

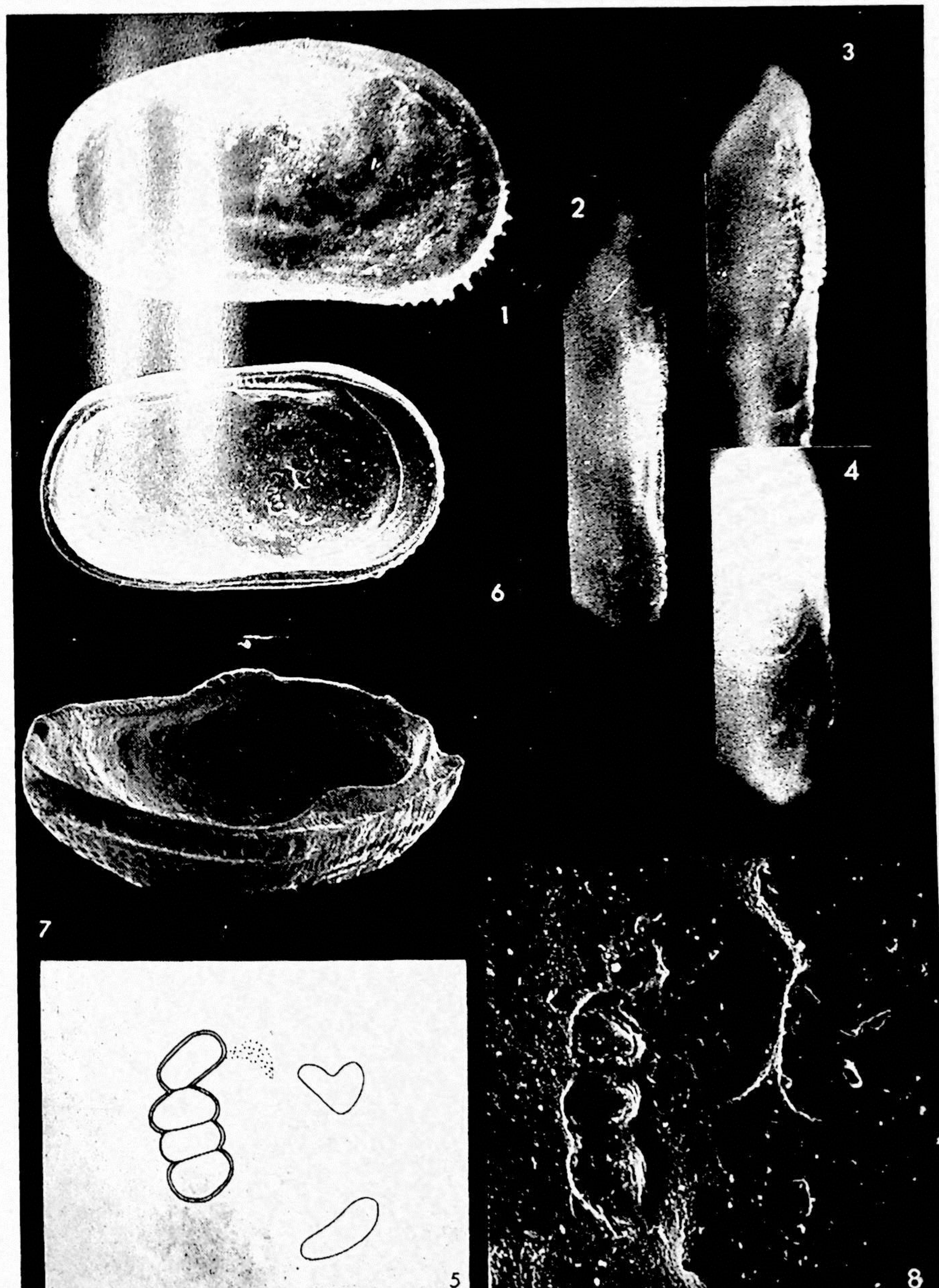
6—8. *Miocyprideis sarmatica* (Z a l a n y i);
srednji miocen, zona sa *A. beccarii* — Middle Miocene, *A. beccarii* zone;
Beograd, Kneževac, tunel — tunnel;
6. L ♀ iznutra — L ♀ from inside,
7. D ♀ sa anteroventralne strane, dobro vidljiv zadnji deo brave — R ♀ from anteroventral, well visible posterior part of the hinge,
8. L ♀ iznutra, otisci mišića — L ♀ from inside, adductor muscle scars.

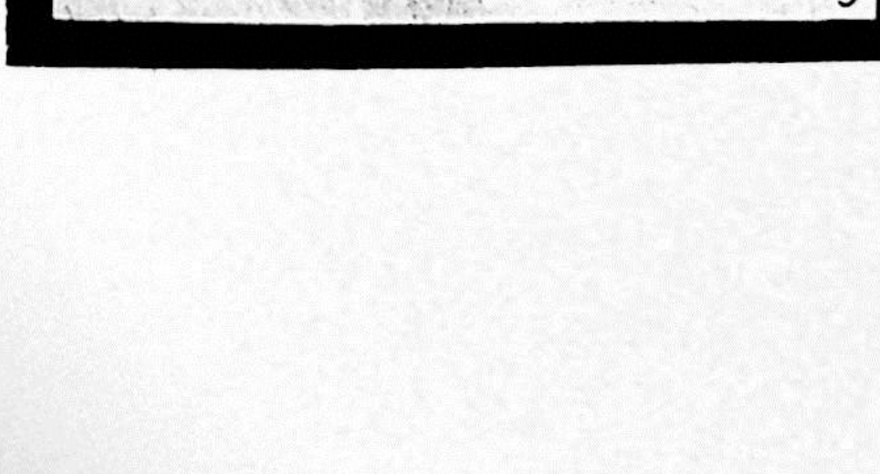
Foto: Đ. Cekić (sl. 1—5) i
Dr Ch. Samtleben, Kiel (sl. 6—8)

TABLA V PLATE

Nadežda Krstić: Nove vrste ostrakoda sa parastratotipova panona

Nadežda Krstić: New species of ostracoda from the parastratotypes of the Pannonian





R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 159—174, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 159—174, 1980, Belgrade.

Јелена Обрадовић[1] и
Ружа Кеменци[2]

УДК 551.311.7:551.782 (493.13)

ПОЈАВЕ ТУФОВА, ТУФИТА И ТУФОЗНИХ СТЕНА У СЕДИМЕНТИМА МАРИНСКОГ СРЕДЊЕГ МИОЦЕНА ФРУШКЕ ГОРЕ

Кључне речи: седиментологија, неогени вулканизам.

На северним падинама Фрушке Горе у склопу маринског средњег миоцена, које има велико распрострањење, јављају се туфови, туфити и седименти богати вулканогеним материјалом. Туфови и туфити одговарају претежно пелитским, ређе псамитским и алвролитским врстама. Витрокластични су до кристаловитрокластични. Поред релативно свежег вулканског стакла запажена је појава девитрификације, зеолитизације и бентонитизације. На таложење туфова, туфита и туфозних седимената у воденој — маринској средини поред појаве фосила и смењивања са лапоровитим и чисто карбонатним стенама указује и изражена појава хоризонталне ламинације.

Маринski средњи миоцен на Фрушкој Гори има знатно распростирање и према Ч и ч у л и ћ (1957) у њему се издвајају неколико литофацијалних типова. Међу њима се, нарочито на северним падинама Фрушке Горе, јављају туфови, туфити и туфорзни седименти, чије су присуство запазили М а р и н о в и ћ и К е м е н ц и (1964) приликом истраживања за угљоводонике.

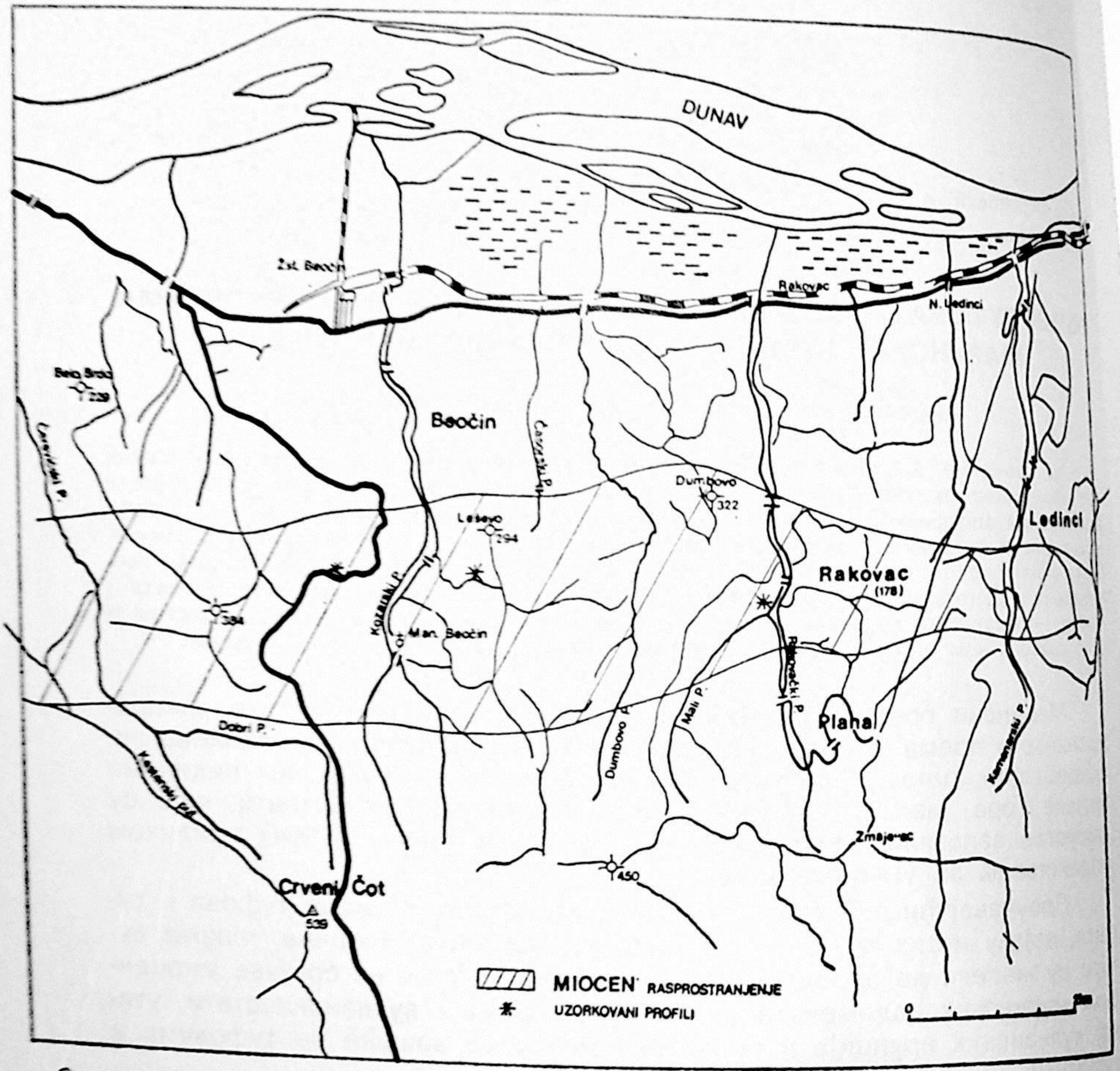
Проучавајући већ више година дијагенетске промене туфова и туфита, појаву истих стена у миоцену и седименте миоцена уопште аутори су желели да одреде услове и средину стварања средње миоценских маринских седимената у којима се јављају вулканокластити, утицај вулканских ерупција и промене које су се вршиле на туфовима и туфитима.

У вези са постављеним задатком за испитивање су одабрани узорци са профила из локалности Стари Раковац, из старог мајдана код Беочинског манастира и са профила миоценских седимената поред новог пута Беочин — Црвени Чот (види карту, слика 1).

У раду је дат локални литостратиграфски стуб профила на путу Беочин — Црвени Чот у коме се смењују лапорци, кречњаци различитог структурног типа, прелазне стене лапоровити кречњаци и туфозни кречњаци, са слојевима туфа и туфита. За профиле код Беочинског манастира, где се претежно смењују само различите врсте туфова, као и за профил у Старом Раковцу (код мотела), који је изграђен

[1] Рударско геолошки факултет, Ђушина 7, Београд
[2] Нафта-гас, Сутјеска 1, Нови Сад

од туфова, туфита и туфозних седимената, често ламинираних, који се смењују без одређене правилности нису дати локални стубови.



Сл. 1. — Карта распрострањења средњег миоцена са местима узоркованих профила.
Fig. 1. — Maf of study area. Location of profiles.

Ради лакшег прегледа карактеристике стена биће дате по групама.

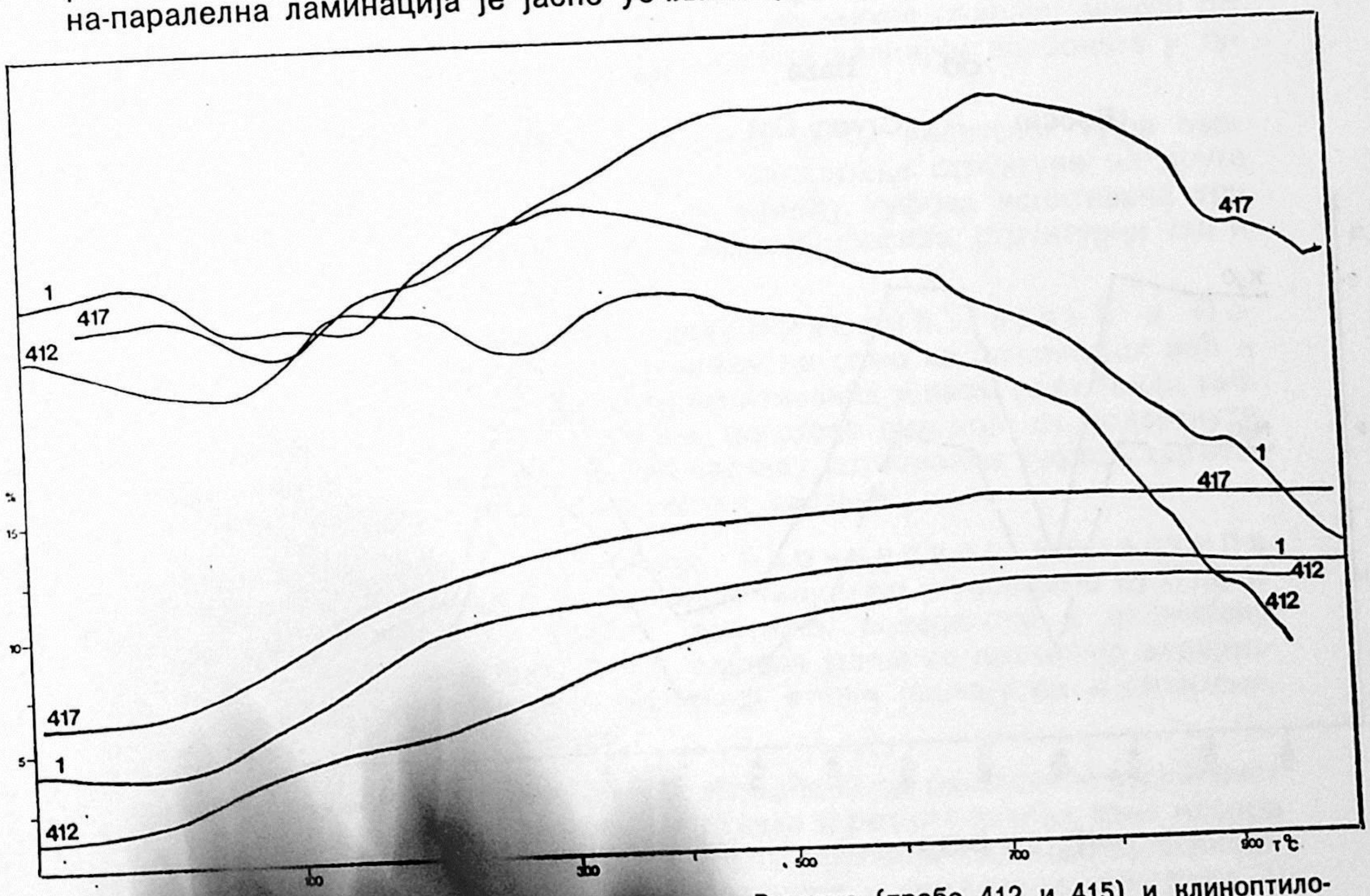
Туфови, туфити и туфозни седименти

Појаве поменутих стена, нарочито из локалности Стари Раковац и Беочински манастир, привлачиле су пажњу већег броја геолога који су у лапоровитим и кречњачким стенама као и делом у њима утврдили бројну макро и микрофауну (Чичулић, 1957, Петковић, Чичулић, Пашалић и Ракић, 1976. и др.). О вулканогеним седимент-

ним творевинама у неогену Војводине говоре Мариновић и Кеменци (1964). Туфове околине Беочина, односно њихов минеролошко-хемијски састав испитивали су Николић, Терзић и Похарц (1975), који су исте проучавали као пуцоланску материју за индустрију цемента. Стангачиловић (1954) испитао је бентоните Фрушке Горе. Дијагенетске промене миоценских пирокластита из дубоких бушотина Северне Бачке, појаве зеолитизације и аргилитизације проучене су од стране Обрадовић и Кеменци (1975).

Туфови и туфити — од којих су први бројнији одговарају претежно пелитским и ређе псамитским и алевритским врстама. Карактеришу се знатним присуством вулканског стакла, било финозрног вулканског пепела који повезује састојке или изграђује целу масу стене било оштроугаоних одломака вулканског стакла.

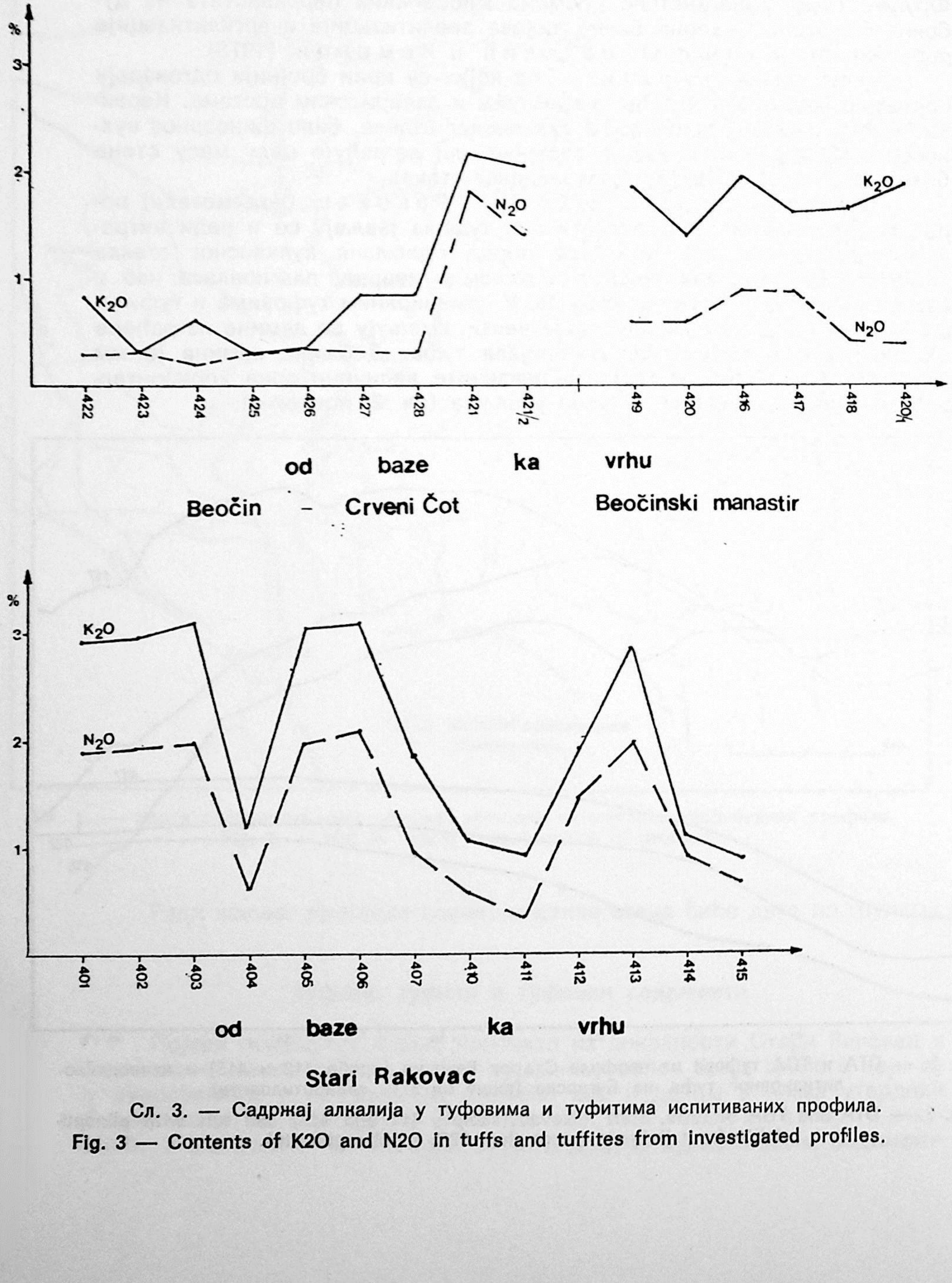
На профилу у локалности Стари Раковац (код мотела) поред пелитских чисто витрокластичних туфова јављају се и ређи витрокристалокластични код којих се поред одломака вулканског стакла запажају кристали или кристални одломци кварца, плагиокласа као и влакна серицита и љуспице хлорита. У ламинираним туфовима и туфитима, који су на овом профилу доста чести, смењују се ламине изграђене од пелитског и псамитског материјала туфа. Дебљина ламина је мм размера. Због смене материјала различите величине зрна хоризонтална-паралелна ламинација је јасно уочљива (сл. 2, прилог 1).



Сл. 2. — [illegible] GA туфова [illegible] профила [illegible] рог Раковца (пробе 412 и 415) и клиноптило- [illegible] раног туфа [illegible] (више од 87% клиноптилолита).

Fig. 2. — [illegible] of tuffs [illegible] (sample 412 and 415) and tuff with clinopti- [illegible] from [illegible] 87% of clinoptilotite).

И у туфовима и у туфитима запажају се очувани или фрагментирани остаци фосила изграђени од микрита или спарита са микритским овојем који највећим делом одговарају глобигеринама. Поред њих јављају се и друге ситне фораминифере.



Сл. 3. — Садржај алкалија у туфовима и туфитима испитиваних профила.

Fig. 3 — Contents of K2O and N2O in tuffs and tuffites from investigated profiles.

У појединим фосилима констатована је појава пиритизације. Биогени пирит јавља се и у маси стене.

Финозрно пелитско стакло односно вулкански пепео који повезује састојке ових стена и одломци вулканског стакла делом су очувани или показују појаве дијагенетских промена које се огледају у процесу зеолитизације или бентонитизације. Ситни дуго призматични кристалићи, претежно 0.01 мм величине, зеолита јављају се у одломцима вулканског стакла или у стакластој маси стене. Рентгенским путем је одређен састав овог зеолита са карактеристичним рефлексијама које одговарају минералу хејландитске групе — клиноптилолиту (8.87A, 3.97A, 3.90A). Резултати спектрофотометрије (IR анализе) такође указују на клиноптилолит и глине монтморијонитског састава, које су такође и доказане рентгенским путем. Диференцијално термичке анализе промењених туфова не могу са сигурношћу да укажу на појаву клиноптилолита пошто се ефекти клиноптилолита поклапају са ефектима монтморијонита. На слици 2 приказане су диференцијално термичке криве туфова и крива потпуно зеолитизираног туфа (са клиноптилолитом) из Бугарске.

Парцијалне хемијске анализе на алкалије показују доста висок садржај алкалија од којих је и у овом профилу, као и у осталим, садржај калије увек већи од натрије. Резултати испитивања алкалија, приказани од базе ка врху профила, показују да њихов садржај зависи од количине пирокластичног материјала. Садржај калцијум карбоната у туфовима се креће од нуле до 5%.

Силикатна хемијска анализа урађена је од пелитског туфа овог профила као и од туфова псамитске и алевритске структуре из друга два профила. Разлике које се јављају између туфова испитивана три профила везане су за мањи или већи садржај фосила, структурни тип и промене које су на њима вршене.

Хемијске анализе приказане у раду Николић, Терзић и Похарц, 1975, показују варирања у саставу не само из различитих већ и истих профила као и између узорака испитиваних у овом раду (види таб. 1), што је карактеристично за туфове, поготово оне који су подвргнути дијагенетским променама. По своме саставу испитивани туфови одговарају стенама риодацитског до риолитског састава.

На профилу старог мајдана код Беочинског манастира запажа се веће варирање у структурном типу него у узорцима из Старог Раковца. Констатовани су туфови пелитске, алевритске и псамитске структуре. У најдоњој етажи старог мајдана јавља се претежно алевритски, у средњој псамитски а у најгорњој етажи јављају се и пелитски, алевритски и псамитски туфови.

Док су пелитски туфови и овде изграђени од финозрног вулканског стакла са мало одломака вулканског стакла и ретких ситних зрна кварца код алевритских врста се запажају нешто крупнији одломци вулканског стакла а поред кварца јавља се и фелдспат и металични минерали. У псамитским врстама у стакластој маси стене издвајају се крупна зрна кварца, фелдспата, влакна биотита и ређа зрна амфибола и још ређа зрна пироксена. Као ређи састојци констатовани су турмалин, циркон и рутил. Металични минерали, међу којима се запажа и пирит, такође се

Табела 1

Хемијске анализе туфова
Chemical analyses of tuffs

	1	2	3	4	5
SiO_2	69.30%	67.65%	66.44%	64.80%	69.10%
TiO_2	0.08	0.11	0.15	0.33	0.16
Al_2O_3	7.88	13.69	10.54	6.82	10.16
Fe_2O_3	7.13	1.51	4.47	5.92	2.63
FeO	0.51	0.66	tr.	0.68	0.79
MnO	0.05	tr.	tr.	0.08	0.10
MgO	0.75	1.14	1.72	1.90	0.55
CaO	1.50	1.81	2.67	4.87	3.25
Na_2O	1.95	2.72	1.24	0.54	1.55
K_2O	3.01	3.38	2.71	1.48	2.29
P_2O_5	0.02	—	—	tr.	0.03
H_2O+	6.21	4.97	6.18	8.58	7.88
H_2O-	1.21	1.74	3.63	4.34	0.98
CO_2		0.36	0.36		
SO_3		0.68	0.17		
Орг. мат. 1000°		0.04	0.15		
	99.60%	100.46%	100.43%	100.34%	99.47%

1. Пелитски туф, проба 405, Стари Раковац. Ан. С. Шапоња.
   Pelitic tuff, sample 405, Stari Rakovac, an. S. Šaponja.
2. Туф, Раковац, из рада Николић, Терзић и Похарц, 1975. Ан. Похарц.
   Tuff, Rakovac, from the paper by Nikolić, Terzić and Poharc. An. V. Poharc
3. Туф, Беочински манастир из рада Николић, Терзић и Похарц, 1975. Ан. В. Похарц.
   Tuff, Monastery of Beočin, from the paper by Nikolić, Terzić and Poharc, 1975. An. V. Poharc.
4. Псамитски туф, проба 420, Беочински манастир. Ан. С. Шапоња.
   Psammitic tuff, sample 420, Monastery of Beočin. An. S. Šaponja.
5. Алевритски туф, проба 421, пут Беочин — Црвени Чот. Ан. С. Шапоња.
   Alevritic tuff, sample 421, from the roud Beočin—Crveni Čot. An. S. Šaponja.

јављају у овим туфовима. У свим врстама туфова запажа се и појава фосила чије су љуштуре и скелети изграђени од калцијум карбоната, или ретко од зеленкасте слабо анизотропне материје која највероватније одговара глауконитy. У псамитском туфу констатовани су и ретки одломци карбонатних стена. Карактеристично је да је један део кварцних зрна детритичног порекла и да се као по правилу око таквих зрна запажа калцијум карбонатни овој, који местимично и нагриза зрна кварца.

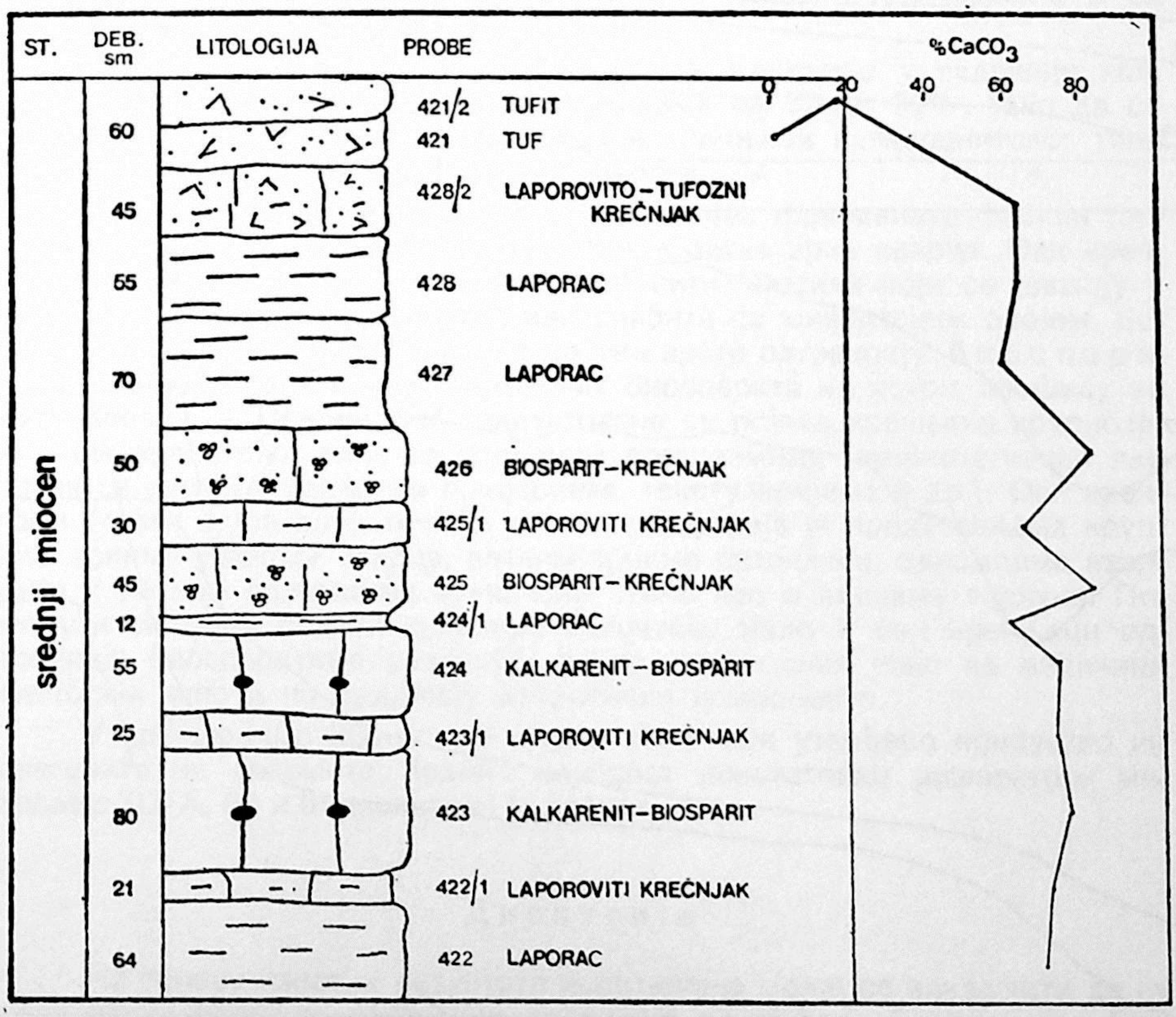
Туфови и туфити са профила на путу Беочин — Црвени Чот одговарају пелитским и алевритским врстама са јасно издвојеним угластим одломцима вулканског стакла, које је везано финозрним вулканским пепелом или и карбонатом (у туфиту). Пелитске врсте садрже ретка ситна зрна кварца и влакна серицита поред одломака стакла. Влакна серицита и металични минерали такође улазе у састав ових туфова. За овај профил је карактеристично да су туфови и туфити најмање заступ-

љени и да се смењују са чешћим лапоровитим и кречњачким стенама, као што се види на сл. 5 где је дат локални литостратиграфски стуб.

Туфозни седименти — одговарају туфозним лапорцима, туфозним лапоровитим кречњацима и туфозним кречњацима у којима садржај калцијум карбоната варира од 23 до 65 ређе 72%. За ове стене карактеристично је да показују већи или мањи садржај вулканског стакла, било одломака или финозрног стакла, као и зрна кварца и плагиокласа који се јављају у глиновито-карбонатној или карбонатној маси интимно измешаној са финозрним вулканским пепелом. На основу диференцијално термичке, рентгенске и спектрофотометријске анализе карбо-

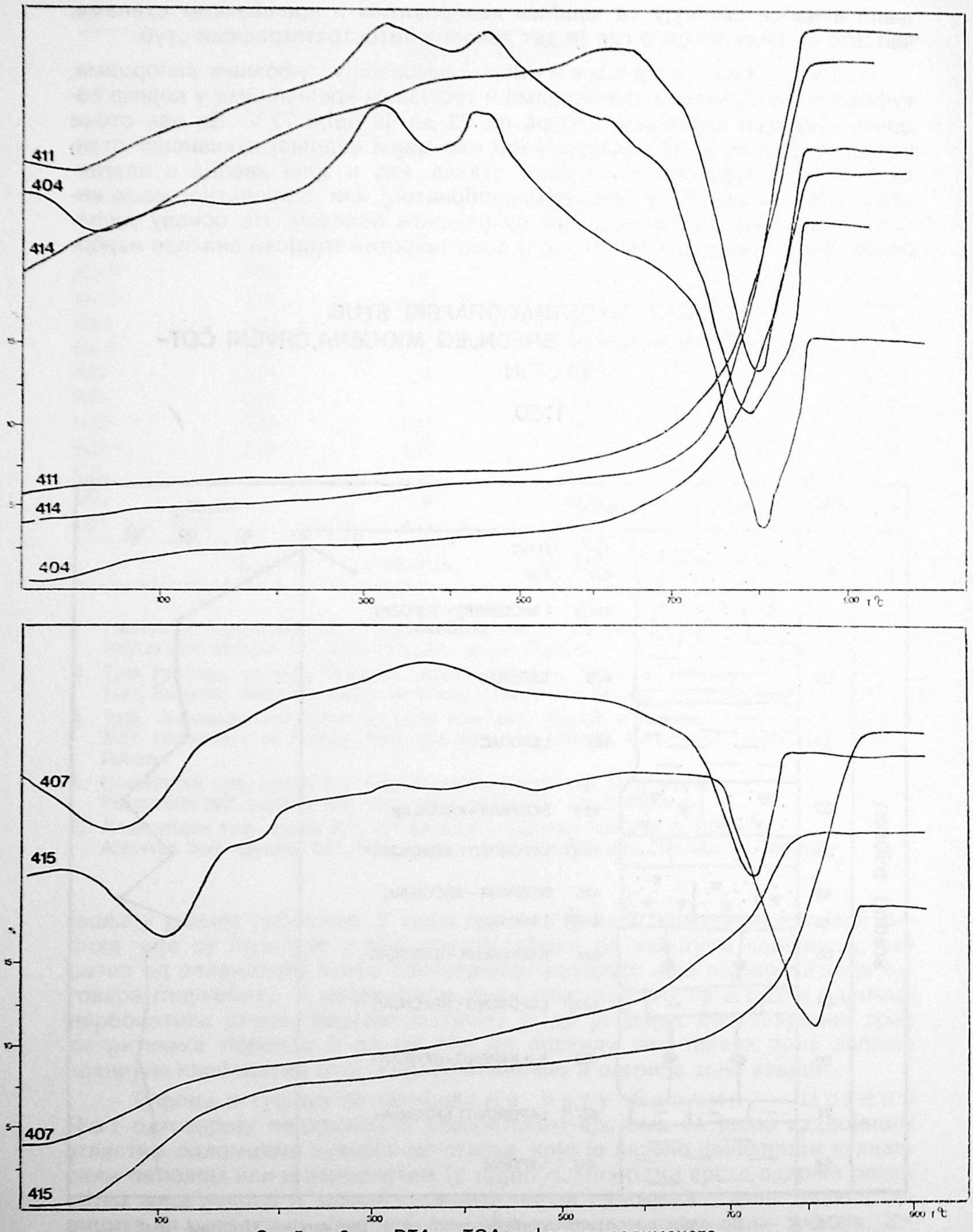
LOKALNI LITOSTRATIGRAFSKI STUB SERIJE MARINSKOG SREDNJEG MIOCENA, CRVENI ČOT-BEOČIN

1:50



Сл. 4. — Локални литостратиграфски стуб, пут Беочин — Црвени Чот.

Fig. 4. — Local lithostratigraphic column, road Beočin — Crveni Čot.



Сл. 5. и 6. — DTA и TGA туфозних седимената.
Fig. 5 and 6. — DTA and TGA of tuffaceous sediments.

нат одговара калциту а глина претежно монтморијониту. Поред њих јављају се и пирит и/или органска материја. У случају када је стакласта материја више заступљена термички ефекти глине су слабо изражени а на диференцијално-термичкој криви запажа се лагано отпуштање воде до 300° (сл. 5 и 6).

Лапоровите стене и кречњаци

На профилу на путу Беочин — Црвени Чот лапоровите стене и кречњаци су доста заступљени. Карактеристично је да често граде прелазе те су зато и скупа описане. На профилу у Старом Раковцу су туфозног карактера.

Бели доста порозни л а п о р ц и са садржајем калцијум карбоната који варира од 35 до 72% изграђени су од финозрне карбонатно-глиновите материје. У појединим узорцима се у тој финозрној лапоровитој маси јављају фосили изграђени од микрита или спарита са микритским овојем. Дјиференцијално термичким путем као и рентгенском и IR анализом одређено је да карбонат одговара калциту а глина илиту. За туфозне лапорце је карактеристично да је глина представљена и са монтморијонитом или само монтморијонитом.

Код к р е ч њ а к а се такође запажа варирање у садржају калцијум карбоната који се креће у границама од 77 до 89%, тако да су констатовани и лапоровити кречњаци и кречњаци калкаренитског типа са мање или више детритичне компоненте.

У кречњацима поред бројних фосила или фрагмената фосила глобигеринске биофације јављају се и ретка ситна зрна кварца. Ови кречњаци су обично мање или више лапоровити. Фосили који се јављају у њима су изграђени од микрита или спарита са микритским овојем. Везиво је ситнозрно спаритско тако да ове врсте одговарају б и о с п а р и т и м а. Поред ових доста ситнозрних биоспарита на истом профилу на путу Беочин — Црвени Чот констатоване су појаве кречњака крупнозрног калкаренитског типа са спрудним организмима (амфистегински лајтовац са алгама, гранастим бриозојима, текстуларијама и др.). Ови кречњаци богати су са детритичном компонентом која је представљена крупним зрнима угластог кварца, ретким зрнима ортокласа, одломцима кварцита и ретким одломцима вулканске стене као и лискама лискуна. Поменути састојци везани су спари калцитом. Иако и ови кречњаци одговарају биоспаритима разликују се од претходних како по величини састојака тако и по садржају детритичне компоненте.

У кречњацима једног или другог типа није утврђено присуство ни арагонита ни доломита. Једини карбонат констатован различитим методама (DTA, Rö и IR анализом) је калцит.

Д и с к у с и ј а

На основу изнетих резултата испитивања може се закључити да су испитивани профили изграђени претежно од туфова (мајдан код Беочинског манастира), од туфова, туфита и туфозних седимената (Стари

Раковац) и ретких појава туфова, туфита и туфозних седимената који се смењују са лапоровитим и кречњачким стенама (пут Беочин — Црвени Чот). Различита заступљеност вулканокластичног материјала може да укаже на различиту удаљеност профила од места ерупције. Избачен вулкански пепео таложен у маринској средини пре коначног одлагања преношен је унутар самог басена токовима, релативно мале енергије, што отежава одређивање места ерупције.

Да су испитивани вулканокластити таложени у воденој-маринској средини поред појаве фосила указује изражена слојевитост вулканокластита, појава хоризонталне ламинације јасно изражене у туфовима и туфитима као и смењивање вулканокластита са лапоровитим и кречњачким стенама.

Појава биоспаритских кречњака, нарочито у калкаренитским врстама, везана је за плитководна подручја са високом енергијом воде. Спрудни организми у калкаренитима указују такође на плитководну средину и непосредну близину спрудног тела. Већи или мањи садржај детритичне компоненте у калкарентским врстама биоспаритских кречњака везан је за принос са копна који није био толико велики да би дао чисте детритичне стене.

Финозрне лапоровите стене, које се смењују са кречњацима калкаренитског типа и са вулканокластитима исто су везане за плитководна подручја само мање енергије. Глобигеринска биофација лапоровитих стена укључујући ту и лапоровите кречњаке указује на везу са отвореним морем.

Лапоровит карактер стена потенциран је и аргилитизацијом туфног материјала и то у оним случајевима у којима је глиновита компонента представљена монтморијонитом.

Поред релативно очуваног вулканског стакла у вулканокластитима и поменуте појаве аргилитизације као дијагенетске промене стакла, запажена је и појава зеолитизације са појавом минерала из хејландитске групе — клиноптилолита.

Поставља се питање шта је успорило дијагенетске промене испитиваних вулканокластита у којима је остало сачувано релативно свеже стакло, затим шта је успорило процес аргилитизације која није дала изразите бентоните и који су услови довели до почетног стадијума зеолитизације. Свакако да су одговори на питања комплексни и да зависе од многих фактора, као што су физичко-хемијски услови средине, прекривеност вулканокластита финозрним седиментима, време трајања самих процеса и други који ће бити предмет даљих истраживања.

Примљено 23. VI 1980.

Рецензенти др Надежда Крстић и Драган Пешић

ЛИТЕРАТУРА

Маринович, Ђ. и Кеменци, Р., 1964: Вулканогене седиментне творевине и њихов стратиграфски положај у неогену Војводине (на основу дубинских бушења); Записници Ср. Геол. Друш., 93—107, Београд.

Николић, Д., Терзић, М., и Похарц, В., 1975; Минералошко-хемијско проучавање туфова околине Беочина на Фрушкој Гори; Зборник радова — Симпозијум цементна инд., Нови Сад — Беочин, 33—39.

Обрадовић, Ј. и Кеменци, Р., 1975: Дијагенетске промене миоценских пирокластита из дубоких бушотина северне Бачке; Геол. Ан. Балк. Пол. XXXIX, 333—355, Београд.

Обрадовић, Ј. и Димитријевић, Р., 1978: Пирокластичне стене са аналцимом из „Сланачке серије" београдског дунавског кључа; Геол. Ан. Балк. Пол. XLII, 483—494, Београд.

Петковић, К., Чичулић, М., Пашић, М. и Ракић М., 1975: Фрушка гора, Монографски приказ геолошке грађе и тектонског склопа; Монографија Фрушке горе, Матица Српска; 267, п. Нови Сад.

Стангачиловић, Д., 1954: О бентониту Фрушке горе. Записници Ср. Геол-Друш., Београд.

Стевановић, П., 1975: Стратиграфски положај терцијарних еруптивних стена у околини Београда, Акта геологика VIII, 41, 435—465, Загреб.

Чичулић, М., 1952: Прилог за познавање миоцена на северним падинама Фрушке горе, Гласник САН, IV, Београд.

Чичулић, М., 1957: „Олигоцен" и миоцен Фрушке горе. Докторска дисертација у рукопису, Београд.

Wilson, L. J., 1975: Carbonate Facies in Geologic History, 471, p. Springer-Verlag Berlin.

Summary

THE OCCURRENCE OF TUFFS, TUFFITES AND TUFFACEOUS SEDIMENTS IN MARINE, MIDDLE MIOCENE SERIES IN THE AREA OF FRUŠKA GORA MOUNTAIN

by

Jelena Obradović and Ruža Kemenci

Key words: sedimentology, Neogene volcanism.

In the Fruška Gora Mountain, in the locality of Stari Rakovac, Monastery of Beočin and on the road Beočin — Crveni Čot, tuffs, tuffites and tuffaceous sediments occur. They alternate with carbonate and marly sediments with rich fossils remains. Transition between them often occur and tuffaceous sediments are widespread.

Tuffs and tuffites are of pelitic, rarely psammitic and aleuritic texture and they are characterized by the occurrence of horizontal lamination. Tuffs correspond to vytroclastic and crystalovytroclastic types. Besides

sharde-shape volcanic glass, quartz, plagioclase, sericite and rarely chlorite occurr volcanic ash, carbonate and clayey material as cement. In psammitic tuffs of vytrocrystaloclastic type quartz, plagioclase, biotite, amphibole and rarely piroxene appear (Monastery of Beočin). On the road Beočin — Crveni Čot carbonate and marly sediments are abundant, tuffs and tuffites sporadicaly occur. Chemical analysis of tuffs indicated ryolithic to ryodacitic composition. The content of alkalies are high up to 7%, rarely more. Diagenetic alteration of tuffs and tuffites are vissible but volcanic glas, relativly fresh, are preserved. The process of devitrification, argilitization (bentonitization) and zeolitization occur. Zeolitization is low, only clinoptilolite, in crystals up to 0.01 mm, in sharde-shape volcanic glass appear.

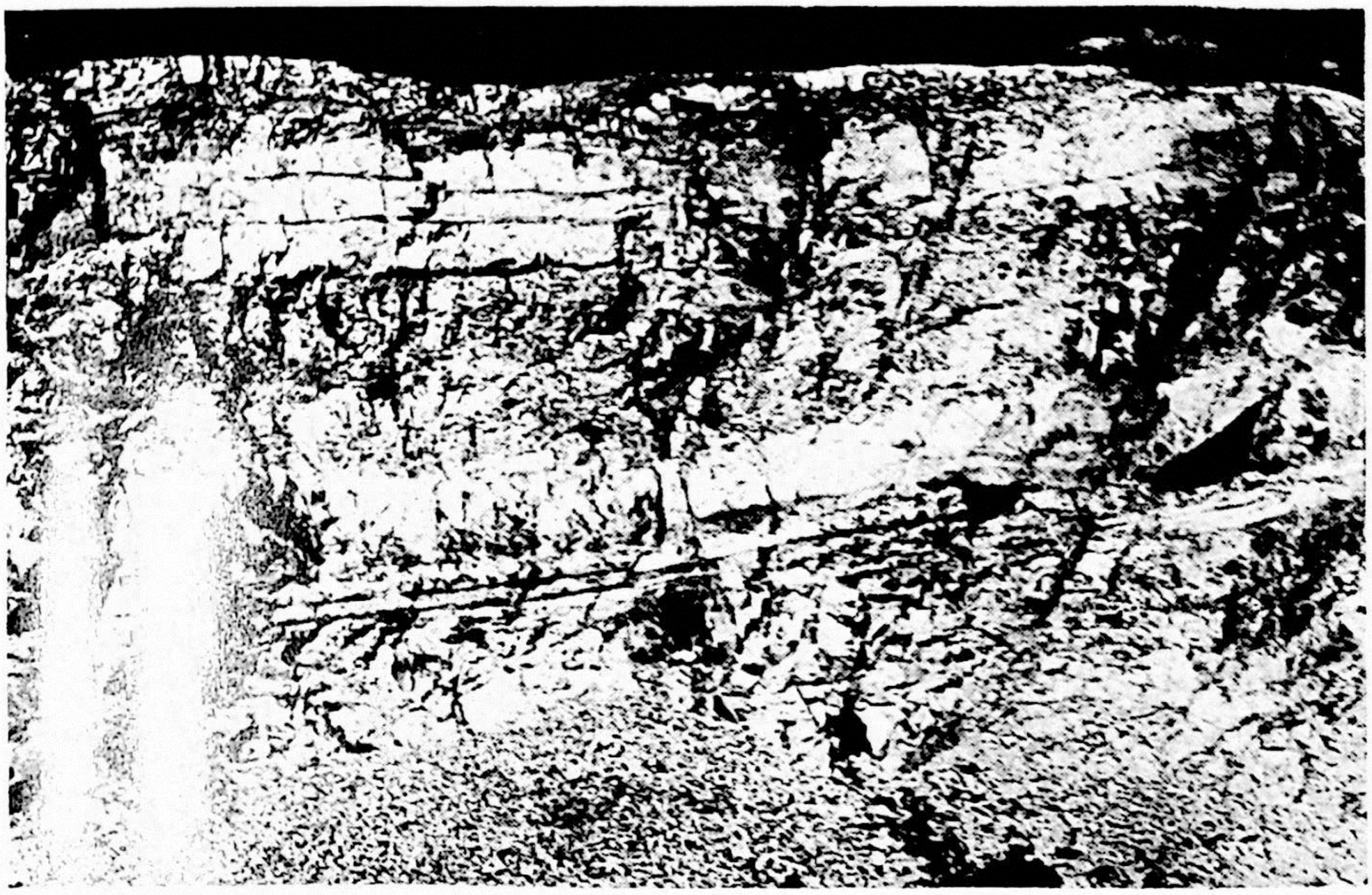
In Miocene tuffs northern of Fruška Gora Mountain clinoptilolite, mordenite and analcime have been found and hear Beograd in "Slanci seria" clinoptilolite and analcime also occur.

It is interesting question what preserved volcanic glass in investigated tuffs and gave low range of zeolitization and other processes of alteration. The question is complex and probably pH of the environment, pH of pore water, covering of finegrained sediments, the time of processes had influance on it.

Marly and carbonate rosks with reef organisms indicated shallow water marine environment with high energy (biosparitic limestone) which alternated with the condition of low energy (marly rocks). Globigerine biofacies which occur in these sediments indicated communication with open sea. In tuffs and especialy in tuffites and tuffaceous sediments the same fauna occur. Carbonate rocks (limestones) are built up of calcite and marly rocks of calcite and illite. In tuffaceous sediments montmorillonite besides calcite has been found.

* * *

ПРИЛОГ 1



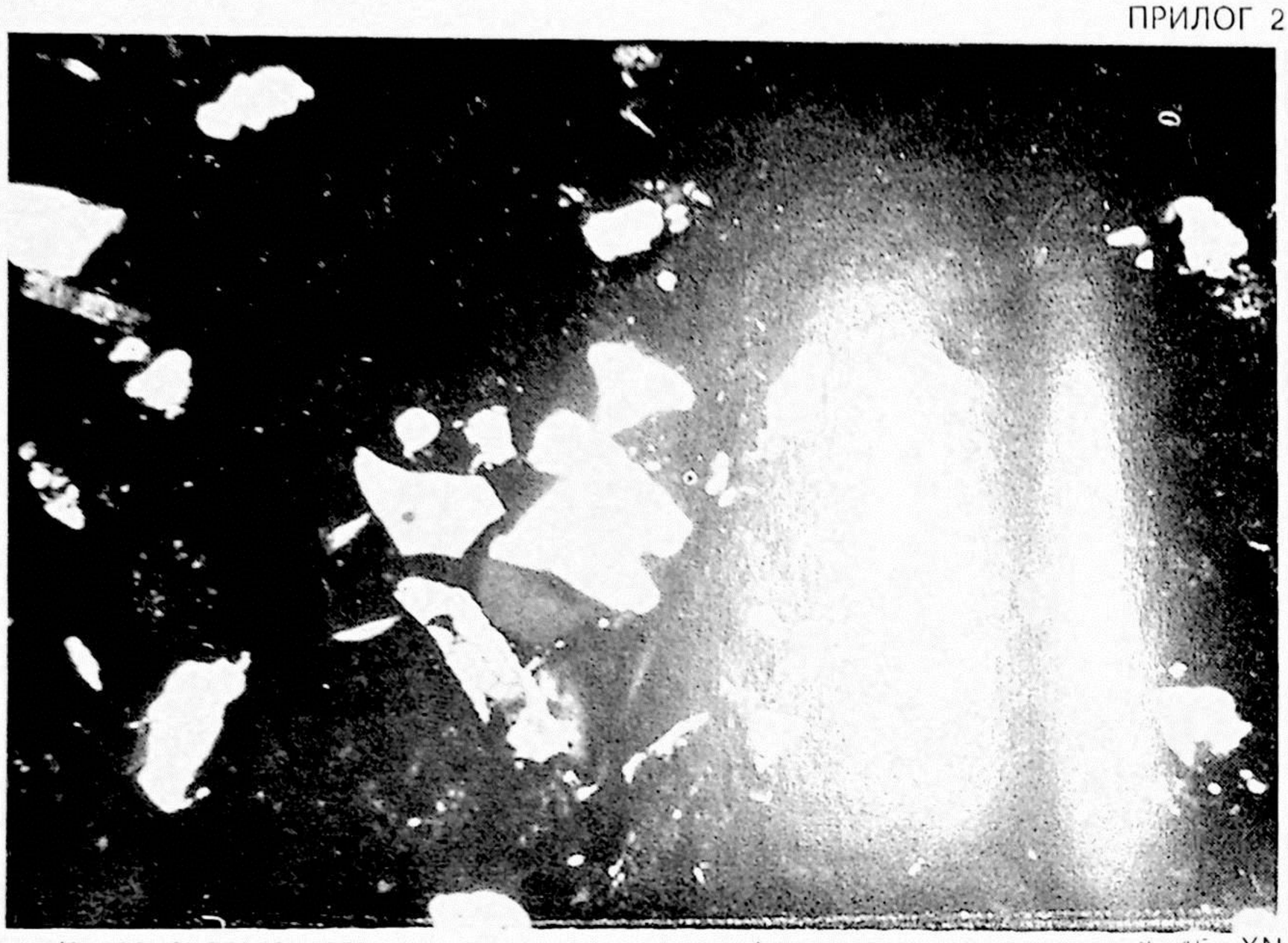
Сл. 1. — Изражена слојевитост туфова у старом мајдану код Беочинског манастира.
Fig. 1. Bedded tuffs, quarry near Monastery of Beočin.

ПРИЛОГ 1



Сл. 2. — Хоризонтална ламинација у туфу, Стари Раковац.
Fig. 2. — Horizontal lamination in tuff, Stari Rakovac.

ПРИЛОГ 2



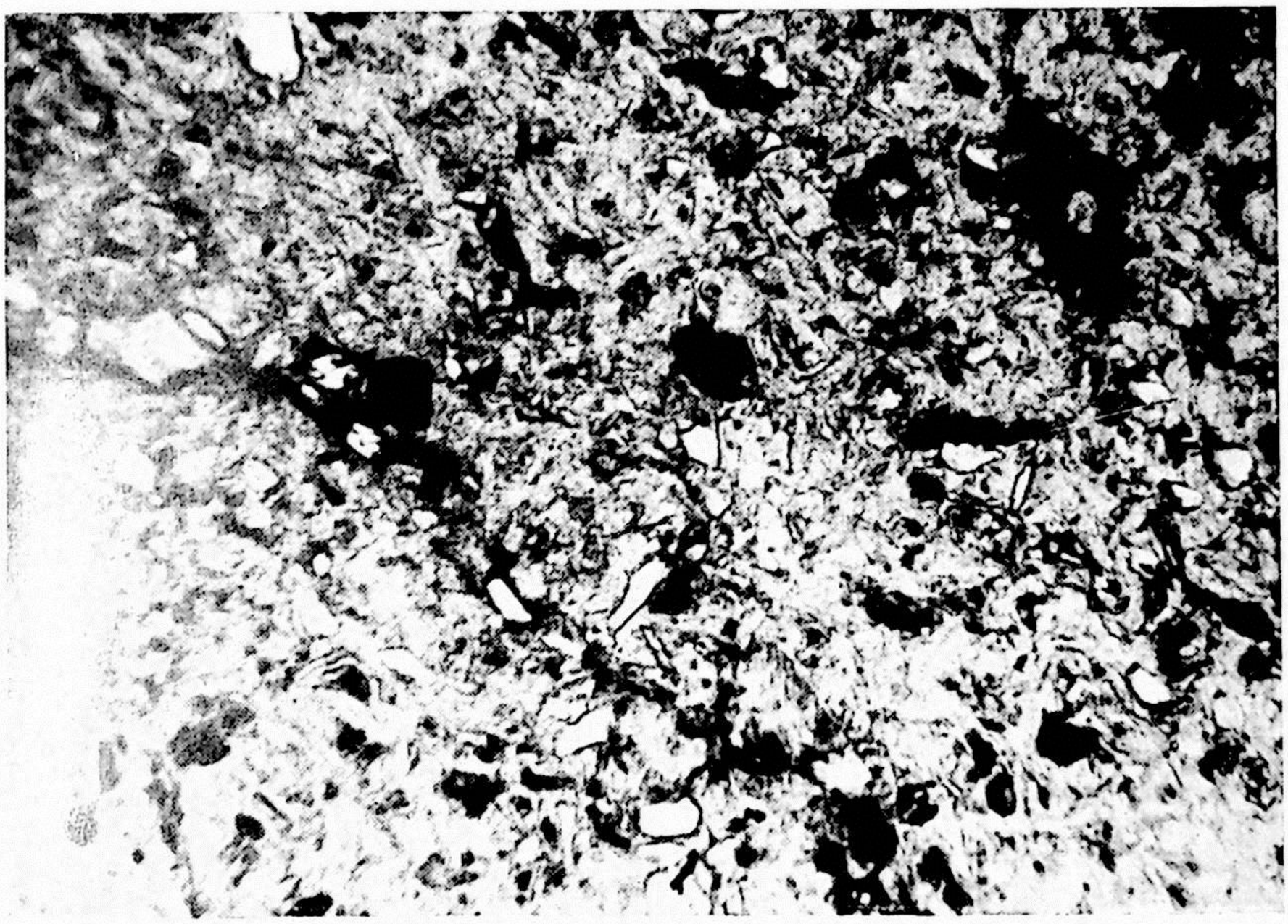
Сл. 3. — Витрокристалокластични туф, мајдан код Беочинског манастира, X 45, XN
Fig. 3. — Vitrocrystaloclastic type of tuf, quarry near Monastery of Beočin, X 45, X N.

ПРИЛОГ 2



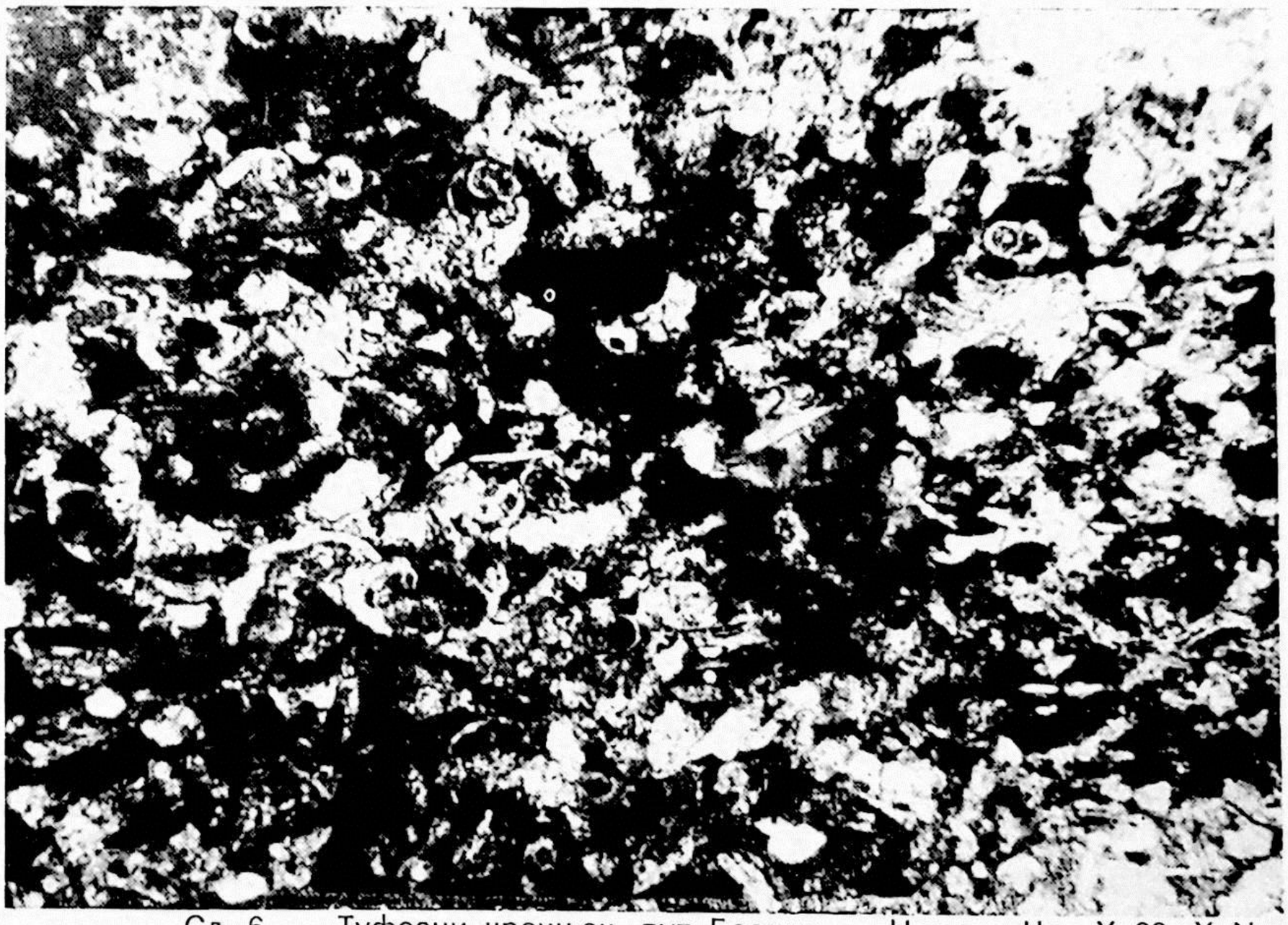
Сл. 4. — Витрокристалокластични туф, мајдан код Беочинског манастира X 45, N II
Fig. 4. — Vitrocrystaloclastic type of tuff, quarry of Monastery of Beočin, X 45, N II

ПРИЛОГ 3



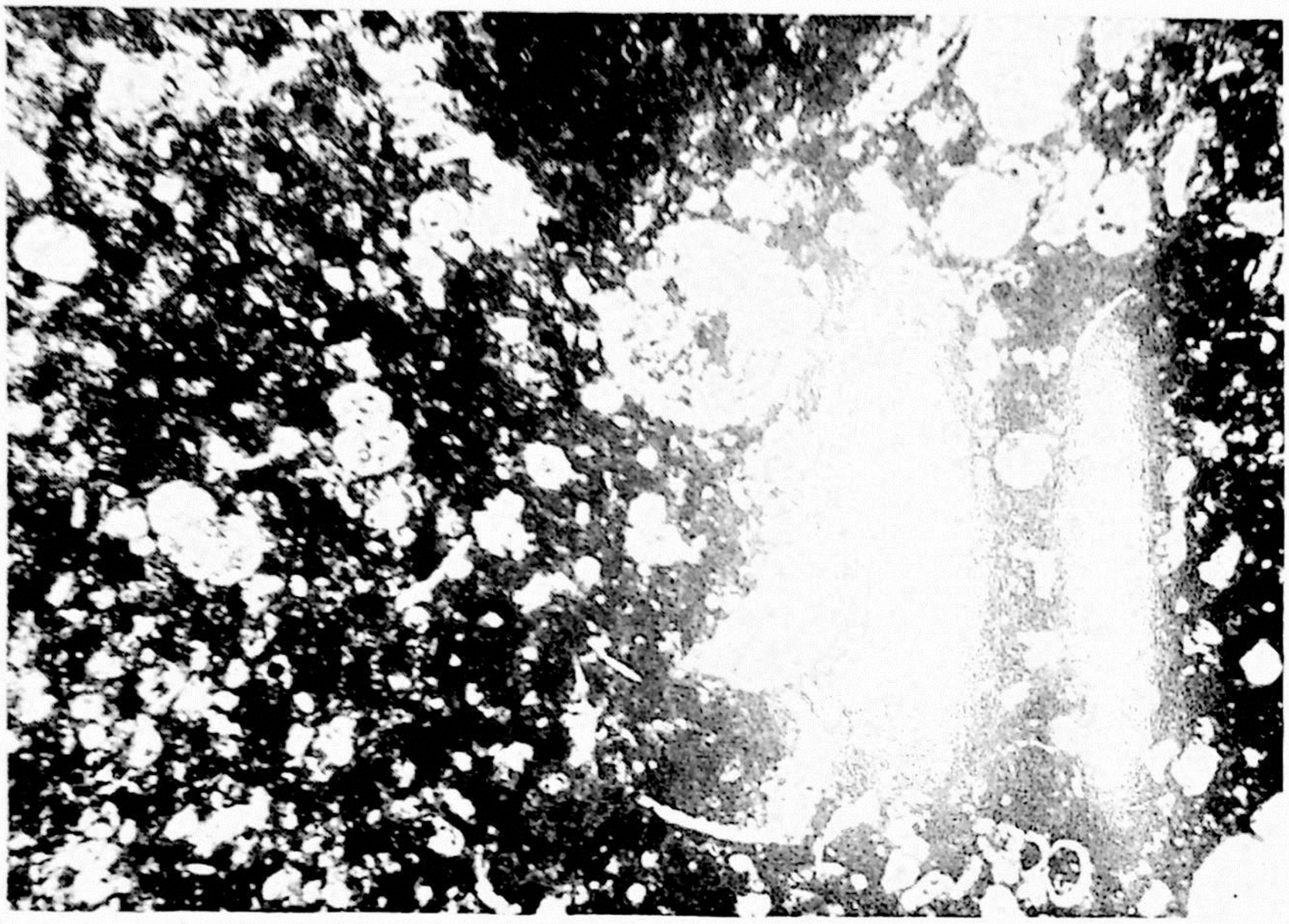
Сл. 5. — Алевритски туф, Стари Раковац, X 45, X N
Fig. 5. — Aleuritic tuff, Stari Rakovac, X 45. X N

ПРИЛОГ 3



Сл. 6. — Туфозни кречњак, пут Беочин — Црвени Чот X 63, X N.
Fig. 6. — Tuffaceous limestone, profil on the road Beočin — Crveni Čot, X 63, X N.

ПРИЛОГ 4



Сл. 7. — Биоспарит, пут Беочин — Црвени Чот, X 63, X N.
Fig. 7. — Biosparite, profile on the road Beočin — Crveni Čot X 63, X N.

ПРИЛОГ 4



Сл. 8. — Калкаренит, пут Беочин — Црвени Чот, X 45, X N
Fig. 8. — Calcarenite, profil on the road Beočin — Crveni Čot, X 45, X N

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 175—182, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 175—182, 1980, Belgrade.

Dragan Milovanović

UDK 552.3 (497.11)

ALBITSKI GRANIT KOD SELA MILATKOVIĆE (NOVI PAZAR)

Ključne reči: albitski granit, granofirska struktura, plagiograniti, dijabaz-rožnačka formacija

U području između Raške i Novog Pazara, kod sela Milatkoviće, otkrivena je nova pojava albitskog granita. Po svom mineralnom i hemijskom sastavu, kao i položaju ova stena verovatno predstavlja najkiseliji diferencijat bazaltoidne magme. Interesantno je da ima sličan hemijski sastav sa plagiogranitima Trodosa (Kipar), a da se, u poređenju sa identičnim stenama sa naših lokaliteta (uglavnom iz Bosne i Hercegovine) razlikuje po nižem sadržaju aluminije, kalije i natrije.

Albitski graniti u našoj zemlji otkriveni su, i proučavani, na više lokaliteta: Okolina Raške — (M. I l i ć, 1938); Sjenica — (S. K a r a m a t a, 1958); Bosansko Petrovo selo — J. P a m i ć, J. O l u j i ć, 1969); Povlen-Maljen — (S. P u t n i k; 1975); Konjuh-Ozren-Uzlomac — D. Đ o r đ e v i ć, V. S t o j a n o v i ć, 1964), itd.

Prvi detaljan opis stena sličnog mineralnog sastava sa područja na kome je otkriven i ovaj novi izdanak albitskog granita nalazimo u poznatoj studiji M. I l i ć a (1938): »Eruptivne stene okoline Raške«. Milan Ilić navodi da se »ataru sela Trnave i na Ivanjskoj Glavici javljaju albititi kao žice ili veće mase koje leže u serpentinitima«, a u »ataru sela Tušimlje javljaju albitski graniti koji obrazuju nekoliko omanjih masa u peščarima«.

Izdanak albitskog granita kod sela Milatkoviće nalazi se u zaseku na desnoj strani puta Raška—Novi Pazar, na oko 1 km. od sela Milatkovića, u pravcu Novog Pazara (sl. 1). Izdanak je otvoren na dužini od oko 30-ak metara. Ovaj teren pripada dijabaz-rožnačkoj formaciji. Na samom izdanku, neposredno ispod albitskih granita, nalaze se peščari verovatno dijabaz-rožnačke formacije. Kontakt sa ostalim stenama je pokriven.

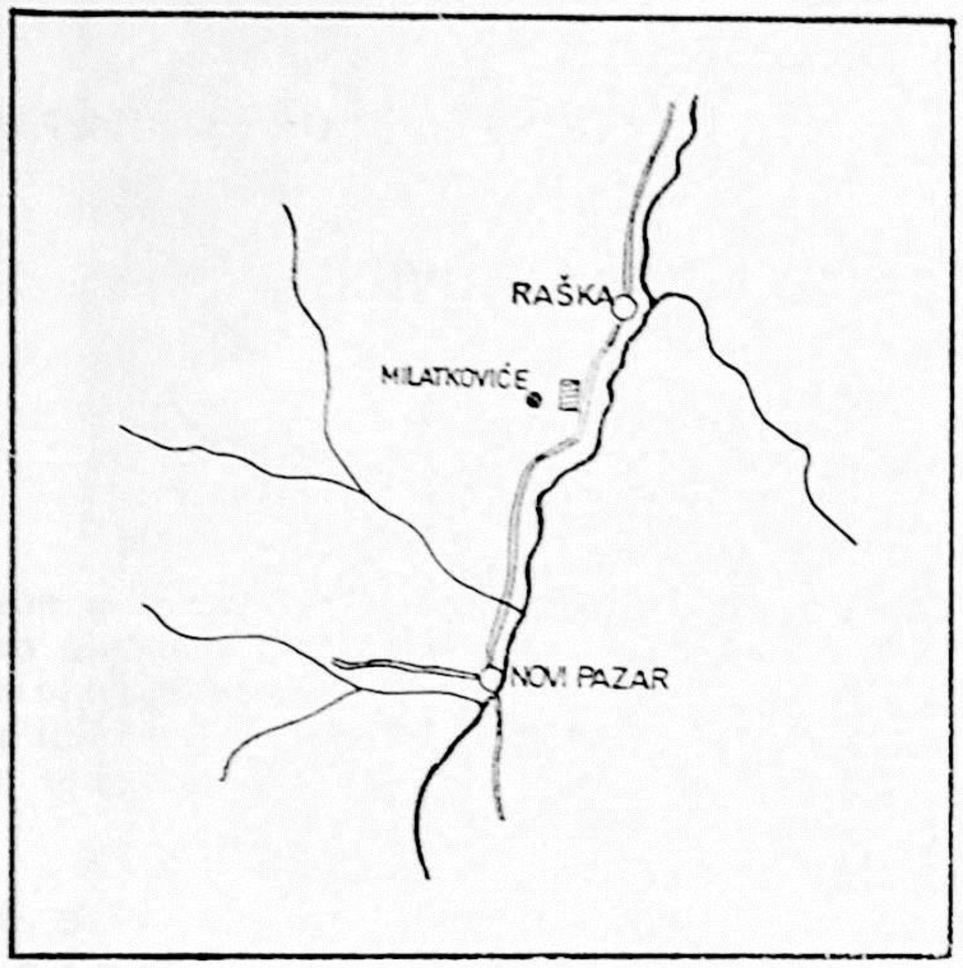
Peščari su izgrađeni od različito zaobljenih zrna kvarca, svežih zrna plagioklasa, slabo alterisanih zrna feldspata, retkih odlomaka silicijskih stena, sitnih ljuspi hloritisanog biotita i muskovita. Napred navedeni minerali vezani su mikrokristalastim karbonatnim cementom.

Na oko 30-ak m. jugozapadno od izdanka albitskog granita (direktan kontakt je pokriven) javljaju se krupnozrni gabri izgrađeni od bazičnog plagioklasa i klinopiroksena koji je delom alterisan.

Oko 200 m. severno od albitskih granita nalaze se sitnozrni gabri i žice dijabaza. Sitnozrni gabri izgrađeni su od plagioklasa i hloritisanog piro-

ksena a dijabazi su karakteristične ofitske strukture sa plagioklasom, hloritom, epidotom i kalcitom (moguće je da se radi o spilitu).

Albitski granit je sivozelene boje, masivan i zrnast (veličina zrna varira od 1—3 mm.). Izgrađen je od albita, kvarca, epidota, coisita, hlorita, sfena i metaličnih minerala. Struktura je granofirske, sa krupnim idiomorfnim zrnima albita.



Sl. 1. — Geografska skica položaja albitskog granita kod sela Milatkoviće.

Fig. 1. — Sketch-map with lokation of albite granite near village Milatkoviće.

Albit se javlja dvovrsno. Delom je u pravilnim kristalnim formama, najčešće u dvojnim blizancima. Redovno je, usled slabog alterisanja malo zamućen. Sadrži do 5% anortita (rezultati osam merenja). Čini oko 60% stene. Albit se takođe javlja i zajedno sa kvarcom, sa kojim se međusobno prorasta, gradeći vrlo karakterističnu granofirsku strukturu. (sl. 2).



Sl. 2. — Albitski granit sa granofirskom strukturom. N +, 40 ×.

Fig. 3. — Albite granite with granophiric texture. N +, 40 ×.

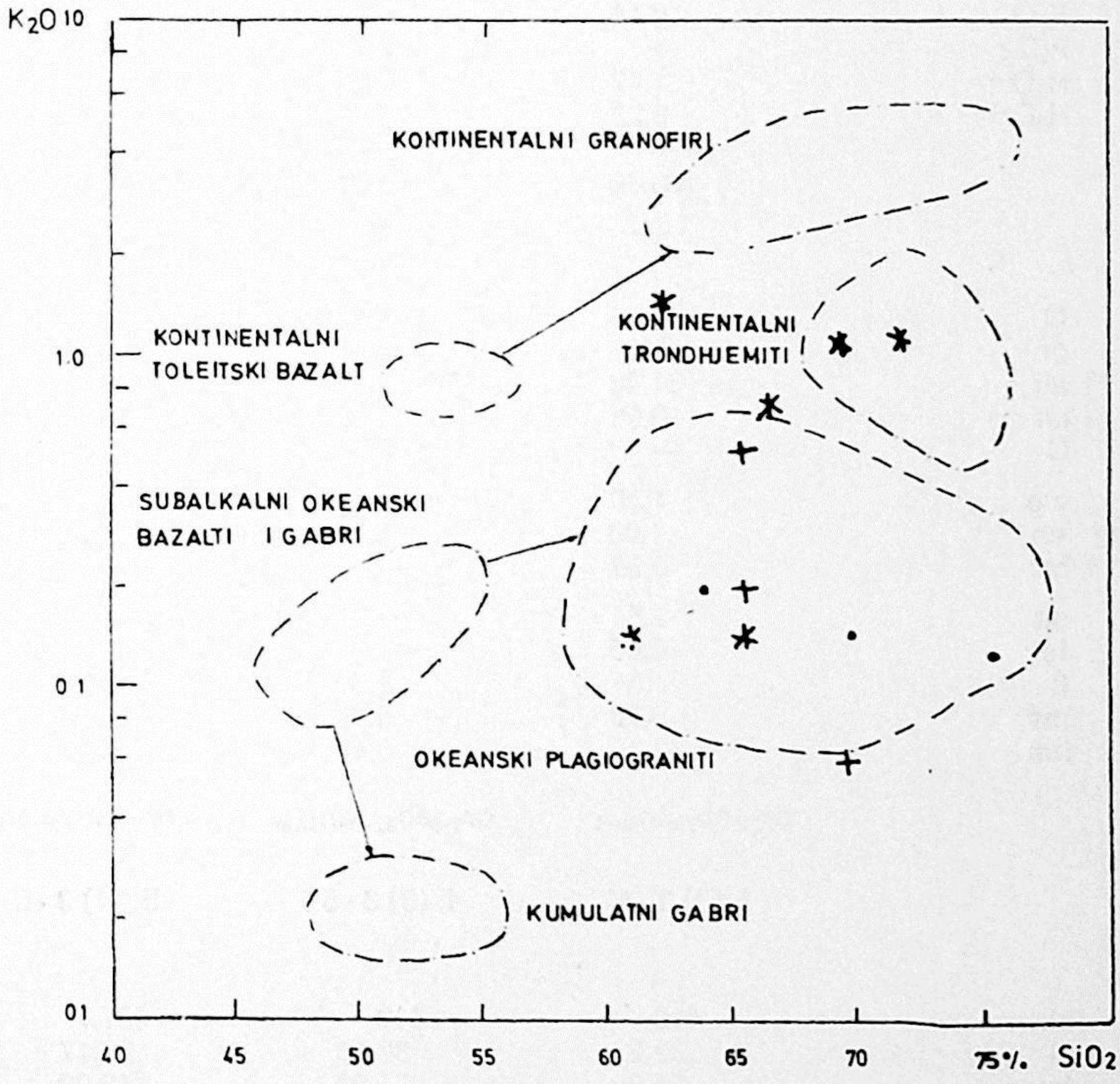
Kvarc, kao što je pomenuto, prorasta sa albitom, a sreću se i krupna zrna ovog minerala. Čini oko 25% mase stene.

Epidot i coisit uglavnom grade monomineralne agregate, mada se sreću i zajedno sa hloritom. Na pojedinim mestima zapaženi su i kao nizovi ili zone u albitu. Sadržaj ovih minerala u steni jako varira, čine oko 15% stene.

Hlorit je redak. Najčešće se javlja zajedno sa epidotom. Na pojedinim mestima uočavaju se i pseudomorfoze po nekom primarnom, bojenom mineralu od koga je hlorit nastao.

Sfen je prisutan u retkim krupnim, usamljenim zrnima.

Metalični mineralni grade trake, nepravilna nagomilanja retko krupna idiomorfna zrna. Verovatno je deo ovih minerala nastao pri raspadanju femskih minerala.



Sl. 3. — Semilogaritamski dijagram koji pokazuje položaje nekih albitskih granita i plagiogranita Jugoslavije i Trodosa (Kipar) u dijagramu Kolemana i Petermana (1975)

Legenda: • 1. Albitski graniti Milatkoviće
+ 2. Albitski graniti i plagiograniti Trodosa
*3. Albitski graniti i plagiograniti nekih naših lokaliteta

Fig. 3. — Semilog plot of SiO_2 versus K_2O illustrating the position of some albite granite and plagiogranite from Yugoslavia and Trodos (Cyprus) in dijagram of Coleman and Peterman (1975)

Legend: • 1. Albite granite Milatkoviće
+ 2. Albite granite and plagiogranite Troodos complex (Cyprus)
*3. Albite granite and plagiogranite of some Yugoslavies occurrences

Hemijske analize albitskih granita Milatkovića
Chemical analyses of albite granite Milatkoviće

Tabela 1

		1	2	3
SiO_2		75,35	69,30	63,60
TiO_2		0,58	0,75	1,17
Al_2O_3		10,00	13,16	13,32
Fe_2O_3		2,51	4,05	5,60
FeO		2,20	2,13	3,88
MnO		0,10	0,09	0,18
MgO		1,35	2,06	2,50
CaO		2,75	3,00	3,62
Na_2O		3,68	3,26	3,57
K_2O		0,14	0,24	0,29
P_2O_5		tr.	0,03	0,04
H_2O+		1,47	1,49	1,39
H_2O-		0,23	0,41	0,46
		100,36	99,97	99,62
				analitičar: S. Šaponja
Q		46,50	41,16	30,52
or		1,11	1,11	1,67
ab		31,46	27,29	30,41
an		10,58	15,30	18,36
C		—	2,24	0,61
wo		1,39	—	—
di	en	1,00	5,22	6,53
	fs	0,26	—	—
en		2,51	—	—
fs		0,66	—	—
il		1,37	1,37	2,28
mt		3,70	5,33	8,34
hm		—	0,48	1,28
normat. feldspat		$or_{2,5}ab_{73}an_{24,5}$	$or_{2,5}ab_{62,9}an_{34,6}$	$or_{3,3}ab_{60,3}an_{36,4}$
formula stene		I, (3) 3 · 5'	I, (3) 3 · 5'	II, (4) 3 · 5'
Niglijevi parametri				
	si	410	410	237,7
	al	32,2	32,16	29,17
	fm	31,9	31,83	42,99
	c	16,0	16,07	14,47
	alk	19,9	19,94	13,37
	k	0,03	0,03	0,05
	π	0,236	0,230	0,350
	mg	0,35	0,35	0,33
	γ	0,104	0,100	0,00
		granitska grupa mojitovijska magma	granitska grupa mojitovijska magma	kvarcdioritska grupa melakvarcioritska magma
Q		62,70	62,67	50,00
L		27,80	27,81	32,50
M		9,50	9,52	17,50

Hemijske analize albitskih granita Trodosa i nekih naših lokaliteta
Chemical analyses of albite granite of Trodos and of some Yugoslavies occurrences

Tabela II

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	69,40	65,40	65,20	62,16	65,70	68,68	71,94	53,47	61,25	67,56
TiO_2	0,56	0,84	0,77	tr.	0,48	0,50	0,24	1,26	0,42	0,22
Al_2O_3	14,00	14,50	13,50	22,61	17,11	17,60	13,02	15,05	19,15	15,06
Fe_2O_3	3,20	3,40	3,50	0,55	2,71	0,95	2,64	5,94	1,89	0,68
FeO	2,90	2,40	4,10	0,06	2,49	2,03	3,03	4,16	0,41	3,04
MnO	0,06	0,04	0,06	tr.	0,05	0,04	0,04	0,16	0,06	0,09
MgO	0,54	1,70	2,60	—	2,23	0,64	0,60	5,78	2,40	0,83
CaO	4,60	7,60	2,60	3,27	2,65	2,50	1,40	3,18	3,73	2,77
Na_2O	3,80	2,00	2,40	8,18	4,86	4,49	4,30	6,15	9,30	5,09
K_2O	0,07	0,30	0,64	1,48	0,22	1,18	1,21	0,03	0,23	0,94
P_2O_5	0,15	0,10	0,11	tr.	0,09	0,12	0,07	0,26	0,17	0,08
H_2O+	0,56	1,10	3,00	1,26	1,40	1,29	1,87	4,03	1,02	3,27
H_2O-	0,12	0,52	1,40	0,35	0,52	0,07	0,19	0,49	0,02	0,69
	100,00	100,00	99,90	99,92	100,51	100,09	99,96	100,05	100,05	100,32

1. Plagiogranit, 2 km. istočno od Pedhoulasa (iz rada Colemana i Petermana 1975)
2. Plagiogranit kod sela Pini (iz rada Colemana i Petermana 1975)
3. Plagiogranit, 2 km. istočno od Pedhoulasa (iz rada Colemana i Petermana 1975)
4. Oligoklazit, Kozara (Lj. Golub 1962)
5. Ab-oligoklazit-granit, Kozara (J. Pamić, I. Kapelar 1967)
6. Albitski granit Duboštica (S. Karamata, J. Pamić 1964)
7. Albitski granit Žepče (D. Đorđević, V. Stojanović 1964)
8. Albitski sijenit, Bakinci (R. Antić 1967)
9. Albitit, Bakinci (R. Antić 1967)
10. Albitski granit, Sjenica (S. Karamata 1958)

1. Plagiogranite, 2 km. east of Pedhoulas (Coleman and Peterman, 1975)
2. Plagiogranite, near village Phini (Coleman and Peterman, 1975)
3. Plagiogranite, 2 km. east of Pedhoulas (Coleman and Peterman, 1975)
4. Oligoklasite, Kozara (Lj. Golub 1962)
5. Albite-oligoklasite granite, Kozara (J. Pamić, I. Kapelar 1967)
6. Albite granite, Duboštica (S. Karamata, J. Pamić 1964)
7. Albite granite, Žepče (D. Đorđević, V. Stojanović 1964)
8. Albitessyenite, Bakinci (R. Antić 1967)
9. Albitite, Bakinci (R. Andrić 1967)
10. Albite granite, Sjenica (S. Karamata 1958)

Hemijske analize tri uzorka albitskog granita, iz centralnog dela izdanka (analiza 1), sa jugozapadnog dela izdanka (analiza 2) i severoistočnog dela izdanka (analiza 3) date su u tabeli I. Rastojanja između proba su oko desetak m.

Na osnovu mineralnog i hemijskog sastava ove stene odstupaju od normalnih granitoidnih stena po izrazito niskim sadržajima kalijuma i, za ovako silicijske stene, visok sadržaj titana. Stene ovog sastava javljaju se samo kao diferencijat gabro magme u ofiolitskim kompleksima ili u većim gabrovskim masama. Po mestu pojavljivanja — blizini gabrovskih stena ofiolitske asocijacije najverovatnije je da ispitivani albitski granit kod Milatkovića predstavlja »normalan član« magmatskog dela dijabaz-rožnačke formacije.

Takav karakter potvrđuje i korelisnje sa sličnim stenama u ofiolitskim kompleksima, što je naročito vidljivo iz dijagrama K_2O/SiO_2 (po Colemanu i Petermanu 1975) koga ćemo, u daljem tekstu, koristiti za korelaciju i diskusiju o poreklu.

Ova stena u tom dijagramu (sl. 3) »pada« u područje okeanskih plagiogranita koji predstavljaju diferencijat kumulatnih gabra, a znatno se razlikuje od kontinentalnih granitoida i njihovih diferencijata.

Interesantno je da albitski granit kod Milatkovića ima skoro identičan mineralni i hemijski sastav sa plagiogranitima Trodosa (Kipar), tabela II. U poređenju sa albitskim granitima naših lokaliteta (uglavnom iz Bosne i Hercegovine), tabela II, imaju niži sadržaj aluminije, natrije i kalije.

Rezultati dela analiza albitskih granita iz Bosne i Hercegovine (analize 4,6 i 7) »padaju« u područje kontinentalnih trondhjemita, odnosno ove stene (po K o l e m a n u i P e t e r m a n u) svrstavaju se u diferencijate kontinentalnih bazalta. Međutim granično područje između kontinentalnih trondhjemita i okeanskih plagiogranita u ovom delu dijagrama je vrlo usko (sl. 3), te i vrlo mala promena hemijskog sastava (naročito kalije) svrstava ove stene u jednu ili drugu grupu. Mnogo je verovatnije da su one takođe najkiseliji diferencijati okeanskih gabroida, ali da su delom, vrlo slabo, kontaminirani materijalom iz kontinentalne kore ili sa sedimentima.

Zaključak

Na osnovu mineralnog sastava i hemizma albitski granit Milatkovića predstavlja »normalan« član gabro-dijabazne asocijacije. Verovatno je da magme ovog hemizma u plićim nivoima daju i kvarckeratofire koji se takođe javljaju u ovoj asocijaciji.

Usled ograničenog pojavljivanja ovih stena, verovatno je da one nastaju samo pri specifičnim uslovima diferencijacije bazaltoidne magme.

Primljeno: 27. XI 1980. *Recenzent* dr Stevan Divljan

LITERATURA

Coleman R. G., Peterman Z. E., 1975: Oceanic Plagiogranite. Journal of Geophysical Research, vol. 80, No. 8, march 10.

Đorđević D., Stojanović V., 1964: Prvi nalaz albitskog granita u ofiolitskoj zoni Konjuh—Ozren—Uzlomac. Geološki glasnik No. 10, Sarajevo.

Golub Lj., 1962: Petrografija i petrogeneza eruptivnih stena južnog pobočja planine Kozare. Acta Geologica III.

Ilić M., 1938: Eruptivne stene okoline Raške. Vesnik geološkog instituta kraljevine Jugoslavije, knjiga VII, Beograd.

Karamata S., 1958: Albit-granit von Sjenica (Serbijen). Neues Jahrb. f. Miner. 6.

Karamata S., Pamić J., 1964: Pojave granitoidnih stena u srednjoj Bosni. Geološki glasnik No. 10, Sarajevo.

Pamić J., Đorđević D., 1974: O problemu kiselih i intermedijarnih stijena u bosanskoj serpentinitskoj zoni. III simpozijum Dinar. asoc. 2. Zagreb.

Pamić J., Kapeler M., 1967: Gabrodoleritska masa Kozaračkog potoka u okolici Prijedora (SZ Bosna). Acta geologica V.

Pamić J., Olujić J., 1969: Albitski graniti s Gostilja u okolini azbestnog rudnika Bosansko Petrovo Selo. Geološki glasnik No. 13, Sarajevo.

Putnik S., 1975: Pojave granitoidnih stena u dijabaz-rožnačkoj formaciji na potezu Povlen-maljen Radovi instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 10. Beograd.

Summary

ALBITE GRANITE NEAR VILLAGE MILATKOVIĆE (NOVI PAZAR)

by

Dragan Milovanović

Key words: albite granite, granophyre texture, plagiogranite, diabase-chert formation.

Albite granite occurrence is found near Milatkoviće village on the right hand side of the road Raška—Novi Pazar (in the direction of Novi Pazar), fig. 1.

There are sandstone immediately bellow the albite granite, while the contact zone with surrounding rocks (gabbros towards south-west and microgabbros and diabase towards north-east) is covered. This area belongs to the diabase-chert formation.

Albite granite texture is massive, with granules of 1—3 mm. It consits of albite (up to 5% An), quartz, epidote, zoisite, chlorite, sphene and metalic minerals. It displays characteristic granophyric structure, fig. 2.

Table I contains chemical analyses of three albite granite samples: from central part of the outcrop (analysis 1), from south-western part (analysis 2) and from north-eastern part (analysis 3). Distance among samples is some ten meters.

skog vrha, ali model je jednako primenljiv na sve tipove magmatskih, sedimentnih i metamorfnih stena. Pri tome su učinjena nova saznanja o prirodi ovoga odnosa, a naročito u vezi sa dilemom izračunavanja srednje vrednosti Th/U. Ukratko su izložene teorijske osnove modela izučavanja odnosa Th/U kao i standardizacija pojmova i metoda obrade podataka, kao i grafičko pretstavljanje pomoću dvokomponentnog histograma.

U našoj naučnoj i stručnoj literaturi malo je radova koji obrađuju odnos Th/U, a za gredenske tvorevine Žirovskog vrha ove odnose su izučavali M. Protić i S. Gojković (1965). Kao srednju vrednost odnosa ovi autori uzimaju aritmetičku sredinu pojedinih Th/U svake probe, što je svakako operacija u skladu sa uobičajenom metodologijom statističkih ispitivanja. Pri tome uopšte nije korišten odnos srednjih sadržaja torijuma i urana ($\bar{y}/\bar{x}$), što znači da nije uočena mogućnost izražavanja odnosa Th/U pomoću ovih parametara.

Dvokomponentni histogrami odnosa torijuma i urana izrađeni su paralelno u linearnim i logaritamskih statističkim razmerama, za svaki statistički uzorak ispitivanja. Odnos $w=Th/U$ je definisan kao funkcija $f(w)$, koja igra ulogu nezavisne geološke promenljive. Histogrami ove funkcije su konstruisani uobičajenim postupkom. Raspodele relativnih frekvencija komponenti (elemenata) urana i torijuma, kao zavisnih geoloških promenljivih, date su u vidu dvokomponentnog histograma, što predstavlja novinu u tipu histograma.

Ovaj vid statističkih ispitivanja predstavlja novu mogućnost primene metodologije statističkih ispitivanja autora, koja se prvi put izlaže u vidu inicijative oživljavanja upotrebe odnosa Th/U kao indikatora procesa migracije i akumulacije urana i torijuma u okviru primarne i sekundarne diferencijacije materije kontinentalne kore naše planete.

U ovom radu služili smo se podacima sakupljenim od strane više istraživača koji su radili na Žirovskom vrhu (S. Radošević, V. Omaljev, S. Gojković, C. Markov). Radiometrijske analize su urađene u radiometrijskoj laboratoriji Geoinstituta, od strane R. Nedimović i S. Gojkovića.

Definicije i standardizacija pojmova i metodologije pri ovim statističkim izučavanjima se nalaze u početnoj fazi, te je autor unapred zahvalan na kritičkim primedbama i sugestijama u smislu usavršavanja same metodologije, kao i šire geološke problematike vezane za istraživanje mineralnih sirovina uopšte.

ODNOSI TORIJUMA I URANA U STENAMA ZEMLJINE KORE

Ocena srednjih sadržaja elemenata u zemljinoj kori je od suštinskog značaja za razumevanje globalnih procesa diferencijacije materije i formiranja pojedinih stenskih kompleksa. Iznenađuje relativno malo objavljenih radova na kompleksnoj oceni srednjih sadržaja elemenata za zemljinu koru, a termin srednjeg sadržaja — klark (po predlogu A. E. Fersmana) nije prihvaćen na Zapadu. Ocena srednjih sadržaja torijuma i urana u zemljinoj kori i njenim diferencijatima je veoma različita i do sada još uvek malo usaglašena. Stariji istraživači (F. W. Clarke, H. S. Washington, V. M. Goldschmidt, A. E. Fersman) daju relativno visoke vrednosti klarka urana, čak do 80 ppm, u zemljinoj kori

(Clarke and Washington, 1924 — po G. V. Vojtkeviču, 1976); što je znatno umanjeno radovima mlađih autora. Ocene srednjih sadržaja K. K. Turekian-a i K. H. Wedephol-a je kompleksna po vrstama stena, ali nedostaju ocene za zemljinu koru. Ocena srednjih sadržaja elemenata A. P. Vinogradova (1962) je veoma kompleksna i većinom prihvaćena, naročito na Istoku. Ocena S. R. Taylor-a (1964) je usaglašena ocena srednjih sadržaja elemenata velikog broja autora po pojedinim petrogenim kompleksima, a među njima i Vinogradova. Naročito je interesantna kompleksna ocena A. B. Ronova i A. A. Jarošev-skog (1976) za pojedine tipove zemljine kore i pojedine geosfere i litološke komplekse, koji ih izgrađuju.

Ocene srednjih sadržaja urana i torijuma za pojedine komplekse zemljine kore dati su u tabeli 1. Odnos Th/U je izračunat iz odnosa srednjih sadržaja torijuma i urana (oznaka $\hat{w}$).

Ocena Turekian-a i Wedepohl-a je veoma detaljna po vrstama stena, ali odnosi Th/U veoma variraju. Evidentan je stalni pad vrednosti ovog odnosa, počev od granitoida sa niskim kalcijumom do bazičnih magmatskih stena. Odnos Th/U u sedimentnim stenama je veoma neujednačen.

Sudeći po odnosu Th/U ocena Vinogradova je veoma usaglašena za magmatske stene, izuzev za intermedijarne gde je prenizak klark torijuma tako da je *w* znatno umanjeno ispod vrednosti za ostale magmatske stene. Ovaj odnos *w* je bitno umanjen u sedimentnim stenama, što je svakako posledica sedimentne diferencijacije materijala, koje se karakterišu obogaćenjem u uranu.

Ocena srednjih sadržaja Taylor-a za kontinentalnu koru i magmatske stene daje umanjen odnos Th/U, na nivou odnosa u sedimentima po Vinogradovu. To je posledica povećanog klarka urana uz minimalno smanjenje klarka torijuma.

Interesantna je ocena srednjih sadržaja urana i torijuma Ronova i Jaroševskog, ona je izuzetna po strogosti (autori smatraju da je to gornji nivo stvarnih sadržaja ovih elemenata u stenama). Odnosi Th/U su monotono ujednačeni po vrednostima, nema bitnih razlika između magmatskih stena i sedimenata, a takođe nema razlika ni među pojedinim geosferama kontinentalne kore.

Sem izuzetka Vinogradova, ostali autori su malo vodili računa o odnosima torijuma i urana prilikom ocene srednjih sadržaja ovih elemenata u stenama. Na osnovu izloženih podataka smatramo da su ocene Vinogradova najupotrebljivije, jer ne samo da izražavaju suštinsku razliku između magmatskih stena i sedimenata, već su — verovatno — realne i po vrednostima klarka za ove elemente. Ocene Ronova i Jaroševskog su preniske (kao i ocene Turekian-a i Wedepohl-a), naročito po klarku torijuma; a ocene Taylor-a su previsoke, naročito po klarku urana.

Vrednost odnosa srednjih sadržaja torijuma i urana $w=Th/U$ za magmatske stene je na nivou 5 i više, dok vrednosti ovog odnosa za sedimentne stene su na nivou 3,5. U ovom radu najviše se služimo vrednostima ocene Vinogradova.

Tabela 1 — Srednji sadržaji i odnosi urana i torijuma u zemljinoj kori i stenama

Litološka jedinica	U ppm	Th ppm	$\hat{w} = \frac{Th}{U}$
Po K. K. Turekian-u i K. H. Wedepohl-u (1961.)			
Granitoidi			
— visok kalcijum	3,0	8,5	2,83
— nizak kalcijum	3,0	17,0	5,67
Sijeniti	3,0	13,0	4,33
Bazaltne stene	1,0	4,0	4,00
Ultrabazične stene	0,001	0,004	4,00
Sedimentne stene			
— glineni škriljci	3,7	12,0	3,24
— peščari	0,45	1,7	3,78
— karbonati	2,2	1,7	0,77
Po A. P. Vinogradovu (1962.)			
Zemljina kora (2 dela kiselih i 1 deo bazičnih stena)	2,5	13,0	5,20
— kisele magmatske stene	3,5	18,0	5,14
— intermedijarne magmatske stene	1,8	7,0	3,89
— bazične magmatske stene	0,5	3,0	6,00
— ultrabazične magmatske stene	0,003	0,005	1,67
— sedimentne stene	3,2	11,0	3,44
Po S. R. Taylor-u (1964.)			
Kontinentalna kora	2,7	9,6	3,56
— graniti	4,8	17,0	3,54
— bazalti	0,6	2,2	3,67
Po A. B. Ronovu i A. A. Jaroševskom (1976.)			
Kontinentalna kora	1,6	6,3	3,94
— sedimentni sloj	2,0	6,6	3,30
— granitski sloj	2,7	11,6	4,30
— bazaltski sloj	0,7	2,4	3,43
Kontinentalna kora platformi	2,3	8,3	3,61
— peskovi	2,0	8,0	4,00
— gline	3,0	12,8	4,27
— karbonati	1,6	1,9	1,19
Kontinentalna kora geosinklinala	1,9	6,0	3,16
— peskovi	1,9	9,2	4,84
— gline	2,9	7,8	2,69
— karbonati	1,1	1,8	1,64

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Osnovni pojmovi i definicije nove metodologije statističkih ispitivanja raspodele elemenata u prirodnoj sredini su objavljeni (V. O m a l j e v, 1978b), te se isti neće ponavljati, sem u najnužnijem obimu. Izlažemo nove pojmove i definicije, odnosno definišemo standardizaciju termina i operacija, uključujući i način grafičke dokumentacije ispitivanja odnosa torijuma i urana u prirodnoj sredini.

Informacije (probe) o koncentracijama urana i torijuma posmatramo kao dvokomponentni sistem, što znači da je moguće izraziti i njihov odnos kao odnos koncentracija Th/U.

Svaka proba pretstavlja jediničnu veličinu, koja je po volumenu uslovno jednaka u geološkoj sredini koju statistički ispitujemo. Jedinična zapremina *(v)* informacije (podataka, probe) sadrži jediničnu količinu materijala *(q)*, koja u stvari materijalno predstavlja probu. U jediničnoj količini materijala nalazi se jedinična količina ispitivanog elementa, koja u stvari pretstavlja njegovu srednju koncentraciju. Proba kao dvokomponentni sistem sadrži jedinične količine dva elementa: urana *(x)* i torijuma *(y)*, izražene u dimenzijama njihove koncentracije (u našem slučaju g/t, odnosno ppm).

Odnos jediničnih količina torijuma i urana je nova informacija (podatak) bez dimenzija, koja pretstavlja odnos:

$$\frac{y}{x} = w \qquad (1)$$

Da rezimiramo: svaka informacija ima četiri parametra:

1. Jediničnu zapreminu *(v)*, odnosno jediničnu količinu materijala *(q)*, koju zovemo orudnjenje st. (statističko).
2. Jediničnu količinu prvog elementa *x* (urana).
3. Jediničnu količinu drugog elementa *y* (torijuma).
4. Odnos jediničnih količina elemenata $w = y/x$, što pretstavlja informaciju bez dimenzija.

Prvi parametar pretstavlja konstantu, jer je jedan od preduslova jednakost volumena, odnosno težine, svake informacije; koji može igrati ulogu samo zavisne promenljive. Jedinične količine komponenti proba (elemenata) su geološke promenljive, koje mogu igrati ulogu nezavisne i zavisne geološke promenljive. Odnos njihovih jediničnih količina $w = y/x$ je nova informacija, koja može igrati ulogu samo nezavisne geološke promenljive.

Karakter ovih statističkih ispitivanja odnosa torijuma sa uranom se zadovoljava ulogom parametra $w = Th/U = y/x$ kao jedine nezavisne geološke promenljive, dok parametri informacija *q*, *x* i *y* igraju samo ulogu zavisnih promenljivih. Pri tome se raspodele relativnih frekvencija svakog parametra ponašaju kao funkcije po nezavisnoj promenljivoj, što definišemo na sledeći način:

$f(w)$ — Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. po nezavisnoj geološkoj promenljivoj *(w)*.

$f_x(w)$ — Raspodela relativnih frekvencija urana po nezavisnoj geološkoj promenljivoj.

$f_y(w)$ — Raspodela relativnih frekvencija torijuma po nezavisnoj geološkoj promenljivoj.

Parametar $w = y/x$ pretstavlja neimenovan broj (bez dimenzija), zato informacija po parametru koji igra ulogu nezavisne promenljive nema dvojni karakter, te je to suštinska razlika u odnosu kada je parametar koji igra ulogu nezavisne promenljive dvojnog karaktera (elemenat, čija količina igra ulogu zavisne promenljive u odnosu na svoju koncentraciju kao nezavisno promenljivu).

Raspodela relativnih frekvencija po nezavisnoj promenljivoj $w = y/x$ je moguće grafički prikazati u obliku histograma i dijagrama (krive gu-

stine). S obzirom da je histogram najpregledniji oblik grafičkog pretstavljanja, služimo se samo histogramima, kojih može biti dve vrste:

I H i s t o g r a m, na kome je prikazana samo raspodela funkcije *f(w)*.

II D v o k o m p o n e n t n i h i s t o g r a m, na kome je prikazana još i raspodela dve komponente (elementa) kao $f_x(w)$ i $f_y(w)$.

HISTOGRAM

Histogram, na kome je prikazana samo raspodela relativnih frekvencija 1. parametra (jedinične zapremine, odnosno orudnjenja st.) identičan je sa uobičajenim histogramom, koji se javlja kao oblik grafičke pretstave raspodele u svim drugim statističkim metodologijama. Raspodela frekvencija se daje u obliku stubova, u apsolutnim ili relativnim frekvencijama. Konstrukcija ovog histograma ne zahteva mnogo rada ni vremena, jer se frekvencije orudnjenja st. odnose kao frekvencije broja podataka, budući da su jedinične zapremine informacija (proba) jednake.

Parametri raspodele ovog oblika histograma su medijana skupa *(M)* i aritmetička sredina skupa *(w)*. Medijana skupa je srednji član skupa, koja se kod simetričnih raspodela poklapa sa modusom i aritmetičkom sredinom. Srednja vrednost skupa je aritmetička sredina numeričkih vrednosti svih članova skupa (populacije), po obrascu:

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_i}{N} \qquad (2)$$

Histogrami raspodele frekvencija odnosa Th/U u radu M. P r o t i ć a i S. G o j k o v i ć a (1965) su bili histogrami ovog tipa, zato su kao srednje vrednosti ovih odnosa date aritmetičke sredine $\bar{w}$. Slično je i u svim ostalim objavljenim ispitivanjima, razni autori smatraju da je ovaj parametar raspodele $(\bar{w})$ onaj pravi, zato su ga izračunavali bez obzira na drugu mogućnost odnosa srednjih sadržaja ovih elemenata (komponenti).

U slučaju kada iz bilo kojih razloga autori publikacija nisu izračunali aritmetičku sredinu mi ostajemo bespomoćni, jer nismo u stanju da izvedemo operaciju određivanja srednje vrednosti bez poznavanja svih članova skupa. Iz istih razloga do sada mi nije bilo poznato da je odnos srednjih sadržaja torijuma i urana $(\bar{y}/\bar{x})$ bio tretiran kao srednja vrednost za izučavani litološki kompleks kao prirodnu sredinu. Uverenje da je aritmetička sredina jedina prava srednja vrednost odnosa torijuma i urana u stenama bilo je ograničavajući faktor kod posmatranja ovog kriterijuma, što se višestruko negativno odrazilo na iskorišćavanje ovog odnosa kao kriterijuma ocene.

DVOKOMPONENTNI HISTOGRAM

Na dvokomponentnom histogramu raspodela frekvencija, prikazane su još i raspodele komponenti (elemenata) kao zavisnih promenljivih po nezavisnoj geološkoj promenljivoj $w = y/x$. Raspodele frekvencija ovih

zavisno promenljivih komponenti su prikazane stubićima u sredini stuba raspodele orudnjenja st. Izrada ovog histograma je znatno složenija, jer zahteva formiranje tabela apsolutnih i relativnih frekvencija zavisnih promenljivih (elemenata).

Dvokomponentni histogrami pri ovim ispitivanjima su konstruisani u linearnim (sl. 1, 3 i 5) i logaritamskim (sl. 2, 4 i 6) statističkim razmerama. Relativne frekvencije orudnjenja st. su date stubovima po svakoj klasi nezavisne promenljive, a frekvencije zavisno promenljivih komponenti su date stubićima u sredini svake klase orudnjenja st.; frekvencije urana su date sa leve, a frekvencije torijuma sa desne strane.

Napominjemo da pojam statističke razmere nema nikakve veze sa pojmom grafičke razmere (V. O m a l j e v, 1978a, 1978b).

Osnovni parametri raspodele orudnjenja st. su medijana *(M)* i aritmetička sredina $(\bar{w})$, kao i u prethodnom (osnovnom) histogramu. Ovi parametri se odnose samo na krivu gustine $f(w)$, i kada nema raspodele frekvencija zavisno promenljivih komponenti nema dileme u reprezentativnost parametra $\bar{w}$.

Posmatrajući odnose raspodela relativnih frekvencija zavisnih komponenti urana i torijuma zapažamo neke zakonitosti. Na niskim vrednostima apscise, relativne frekvencije urana veoma preovlađuju nad relativnim frekvencijama torijuma. Ove razlike se idući u desno po apscisi smanjuju, da bi se najzad došlo do tačke izjednačenja relativnih frekvencija urana i torijuma (ova tačka se na histogramima direktno ne vidi). Idući dalje u desno (ka većim vrednostima nezavisne promenljive), sada preovlađuju relativne frekvencije torijuma nad uranovim, sve više i više do maksimalne vrednosti. Na taj način se razlikuju dva polja: levo polje preovladavanja relativnih frekvencija urana i desno polje preovladavanja torijuma (slike). Ovaj fenomen dolazi od suštine odnosa Th/U i zato izuzetnu ulogu mora imati tačka preseka krivih gustina $f_x(w)$ i $f_y(w)$. Ova tačka pretstavlja odnos aritmetičkih sredina komponenti, i nju obeležavamo sa:

$$\hat{w} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\Sigma y_i}{\Sigma x_i} \qquad (3)$$

Na osnovu odnosa ovih funkcija preliminarno smatramo da je prava suština odnosa Th/U iskazana brojnom vrednošću odnosa srednjih sadržaja ovih komponenti $\hat{w} = \bar{y}/\bar{x}$ (po obrascu 3), a da vrednost $\bar{w}$ (po obrascu 2) kao aritmetička sredina pretstavlja samo parametar funkcije $f(w)$.

Na svakom dvokomponentnom histogramu pri ovim ispitivanjima (sl. od 1 do 6) na apscisi su naneti položaji pomenutih parametara $(M, \bar{w}$ i $\hat{w})$, a ove tačke igraju ulogu glavnih tačaka dvokomponentnih histograma.

GREDENSKI SLOJEVI ŽIROVSKOG VRHA

Formacija gredenskih slojeva na Žirovskom vrhu je razvijena u kontinentalnoj faciji, te pripada terigenim klastičnim tvorevinama tipa crvenih slojeva (red beds). To su fluvijalni sedimenti stvoreni u basenu jednog raz-

vijenog rečnog sistema. Na osnovu regionalne superpozicije, ove tvorevine su stvarane za vreme srednjeg perma. Fluvijalna sedimentacija je imala cikličan karakter, smenjuju se sedimenti rečnih korita i poplavnih ravnina, u okviru pet ciklusa, koje zovemo ritmovi sedimentacije (V. O m a l j e v, 1967, 1979a).

Formaciju gredenskih slojeva Žirovskog vrha delimo na dve subformacije, na osnovu litološko-geohemijskih karakteristika njenih klastičnih tvorevina, i to na:

1. Sivu gredensku subformaciju, kao stariju, i
2. Crvenu gredensku subformaciju, kao mladu.

Tvorevine sive gredenske subformacije (ranije sive serije) su stvarane u uslovima postojanja velikog rečnog korita, sa poplavnim ravninama koje je reka neprestano proširivala. Granulometrijska diferencijacija pri sedimentaciji je maksimalna, smenjuju se tvorevine živih rečnih korita grublje granulacije sa tvorevinama poplavnih ravnina, koje su sitnozrnije granulacije. Osnovni položaj tek nataloženi htvorevina u odnosu na nivo stalnih podzemnih voda odredio je geohemijske uslove sredine. Sedimenti rečnih korita su za vreme i posle sedimentacije stalno bili u redukcionim uslovima ispod nivoa stalnih podzemnih voda, te su ove tvorevine uspele da očuvaju sivu boju, koja ih trajno karakteriše. Sedimenti poplavnih ravnina su se pretežno nalazili iznad nivoa podzemnih voda, te dolazi do intenzivne oksidacije i ove se tvorevine pretvaraju u crvene, što postaje njihova stalna geohemijska karakteristika.

Progresivnom evolucijom rečnog sistema dolazi do slabljenja mehaničke energije vodenog toka (zbog smanjenja visinskih razlika), funkcija centralnog rečnog korita slabi, reka se postepeno pretvara u složeni sistem raspletene reke. Intenzitet granulometrijske separacije opada, te od III ritma izostaju psefiti. Postepeno preovlađuju sitnozrni sedimenti poplavnih ravnina, dok se od IV ritma sedimentacije ne stabilizuje relativno velik sistem raspletene reke, sa malim rečnim koritima i prostranom poplavnom ravninom. Sada se ove klastične tvorevine stalno nalaze u oksidacionim uslovima, te se stvaraju samo crveni slojevi crvene gredenske subformacije (ranije crvene serije), pretežno izgrađene od alevrolita i psamita.

RASPODELA ODNOSA Th/U U GREDENSKIM SLOJEVIMA ŽIROVSKOG VRHA

Statistička izučavanja odnosa Th/U u gredenskim slojevima Žirovskog vrha se izvode na istim statističkim uzorcima koji su formirani prilikom izučavanja raspodele urana, torijuma i kalijuma (V. O m a l j e v, 1979b, 1979c, u štampi). Pri tome se prvenstveno vodilo računa o facijalnoj pripadnosti, posebno su formirani statistički uzorci facija rečnih korita (sada sivi klastični sedimenti), a posebno facija poplavnih ravnina (sada crveni klastični sedimenti). U okviru ovih zajedničkih statističkih uzoraka formirani su parcijalni uzorci st. od različitih granulometrijskih frakcija: sivih ili crvenih alevrolita, psamita i psefita.

Pojedini parcijalni statistički uzorci nemaju dovoljan broj podataka, te je u njima onemogućena statistička analiza raspodele radioaktivnih

elemenata, kao i odnosa $w = Th/U$ (crveni psefiti i sivi alevroliti). Iz ovih izučavanja su takođe izostavljeni crveni proslojci u sivoj subformaciji, iz razloga nedovoljnog broja informacija. Ukupno obrađujemo 455 podataka, čija je struktura prikazana u tabelama 2 i 3.

Statističkim ispitivanjima raspodele urana i torijuma došlo se do zaključka da je raspodela urana bitno različita u crvenoj u odnosu na sivu subformaciju (V. O m a l j e v, 1978b, 1979c, u štampi). Razlike takođe postoje i u raspodeli torijuma, ali su one drugačije prirode. Uran je u crvenim klastičnim tvorevinama približno normalno raspoređen u alevrolitima, dok je u psamitima raspodela logaritamska uz relativno mali varijacioni interval. Raspodela urana u svim granulacijama sivih klastičnih tvorevina (izuzev neispitanih alevrolita) je tipična logaritamska, sa razvijenim logaritamskim repom kao glavnom karakteristikom (koji dolazi od dijagenetskih parcijalnih populacija urana u sopstvenim mineralima).

CRVENA SUBFORMACIJA

Raspodela odnosa $w=Th/U$ u tvorevinama crvene subformacije je predstavljena kolektivnim statističkim uzorkom od 146 informacija. Formirana su i dva parcijalna statistička uzorka, koji predstavljaju crvene alevrolite (82 podatka) i crvene psamite i psefite (64 podataka). Numeričke vrednosti srednjih sadržaja urana i torijuma, kao i vrednosti parametara odnosa Th/U po svim statističkim uzorcima dajemo u tabeli 2.

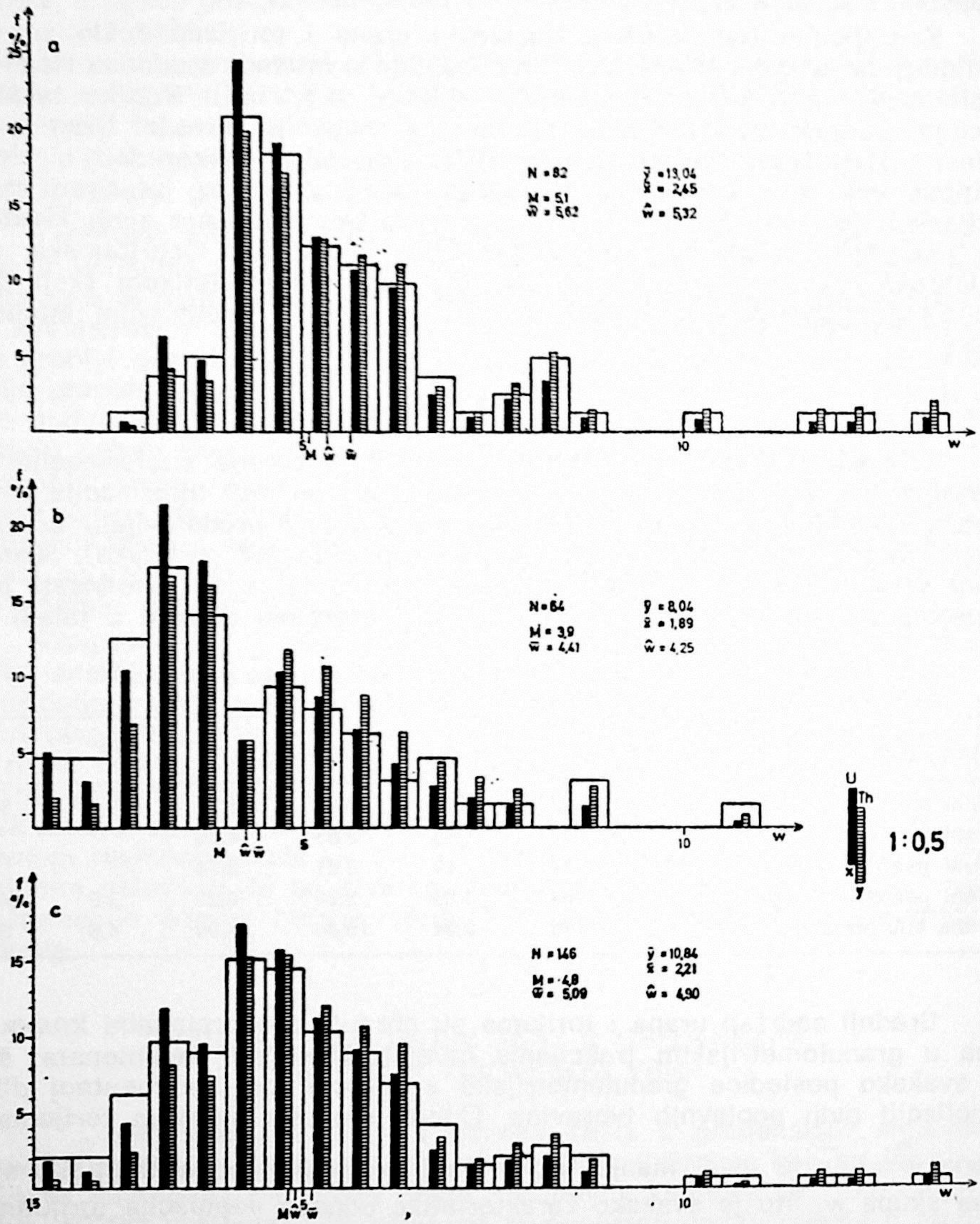
Tabela 2 — Srednji sadržaji i parametri odnosa urana i torijuma

Statistički uzorak	N	U ppm	Th ppm	$\hat{w}$	M	$\bar{w}$
Crveni alevroliti	82	2,45	13,04	5,32	5,1	5,62
Crveni psamiti	57	1,98	8,63	4,36		
Crveni psefiti	7	1,17	3,21	2,74		
Crveni psamiti + psefiti	64	1,89	8,04	4,25	3,9	4,41
Crvena subformacija	146	2,21	10,84	4,90	4,8	5,09

Srednji sadržaji urana i torijuma su obrnuto proporcionalni krupnoći zrna u granulometrijskim frakcijama crvenih klastičnih sedimenata, što je svakako posledica granulometrijske separacije pri sedimentnoj diferencijaciji ovih poplavnih tvorevina. Odnos srednjih sadržaja torijuma i urana $\hat{w}=\bar{y}/\bar{x}$ je uvek manje (po brojnoj vrednosti) od aritmetičke sredine skupa w, što je svakako karakteristika odnosa populacija torijuma i urana u crvenim tvorevinama Žirovskog vrha.

Odnos $\hat{w} = Th/U = \bar{y}/\bar{x}$ u crvenim alevrolitima se nalazi na nivou odnosa u zemljinoj kori (po V i n o g r a d o v u, 1962), u psamitima je nešto niži, dok u psefitima je prenizak i verovatno nerealan (zbog malog broja podataka). U svakom slučaju ovaj odnos je na nivou magmatskih stena, a viši je ili je na nivou peskovitih sedimenata kontinentalne kore geosinklinala i platformi (po R o n o v u i J a r o š e v s k o m, 1976).

Dvokomponentni histogrami raspodele relativnih frekvencija po nezavisnoj promenljivoj $w = Th/U$ u statističkim uzorcima crvenih alevrolita, i psamita (sa psefitima) su dati u linearnim i logaritamskim statis-



Sl. 1. — Dvokomponentni histogrami raspodele w = y/x = Th/U u klastičnim tvorevinama crvene subformacije (u linearnoj statističkoj razmeri):
a — crveni alevroliti. b — crveni psamiti i psefiti. c — crvene klastične tvorevine.

Fig. 1. — Two-component histograms of w = y/x = Th/U distribution in clastic deposits of red subformation (in the linear statistical scale):
a — red siltstone. b — red psammite and psephite. c — red clastic deposits.

tičkim razmerama. Histogrami su konstruisani jedan ispod drugog, tako da se može pratiti promena forme raspodele.

Crveni alevroliti

Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. $f(w)$ u crvenim alevrolitima je levoasimetrična, tj. logaritamska (po 2. zakonu — V. Omaljev, 1978a, 1978b), sa parametrima raspodele $M=5,1 < \bar{w}=5,62$, na varijacionom intervalu od 2,9 do 13,1. Odnosi parametara sredine skupa su: $\hat{w}=5,32 < \bar{w}=5,62$ i pokazuju relativno malu brojčanu vrednost razlike od +5,8% u odnosu na $\hat{w}$ (koju uzimamo za glavnu karakteristiku odnosa Th/U.

Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 (sl. 1a) je levoasimetrična i polimodalna. Glavni modus (maksimum) se nalazi u 9. klasi (histogram je skraćen i počinje sa 4. klasom) sa intenzitetom 20,73% relativnih frekvencija orudnjenja st. Kompaktna parcijalna populacija sadrži preko 85% orudnjenja st. sa preko 90% urana i preko 83% torijuma. Medijana M i parametar $\hat{w}$ se nalaze desno od modusa u 11. klasi, a srednji sadržaj $\bar{w}$ je u 12. klasi. Ovo desno pomeranje po apscisi dolazi od uticaja parcijalnih populacija, koje su male po broju podataka ali ukupno sadrže oko 15% relativnih frekvencija orudnjenja st. sa visokim vrednostima nezavisne promenljive $w=Th/U$ (vrednosti preko 7).

Relativne frekvencije u logaritamskoj razmeri log 1 : 10 se nalaze u jedinstvenoj populaciji (sl. 2a), sa izraženom levom logaritamskom asimetrijom. Modus se nalazi u 7. klasi I log dekade, sa intenzitetom maksimuma od 37,80% relativnih frekvencija orudnjenja st. Parametri raspodele se nalaze u sledećoj, 8. klasi. U klasi modusa dominira maksimum urana sa intenzitetom 41,87% relativnih frekvencija, dok maksimum torijuma ima samo 35,36% relativnih frekvencija.

Relativno mali varijacioni interval ovog skupa uslovljava relativno male razlike u intenzitetima maksimuma orudnjenja st., urana i torijuma, što je svakako rezultat kompaktnosti populacija urana i torijuma u crvenim alevrolitima.

Crveni psamiti i psefiti

Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. $f(w)$ u crvenim krupnozrnim tvorevinama je takođe logaritamska, sa parametrima raspodele $M=3,9 < \bar{w}=4,41$, na varijacionom intervalu od 1,5 do 11,0. Odnosi parametara sredine skupa su: $\hat{w}=4,25 < \bar{w}=4,41$ i pokazuje malu razliku u vrednosti od +3,8% u odnosu na $\hat{w}$.

Raspodela funkcije $f(w)$ je tipična levoasimetrična u statističkoj razmeri 1 : 0,5 (sl. 1b) i uslovno bimodalna. Glavni modus se nalazi u 7. klasi i pomeren je u levo u odnosu na crvene alevrolite. Intenzitet ovog

maksimuma je 17,19% relativnih frekvencija orudnjenja st., maksimum urana dominira sa 21,05%, dok maksimum torijuma je neizražen sa 16,64% relativnih frekvencija. Medijana skupa je pomerena u desno i nalazi se u sledećoj, 8. klasi. Karakteristični su položaji parametara $\hat{w}$ i $\bar{w}$, koji se nalaze u 9. klasi gde je izražen minimum (ispod modusa u crvenim alevrolitima), koji deli dve parcijalne populacije. Sporedni modus se nalazi u 10. klasi sa neizraženim intenzitetima relativnih frekvencija orudnjenja st. i urana, dok je intenzitet torijuma relativno istaknut sa 11,72% relativnih frekvencija.

Raspodela funkcije $f(w)$ u logaritamskoj razmeri st. log 1 : 10 je približno lognormalna (sl. 2b), sa malom levom logaritamskom asimetrijom. Populacija je kompaktna, sa dobro izraženim maksimumima u 6. klasi I log dekade (ovaj modus je pomeren u levo u odnosu na modus u crvenim alevrolitima). Intenziteti maksimuma su: za orudnjenje st. 26,56%, za uran 34,79% i za torijum 29,13% relativnih frekvencija. Medijana se nalazi u klasi modusa, dok su parametri $\hat{w}$ i $\bar{w}$ pomereni u desno za jednu klasu.

Uopšte je karakteristično levo pomeranje celog skupa u odnosu na crvene alevrolite. To je posledica granulometrijske separacije materijala pri sedimentnoj diferencijaciji, koja dovodi do većeg osiromašenja u torijumu (0,61) u odnosu na osiromašenje urana (0,77) u krupnozrnijim crvenim klastičnim tvorevinama.

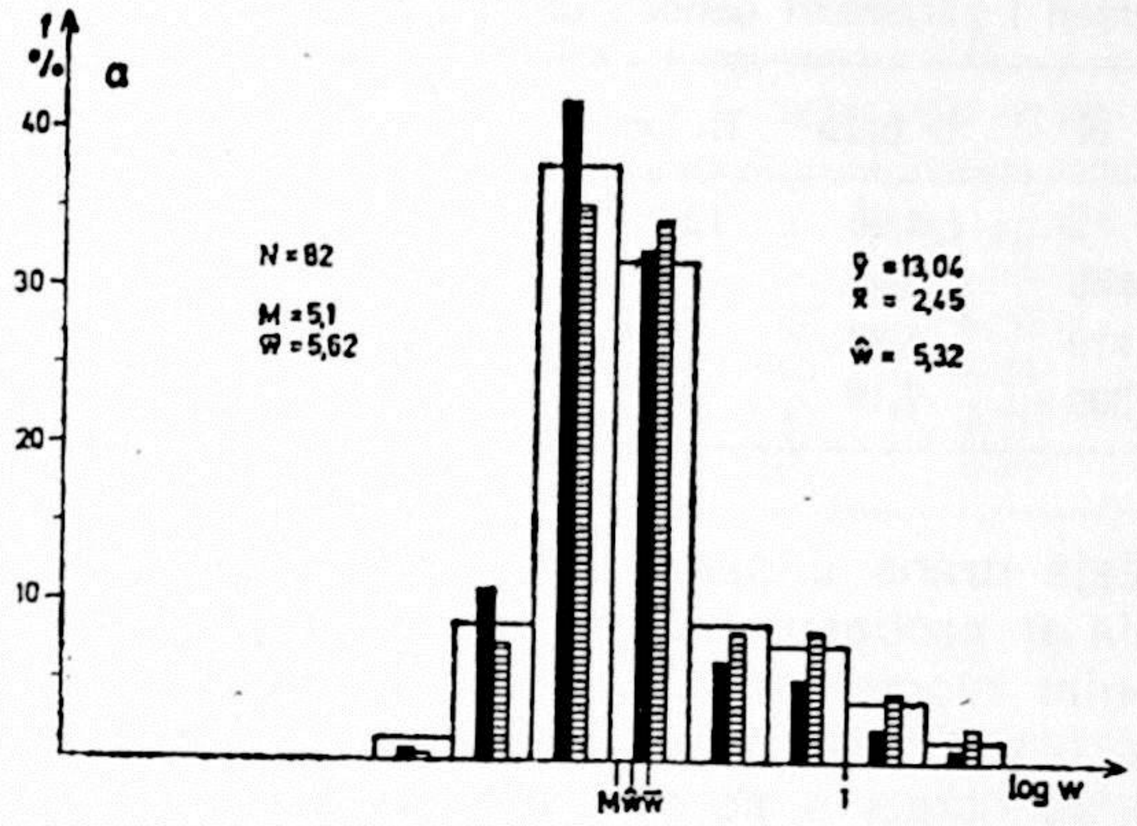
Tvorevine crvene subformacije

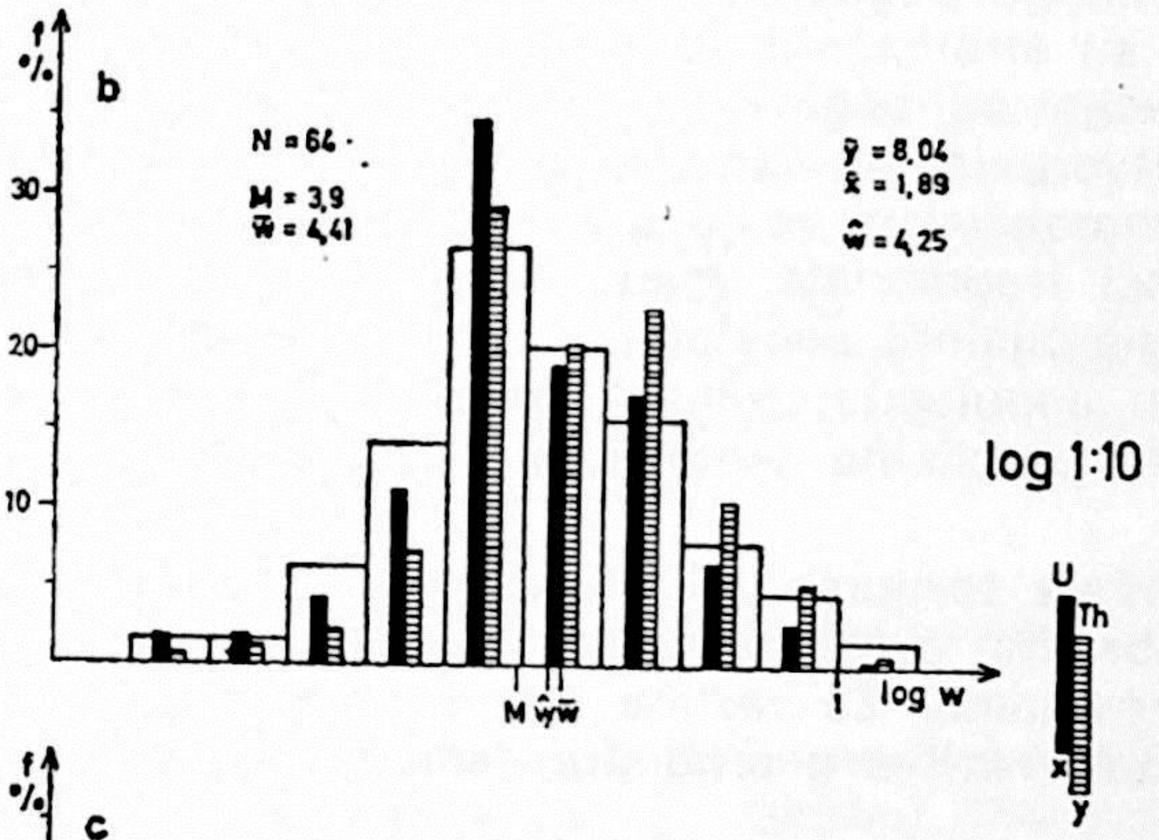
Raspodela funkcije $f(w)$ je takođe logaritamska, što je nasleđeno pretežno iz krupnozrnijih crvenih tvorevina. Parametri raspodele su $M = 4{,}8 < \bar{w} = 5{,}09$, na varijacionom intervalu nasleđenom iz alevrolita. Odnosi parametara sredine su: $\hat{w} = 4{,}90 < w = 5{,}09$, a to pokazuje malu razliku od svega +3,9% u odnosu na $\hat{w}$.

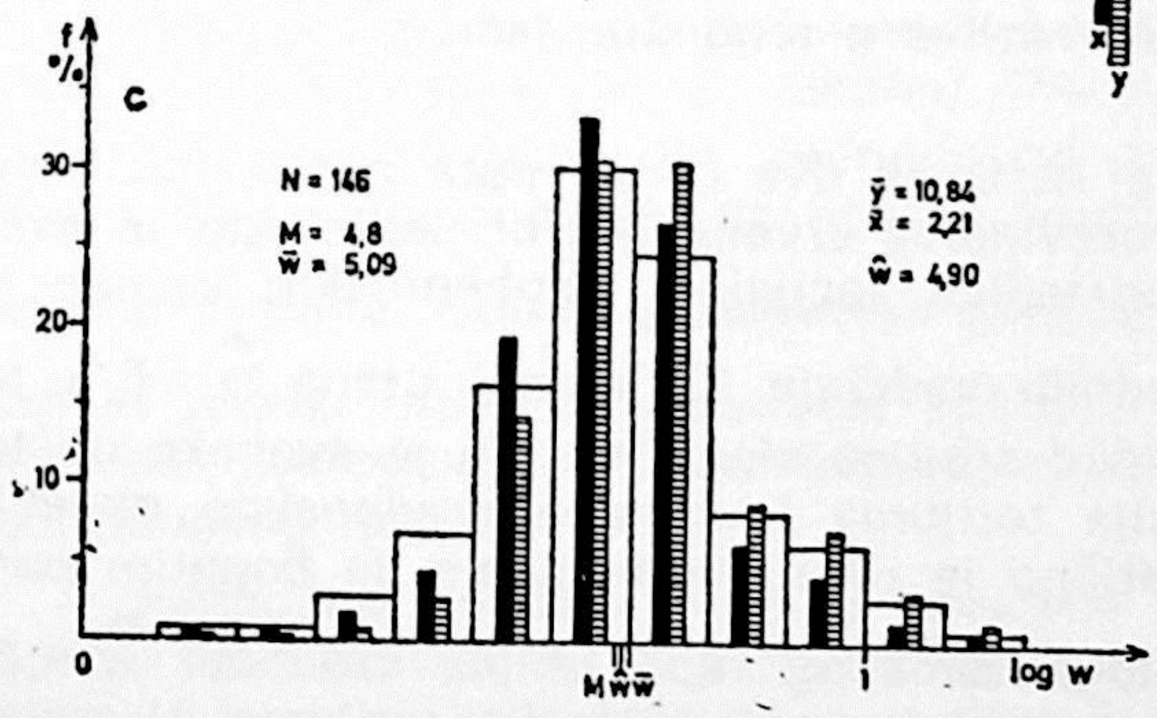
Raspodela $f(w)$ u linearnoj statističkoj razmeri pokazuje tendenciju simetrične raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. za relativno kompaktnu parcijalnu populaciju, sa neizraženim maksimumom u 9. klasi (sl. 1c), nasleđenim iz alevrolita. Intenziteti maksimuma su: za orudnjenje st. 15,07%, za uran 17,39% i za torijum 15,19% relativnih frekvencija. Parcijalne populacije nasleđene iz crvenih alevrolita narušavaju simetriju raspodele izazivajući pomeranje u desno parametara raspodele, naročito srednjeg aritmetičkog sadržaja $\bar{w}$, ali ne toliko kao u alevrolitima.

Lognormalna tendencija raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. je toliko zastupljena da je raspodela približno lognormalna (sl. 2c). Populacija je kompaktna i unimodalna, sa maksimumom u 7. klasi I log dekade (nasleđenim iz alevrolita), sa intenzitetima: za orudnjenje st. 30,14%, za uran 33,34% i za torijum 30,53% relativnih frekvencija. Svi parametri se nalaze na prelazu 7. u 8. klasu I log dekade, što je uslovljeno malom levom logaritamskom asimetrijom nasleđenom iz alevrolita. Leva grana histograma je nasleđena iz psamita, a desna grana iz alevrolita.

Odnos populacije torijuma, malo desnoasimetrično raspoređene, sa populacijom urana normalno ili približno lognormalno raspoređenom, daje lognormalno raspoređenu populaciju $w = Th/U$.







Sl. 2. — Dvokomponentni histogrami raspodele $w = y/x = Th/U$ u klastičnim tvorevinama crvene subformacije (u logaritamskoj statističkoj razmeri):
a — crveni alevroliti,
b — crveni psamiti i psefiti,
c — crvene klastične tvorevine.

Fig. 2. — Two-component histograms of $w = y/x = Th/U$ distribution in clastic deposits of red subformation (in the logarithmic statistical scale):
a — red siltstone,
b — red psammite and psephite,
c — red clastic deposits.

SIVA SUBFORMACIJA

Raspodela odnosa $w = Th/U$ u tvorevinama sive subformacije je predstavljena zajedničkim statističkim uzorkom od 309 podataka. Formi-

rana su još dva parcijalna statistička uzorka, koja predstavljaju sive psamite (178 podataka) i sive psefite (119 podataka). Numeričke vrednosti parametara urana, torijuma i raspodele dajemo u tabeli 3,

Tabela 3 — Srednji sadržaji i parametri odnosa urana i torijuma

Statistički uzorak	N	U ppm	Th ppm	$\hat{w}$	M	$\bar{w}$
Sivi alevroliti	12	4,98	10,07	2,02		
Sivi psamiti	178	8,92	7,41	0,83	1,46	1,67
Sivi psefiti	119	4,78	6,02	1,26	1,37	1,61
Siva subformacija	309	7,18	6,98	0,97	1,42	1,68

Zavisnost srednjih sadržaja urana u sivim tvorevinama od granulometrijske separacije materijala u procesu sedimentne diferencijacije su složeniji od zavisnosti u crvenim tvorevinama. U sivim psamitima su zastupljene parcijalne populacije urana logaritamskog repa (V. O m a l j e v, 1979b, 1979c, u štampi), koja se nalazi u sopstvenim uranovim mineralima. U sivim psefitima, kao manje pogodnoj sredini, parcijalne populacije urana logaritamskog repa su siromašnije. Srednji sadržaji urana sindijagenetske parcijalne populacije su bogatiji od singenetskih populacija urana u crvenim klastičnim tvorevinama Žirovskog vrha. Zavisnost srednjih sadržaja urana od granulometrijskog sastava sivih tvorevina je takođe obrnuto proporcijalna krupnoći fragmenata, mada je ta zavisnost maskirana uticajem dijagenetskih parcijalnih populacija urana. U ovim ispitivanjima prvo uzimamo osnovnu populaciju urana kompletno, a kasnije veštački otsecamo dijagenetsku parcijalnu populaciju urana logaritamskog repa.

Zavisnost srednjih sadržaja torijuma od granulometrijskog sastava sivih tvorevina je takođe obrnuto proporcionalna krupnoći fragmenata, slično kao i u crvenim tvorevinama. Za razliku ova zavisnost nije tako intenzivna, jer je relativno mala razlika u srednjim sadržajima torijuma u sivim psamitima i psefitima.

Srednje vrednosti odnosa Th/U su dva do tri puta manje (po brojnoj vrednosti) od odnosa u tvorevinama crvene subformacije, što je svakako bitna razlika koja je posledica facijalnih geohemijskih razlika u ovim tvorevinama. Odnos srednjih sadržaja torijuma i urana $\hat{w}=\bar{y}/\bar{x}$ je takođe uvek manji od aritmetičke sredine skupa $\bar{w}$, što je svakako opšta karakteristika odnosa populacija torijuma i urana u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Karakteristično je da u tvorevinama sa bogatim parcijalnim populacijama urana logaritamskog repa brojna vrednost $\hat{w} < 0$, što znači da je populacija urana brojnija od populacije torijuma. U sivim psamitima razlika između vrednosti $\hat{w}$ i $\bar{w}$ je veoma velika, što je svakako bitna karakteristika sredina sa bogatim populacijama dijagenetskog (mobilnog) urana.

Veštačkim otsecanjem dijagenetske populacije urana II log dekade (logaritamski rep) u sivim psamitima i psefitima formirali smo nove sta-

tističke uzorke koji predstavljaju kompaktnu sindijagenetsku populaciju urana. Na taj način smo odstranili predominantni uticaj bogatih proba, što je narušavalo odnose Th/U u ovim tvorevinama. Struktura novih statističkih uzoraka, sa parametrima raspodele, data je u tabeli 4.

Tabela 4 — Srednji sadržaji i parametri odnosa urana i torijuma u sindijagenetskoj populaciji urana

Statistički uzorak	N	U ppm	Th ppm	$\hat{w}$	M	$\bar{w}$
Sivi alevroliti	12	4,98	10,07	2,02		
Sivi psamiti	148	4,84	7,41	1,53	1,72	1,93
Sivi psefiti	110	3,97	5,73	1,44	1,39	1,69
Siva subformacija	270	4,49	6,84	1,52	1,62	1,85

Brojne vrednosti sredine odnosa Th/U, $\hat{w}$ i $\bar{w}$, su se znatno približile znatnim porastom $\hat{w}$, dok je vrednost $\bar{w}$ neznatno porasla. Ovi parametri raspodele odnosa Th/U karakterišu sive klasične tvorevine Žirovskog vrha, a parametri iz tabele 3 karakterišu sive tvorevine kao potencijalno rudonosnu sredinu.

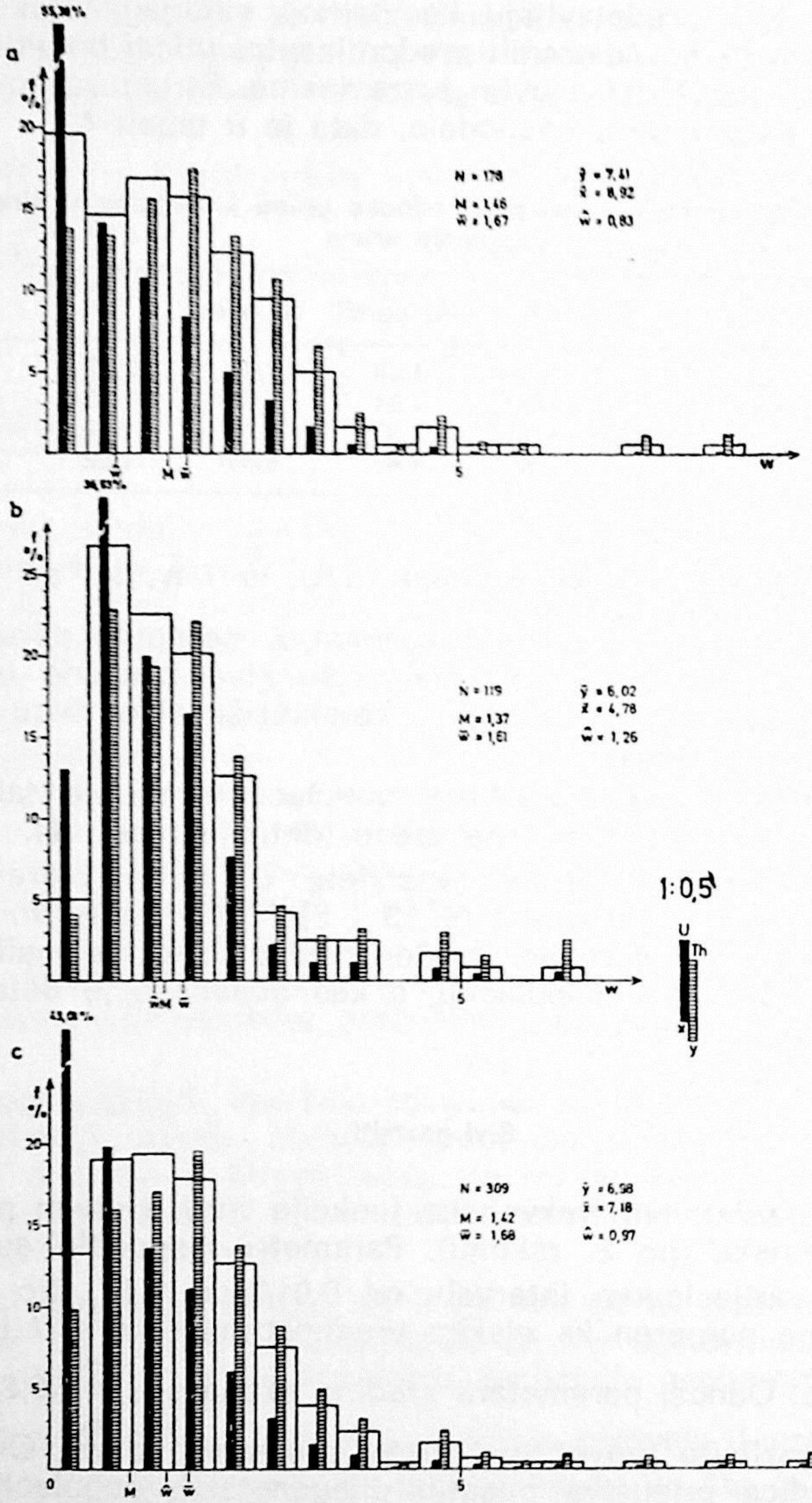
Odnos Th/U u sindijagenetskoj populaciji urana je takođe znatno ispod nivoa odnosa za sedimentne stene (datih u tabeli 1).

Dvokomponentni histogrami raspodele u sivim tvorevinama ove subformacije su dati u linearnim (sl. 3 i 5) i logaritamskim statističkim razmerama (sl. 4 i 6), na ranije utvrđen način. Osnovna analiza histograma je data za kompletnu populaciju, a kao dopunska je data za sindijagenetsku populaciju urana.

Sivi psamiti

Raspodela relativnih frekvencija funkcije $f(w)$ u sivim psamitima je tipična logaritamska (po 2. zakonu). Parametri raspodele su $M=1,46 < \bar{w}=1,67$, na varijacionom intervalu od 0,014 do 8,40, što znači da je ceo skup veoma pomeren ka niskim vrednostima $w=Th/U$ u odnosu na crvene psamite. Odnosi parametara sredine skupa su: $\hat{w}=0,83 < \bar{w}=1,67$, što je veoma različito (povećanje 101% u odnosu na $\hat{w}$). Ova razlika je direktna posledica prisustva bogatih dijagenetskih populacija urana logaritamskog repa.

Raspodela funkcije $f(w)$ u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 je tipična levoasimetrična, hiperboloidne forme (leva Boldireva po V. V. Bogackom, 1963), uslovno je polimodalna (sl. 3a). Glavni modus se nalazi već u 1. klasi, sa maksimumima: za orudnjenje st. 19,66%, za uran 55,39% i za torijum 13,75% relativnih frekvencija. Celokupna dijagenetska populacija urana logaritamskog repa se nalazi u ovoj klasi maksimuma. Sporedni modus orudnjenja st. se nalazi u 3. klasi sa intenzitetom 16,85% relativnih frekvencija. Glavni maksimum torijuma se nalazi u 4. klasi sa intenzitutom 17,46% relativnih frekvencija. Veoma su ka-



Sl. 3. — Dvokomponentni histogrami raspodele w = y/x = Th/U u klastičnim tvorevinama sive subformacije (u linearnoj statističkoj razmeri):
a — sivi psamiti. b — sivi psefiti. c — sive klastične tvorevine.

Fig. 3. — Two-component histograms of w = y/x = Th/U distribution in clastic deposits of gray subformation (in the linear statistical scale):
a — gray psammite, b — gray psephite, c — gray clastic deposits.

rakteristične forme krivih gustina urana i torijuma: kriva urana je idealna leva hiperboloidna (leva Boldireva), a kriva torijuma je skoro idealna leva Razumovska (V. V. B o g a c k i j, 1963; V. O m a l j e v, 1978b), sa

pomenutim modusom u 4. klasi. Najbogatiji podaci su usamljeni na desnoj strani histograma.

Informacije iz 1. klase linearne statističke razmere su razvijene u dve negativne log dekade logaritamske statističke razmere log 1 : 10. Najsiromašnija proba je usamljena u 8. klasi II negativne log dekade (date van histograma — sl. 4a). Ostali podaci se nalaze u polimodalnoj formi krive gustine, počev od 1. klase II negativne log dekade, pa do 10. klase I log dekade. Glavni modus orudnjenja st. se nalazi u 4. klasi I log dekade sa maksimumom 13,48% relativnih frekvencija i predstavlja jednu kompaktnu parcijalnu populaciju sa lognormalnom tendencijom raspodele (sa malom desnom logaritamskom asimetrijom). Glavni modus se takođe nalazi u ovoj klasi maksimuma, sa 14,48% relativnih frekvencija torijuma. Glavni modus urana se nalazi u 1. klasi II negativne log dekade, sa maksimumom 11,42% relativnih frekvencija. Iz ovako složenog odnosa zavisno promenljivih (orudnjenja st. i oba elementa) dokumentuje se složenost odnosa torijuma i urana u sivim psamitima.

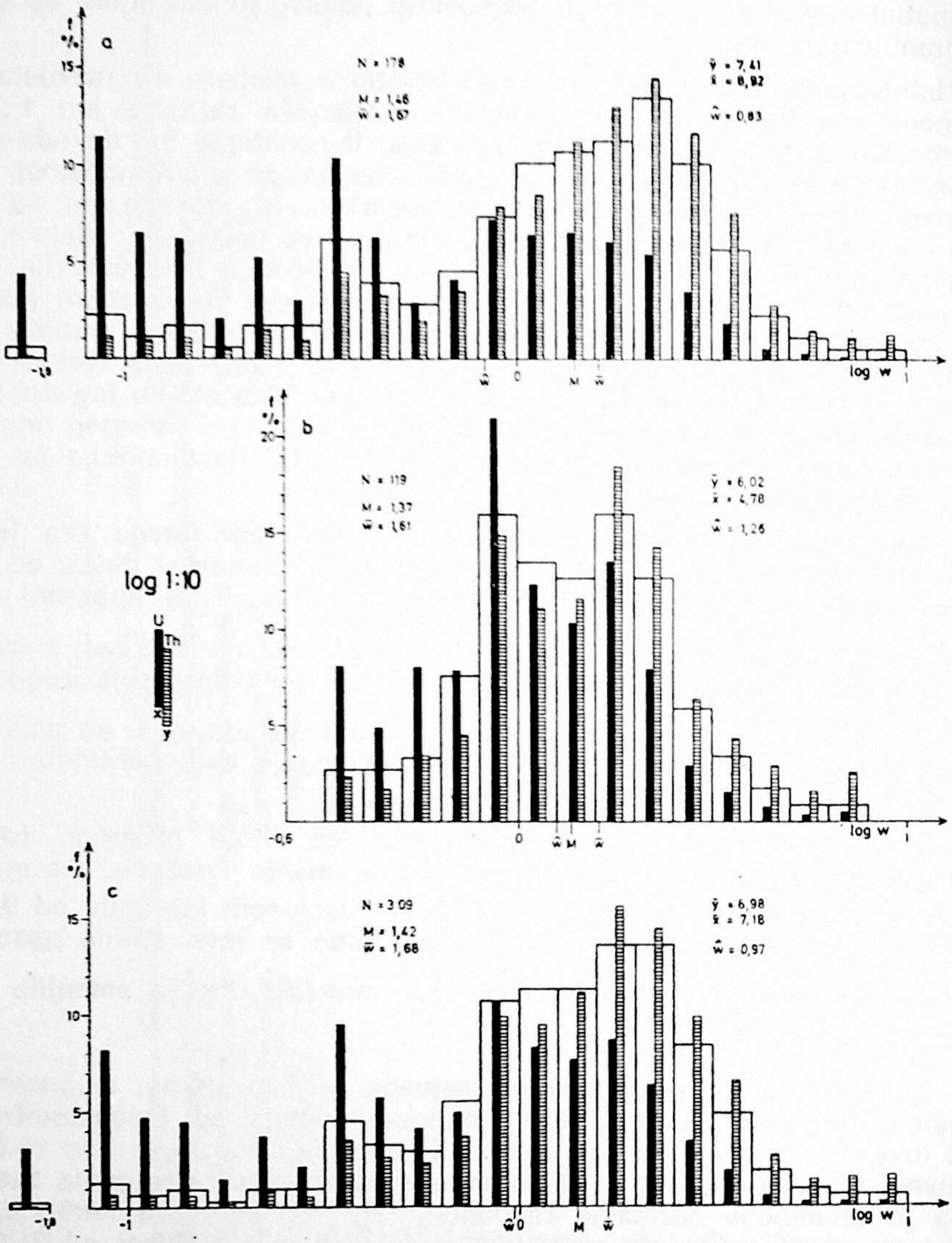
Kao posledica polarizacije relativnih frekvencija urana (na levoj strani histograma) i torijuma (na desnoj strani histograma) dolazi do pomenute velike razlike u vrednosti parametara sredine. U linearnoj statističkoj razmeri $\hat{w}$ se nalazi u 2. klasi, a $\bar{w}$ se nalazi u 4. klasi, a medijana je među njima u 3. klasi. U logaritamskim odnosima polarizacija je još veća, $\hat{w}$ se nalazi u 1. klasi I negativne log dekade, a $\bar{w}$ se nalazi u 3. klasi I log dekade. Karakteristično je odstupanje ovih parametara od glavnih modusa zavisno promenljivih funkcija.

Odsecanjem logaritamskog repa dolazi do bitne promene forme krive gustine urana, dok su druge promene manje izražene. Parametri raspodele sada su $M = 1{,}72 < \bar{w} = 1{,}93$, na varijacionom intervalu od 0,098 do 8,40, što znači da je sažimanje skupa samo sa leve strane apscise. Najveća promena je u vrednosti $\hat{w} = 1{,}53 < \bar{w} = 1{,}93$, što je smanjilo razliku na +26,1% u odnosu na $\hat{w}$.

Promena forme krive gustine najveća je kod urana, u linearnim odnosima od hiperboloidne (leve Boldireve) dobija se levoasimetrična kriva leva Razumovska, sa modusom u 2. klasi sa intenzitetom od 26,09% relativnih frekvencija. Kod krivih gustina orudnjenja st. i torijuma zastupljenja je tendencija normalne raspodele (sl. 5a), sa maksimumima; za orudnjenje st. 3. i 4. klasi od 18,92% i za torijum u 4. klasi od 21,00% relativnih frekvencija.

U logaritamskoj statističkoj razmeri populacija je kompaktna, a krive gustine su logaritamski desnoasimetrične, sa modusom u 4. klasi I log dekade intenziteta: za orudnjenje st. 16,22%, za uran 11,95% (modus je u prethodnoj klasi sa 13,35%) i za torijum 17,41% relativnih frekvencija.

Svi parametri raspodele pomereni su u desno, a najviše je pomeren parametar $\hat{w}$, koji se primakao ostalima slično kao u crvenim tvorevinama, samo na znatno manjoj vrednosti apscise.



Sl. 4 — Dvokomponentni histogrami raspodele w = y/x = Th/U u klastičnim tvorevinama sive subformacije (u logaritamskoj statističkoj razmeri): a — sivi psamiti. b — sivi psefiti. c — sive klastične tvorevine.

Fig. 4 — Two-component histograms of w = y/x = Th/U distribution in clastic deposits of gray subformation (in the logarithmic statistical scale): a — gray psammite. b — gray psephite. c — gray clastic deposits.

Sivi psefiti

Raspodela relativnih frekvencija funkcije $f(w)$ u sivim psefitima je takođe logaritamska, sa parametrima raspodele $M = 1{,}37 < \bar{w} = 1{,}61$, na

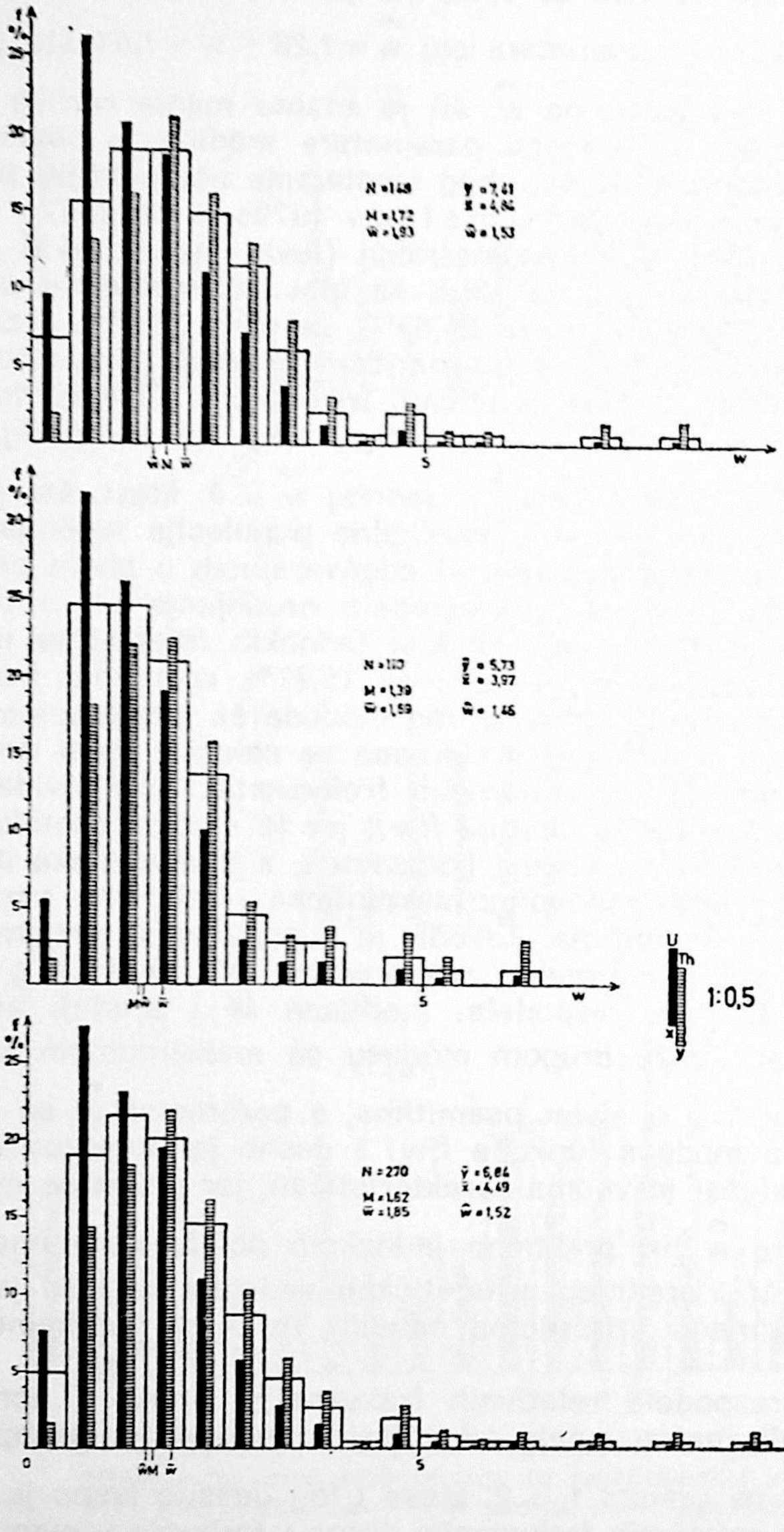
varijacionom intervalu od 0,36 do 6,46, što je znatno smanjeno u odnosu na sive psamite. Odnosi parametara su: $\hat{w}=1,26 < \bar{w}=1,61$ što je znatna razlika od +27,8% u odnosu na $\hat{w}$, ali je znatno manja razlika od sivih psamita. Manja razlika u vrednosti parametara sredine je posledica manjeg varijacionog intervala skupa, zbog izostajanja najbogatijih populacija urana u logaritamskom repu (V. O m a l j e v 1979b, u štampi).

Kriva gustine *f(w)* je levoasimetrična (leva Razumovska) u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 (sl. 3b), sa glavnim modusom u 2. klasi sa maksimumima: za orudnjenje st. 26,89%, za uran 36,93% i za torijum 22,59% relativnih frekvencija. Karakterističan je drugi modus torijuma u 4. klasi sa intenzitetom 22,17% relativnih frekvencija. Ovakva forma raspodele je povećala kompaktnost populacije, tako da se medijana *M* i sredina $\hat{w}$ nalaze u 3. klasi, a srednji sadržaj $\bar{w}$ u 4. klasi, što je glavna razlika u odnosu na sive psamite. Parcijalne populacije najbogatijih proba su usamljene i manje intenzivne od odgovarajućih u sivim psamitima.

Interesantna je bimodalnost raspodele orudnjenja st. u logaritamskoj statističkoj razmeri (sl. 4b), modusi jednakih intenziteta se nalaze u 1. i 3. klasi I negativne log dekade sa 15,97% relativnih frekvencija. Maksimum urana se nalazi u klasi prvog modusa sa intenzitetom 20,94% relativnih frekvencija, a maksimum torijuma se nalazi u klasi drugog modusa sa intenzitetom 18,46% relativnih frekvencija. Nije evidentno šta izaziva ovu bimodalnost krive gustine *f(w)*, jer je sindijagenetska populacija urana u sivim psefitima veoma kompaktna, a dijagenetska populacija urana logaritamskog repa nedovoljno zastupljena i relativno siromašna u upoređenju sa sivim psamitima. Takođe je i populacija torijuma veoma kompaktna i približno lognormalno raspoređena (V. O m a l j e v, 1979b, u štampi). Parametri ove raspodele, medijana *M* i srednji aritmetički sadržaj $\bar{w}$, se nalaze bliže drugom modusu sa maksimumom torijuma i odgovaraju parametrima u sivim psamitima, a parametar $\hat{w}$ se nalazi na sredini između dva modusa funkcija *f(w)* i desno je pomeren u odnosu na psamite. Ovaj slučaj je veoma karakterističan, jer pokazuje mogućnost varijacije parametra $\hat{w}$ pri praktično jednakom položaju parametara raspodele (medijane *M* i srednjeg aritmetičkog sadržaja $\bar{w}$), što je od velikog značaja za primenu kriterijuma odnosa Th/U pri geohemijskim ispitivanjima.

Polarizacija raspodele relativnih frekvencija urana i torijuma je veoma izražena, ali znatno manje od polarizacije u sivim psamitima. Položaj parametra $\hat{w}$ na granici 1. i 2. klase I log dekade jasno je naglašen simetrijom odnosa relativnih frekvencija urana i torijuma u ovim klasama.

Otsecanjem populacije urana logaritamskog repa (samo 9 podataka) ne dolazi do bitnih promena u formi raspodele funkcije *f(w)*. Parametri raspodele sada su $M = 1,39 < \bar{w} = 1,69$ na varijacionom intervalu od 0,39 do 6,46, što je praktično bez promene. Takođe je mala promena u odnosima sredina, sada $\hat{w}=1,46 < \bar{w}=1,69$, što je smanjilo razliku na +15,8% u odnosu na $\hat{w}$.

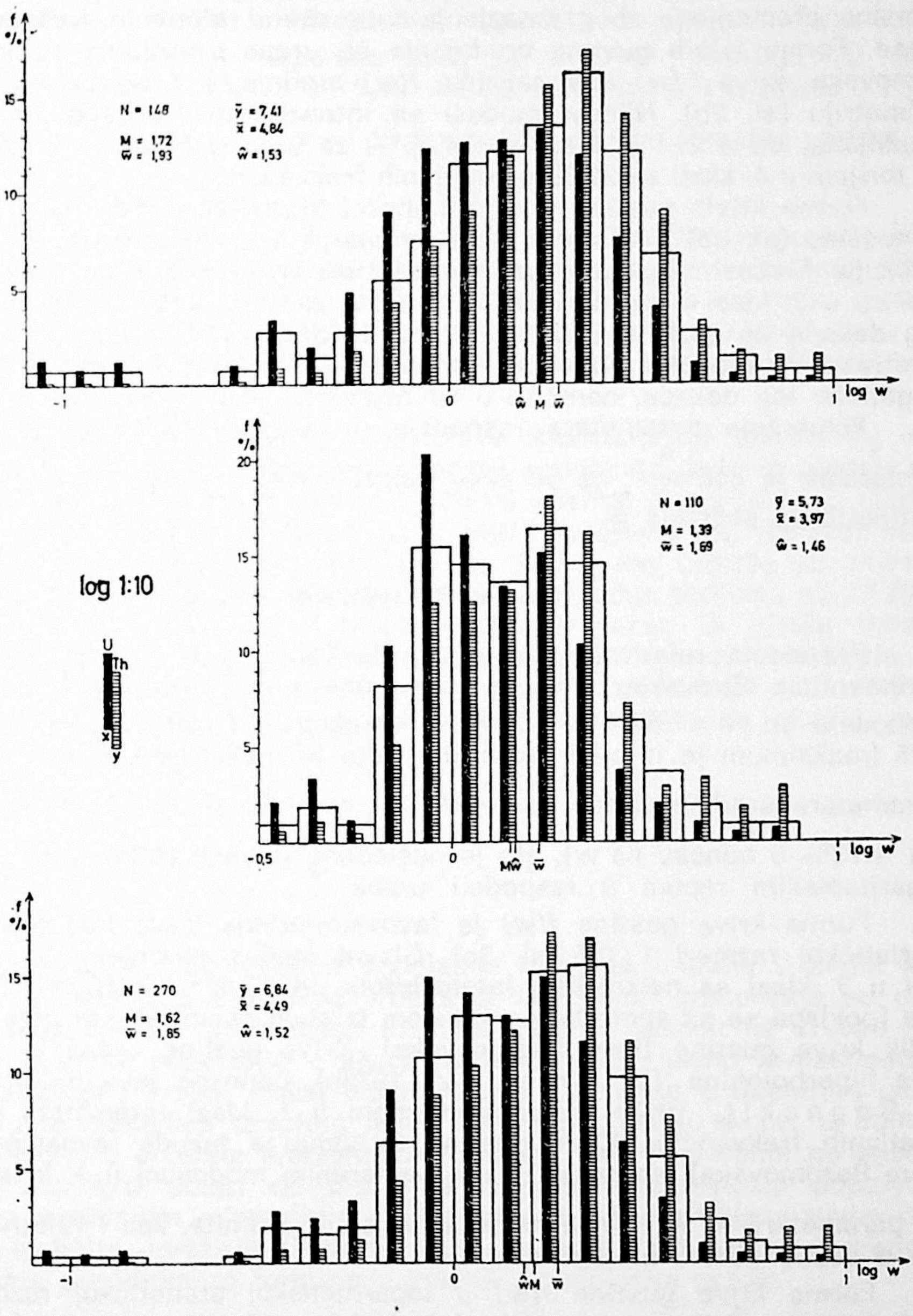


Sl 5 — Dvokomponentni histogrami raspodele w = y/x = Th/U sindijagenetske populacije urana u klastičnim tvorevinama sive subformacije (u linearnoj statističkoj razmeri):

a — sivi psamiti. b — sivi psefiti. c — sive klastične tvorevine.

Fig. 5 — Two-component histograms of w = y/x = Th/U distribution of syndiagenetic uranium population in clastic deposits of gray subformation (in the linear statistical scale):

a — gray psammite. b — gray psephite. c — gray clastic deposits.



Sl. 6. — Dvokomponentni histogrami raspodele w = y/x = Th/U sindijagenetske populacije urana u klastičnim tvorevinama sive subformacije (u logaritamskoj statističkoj razmeri).

Fig. 6. — Two-component histogram of w = y/x = Th/U distribution of syndiagenetic uranium population in clastic deposits of gray subformation (in the logarithmic statistical scale):

a — gray psammite. b — gray psephite. c — gray clastic deposits.

Forme krivih gustina u linearnoj statističkoj razmeri su takođe minimalno promenjene zbog smanjenja intenziteta relativnih frekvencija 2. klase. Forma krivih gustina orudnjenja st. urana i torijuma su leve Razumovske, kriva $f_v(w)$ ima najveću, $f(w)$ srednju, a $f_v(w)$ najmanju levu asimetriju (sl. 5b). Njihovi modusi sa intenzitetima maksimuma su: za orudnjenje st. u 2. i 3. klasi sa 24,55%, za uran u 2. klasi sa 31,76% i za torijum u 4. klasi sa 22,35% relativnih frekvencija.

Forme krivih gustina u logaritamskoj statističkoj razmeri su takođe bimodalne (sl. 6b) i relativno malo promenjene u odnosu na ukupnu populaciju. Modusi raspodele sa intenzitetima maksimuma su: za orudnjenje st. u 3. klasi I log dekade sa 16,36%, za uran u 1. klasi I negativne log dekade sa 20,37% i za torijum u 3. klasi I log dekade sa 18,13% relativnih frekvencija. Najveća je razlika u bitnom smanjenju populacije negativne log dekade, naročito u tri najsiromašnije klase.

Pomeranje parametara raspodele u desno je minimalno, najveće pomeranje je kod $\hat{w}$, koje se sada nalazi izmedu medijane M i srednjeg aritmetičkog sadržaja w.

Sivi klastični sedimenti

Raspodela relativnih frekvencija funkcije $f(w)$ u sivim klastičnim sedimentima Žirovskog vrha je logaritamska (po 2. zakonu). Parametri raspodele su $M=1,42 < \bar{w}=1,68$, na varijacionom intervalu od 0,014 do 9,05 (maksimum je iz sivih alevrolita), što je maksimalni raspon. Odnosi parametara sredine skupa su $\hat{w}=0,97 < \bar{w}=1,68$ je takođe veoma velik (za +73% u odnosu na $\hat{w}$), što je nasleđeno iz sivih psamita sa bogatim logaritamskim repom u raspodeli urana.

Forma krive gustine $f(w)$ je levoasimetrična (leva Razumovska) u statističkoj razmeri 1 : 0,5 (sl. 3c). Glavni modus orudnjenja st. se nalazi u 3. klasi sa neizrazitim intenzitetom od 19,42% relativnih frekvencija (poklapa se sa sporednim modusom iz sivih psamita), što daje idealni oblik krive gustine (leve Razumovske). Kriva gustine urana je idealna leva hiperboloidna (V. Omaljev, 1978b), odnosno leva Boldireva (V. V. Bogackij, 1963), sa maksimumom u 1. klasi intenziteta 43,01% relativnih frekvencija. Kriva gustine torijuma je takođe levoasimetrična (leva Razumovska), sa nešto desno pomerenim modusom u 4. klasi. Položaj parametara $\hat{w}$, M i $\bar{w}$ je nasleđen iz sivih psamita, kao i relativno dug rep u desnu stranu histograma.

Forma krive gustine $f(w)$ u logaritamskoj statističkoj razmeri je nasleđena iz sivih psamita (sl. 4c). Najsiromašnija proba je data van histograma (iz tehničkih razloga). Kompaktna populacija na početku I log dekade ima maksimum u 3. i 4. klasi sa intenzitetom 13,59% relativnih frekvencija orudnjenja st. Polimodalnost raspodele je jasnije izražena kod urana i torijuma. Glavni maksimum urana se nalazi u 1. klasi I negativne log dekade sa 10,71% relativnih frekvencija, dok se glavni maksimum torijuma nalazi u 3. klasi I log dekade sa intenzitetom 15,57% relativnih frekvencija.

Odsecanjem populacija urana logaritamskog repa takođe dolazi do bitnih promena u formi krivih gustina raspodele, što je nasleđeno iz sivih psamita. Parametri raspodele sada su $M=1,62 < \bar{w}=1,85$, na varijacionom intervalu od 0,098 do 9,05. Velika promena je i u odnosima parametara sredine: sada je $\hat{w}=1,52 < \bar{w}=1,85$, što je smanjilo razliku na +21,7% u odnosu na $\hat{w}$.

Kriva gustine urana u linearnoj statističkoj razmeri je postala leva Razumovska, sa modusom u 2. klasi intenziteta 27,20% relativnih frekvencija. Forma krivih gustina orudnjenja st. i torijuma su malo promenjene, obe su leve Razumovske, sa modusima: za orudnjenje st. u 3. klasi sa intenzitetom 21,48% i za torijum u 4. klasi sa intenzitetom 21,86% relativnih frekvencija (sl. 5c).

Velika promena u formi raspodele u logaritamskoj statističkoj razmeri dovela je do povećanja kompaktnosti populacije, koja je postala bimodalna, što je naročito izraženo kod krive gustine urana (sl. 6c). Glavni modus urana intenziteta 14,95% (u 1. klasi negativne log dekade) malo se razlikuje od sporednog modusa u 3. klasi I log dekade sa 14,91% relativnih frekvencija. U ovoj klasi je i glavni modus torijuma sa 17,20% relativnih frekvencija, dok je sporedni modus vezan za glavni modus orudnjenja st. u 4. klasi I log dekade, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 15,56% i za torijum 16,94% relativnih frekvencija. Sporedni modus orudnjenja st. je u 1. klasi I log dekade intenziteta 10,74% sa 14,95% relativnih frekvencija urana.

* * *

Logaritamski raspoređene populacije torijuma i urana u sivim klastičnim sedimentima Žirovskog vrha svih ispitivanih granulacija su dale takođe logaritamski raspoređenu funkciju $f(w)$. U odnosu na crvene klastične tvorevine, populacije u sivim tvorevinama su jasno levoasimetrične, uključujući i krajnji slučaj hiperboloidne raspodele u linearnim odnosima. To je posledica izrazitog levog pomeranja celog skupa, u odnosu na populaciju u crvenim tvorevinama. Ovoliko levo pomeranje po apscisi odnosa $w=Th/U$ dolazi od prisustva bogatih dijagenetskih populacija urana u sopstvenim mineralima. Polimodalnost ove funkcije u sivim psamitima najbolje odražava složene odnose populacije torijuma i urana u sredinama pogodnim za formiranje rudnih akumulacija urana.

Značaj parametra odnosa sredina torijuma i urana $\hat{w}=\bar{y}/\bar{x}$ kao parametra indikatora sredine u punoj meri dolazi do izražaja u sivim psamitima. Negativna vrednost ovog parametra smatramo, preliminarno, za značajan indikator geohemijski i metalogenetski povoljne sredine za formiranje rudnih akumulacija urana. Vrednost parametra aritmetičke sredine skupa $\bar{w}$ je takođe evidentna, ali ne tako jasno evidentna kao parametra $\hat{w}$.

Zaključak

Izučavanjem odnosa Th/U dolazimo do saznanja o karakteru diferencijacije materije u zemljinoj kori. Prilikom primarne diferencijacije, uran i torijum su se pretežno našli u kiselim magmatskim stenama. U procesu površinskog raspadanja stena, pri egzogenoj diferencijaciji materije zemljine kore, uran se različito geohemijski ponaša u odnosu na torijum, budući da ima sposobnost promene valentnog stanja. Odnos Th/U ima osobine indikatora sredine sedimentacije, sa aspekta sedimentne diferencijacije materijala, facijalne i granulometrijske.

Odnosi torijuma i urana u endogenoj i egzogenoj diferencijaciji materije zemljine kore nisu dovoljno poznati, a to se najbolje vidi iz odnosa srednjih sadržaja u tablicama mnogih autora. Sa izuzetkom ocene Vinogradova, kod ostalih autora nema bitnih razlika odnosa Th/U u magmatskim i sedimentnim stenama. Jedino jasna razlika Th/U u magmatskim stenama (oko 5,0) i sedimentnim stenama (oko 3,5) je u oceni Vinogradova (1962), s tim što je sredina odnosa u zemljinoj kori na nivou odnosa u magmatskim stenama.

Odnosi Th/U mogu se uspešno statistički ispitivati pomoću dvokomponentnih histograma. Svaka informacija (proba) o sadržajima torijuma i urana u stenama je dvokomponentni sistem, a odnos $w=Th/U$ ima sve osobine nezavisne geološke promenljive, po kojoj se mogu menjati zavisne promenljive: orudnjenje st., torijum i uran.

Raspodele relativnih frekvencija, kao funkcija $f(w)$ za orudnjenje st., kao $f_x(w)$ za uran i kao $f_y(w)$ za torijum su prikazane na dvokomponentnim histogramima za statističke uzorke iz gredenskih slojeva Žirovskog vrha.

Gradenski slojevi Žirovskog vrha su facijalno diferencirani kao facija sivih klastičnih tvorevina i facija crvenih klastičnih tvorevina. Granulometrijskom separacijom odvojeni su alevroliti, psamiti i psefiti svake facije. S obzirom na osobine urana, formiranje statističkih uzoraka je strogo odvojeno na crvenu i sivu faciju, a parcijalno je bilo moguće formiranje statističkih uzoraka u alevrolitima, psamitima i psefitima, sivim ili crvenim.

Parametri raspodele po nezavisnoj geološkoj promenljivoj $w = y/x = Th/U$ za svaki statistički uzorak karakterišu osobine odnosa populacija torijuma i urana u konkretnoj geološkoj sredini. Parametri medijana M i srednji aritmetički sadržaj $\bar{w}$ se odnose kao parametri krive gustine $f(w)$, dok parametar odnosa srednjih sadržaja torijuma i urana $\hat{w}=\bar{y}/\bar{x}$ se ponaša isključivo kao parametar odnosa populacija torijuma i urana.

Parametri sredine odnosa Th/U u tvorevinama crvene gradenske subfomracije su na nivou odnosa ovih elemenata u zemljinoj kori i magmatskim stenama. Razlika u vrednosti $\hat{w}$ i $\bar{w}$ su praktično zanemarljivo male, što je posledica velike kompaktnosti populacija $w=Th/U$. Raspodela funkcije $f(w)$ je logaritamska, sa izraženom lognormalnom tendencijom. Prilikom granulometrijske separacije crvenih poplavnih tvorevina dolazi do većeg osiromašenja populacije torijuma, što se ogleda u smanjivanju sredine odnosa Th/U porastom krupnoće zrna.

Odnosi populacije torijuma prema populaciji urana u sivim tvorevinama Žirovskog vrha su znatno složeniji, zbog prisustva dijagenetske populacije urana logaritamskog repa. Raspodele relativnih frekvencija su izrazito levoasimetrične, u sivim psamitima uran je po nezavisnoj promenljivoj $w = Th/U$ raspoređen hiperboloidno. Varijacioni interval skupa je izvanredno veliki, a najniže vrednosti su negativne. U krupnozrnijim tvorevinama (sivi psefiti) izostaje hiperboloidna raspodela urana, sve tri krive gustine su levoasimetrične (leve Razumovske), kao posledica siromašnije dijagenetske populacije urana logaritaskog repa.

Otsecanjem logaritamskog repa u sivim peščarima takođe dolazi do izostajanja hiperboloidne raspodele urana.

Parametri sredine se jako razlikuju međusobno, vrednost $\hat{w} < 1$ karakteriše sive tvorevine kao uranonosne. Sredine su oko tri puta manje od odnosa Th/U u crvenim tvorevinama.

Primljeno 23. VI 1980. *Recenzenti* Slaviša Gojković i mr Sergije Gertik

LITERATURA

1. Bogackij, V.V., 1963: Matematičeskij analiz razvedočnoj seti. Gosgeoltehizdat, Moskva.
2. Murray, E.G. and Adams, J.A.S., 1958: Thorium, uranium and potassium in some sandstones. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 13, No. 4. p. 260—269.
3. Omaljev, V., 1967: Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 3, Beograd.
4. Omaljev, V., 1978a: Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. Tehnika, RGM, No. 10, Beograd.
5. Omaljev, V., 1978b: Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.
6. Omaljev, V., 1979a: Metalogenetske karakteristike uranskog rudišta Žirovski vrh (doktorska disertacija). Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
7. Omaljev, V., 1979b: Studija raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Arhiv Geološkog zavoda Ljubljana, Beograd.
8. Omaljev, V., 1979c: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Radovi Geoinstituta, sv. 13, Beograd.
9. Omaljev, V., u štampi: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u alevrolitima, psamitima i psefitima gredenskih slojeva Žirovskog vrha.
10. Pliler, R. and Adams, J.A.S., 1962a: The distribution of the uranium, thorium and pottassium in the Mancos shale. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 26, p. 1115—1135.
11. Pliler, R. and Adams, J.A.S., 1962b: The distribution of thorium and uranium in a Pennsylvanian weathering profile. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 26, p. 1137—1146.
12. Protić, M. i Gojković, S., 1965: Odnos Th/U u klastičnim stenama kao indikator geohemijskih facija. I simpozijum iz geohemije, Beograd.
13. Ronov, A.B. i Jarošev skij, A.A., 1976: Novaja modelj himičeskogo strojenija zemnoj kori. Geohimija, No. 12, Moskva.
14. Taylor, S.R., 1964a: Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geochem. et Cosmochem. Acta, Vol. 28, No. 8, p. 1273—1285.
15. Taylor, S.R., 1964b: Trace element abundances and the Earth model. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 28, No. 12, p. 1989—1998.

16. Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H., 1961: Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Geol. Society of Am. Bulletin, Vol. 72, p. 175—192.

17. Vinogradov, A.P., 1962: Srednie soderžanie himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih gornih porod zemnoj kori. Geohimija, No. 7, Moskva.

18. Vojtkevič, G.V. i Zakrutkin, V.V., 1976: Osnovi geohimii. Moskva.

Summary

MODEL OF STUDY OF DISTRIBUTION OF *Th/U* RATIO ON EXAMPLE OF ŽIROVSKI VRH VAL GARDENA DEPOSITS

by

Veljko Omaljev

Key words: distribution, histogram, uranium, thorium, Th/U, Val Gardena, Žirovski vrh (Slovenia).

The study of Th/U ratio supplies the data on the character of differentiation of matter in the Earth's crust. During the primary differentiation, uranium and thorium were concentrated mostly within the acidic magmatic rocks. During the surficial weathering of rocks, in the exogene differentiation, uranium has a different geochemical behavior relative to thorium, and the Th/U ratio can be considered as an indicator of depositional environment (primarily the facial), relative to oxidation-reduction potential.

The Th/U ratios during the endogene and exogene differentiation of the Earth's crust are not adequately known, as demonstrated by the estimates of the average concentrations made by several authors. Except for Vinogradov (1962), in papers presented by most of the other authors there is no essential difference in Th/U ratios among the magmatic and sedimentary rocks.

Based on a new method of statistical study of distribution of elements in rocks (Omaljev, 1978a, 1978b), an attempt was made in defining a model of study of Th/U ratio on an example of Val Gardena deposits in Žirovski Vrh area.

Except for a study of Protić and Gojković (1965) there were no papers in Yugoslav bibliography that treats this problem. Most of the international papers have studied the Th/U ratios by the tabular presentation of these ratios in individual samples. As a mean value of this ratio most of the authors give the mean arithmetic average of these data, and not the ratios of the mean concentrations of thorium and uranium. From a mathematical analysis it is clear that the numerical values of these two approaches are different, and the authors have given the absolute priority to the mean arithmetic concentration.

Each information (sample) on thorium and uranium concentrations represents a two-component system, and the ratio can be expressed as the ratio of sample Th/U. Each information has four parameters:

1. Unit volume (v), respectively the unit amount of material (q), known as the statistical mineralization;

2. Unit amount of the first elemnt x (uranium);
3. Unit amount of the second element y (thorium);
4. The ratio of unit amounts of elements $w = y/x = Th/U$, which represents a new, dimensionless information.

The first parameter represents a constant, as the one of the main requirements is the equal volume, or weight, of each sample. The parameter $w=y/x$ represents the independent geological variable, and the other three paramaters (q, x and y) represent the dependant geological variables. Here the frequency distribution of each parameter behave as functions of an independent variable, as defined by:

$f(w)$ — distribution of relative frequencies of statistical mineralization by independent geological variable;

$f_x(w)$ — distribution of relative frequencies of uranium by the inpendent geological variable;

$f_y(w)$ — distribution of relative frequencies of thorium by the independent geological variable.

The distribution of relative frequencies are presented by a two component histograms, where the $f(w)$ distribution is presented by the pillars, and the $f_x(w)$ and $f_y(w)$ distributions as the narrow bands in the centers of each class of independently variable. The two-component histogram is a new type of histogram, which differs basically from the dual histogram (O m a l j e v, 1978a, 1978b).

The parameters of distribution are the median of population (M), and the arithmetic mean of the group ($\bar{w}$), which define the type of distribution (according to one of three laws as described by O m a l j ev, 1978b).

Some regularities can be observed when studying the distribution of the dependent uranium and thorium frequencies. The polarization of relative frequencies is characteristic, and in the left part of histogram dominates uranium over thorium, but in right part dominates thorium over uranium. This is a consequence of the Th/U ratio, and here of particular importance is the point of intersection of $f_x(w)$ and $f_y(w)$, i.e. $\hat{w}$, whose numerical value corresponds to the ratios of the mean values of thorium and uranium concentrations $\hat{w}=\bar{y}/\bar{x}$. This parameter most correctly expresses the ratios of thorium and uranium population, and has a character of environment.

The value of environment $\hat{w}$ in red clastic deposits is at level of ratio for the Earth's crust and magmatic rocks (according to V i n o g r a d o v, 1962); this value is inversely proportional to the size of detrital fragments. With the increase in size the thorium population is faster depleted relative to uranium population, which represents a general characteristic of Žirovski Vrh Val Gardena deposits. The distribution of $f(w)$ function is logarithmic, with well expressed lognormal tendency in all granulometric fractions.

The ratios of thorium to uranium populations in the gray deposits of Žirovski Vrh area are more complex relative to red deposits, due to the presence of logarithmic „tail" of diagenetic uranium population (O m a l j e v, 1979b, 1979c, in press). The distribution is typically logarithmic (follows the 2nd law, O m a l j e v 1978b). The curve of uranium density in linear statistical scale, in gray psamites, has a well expressed left--asymmetric, hyperbolic form (lst class contains over 55% of uranium). The forms of statistical mineralization and of thorium are left-asymmetrical (*left-Razumovsky*, B o g a t s k i y, 1963). Polarization between thorium and uranium is pronounced, particularly in logarithmic statistical scale.

This polarization has shifted the environmental parameter $\hat{w}$ appreciably leftwards (on the abscissa); its value here is less than one, which shows a large difference relative to $\bar{w}$ in gray psamites. In the coarse--grained deposits, where the polarization is less developed, the difference among the environment parameters is also lower (Fig. 4).

The mean values of environmental parameters Th/U are abourt three times lower than those in red deposits, which indicates the essential differences in geochemical environments.

If the logarithmic „tail" from gray deposits is removed, the Th/U rations in syndiagenetic uranium population, which conditionally corresponds to syngenetic uranium population in red deposits, can be examined. The density curves are most affected when dealing with uranium, and the hyperbolic form lacks in gray psamites. Due to the rightwards shift of the entire population and the change of form of distribution, the mean values of Th/U ratios are closer; however, the value of arithmetic mean $\bar{w}$ appreciably altered.

The Th/U ratio basically depends on sedimentary differentiation. The facial differentiation on red and gray Val Gardena deposits introduces large differences in Th/U ratios, and the environmental parameter represent a good criterion in identification of sedimentary geochemical facies. The granullometric separation of material also introduces the change in mean Th/U ratio, but this ratio is not reliable as the criterion in identification.

The environmental parameter $\hat{w}$ represents also a reliable criterion in identifying the geochemical environment favorable for uranium accumulation. Its low value in the gray Val Gardena deposits of Žirovski Vrh area indicate these rocks as uranium-bearing.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 211—224, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 211—224, 1980, Belgrade.

Damnjan Protić

UDK 518.3 : 511.49

NOMOGRAMI I NJIHOVA PRIMENA U HIDROGEOLOGIJI

(sa 9 slika, 4 tabele)

Ključne reči: Nomogram, Hidrogeologija, Binarno polje, kanonična forma.

Ovaj rad predstavlja prilog primeni nomograma u hidrogeološkoj praksi, više sa aspekta metodike proračuna elemenata i konstruisanja nomograma nego rešavanja konkretnih problema iz hidrogeologije. Razmatrani su nomogrami iz izravnatih tačaka i nomogrami iz tačaka iste udaljenosti, odnosno nomogrami koji se veoma često sreću u hidrogeološkoj praksi i koji su relativno jednostavniji za sastavljanje.

Od nomograma sa izravnatim tačkama razmatrani su nomogrami sa tri i četiri paralelne skale i nomogrami sa dve paralelne skale i binarnim poljem. Na isti način razmatrani su nomogrami iz tačaka iste udaljenosti, posebno oni sa ortogonalnom binarnom mrežom. Prikazana metodika izrade nomograma ilustrovana je sa nekoliko primera.

1. UVOD

Nomografija je odeljak matematike, koji se bavi izučavanjem metoda grafičkog predstavljanja funkcionalnih zavisnosti: formula, jednačina, sistema jednačina. Dobijeni grafici pri tome zovu se nomogrami. Svaki nomogram se radi za konkretnu funkcionalnu zavisnost, pri čemu se računske operacije zamenjuju jednostavnijim geometrijskim operacijama — povlačenje linija, luka i sl.

Veliku primenu nomogrami su našli u građevinarstvu, mašinstvu, elektrotehnici, hidrotehnici i drugim granama nauke, gde se koriste za rešavanje niza praktičnih zadataka. Međutim, u hidrogeologiji ove metode nemaju još adekvatan tretman, iako se pri obradi većeg obima hidrogeoloških podataka jasno ispoljavaju njihove prednosti. Tada nomogrami predstavljaju jedno od najjednostavnijih, jeftinih i dostupnih sredstava računske tehnike, a tačnost dobijenih rešenja ima u proseku isti rang kao i tačnost na logaritamskom računaru. U slučajevima kada je tačnost nomograma nedovoljna, oni se mogu koristiti kao pomoćno sredstvo za procenjivanje, za traženje nultih približavanja, za kontrolu proračuna sa ciljem otkrivanja grubih grešaka.

Prvi nomogrami, oformljeni u vidu grafičkih olakšica, primenjivani su već u srednjem veku. Ipak, M. O k a n j je 1884. godine na osnovu

principa dvojnosti dobio nomograme sa izravnatim tačkama, a u nizu kasnijih radova on je postavio osnove nomografije.

Jedan od razloga zapostavljenosti nomograma u hidrogeološkoj praksi svakako je i taj što hidrogeolozi uglavnom nisu upoznati sa metodikom konstruisanja nomograma kroz kurseve specijalizacije. Posebno se to odnosi na izradu složenijih dijagrama. Stoga je i glavni cilj ovog rada da se u kraćim crtama razmotre osnovni metodski elementi konstruisanja nomograma različitih vrsta i da se postupak njihove izrade ilustruje sa nekoliko primera iz oblasti hidrogeologije. Time će, verovatno, ovaj rad u izvesnoj meri doprineti većoj aktivnosti hidrogeologa na proširivanju oblasti primene nomograma u toj naučnoj disciplini.

2. TIPOVI NOMOGRAMA

Obim ovog rada ne omogućuje da se razmotre svi tipovi nomograma, pogotovu oni najsloženiji za čije se konstruisanje koriste elektronski računari. Takvi nomogrami se razmerno retko mogu primeniti u hidrogeološkoj praksi, pa će se stoga veća pažnja posvetiti onim dijagramima koji su od većeg praktičnog značaja.

Teorijska razmatranja o nomogramima u ovom radu uzeta su iz matematičke literature, pošto u hidrogeološkoj literaturi o tome nema ni načelnih razmatranja. Međutim, izrada nomograma za konkretne primere predstavlja autorov doprinos, a ovi nomogrami, kako su dati, mogu da se koriste u praktične svrhe.

U suštini, svi postojeći nomogrami se sastoje iz elemenata dve vrste: skala i familije promenljivih linija koje nekada obrazuju mrežu — binarno polje. Najpodobniji su mrežasti nomogrami, a najnepogodniji su oni sa transparentom bilo koje vrste. Sa praktičnog aspekta, veoma su pogodni nomogrami iz izravnatih tačaka, sa tačkama jednake udaljenosti, baricentrični i cirkularni.

Pri konstruisanju nomograma pojavljuje se čitav niz teškoća. Prvi problem je vezan sa rešavanjem pitanja svrsishodnosti nomografskog prikazivanja ovog ili onog proračuna, sa izborom granica kolebanja promenljivih i utvrđivanjem neophodne tačnosti dobijenog rešenja. Ovde je potrebno, osim poznavanja nomografije, dobro poznavanje problema iz oblasti za koju se radi nomogram.

Drugi problem je u tome što se određene zavisnosti ne mogu uopšte izraziti nomogramom. Tako se u složenim slučajevima pribegava nomografisanju delova formula, udvajanju promenljivih, zameni određenih delova formule približnim izrazima i dr.

Na kraju, treća teškoća se sastoji u izboru parametara transformacije i promenljivih (proizvoljnih) funkcija, pri kojima će nomogram imati najbolje uslove za dobijanje rešenja.

2. 1. Nomogrami iz izravnatih tačaka

Ovi nomogrami mogu biti:

— sa skalom i sa binarnim poljem,

— nomogrami jedne jednačine i sistema jednačina,

— elementarni (sa povlačenjem jedne linije) i složeni (povlači se nekoliko linija).

Veoma često se u praksi sreću nomogrami sa tri paralelne skale. Opšti izraz za nomograme sa skalama je:

$$f_1 f_3 + f_2 g_3 + h_3 = 0 \qquad (1)$$

Ako u (1) zamenimo funkcije f_3, g_3, h_3 sa

$$f_3 = 1,\ g_3 = 1,\ h_3 = -f_3$$

dobijamo formu:

$$f_1 + f_2 = f_3 \qquad (2)$$

(Primer: $P = 50 + 0{,}75\,(T - 150) + 0{,}25\,(A - 20)$, odnosno $0{,}75\,(T - 150) + 0{,}25\,(A - 20 = P - 50$; $f_1 = 0{,}75\,(T - 150)$, $f_2 = 0{,}25\,(A - 20)$, $f_3 = P - 50$)

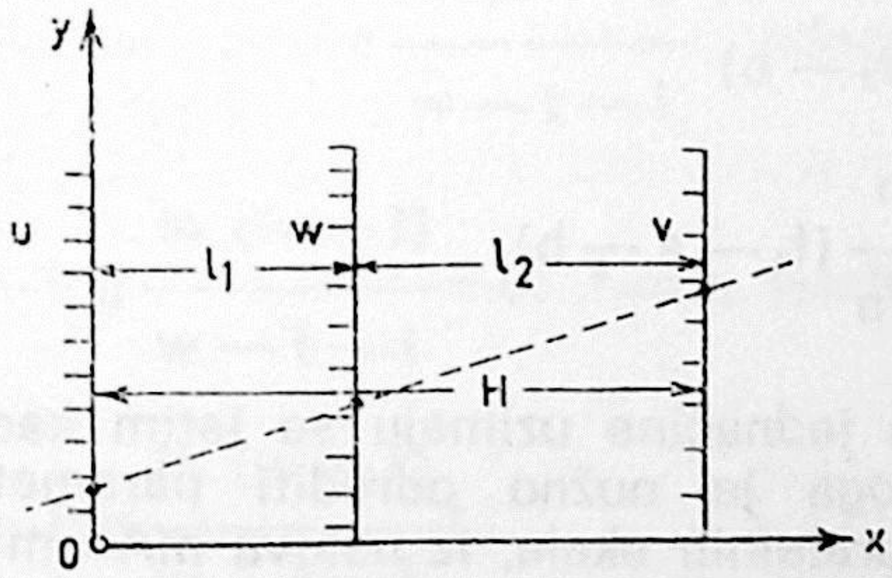
Jednačine skala nomograma za ovu formu su sledeće:

skala *u*: $x = 0$, $\quad y = m\,(f_1 - a)$

skala *v*: $x = H$, $\quad y = n\,(f_2 - b)$

skala *w*: $x = \dfrac{m\,H}{m+n}$, $\quad y = \dfrac{m\,n}{m+n}\,(f_3 - a - b)$

Iz jednačina elemenata nomograma je očljivo da su skale *u*, *v* i *w* paralelne (sl. 1). Rastojanje između krajnjih skala je



Sl. 1. — Shema nomograma iz izravnatih tačaka, sa tri paralelne skale za formu $f_1 + f_2 = f_3$.

H, a između skala *w* i *v*:

$$H - \frac{m\,H}{m+n} = \frac{n\,H}{m+n}$$

Rastojanje između skala *u* i *w* je ravno $\dfrac{mH}{m+n}$

Parametre *m* i *n* određujemo iz uslova jednakosti dužine skala *u* i *v* neke date veličine L — visine nomograma. Parametre *a* i *b* nalazimo iz uslova položaja donjih krajeva skala *u* i *v* na osi OX.

Ako se izraz (2) napiše u vidu:

$$f_1+(-f_3)=(-f_2)$$

$$f_2+(-f_3)=(-f_1)$$

dobijaju se nomogrami koji u sredini imaju skalu *v*, odnosno *u*.

Nomogrami sa 4 paralelne skale dobijaju se za sistem jednačina:

$$\begin{aligned} f_3(w)&=A\,f_1(u)+B\,f_2(v)\\ f_4(t)&=C\,f_1(u)+D\,f_2(v) \end{aligned} \qquad (3)$$

gde su A, B, C i D— numerički koeficijenti.
(Primer: $p=b^2/8h$, $m=b/4h$, odnosno

$$\log(8p)=2\log b-\log h$$

$$\log(4m)=\log b-\log h$$

$f_1=\log b$, $f_2=-\log h$, $f_3=\log(8p)$, $f_4=\log(4m)$, $A=2$, $B=1$, $C=1$, $D=1$).

Prvo se rešavaju jednačine za skale koje sadrže parametre *H*, *m*, *n*, *a* i *b*, iz prve jednačine:

skala *u*: $x=0$, $y=m(Af_1-a)$

skala *v*: $x=H$, $y=n(Bf_2-b)$

skala *w*: $x=\dfrac{mH}{m+n}$, $y=\dfrac{mn}{m+n}(f_3-a-b)$

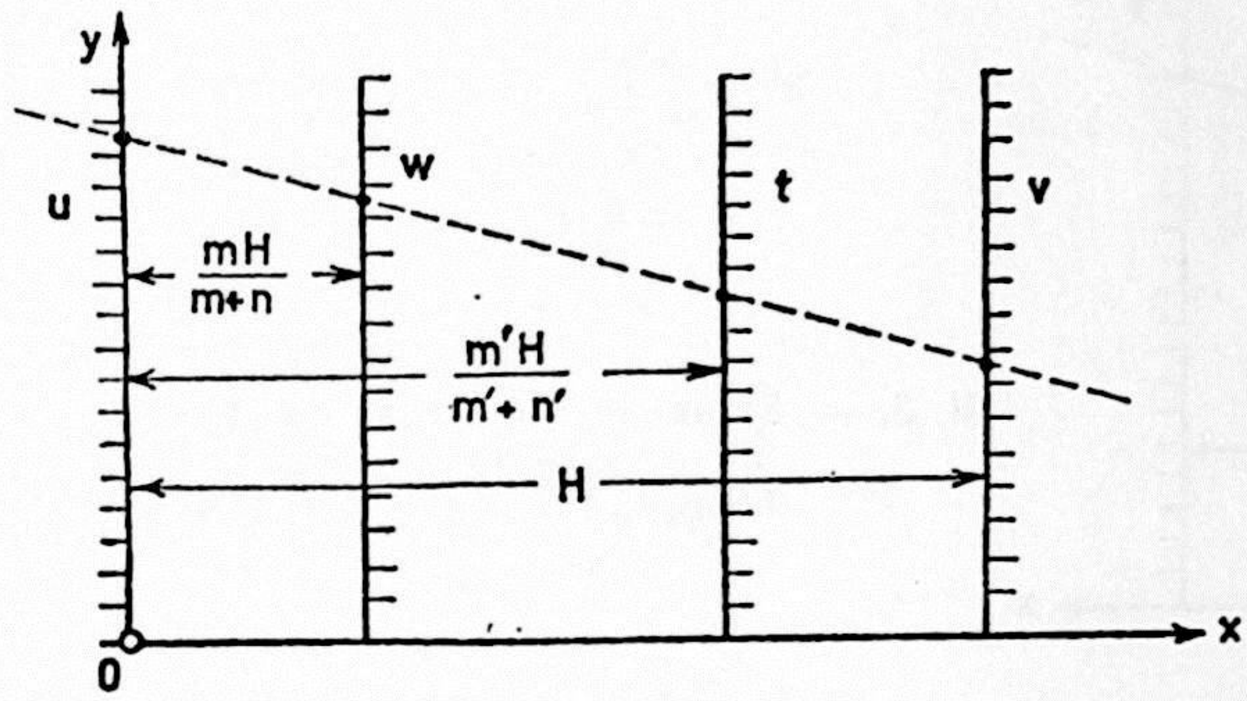
Skale *u* i *v* u nomogramu druge jednačine uzimaju se istim kao i u nomogramu prve jednačine. Radi toga je nužno odrediti parametre *m'*, *n'*, *a'* i *b'* koji ulaze u jednačine paralelnih skala, iz uslova $mA=m'C$, $nB=n'D$, $ma=m'a'$, $nb=n'b'$. Odavde se nalazi:

$$m'=\frac{mA}{C},\quad n'=\frac{nB}{D},\quad a'=\frac{aC}{A},\quad b'=\frac{bD}{B}$$

Jednačina skale *t* se izražava:

$$x=\frac{m'H}{m'+n'},\qquad y=\frac{m'n'}{m'+n'}(f_4-a'-b')$$

Pretpostavlja se da su parametri m' i n' pozitivni, tj. koeficijenti A i C imaju iste znake i koeficijenti B i D imaju iste. Shema nomograma je data u sl. 2.



Sl. 2. — Shema nomograma iz izravnatih tačaka sa četiri paralelne skale vezane jednim izravnanjem.

Parametar H se određuje iz uslova dobijanja potrebne širine nomograma. Parametri m i n se dobijaju iz uslova jednakosti dužina skala u i v neke zadate dužine L. Parametri a i b se dobijaju iz uslova položaja donjih krajeva skala u i v na osi OX.

Nomogrami sa dve paralelne skale i binarnim poljem imaju u opštem obliku jednačinu:

$$f_1 f_{34} + f_2 g_{34} + h_{34} = 0 \qquad (4)$$

(Primer: $t^{u-1} = v \dfrac{\ln (w - t)}{w - t - 1}$, odnosno $u \cdot \log t + \log v\,(-1) + -\log t - \log \dfrac{\ln (w - t)}{w - t - 1} = 0$; $f_1 = u$, $f_2 = \log v$, $f_{34} = \log t$, $g_{34} = -1$, $h_{34} = -\log t - \log \dfrac{\ln (w - t)}{w - t - 1}$).

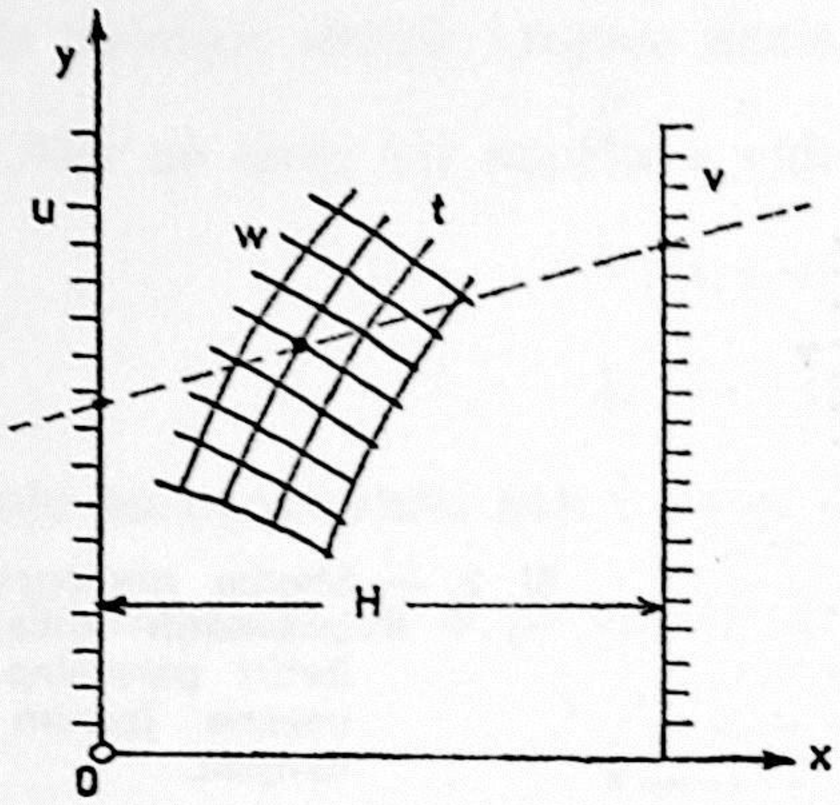
Jednačine elemenata takvog nomograma imaju vid:

skala u: $x = 0$, $y = m (f_1 - a)$

skala v: $x = H$, $y = n (f_2 - b)$

polje: (w, t): $x = \dfrac{H m g_{34}}{n f_{34} + m g_{34}}$, $y = \dfrac{-mn (a f_{34} + b g_{34} + h_{34})}{n f_{34} + m g_{34}}$.

Shema nomograma je data u sl. 3.



Sl. 3. — Shema nomograma sa paralelnim skalama i poljem za formu $f_1\ f_{34} + f_2\ g_{34} + h_{34} = 0$

Iz datih odnosa sledi da parametar H određuje rastojanje između paralelnih skala, parametri *m* i *n* razmeru skala *u* i *v*, a parametri *a* i *b* — položaj skala po vertikali. Konstrukcija nomograma se sastoji u izboru parametara *H*, *m*, *n*, *a* i *b*. Pri izboru parametara teži se tome da se svi elementi nomograma nalaze u granicama crteža i što je moguće potpunije pokrivaju njegovu površinu. Obično se parametri *m* i *n* uzimaju tako da bi skale *u* i *v* bile približno jednake dužine. Parametri *a* i *b* daju mogućnost da se postavi bilo koja tačka skala *w* i *t* na osu OX. Obično se u svojstvu tih tačaka biraju donji krajevi skala ili sredine skala.

2. 2. Nomogrami iz podjednako udaljenih tačaka

Opšti oblik ovih nomograma sa 6 promenljivih glasi:

$$(f_{34} - f_{12})^2 + (g_{34} - g_{12})^2 = (f_{56} - f_{12})^2 + (g_{56} - g_{12})^2 \qquad (5)$$

Nomogram se sastoji iz tri binarna polja (a_1, a_2), (a_3, a_4), (a_5, a_6), čije se jednačine u sistemu koordinata XOY pišu:

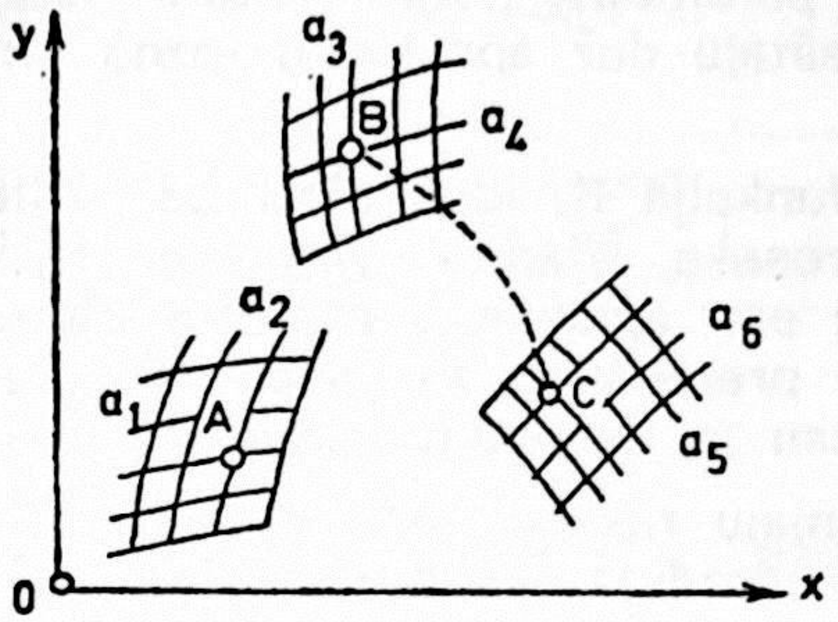
$$x_{12} = f_{12} \qquad x_{34} = f_{34} \qquad x_{56} = f_{56}$$

$$y_{12} = g_{12} \qquad y_{34} = g_{34} \qquad y_{56} = g_{56}$$

Polje (a_1, a_2) se naziva poljem centara, a polje (a_3, a_4) i (a_5, a_6) — polja preseka. Shema nomograma je data u sl. 4.

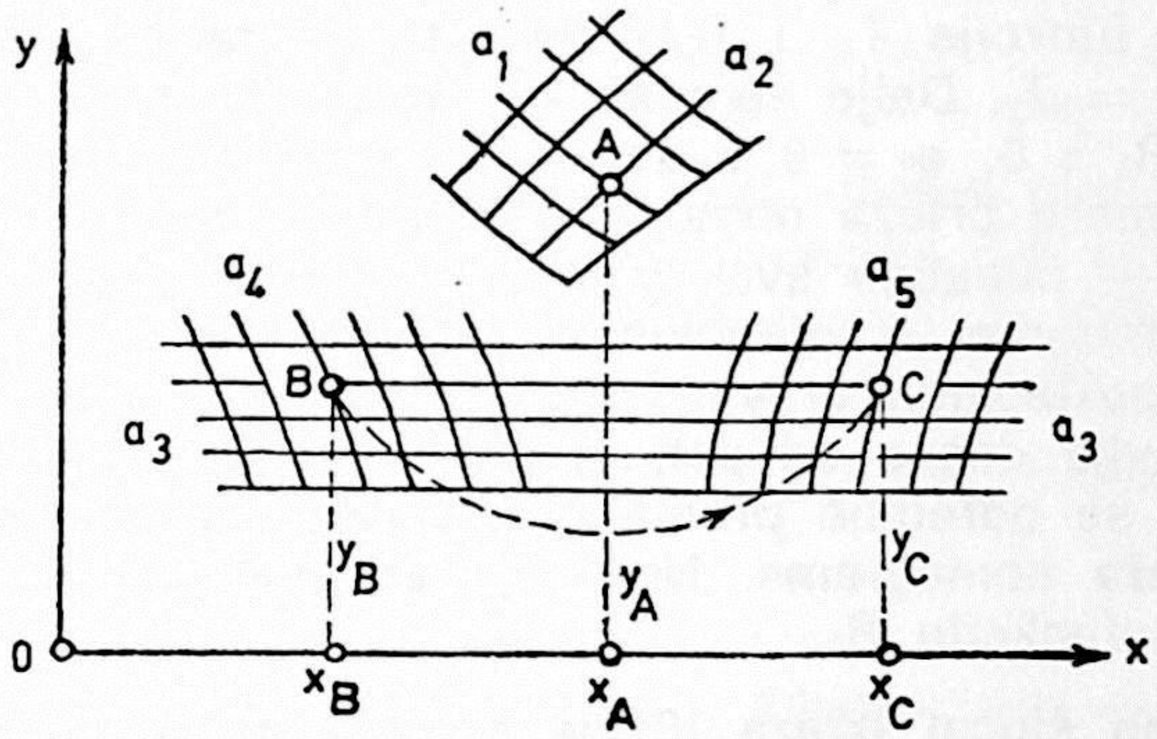
U praksi, veoma često se javljaju posebni slučajevi jednačine (5), kada se konstruišu prilagođeni (modifikovani) nomogrami, kao što je napr. za formu:

$$f_{12} = f_{34} + f_{35} \qquad (6)$$



Sl. 4. — Shema nomograma iz podjednako udaljenih tačaka za formu (5).

sa 5 promenljivih veličina (sl· 5).



Sl. 5. — Shema prilagođenog nomograma za formu (6.)

Ako je a_3 paralelno sa osom OX, tada iz načina korišćenja nomograma sledi da je AB=AC. Iz uslova AB=AC II OX sledi da je:

$$2x_A = x_B + x_C, \qquad y_B = y_C$$

Označivši:

$$2x_A = f_{12} \qquad x_B = f_{34} \qquad x_C = f_{35}$$

dolazi se do kanonične forme (6). Uvodeći u jednačine elemenata nomograma dopunske parametre transformacije a_o, a i m, kao i proizvoljne funkcije R_3, dobijaju se jednačine elemenata nomograma kao u tabeli 1.

Tabela 1

Koordinate	Polje centara (a_1, a_2)	Polje preseka (a_3, a_4)	Polje preseka (a_3, a_5)
x	$a_o + m\ f_{12}$	$a_0 - a + 2m\ (f_{34} + R_3)$	$a_0 - a + 2m\ f_{35} - R_3)$
y	T_{12}	T_3	T_3

Parametar a_o ulazi kao komponenta u jednačine za apscisu polja centara i polja preseka. Stoga ovaj parametar određuje samo položaj nomograma u odnosu na koordinatni početak po apscisnoj osi.

Parametar *a* ulazi sa različitim znakom samo u jednačine apscisa polja preseka. Stoga pri promeni ovog parametra polje centara ostaje nepromenjeno, a polja preseka se premeštaju duž apscise u razne strane za jednu istu veličinu.

Analognu ulogu ima i proizvoljna funkcija R_3 koja ulazi sa različitim znakom u jednačine apscise polja preseka. Njenim uvođenjem tačke polja preseka se takođe premeštaju duž ose apscise u različite strane, pri čemu se tačke sa istim ordinatama premeštaju za jednu istu veličinu. Slučaj kada je R_3 = const istovetan je uvođenju parametra *a*.

Parametar *m* dozvoljava da se menjaju rasponi svih polja u pravcu apscisne ose. Proizvoljna funkcija T_3 određuje zakon raspodele paralelnih pravih a_3. Proizvoljna funkcija T_{12} omogućava da se modifikuje polje (a_1,a_2) u pravcu ordinatne ose.

Konstrukcija nomograma se sastoji u izboru parametara a_0, *a*, *m* i proizvoljnih funkcija T_{12}, T_3 i R_3 u sledećem redosledu.

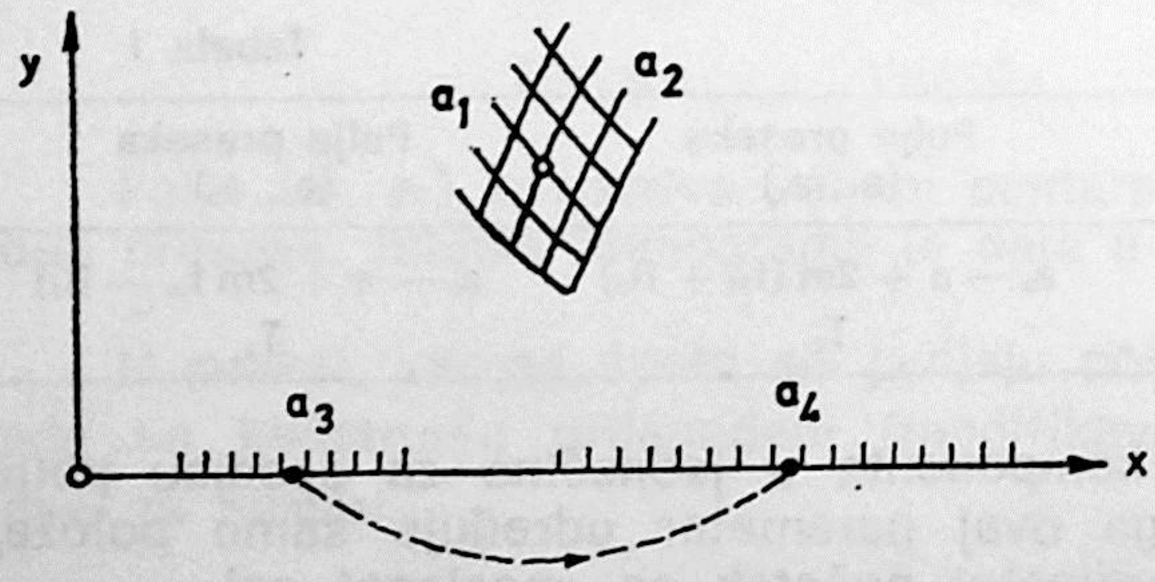
Odrede se proizvoljne funkcije T_{12} i T_3.U početku se može, naprstaviti da je $T_{12} = T_1$ ili $T_{12} = T_2$. Dalje se pišu jednostavnije jednačine elemenata nomograma pri $R_3 = 0$, $a_0 = 0$ i $a = 0$. Polazeći od granica kolebanja promenljivih i razmere crteža nomograma, bira se modul *m* i pravi mreža binarnih polja — posebno svakog u svom sistemu koordinata. Zatim se sastavlja nomogram iz njegovih elemenata pri uslovima paralelnosti osa apscise i poklapanja pravih a_3 u poljima preseka. Polje centara (a_1, a_2) se postavlja desno od polja preseka (a_3, a_4). Položaj drugog polja preseka (a_3,a_5) se određuje prema brojčanom primeru. Kao rezultat toga dobija se mreža nomograma. Na kraju se ispituje opravdanost uvođenja proizvoljne funkcije R_3.

Veoma važan specifičan slučaj izraza (6) je nomogram za formu:

$$f_{12} = f_3 + f_4 \qquad (7)$$

gde je konstrukcija nomograma pogodnija nego što je nomogram iz izravnatih tačaka sa binarnim poljem (sl. 6).

(Primer: $\Delta P = IF(Q, d)$, odnosno $\log F(Q, d) = -\log I + \log \Delta P$; $f_{12} = \log F(Q, d)$, $f_3 = -\log I$, $f_4 = \log \Delta P$).



Sl. 6. — Shema nomograma iz podjednako udaljenih tačaka za formu (7) sa 4 promenljive.

Jednačine elemenata nomograma koje sadrže parametre transformacije date su u tabeli 2.

Tabela 2

Koordinate	Polje centara (a_1, a_2)	Skala preseka a_3	Skala preseka a_4
x	$a_0 + m f_{12}$	$a_0 - a + 2m f_3$	$a_0 + a + 2m f_4$
y	T_{12}	O	O

Isto tako, važan je nomogram za formu

$$f_1 + f_2 = f_3 + f_4 \qquad (8)$$

Shema nomograma je ista kao u sl. 6, a jednačine elemenata nomograma kao u tabeli 2, s tim što se u njoj zameni $f_{12} = f_1 + f_2$. (Primer: $v = 2{,}5u_1, {}^{0,6}u_2 {}^{0,3}u_3 {}^{0,9}$, odnosno $0{,}6 \log u_1 + 0{,}9 \log u_3 = (-0{,}3 \log u_2) + (-\log 2{,}5 + \log v)$; $f_1 = 0{,}6 \log u_1$, $f_2 = 0{,}9 \log u_3$, $f_3 = -0{,}3 \log u_2$, $f_4 = -\log 2{,}5 + \log v$).

Posebna pogodnost ovog nomograma je mogućnost predstavljanja polja (a_1, a_2) ortogonalnom mrežom. Da bi se to postiglo, potrebno je proizvoljnu funkciju u tabeli 2 uzeti u vidu

$$T_{12} = b_0 + m (f_1 - f_2)$$

Specifičan slučaj izraza (6) jeste nomogram za formu:

$$f_{12} = f_{34} + f_5 \qquad (9)$$

(Primer: $\alpha Q^2 = b^5 f(m, n)$, odnosno $\log \frac{\alpha}{b^5} = -\log Q^2 + \log f(m, n)$;

$f_{12} = \log \frac{\alpha}{b^5}$, $f_5 = -\log Q^2$, $f_{34} = \log f(m, n)$.

Ovaj nomogram se može predstaviti sistemom horizontalnih pravih bilo od promenljivih a_1, a_2, a_3 ili a_4. Metoda nomografiranja je ista kao za formu (6), s tim što se u tabeli 1 umesto f_{35} piše f_5. Ako se funkcija R_3 uzme u obliku $R_3 = \delta T_3$, gde δ — neki parametar, tada će sistem a_5 biti sistem paralelnih linija (kao što je u sl. 5 to sistem a_3).

Nomogram za formu:

$$f_1 + f_2 = f_3 + f_4 + f_5 \qquad (10)$$

radi se prema jednačinama elemenata datim u tabeli 1, s tim što se vrši zamena $f_{12} = f_1 + f_2$, $f_{34} = f_3 + f_4$, $f_{35} = f_5$. Funkcija T_{12} se može uzeti u vidu

$$T_{12} = b_0 + m (f_1 - f_2)$$

pa će polje (a_1, a_2) biti obrazovano od dva sistema ortogonalnih paralelnih pravih. Funkcije T_3 i R_3 je pogodno izraziti:

$$T_3 = c + n f_3, \qquad R_3 = \delta f_3$$

gde su c, n i δ — parametri. Pri takvom izboru ovih funkcija sistemi linija a_4 i a_5 će biti različiti sistemi paralelnih pravih ($\delta = -0{,}5$).

Tabela 3

Koordinate	Polje centara (a_1, a_2)	Polje preseka (a_3, a_4)	Polje preseka (a_3, a_5)
x	$a_0 + (f_1 + f_2)$	$a_0 - a + 2m\,(f_4 + 0{,}5f_3)$	$a_0 + a + 2m\,(f_5 + 0{,}5f_3)$
y	$b_0 + m\,(f_1 - f_2)$	$c + nf_3$	$c + nf_3$

3. PRIMENA NOMOGRAMA U HIDROGEOLOGIJI

Kao što je već navedeno, primena nomograma u hidrogeološkoj praksi je veoma zapostavljena. U stručnoj literaturi uopšte ima malo nastojanja autora da se pojedine funkcionalne zavisnosti izraze nomogramom, što bi bilo od koristi za širi krug korisnika. Najznačajniju primenu nomogrami bi imali, sa odgovarajućim prilagođavanjima, pri obradi masovnog broja podataka probnih crpenja, osmatranja režima podzemnih voda, proračunu kaptaža itd. Kod takvih proračuna znatno koriste i nomogrami delova pojedinih jednačina.

Ne ulazeći sada u razmatranje aspekata mogućih primena nomograma u hidrogeologiji, biće dovoljno da se ilustruju primeri nomograma datih u tač. 2 iz čega se može posredno dobiti uvid u mogućnosti nomografiranja drugih sličnih funkcionalnih zavisnosti.

P r i m e r 1. — Za određivanje vrednosti modula podzemnog oticaja m_1, važi relacija:

$$m_1 = 0{,}0317\ M\ a \qquad (11)$$

gde je M — godišnja suma padavina, a — koeficijent infiltracije. Neka promenljive imaju, napr. sledeće raspone kolebanja: $300 \leqslant M \leq 1000$ mm, $0{,}1 \leqslant a \leq 0{,}8$ i $0{,}9 \leq m_1 \leqslant 30{,}01/s/km^2$. Logaritmujući izraz (11):

$$\log a + \log (0{,}0317\ M) = \log m_1$$

dobija se izraz koji se može nomografski predstaviti sa tri paralelne skale u formi (2):

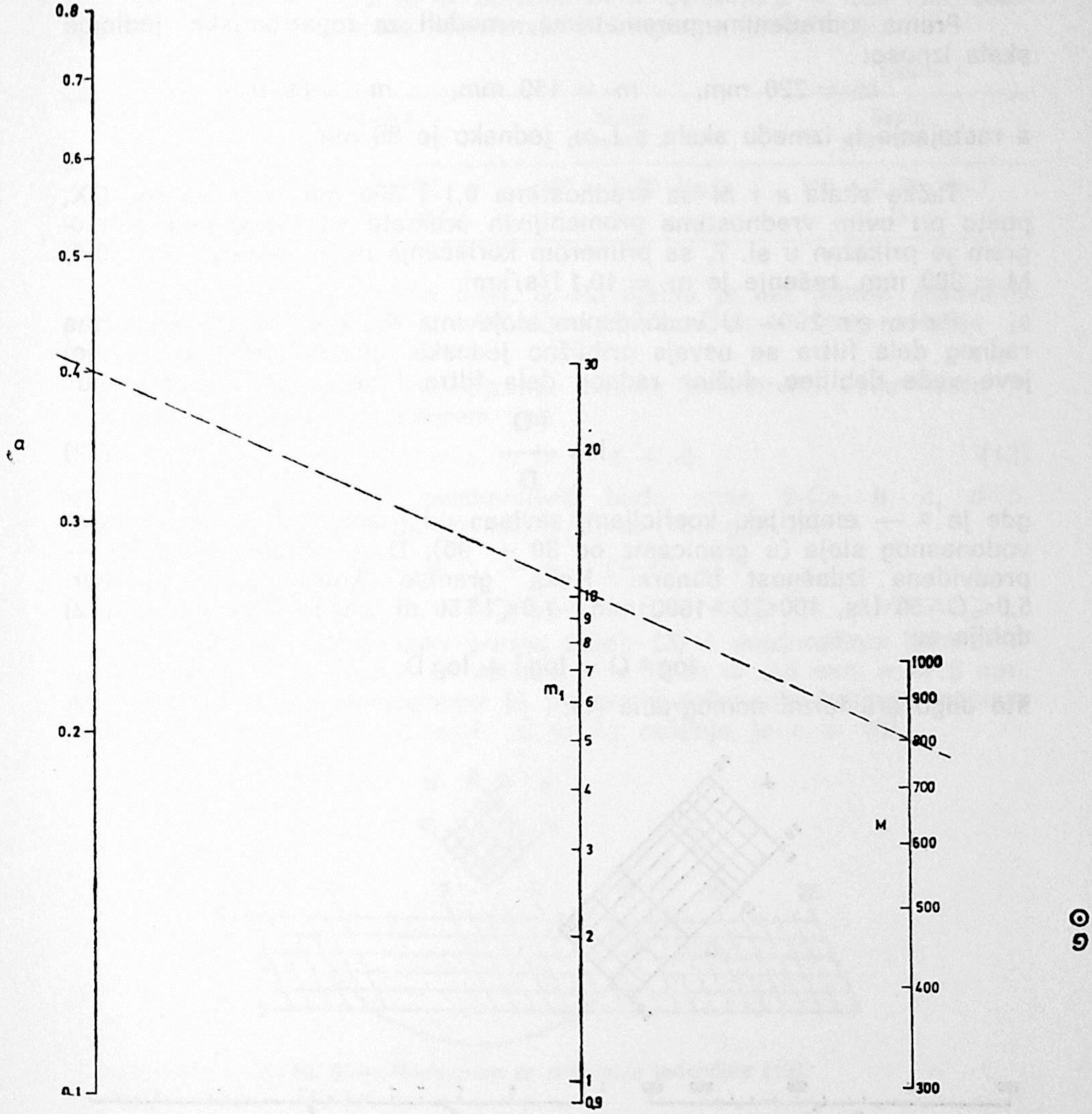
$$f_1 = \log a, \qquad f_2 = \log (0{,}0317\ M), \qquad f_3 = \log m_1$$

skala *a*: $x = o, \qquad y = m \cdot \log a \qquad (a = b = O)$

skala *M*: $x = H, \qquad y = n \cdot \log (0{,}0317\ M)$

skala m_1: $x = \dfrac{m\ H}{m + n}, \qquad y = \dfrac{m\ n}{m + n} \log m_1$

Ako se usvoji L = 200 mm, H = 150 mm, tada je *m* jednako:



Sl. 7. — Nomogram za rešavanje jednačine (11).

$200 = m \log 0{,}8 - m \log 0{,}1$; $m = 220$ mm, a $L = 198$ mm.

Parametar n se određuje iz uslova da dužina L skale M takođe treba da bude 200 mm:

$$200 = n \cdot \log (0{,}0317 \cdot 1000) - n \cdot \log (0{,}0317 \cdot 300)$$

$$n = 148{,}5 \approx 150 \text{ mm.}, \qquad L' = 78{,}5 \text{ mm}$$

Prema određenim parametrima, moduli za logaritamske jedinice skala iznose:

$$m_a = 220 \text{ mm}, \qquad m_M = 150 \text{ mm}, \qquad m_m = 89 \text{ mm}$$

a rastojanje l_1 između skala a i m_1 jednako je 89 mm.

Tačke skala a i M sa vrednostima 0,1 i 300 mm leže na osi OX, pošto pri ovim vrednostima promenljivih ordinate su ravne nuli. Nomogram je prikazan u sl. 7, sa primerom korišćenja istog: dato je a = 0,4; M = 800 mm, rešenje je $m_1 = 10{,}1$ l/s/km^2.

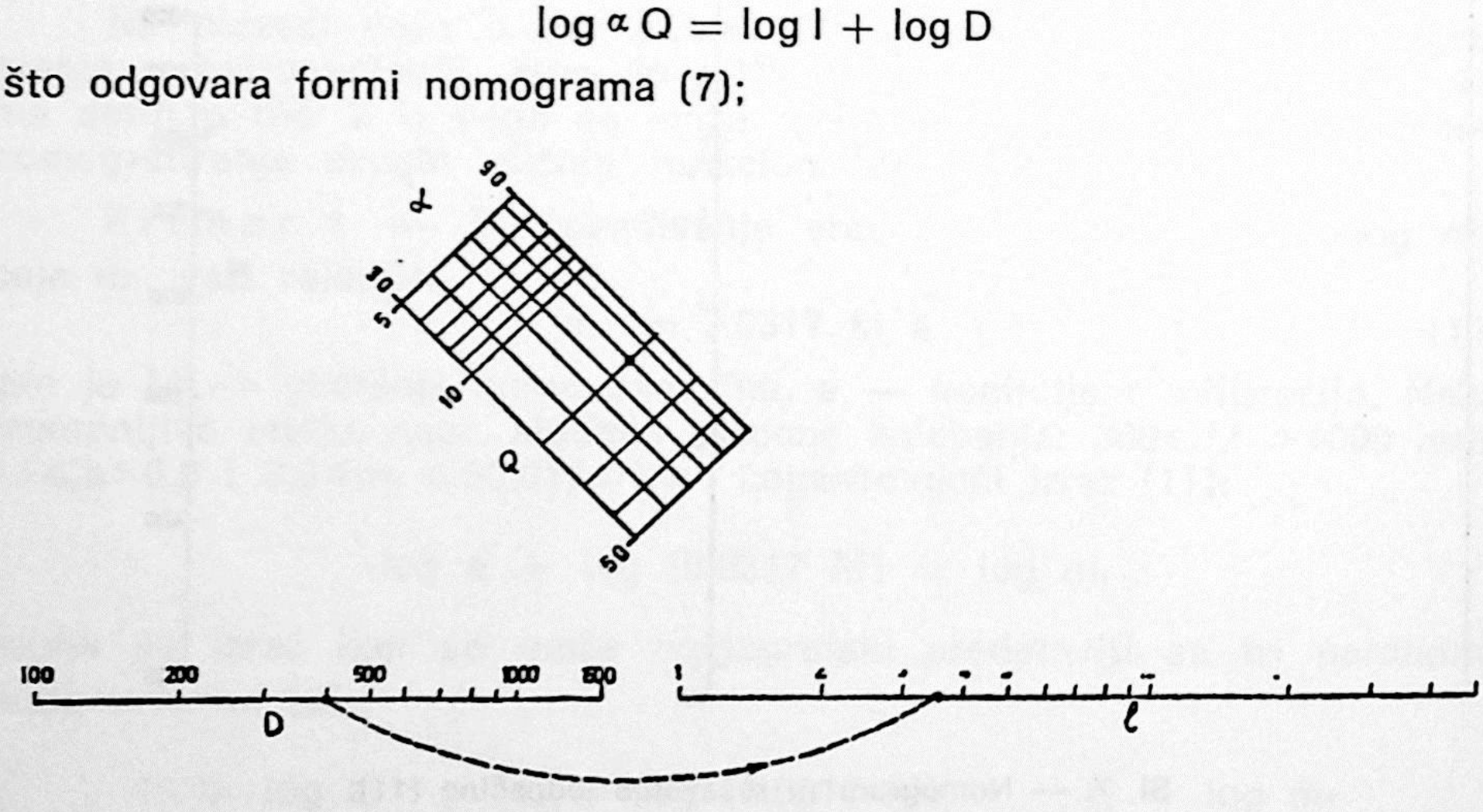
Primer 2. — U vodonosnim slojevima debljine do 10 m, dužina radnog dela filtra se usvaja približno jednaka njihovoj debljini. Za slojeve veće debljine, dužina radnog dela filtra l se računa po obrascu:

$$l = \frac{\alpha Q}{D} \tag{12}$$

gde je α — empirijski koeficijent, zavisan od granulometrijskog sastava vodonosnog sloja (u granicama od 30 — 90); D — prečnik filtra; Q — predviđena izdašnost bunara. Neka granice kolebanja budu napr. $5{,}0 \leqslant Q \leq 50$ l/s, $100 \leqslant D \leq 1500$ mm, $1{,}0 \leqslant l \leq 50$ m. Logaritmujući izraz (12) dobija se:

$$\log \alpha Q = \log l + \log D$$

što odgovara formi nomograma (7);



Sl. 8. — Nomogram za rešavanje jednačine (12).

$$f_{12} = \log(\alpha Q), \qquad f_3 = \log l, \qquad f_4 = \log D.$$

Isti izraz može da se napiše u formi

$$\log \alpha + \log Q = \log D + \log l$$

i da se pogodnije predstavi ortogonalnom mrežom polja centara:

$$f_1 = \log \alpha, \qquad f_2 = \log Q, \qquad f_3 = \log D, \qquad f_4 = \log l.$$

Usvajajući $a_0 = 0$, $m = 30$ mm, $b_0 = 50$ mm, $a = 100$ mm, dobijaju se sledeće jednačine elemenata nomograma (tabela 4).

Tabela 4

Koordinate	Polje centara (a_1, a_2)	Skala preseka a_3	Skala preseka a_4
x	$30 (\log \alpha + \log Q)$	$-100 + 2 \cdot 30 \cdot \log D$	$100 + 2 \cdot 30 \cdot \log l$
y	$50 + 30 (\log \alpha - \log Q)$	O	O

Nomogram je prikazan u sl. 8. Na njemu je dat primer rešavanja jednačine (12). Dato je $\alpha = 70$, $Q = 20$ l/s, $D = 400$ mm, rešenje je $l = 3{,}5$ m.

Primer 3. — U razmatranju bilansa podzemnih voda često je potrebno konstruisati nomogram tipa

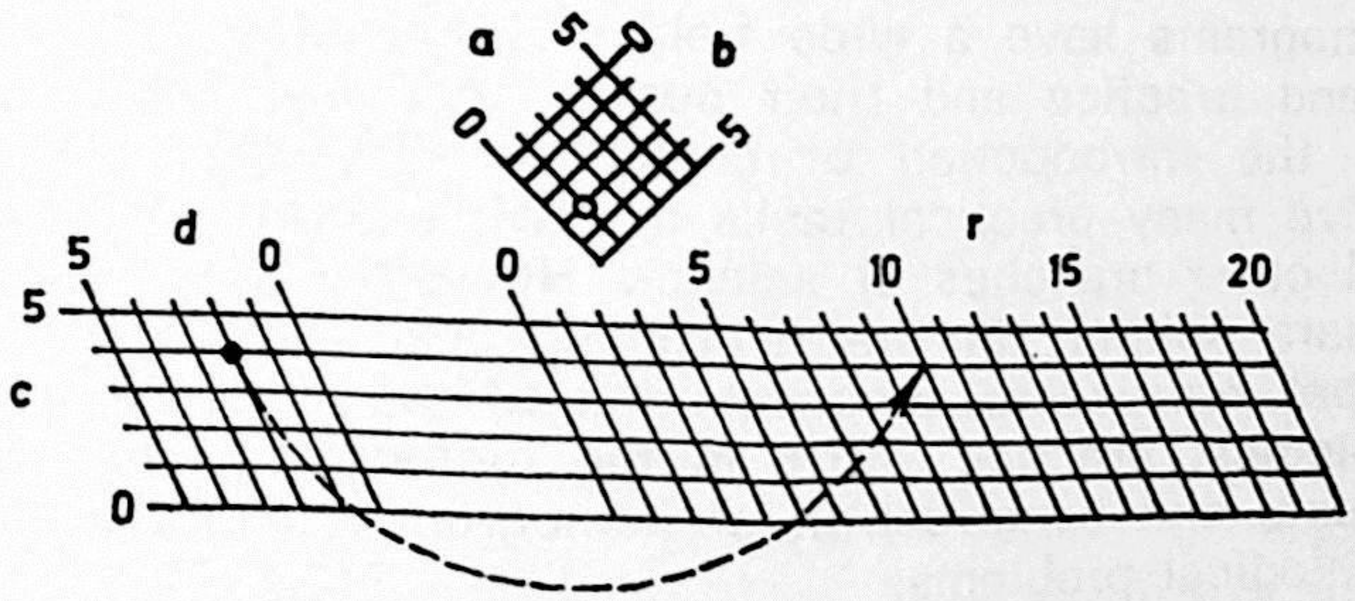
$$r = a + b + c + d \qquad (13)$$

Neka granice kolebanja promenljivih budu napr. $0 \leqslant a, b, c, d \leq 5$, $O \leqslant r \leq 20$. Obrazac se može dovesti u formu (10), gde je

$$a + b = -c + (-d) + r$$

$$f_1 = a, \quad f_2 = b, \quad f_3 = -c, \quad f_4 = -d, \quad f_5 = r.$$

Nomogram, konstruisan prema tabeli (3) i vrednostima parametara $a_0 = 0$, $a = 15$ mm, $b_0 = 45$ mm, $c = 0$, $m = 2{,}5$ mm, $n = 5$ mm, dat je u sl. 9. Na nomogramu je pokazano rešavanje brojnog primera (dato a = 1, b = 3, c = 4, d = 2,; rešenje je r = 10).



Sl. 9. — Nomogram za rešavanje jednačine (13).

Zaključak

Na sadašnjem stepenu razvoja hidrogeologije, kada postoji bogat fond prikupljenih informacija o pojedinim hidrogeološkim parametrima, za analizu tih informacija veoma su podobni nomogrami, kako sa aspekta praktičnog rešavanja zadataka tako i sa aspekta teoretske nadgradnje same discipline. Oblast primene nomograma u svrhe proračuna definisana je tačnošću dobijenih rešenja koja pružaju nomogrami. Ova tačnost zavisi od vrste formule koja se nomografski izražava, granica kolebanja promenljivih, razmera crteža i izabranog tipa nomograma.

Navedene kanonične forme nomograma i postupci njihovog konstruisanja predstavljaju izvod iz obimne metodike sastavljanja nomo-

grama. Razmatrani su oni tipovi nomograma koji, s obzirom na karakter funkcionalnih zavisnosti u hidrogeološkim problemima, mogu da nađu najširu primenu u praksi.

Primljeno 23. VI 1980. *Recenzent* mr Tomislav Dukić

LITERATURA

1. Fasol J., 1968: — Nomography. Frederic Uncar Publ. co., New Jork.
2. Gandžuman R. A., 1978: — Praktičeskie rasčeti v razvedočnom burenii. »Nedra«, Moskva.
3. Hovanskij G. S., 1976: — Osnovi nomografii. »Nauka«, Moskva.
4. Hovanskij G. S., 1977: — Nomografia i ee vozmožnosti. »Nauka«, Moskva.
5. Mironenko V. A., Šestakov V. M., 1978: — Teoria i metodi interpretacii opitno-filtracionih rabot. »Nedra«, Moskva.
6. Plotnikov N. I., 1979: — Ekspluatacionnaa razvedka podzemnih vod. »Nedra«, Moskva.
7. Schoeller H., 1962: — Les eaux souterraines. Ed. Masson et Cie., Paris.

Summary

NOMOGRAMS AND THEIR USE IN HYDROGEOLOGY

by

Damnjan Protić

Key words: Nomogram, Hydrogeology, Binary field, Canonic form.

The nomograms have a wide field of application in current scientific theory and practice and their convenience has been significantly increased by the introduction of computers. So, the nomograms are used to resolve many practical tasks in civil, electric and hydraulic engineering and other branches of science. However, this method has not gained adequate support in the hydrogeological practice.

This paper represents a contribution to the use of nomograms in the hydrogeological practice, more in the methodology for the calculation of elements and construction of nomograms, than for solving specific hydrogeological problems.

The basic types of nomograms have been considered: the nomograms with the straightened points, and the nomograms with the equi-distant points.

From among the nomograms with the straightened points the nomograms with three and four parallel scales and the nomogram with two parallel scales and a binary field have been considered. In the same way, the nomograms with the equi-distant points, particularly those with orthogonal binary net have been described.

Finally, there are examples of nomographic method in solving some equations from the hydrogeological practice.

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and other Raw Materials, Beograd.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 225—236, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 225—236, 1980, Belgrade.

Slobodan Vukašinović

UDK 550.814 : 553.3 (497.17)

REZULTATI VISOKOPRECIZNIH AEROMAGNETSKIH ISTRAŽIVANJA — LEŽIŠTA GVOŽĐA NA PODRUČJU TAJMIŠTE—KIČEVO—DEMIR HISAR

(sa 1 prilogom)

Visoko precizna aeromagnetska ispitivanja u cilju istraživanja ležišta gvožđa na području Tajmište—Kičevo—Demir Hisar, na prostoru površine oko 800 km^2, izvedena su 1979. godine za potrebe Rudnici i željezarnica — Skoplje. Ispitivanja su izvršena samo na delu prostora Zapadne Makedonije koji je na osnovu podataka ranije izvršenih aeromagnetskih ispitivanja i drugih podataka ocenjen potencijalno *Fe* rudonosnim (18), u pogledu slabo magnetičnih ruda Fe (uglavnom sideritsko-šamazitske), i kao takav predložen za visoko precizna aeromagnetska ispitivanja. Proširenje ispitivanja na ostali prostor uslovljen je postignutim rezultatima na području Tajmište —Kičevo—Demir Hisar, kao eksperimentalnom delu za sticanje ocene o mogućem doprinosu visokopreciznih ispitivanja, posebno u odnosu na rezultate ranijih aeromagnetskih ispitivanja, izvršenih sa sadašnjeg gledišta magnetometrom vrlo niske osetljivosti.

Ranija aeromagnetska ispitivanja sa svrhom istraživanja ležišta gvožđa u Zapadnoj Makedoniji izvođena su 1960 i 1961. godine, iz helikoptera, primenom fluksnog magnetometra čija je osetljivost iznosila svega 20 gama. Merenja su izvršena po maršrutama na međusobnom odstojanju 500 m i prosečnoj relativnoj visini leta od 80 m; izuzetak od ovoga je teren između Kičeva i Tajmišta gde je međumaršrutno odstojanje iznosilo 250 m. Tačnost merenih podataka bila je ± 80 gama. Ovim ispitivanjima indicirane su samo izrazitije namagnetisane rude i stene, uzročnici anomalija intenziteta preko 150 gama. Sa geostrukturnog i rudnog aspekta najznačajniji rezultat zasnovan na bazi ovih podataka ogledao se u reduciranju prostora zapadne Makedonije koji se može smatrati interesantan u pogledu sideritsko-šamozitskih ruda; kao takav izdvojen je teren zapadno od linije Čafa—Sopotnica —Brežani— Resen (18).

Visoko precizna aeromagnetska merenja izvršena su protonskim magnetometrom osetljivosti 0,1 gama, po maršrutama pravca istok—zapad, čije je međusobno odstojanje iznosilo 250 m. Nastojilo se da avion u letu sledi morfologiju terena. Međutim, zbog oštre visinske razlike između zapadnog i istočnog dela ispitanog područja, terena u predelu međusobno veoma bliskih početnih i krajnjih tačaka maršruta (greben Bistra—Ilinske

Povodom 20-godišnjice aeromagnetskih ispitivanja u Jugoslaviji, koja su 1960. godine počela istraživanjem ležišta gvožđa u Makedoniji.

planine prema Kičevskoj kotlini i drugim negativnim morfostrukturama na istočnoj granici ispitanog prostora), i nepovoljnih vazdušnih strujanja, relativna visina leta je bila prilično velika, najčešće kretala se u intervalu 200 do 400 m; veće visine bile su dominatne u istočnim delovima maršruta, saglasno generalnom padu terena od zapada prema istoku. Za merenje dnevnih promena geomagnetskog polja korišćen je bazni magnetometar G-826, osetljivosti 0,25 gama, postavljen u rejonu aerodroma Ohrid. Srednja kvadratna greška merenja duž maršrute u relativno mirnom magnetskom polju iznosi ± 1 gama. Poziciono odstupanje ostvarenih maršruta od planiranih je u proseku oko 100 m.

Konfiguracija anomalnog magnetskog polja

Rezultati visoko preciznih aeromagnetskih merenja ispitanog područja grafički su prikazani na datom prilogu u vidu izoanomala $\triangle T$ intenziteta sa minimalnom ekvidistancom 50 gama, saglasno stepenu javnosti geomagnetskih podataka, prikazanih uzročnika pojedinih anomalija. Na standardnim aeromagnetskim kartama uz izveštaj o izvršenim ispitivanjima (19) ekvidistanca iznosi svega 2 game.

Na osnovu dobijenih aeromagnetskih podataka proističe da je geomagnetsko polje ispitanog područja slabo poremećeno. Istina, ustanovljene su prostrane anomalije — anomalna polja, pozitivnog i negativnog znaka, ali čiji je intenzitet najčešće ispod 50 gama. Ekstremne merene vrednosti $\triangle T$ intenziteta su —50 i 280 gama. U opštim povećanjima ili snaženjima magnetskog polja uočavaju se i jasno individualisane anomalije, uglavnom pozitivne, od kojih one na merdionalnom središtu područja, na pravcu Cerovo—Vrten k.—Arap Kula—Javorec—Brždani—Ostrec, ocrtavaju markantnu anomalnu zonu.

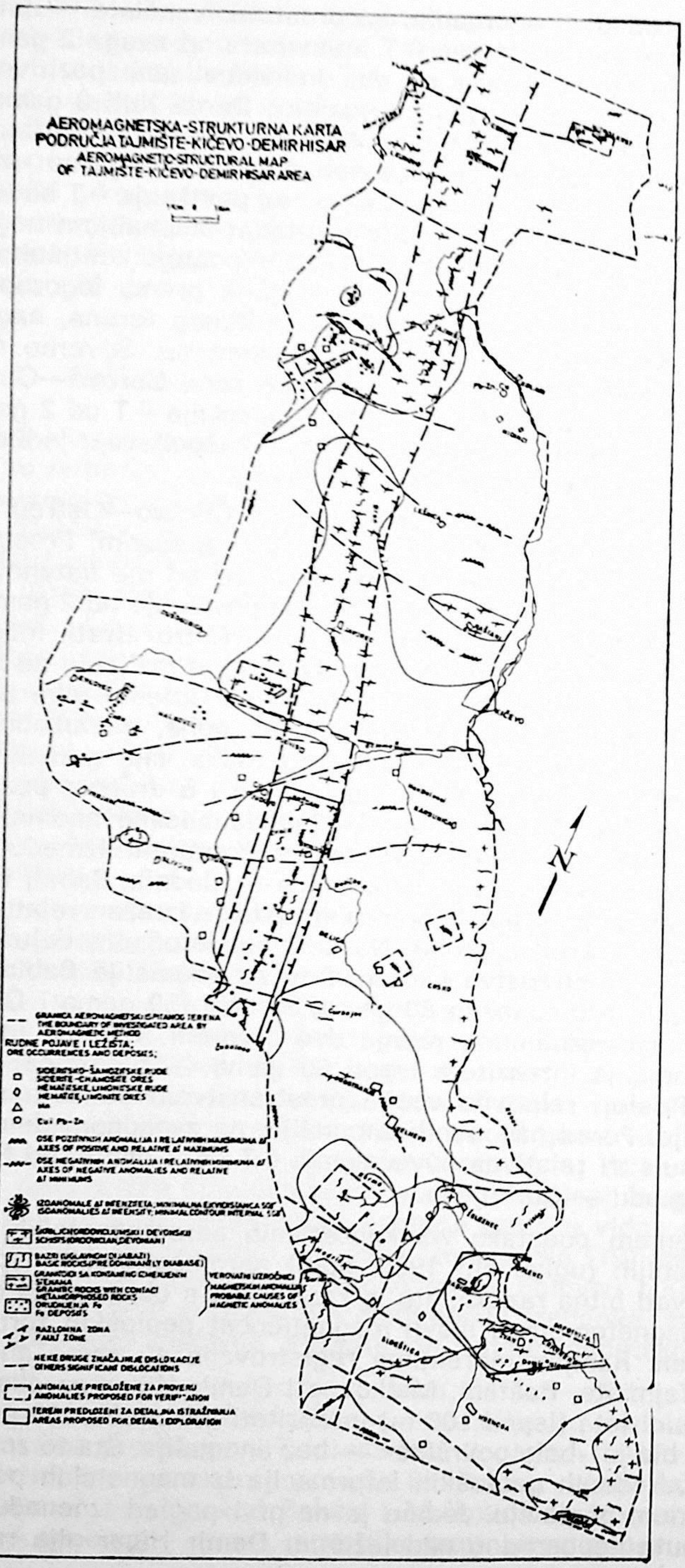
Ova anomalna zona izražena je sa nekoliko maksimuma $\triangle T$, većinom objedinjenih zajedničkim izoanomalama (19). Naglašeniji diskontinuitet zone ispoljen je između Abdibežice i Arap Kule, a donekle i na delu severno od Brždana. Severno od Rmšta nije obeležena individualisanim anomalijama — maksimuma, već odgovarajućim povijanjem izoanomala čiji intenzitet raste ka severu. Karakteristično je da su intenziteti pojedinih maksimuma $\triangle T$ upadljivo viši za deo zone južno od Goleme reke nego severno; južno, maksimumi $\triangle T$ imaju vrednost od 30 do 80 gama (Brdžani, Ostrec, Čukalena), a severno ne više od 10 gama (Arap Kula, Vrten K., Romšta). Očito je da se zona prema jugu nastavlja i van granice ispitanog terena (preko Čuklena), dok se produžetak preko severne granice vidno ne ispoljava, u pitanju je možda diskontinuitet. Po toku izoanomala (19) zapaža se tendencija »račvanja« ove zone prema Malkovcu — Ehlovcu i Kobiljem dolu — Abdibežici, postojanje sekundarnih magnetskih trendova, što verovatno ima određeno geološko značenje, strukturnog i metalogenetskog karaktera.

Na prostoru zapadno od anomalne zone Cerovo—Ostrec geomagnetsko polje je dosta mirno, individualisane anomalije su malobrojne, uključujući čak i lokalna povišenja $\triangle T$ intenziteta 2 game. Relativno izrazitije anomalije registrovane su samo u predelu Balabe i u rejonu ležišta *Fe* Tajmište i Malkovec. Anomalije kod Balabe i Malkovca su izometrične forme, intenziteta od 4 odnosno 2 game, u ambijentnom negativnom magnetskom

polju. Zapadno od ovih anomalija, na prostoru Ivančište — Ehlovec nalazi se nekoliko relativnih povišenja $\triangle T$ intenziteta od svega 2 game. U rejonu rudnika Tajmište ustanovljene su dve individualisane pozitivne anomalije izometrične forme — na Čaušici 20 gama i Darda Kuli 8 gama i relativno povećanje $\triangle T$ od 2 game severno od Čaušice. Anomalije na Čaušici i Darda Kuli obuhvaćene su zajedničkim izoanomalama (19) koje se »povijaju« prema Kobiljem Dolu odnosno ka Abdibežici; od povišenja $\triangle T$ severno od Čaušice ove dve anomalije su odvojene lokalnom anomalijom negativnog znaka. Evidentno je da u određenom stepenu postoji kontinuitet Tajmiškog anomalnog polja prema Kobiljem Dolu i dalje prema jugozapadu, da nije okontureno u granicama aeromagnetski ispitanog terena, nagoveštava se mogućnost postojanja bar još jednog maksimuma. Severno od Tajmiških anomalija, u okviru zapadnog (od anomalne zone Cerovo—Ostrec) prostora, od 20 gama — Vlainica i dva lokalna povećanja $\triangle T$ od 2 game kod Leunova, koje sa okolnim regionalnim poljem ne ispoljavaju jedinstvo — vezu sa magnetskom strukturom *Fe* ležišta Tajmište.

Na prostoru istočno od anomalne zone Cerovo—Ostrec anomalije su i po površini i po intenzitetu veće nego na zapadnom. Preciznije, ovo se odnosi za deo južno od Goleme reke; severno od nje ustanovljen je maksimum od 2 game u rejonu Raštana, lokalno povišenje od 2 game istočno od Cvetkova i anomalija do 22 game u predelu Mitroi Krsti, magnetske strukture koje se po ambijentnom magnetskom polju razlikuju ne samo od anomalija južnog dela već i međusobno. Južno od Goleme reke uočljivo je postojanje dva regionalna pozitivna anomalna polja, međusobno razdvojena prostranim anomalnim poljem negativnog znaka, čije granaice prevazilaze aeromagnetski ispitano područje. I u jednom i u drugom pozitivnom polju prisutne su prostorno veće ili manje individualisane anomalije — maksimumi, od kojih su neki takođe otvoreni, neokontureni. Između Goleme i Belićke reke nalaze se anomalije Karabunica — Kladnik, Babelj i Crsko, intenziteta 12 do 28 gama, u pozitivnom polju gde je izražen relativno veći horizontalni gradijent prema istoku. Na ostalom istočnom delu područja najmarkantnije po prostranstvu i intenzitetu su anomalije Babino — Žvan sa dva maksimuma 100 odnosno 80 gama, Slepče 150 gama i Garište 280 gama, od kojih su maksimumi zadnje dve otvoreni. Takođe, ustanovljeno je nekoliko anomalija intenziteta ispod 60 gama — Sloeštica, Ilino, Modrič, Železnec i Prisloj; relativno većim prostranstvom odlikuju se samo prve dve anomalije. Pored navedenih anomalija, na zapadnom delu područja registrovana su i tri relativna povećavanja $\triangle T$ od 2 game, od Prostranja prema severozapadu — Čurkojecu.

Poređenjem podataka visokopreciznih aeromagnetskih ispitivanja sa podacima ranijih (uglanvom 1960. god.) aeromagnetskih ispitivanja može se konstatovati bitna razlika, što je razumljivo s obizrom na osetljivost primenjenih magnetometra i nisku magnetičnost geoloških formacija koje izgrađuju teren. Ranijim merenjima registrovane su samo anomalije na lokalitetima Tajmište, Raštani, Malkovec i Demir Hiser sa okolinom, gde su na maloj visini leta (ispod 100 m) intenziteti bili preko 150 gama. Čitav ostali prostor bio je »bela površina« — bez anomalija. Šta to znači sa aspekta izvlačenja određenih geoloških informacija iz magnetskih podataka videće se u narednom poglavlju. Jedino je na prvi pogled iznenađujuća činjenica da ovoga puta neposredno nad ležištim Demir Hisar nije registrovana lo-


AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA
PODRUČJA TAJMIŠTE-KIČEVO-DEMIR HISAR
AEROMAGNETO-STRUCTURAL MAP
OF TAJMIŠTE-KIČEVO-DEMIR HISAR AREA
N
GRANICA AEROMAGNETSKI ISPITANOG TERENA
THE BOUNDARY OF INVESTIGATED AREA BY AEROMAGNETIC METHOD
RUDNE POJAVE I LEŽIŠTA:
ORE OCCURRENCES AND DEPOSITS:
SIDERITSKO-ŠAMOZITSKE RUDE
SIDERITE-CHAMOSITE ORES
HEMATITSKE, LIMONITSKE RUDE
HEMATITE, LIMONITE ORES
Mn
Cu i Pb-Zn
OSE POZITIVNIH ANOMALIJA I RELATIVNIH MAKSIMUMA ΔT
AXES OF POSITIVE AND RELATIVE ΔT MAXIMUMS
OSE NEGATIVNIH ANOMALIJA I RELATIVNIH MINIMUMA ΔT
AXES OF NEGATIVE ANOMALIES AND RELATIVE ΔT MINIMUMS
IZOANOMALE ΔT INTENZITETA, MINIMALNA EKVIDISTANCA 50Γ
ISOANOMALIES ΔT INTENSITY, MINIMAL CONTOUR INTERVAL 50Γ
SEDIMENTI KAMBRIJSKO-ORDOVICIJUMSKI I DEVONSKI
SEDIMENTS CAMBRIAN-ORDOVICIAN, DEVONIAN
BAZIČNE STENE (UGLAVNOM DIJABAZI)
BASIC ROCKS (SUPRE DOMINANTLY DIABASE)
GRANITOIDI SA KONTAKTNO IZMENJENIM STENAMA
GRANITIC ROCKS WITH CONTACT METAMORPHOSED ROCKS
ORUDNJENJA Fe
Fe DEPOSITS
VEROVATNI UZROČNICI MAGNETSKIH ANOMALIJA
PROBABLE CAUSES OF MAGNETIC ANOMALIES
RASEDNA ZONA
FAULT ZONE
NEKE DRUGE ZNAČAJNIJE DISLOKACIJE
OTHERS SIGNIFICANT DISLOCATIONS
ANOMALIJE PREDLOŽENE ZA PROVERU
ANOMALIES PROPOSED FOR VERIFICATION
TEREN PREDLOŽEN ZA DETALJNA ISTRAŽIVANJA
AREAS PROPOSED FOR DETAIL EXPLORATION

kalna anomalija, utvrđena ranijim fluksnim magnetometrom, već ΔT vrednosti kao integralni činioci prostrane anomalije Babino — Žvan. Međutim, ovo je sasvim razumljivo imajući u vidu da je u međuvremenu izvađen veliki deo rudnih rezervi i da je veća visina sadašnjih ispitivanja, koja je, zbog izuzetno nepovoljnih vazdušnih strujanja i znatne visinske razlike terena na delu Plakenske planine — Demir Hiser, iznosila preko 500 m.

Geološka priroda uzročnika anomalnog polja

Osnov za geološku interpretaciju anomalnog magnetskog polja, odredbu geološke (litološke, rudne) prirode uzročnika, predstavljaju do sada stečena saznanja sa geološko-geofizičkih istraživanja *Fe* u zapadnoj Makedoniji, posebno u vezi magnetičnosti pojedinih formacija i ruda, i naravno postojeće geološke karte područja Tajmište—Kičevo—Demir Hisar. Za ispitano područje u celini koristili smo geološku kartu SR Makedonije 1:200.000 i stare geološke karte 1:50.000 (N. Izmajlova i dr.. Za deo područja severno od Tajmišta bila nam je od pomoći i geološka karta 1:25.000, izrađena u okviru OGK SFRJ. Za širu okolinu Tajmišta i prostor Malkovec — Brdžani, kao i međuprostor koji ih razdvaja, od velike koristi su bile geološke karte 1:10.000. N. Dumurdžanova. Povoljnu okolnost predstavljala je i činjenica da je priličan deo geoloških karata 1:10.000 obuhvaćen nazemnim magnetskim ispitivanjima sa protonskim magnetometrom (R. Mužijević i dr., 1976. — 79), čime je pružen detaljniji uvid u međusobni odnos geoloških i magnetskih podataka, ostvarena mogućnost olakšanije interpretacije aeromagnetskih podataka. Takođe, doprinos interpretaciji dala je i diskusija sa inžinjerima geolozima Jovanović Danilom, Kuvendžinski Tometom i Dumurđanov Nikolom, vođena uz radnu aeromagnetsku kartu u Željezarnici Skopje, na šta im je autor ovog rada zahvalan.

Prema svim raspoloživim geološko-geofizičkim podacima sa aeromagnetski ispitanog područja i šire proističe da su osnovni uzročnici registrovanih magnetskih anomalija ordovicijumski škriljci, devonski škriljci sa Fe orudnjenjima, bazične stene i granitoidi sa stenama kontaktnog omotača. Opšti porast anomalnog polja prema severu, istoku i jugu stenskog je karaktera, uslovljavaju ga pored navedenih stena tretiranog područja i magnetoaktivne stene kristalastog kompleksa susednih regiona. Svoje shvatanje o geološkoj prirodi uzročnika anomalija, o kome će nadalje biti detaljnije reči (po pojedinim delovima terena izdvojenim u prethodnom poglavlju), grafički smo izrazili na aeromagnetsko-strukturnoj karti (v. prilog).

Na zapadnom prostoru, zapadno od anomalne zone Cerovo — Ostrec, pitanje geološke identifikacije uzročnika anomalija nije tako problematično, uzročnici većine individualisanih anomalija (pozitivnih i relativnih povećanja ΔT), su u potpunosti izvesni. Anomaliju kod Balabe izazvali su dijabazi, koji izgrađuju nešto veći prostor od anomalije (samo su delom magnetični). Malkovačka magnetska anomalija i njen uzročnik poznati su od ranije, posledica je uticaja Fe orudnjenja. Povećanje ΔT intenziteta od 2 game na prostoru Ivančište—Ehlovac uslovljena su heterogenošću devonske serije sa slabo magnetičnim i nisko procentnim orudnjenjima *Fe*. Tajmiške anomalije (čaušica, Darda Kula i severno od Čaušiće) registrovane su iznad pozna-

tih *Fe* orudnjenja, tako da je sasvim izvesna priroda njihovih uzročnika. U određenom stepenu ispoljenih produžetak pozitivnog polja ka jugozapadu, prema Kobiljem Dolu, posledica je po svoj prilici bar delimično orudnjenih devonskih škriljaca. Dalje prema severu, lokalna povećanja $\triangle T$ od 2 game kod Leunova su najverovatnije stenskog karaktera, izazvana dijabazima (po geološkoj karti u neposrednoj okolini je samo jedna masica a u široj ima ih više) ili škriljcima, što može da bude slučaj i sa anomalijom kod Vlainica, koju opreznosti radi treba proveriti.

Anomalna zona Cerovo—Ostrec prostire se po terenu koga po geološkoj karti izgrađuju uglavnom ordovicijumski škriljci, na prostoru severno od Goleme reke, i devonski škriljci južno. S obzirom na činjenicu da je u ordovicijumskim škriljcima ustanovljena i češća (kod škriljaca sa dominatnim učešćem hlorita) prisutnost magnetita kao akcesornog sastojka, vrlo verovatno da je deo anomalne zone severno od Goleme reke uslovljen skoro isključivo ovim škriljcima, uz manji uticaj dijabaza koji se mestimično pojavljuju i očekuju na ovom terenu. Povećanje $\triangle T$ kod Lovčani i opšte proširenje zone u ovom pravcu po svoj prilici potiču od uticaja devonskih tvorevina, delimično orudnjenih. Osetan porast intenziteta anomalne zone baš na »devonskom prostoru« južno od Goleme reke ukazuje, sa velikim stepenom verovatnoće, da su osnovni doprinos poremećaju geomagnetskog polja, postojanju anomalne zone na ovom delu, dale devonske tvorevine, koje su praktično isključivo (uz masice jurskih dijabaza) prisutne na površini terena. Uzročnik je složen po prirodi i dispoziciji pojedinih magnetičnih članova po vertikali — ordovicijumski i devonskoj škriljci, dijabazi (devonski, jurski) i orudnjenja Fe, a svakako i u »horizontalnom« smislu. Zbog ovoga je onemogućena pouzdanija kvantitativna interpretacija. Prema grubom proračunu dubina, osnovna masa magnetičnog »paketa« nalazi se približno na nadmorskoj visini 300—700 m, idući od severa prema jugu (u predelu maksimuma $\triangle T$ Brždani i Ostrec relativna dubina ne iznosi više od oko 500 m), podrazumevajući da pojedini članovi mogu biti blisko površinski.

Na prostoru istočno od anomalne zone Cerovo—Ostrec anomalije su uglavnom posledica uticaja magmatita-granitoida sa stenama kontaktnog omotača i dijabaza. Anomaliju Mitroi Krsti izazvali su granitoidi i okolne kontaktno izmenjene stene, a južnije manje promene $\triangle T$ intenziteta prema Kičevu (istočno od Cvetkova, Raštani) uslovili su ordovicijumski škriljci sa slabim impregnacijama magnetita. Uzročnik anomalije Karbunica—Kladnik je evidentan po geološkoj karti, izazvali su je dijabazi koji zahvataju nešto veći prostor od anomalije. Prirodu uzročnika anomalije kod Babelja i povišenja $\triangle T$ u predelu Crska nije moguće pouzdano odrediti po raspoloživim geološkim kartama, pa ih stoga treba proveriti. Vidan porast polja ka istoku, između Kičeva i Prisloja, verovatno potiče od uticaja uzročnika sa susednog regiona-magmatita, uglavnom granitoida sa kontaktno izmenjenim stenama. Ove stene uslovile su i anomalije Železnec, Sloeštica, Modrič i »otvorenu« anomaliju u širem predelu Slepča, uz manje ili veće učešće amfiobolita i dijabaza. Anomalije Garište i Prisloj izazvali su dijabazi, koji su naznačeni na staroj geološkoj karti 1:50.000. Prostrana nezatvorena anomalija Babino—Žvan je bez sumnje u osnovi uslovljena stenama višeg magnetskog susceptibiliteta, najverovatnije škriljcima impregnisanim magnetitom i prekrivenom masom dijabaza, čiji bi otkriveni deo predstavljali dijabazi utvrđeni nešto istočnije od Babina, neposredno iza granice aeromag-

netski ispitanog terena. Međutim, s obzirom da se u okviru anomalije nalazi i poznato ležište Demir Hisar, realno je očekivati i odgovarajući doprinos Fe orudnjenja njenom postojanju. Zato je uputno anomaliju u celini detaljnije istražiti. Vrlo verovatno da je i anomalija Ilino izazvana uglavnom istim stenama kao i prethodna, škriljcima i dijabazima, čije bi se osnovne mase po proračunu mogle nalaziti do oko 800 m ispod površine terena u predelu sela V. Ilino. Trebalo bi je ipak u određenom stepenu istražiti — proveriti, jer su u njenom domenu utvrđene pojave mangana i gvožđa — hematita. Na kraju, tri relativna povećanja $\triangle T$ od 2 game od Prostranja prema severozapadu — Čurkojecu mogu poticati i od neznatne magnetske heterogenosti (pogotovu u pozitivnoj formi reljefa) sedimentnih tvorevina, koje inače izgrađuju dotične terene.

Neke opšte geostrukturne i metalogenetske implkacije anomalnog polja

Iz utvrđene konfiguracije anomalnog magnetskog polja — magnetskih struktura i prikazane, vrlo verovatne geološke prirode uzročnika, a u kontekstu ostalih geološko-geofizičkih podataka aeromagnetski ispitanog područja i šire, proističu neka opšta geostrukturna i metalogenetska saznanja. Ustvari, aeromagnetski podaci inicirali su određene zaključke po pitanju razlomnih struktura i uticaja ovih na razvoj magmatsko-metalogenetskih procesa na ovom području, odnosno uloge nekih razloma kao osnovnih dovodnih puteva magmatita i rudne materije. Naravno, iz ovoga su proizašli određeni elementi koji uz neke direktne magnetske indikacije omogućavaju selekciju terena gde se može očekivati otkrivanje novih rudnih ležišta.

Svakako da se kao najmarkantnija magnetska struktura ispitanog područja izdvaja anomalna zona Cerovo—Ostrec, koja se prostire praktično preko čitavog središnjeg dela terena, prelazeći i preko granica aeromagnetski ispitanog prostora. S obzirom na njenu jasno izraženu linearnu formu na većem prostoru i mestimične pojave magmatita u njenom domenu velika je verovatnoća da ova anomalna zona, odnosno njeni uzročnici markiraju značajnu razlomnu zonu (v. prilog). Dakle, ova anomalna zona je identifikovana kao razlomna zona polazeći od opšte postavke da linijske zone anomalija potiču od geoloških objekata koje su razlomi uz ostale činioce uslovili, njihovu magnetičnost (npr. kod škriljaca) ili uopšte postojanje (npr. proboj magme, prinos rudne materije).

Po konfiguraciji anomalnog polja — diskontinuitetu anomalne zone, pomeraju njene ose, sekundarnim magnetskim trendovima i dr. izdvajaju se i neke druge značajnije dislokacije, uglavnom poprečne (v. prilog).

Pored razloma Cerovo—Ostrec, po anomalnom polju nagoveštava se postojanje još jedne veće »linijske« strukture približno meridionalnog pravca pružanja, koja se prostire na susednom regionu, nedaleko od istočne granice aeromagnetski ispitanog terena. Nju markiraju magmatiti — uglavnom granitoidi, uzročnici relativno većeg horizontalnog gradijenta između Kičeva i Prisloja, a verovatno i granitoidi Mitroi Krsti.

Svi su izgledi da je osnovnu ulogu u metalogenetskom smislu, u stvaranju rudnih ležišta na ispitanom području, imala razlomna zona Cerovo—Ostrec. U prilog ovome ide njen položaj i geološka priroda objekata koji

je markiraju. Ovde pre svega mislimo na brojna sideritsko-šamozitska, hematitska i manganska orudnjenja, koja se javljaju neposredno u razlomnoj zoni ili nedaleko od nje i na u određenom stepenu takođe ispoljenu prostornu vezu dijabaza sa razlomom. Ovo i još neki elementi strukturnog karaktera nedvosmisleno upućuju da se razlomna zona Cerovo—Ostrec identifikuje kao osnovni dovodni put submarinskih izliva lave i rudne, u prvom redu Fe materije. Bila je aktivna kroz duži geološki period, u njenom domenu nalaze se i mlađi magmatiti (jurski dijabazi i dr.). Vrlo verovatno da se preko Čukalena prostire do Kuratice i dalje na jug, gde su poznate hematitske pojave. Svakako, određenog uticaja na magmatska i metalogenetska zbivanja, uključujući i uslovljavanje pogodnih bazena za stvaranje rudnih ležišta, imale su i poprečne dislokacije. Nije isključeno da na ostalom *Fe* rudno potencijalnom prostoru zapadne Makedonije postoji još neka po metalogenetskoj ulozi slična struktura, koja je bitno doprinela stvaranju i prostornoj distribuciji *Fe* orudnjenja.

Druga razlomna zona meridionalnog pravca, koja se na osnovu prikazanih aeromagnetskih podataka sagledava na susednom regionu nedaleko od istočne granice ispitanog područja, doprinela je metalogenetskoj specijalizaciji drugog karaktera. Ona je jedna od značajnijih razlomnih struktura koje su uslovile pojavu magmatita (granitoida i dr.) i orudnjenja Mo, Cu, Pb i Zn, u pojasu na pravcu Prespansko jezero—Strelci—Berikovo—Vrutok.

Rudno perspektivni tereni na bazi aeromagnetskih podataka

Bazirajući se na opštem odnosu anomalnog magnetskog polja i geološke građe ispitanog područja i konkretnih prilika u pojedinim delovima, izvršena je selekcija rudno perspektivnih terena u pogledu *Fe,* što je i najvažnije sa aspekta postavljenog zadatka aeromagnetskih ispitivanja. Naravno, pri selekciji je bilo bitno i ranije stečeno sanzanje da je ekonomski interesantno odlaganje Fe materije, stvaranje eshalaciono-sedimentnih ležišta *Fe,* izvršeno u donjem devonu i donejm delu srednjeg devona, tj. da se ova ležišta mogu očekivati samo u okviru serije devonskih tvorevina.

U okviru aeromagnetski ispitanog područja, dosadašnjim istraživanjima otkrivene su brojne rudne pojave i ležišta, uglavnom *Fe* i *Mn* (v. prilog). Od svih orudnjenja kao ekonomski interesantna pokazala su se eshalaciono-sedimentna, pretežno sideritsko-šamozitska ležišta, od kojih se dva nalaze u eksploataciji — Tajmište i Demir Hisar. Aeromagnetska metoda upravo je primenjena sa svrhom istraživanja ovih ležišta. Za primenjenu metodu, mogućnost direktnog indiciranja novih rudnih ležišta Fe, značajno je da se u orudnjenjima Fe pojavljuje i magnetit, ali u vrlo promenljivom stepenu — od zanemarljivog učešća do većih koncentracija. Generalno gledano, u pitanju su slabo magnetična rudna ležišta *Fe.*

Zbog promenljivog stepena prisutnosti magnetita u rudi, pri oceni aeromagnetskih podataka sa aspekta direktnog istraživanja — indiciranja rudnih ležišta *Fe,* treba imati u vidu mogućnost izostajanja bilo kakve magnetske indikacije iznad orudnjenja (čisto hematitskih, limontiskih) i da veličina (po prostranstvu i intenzitetu) magnetske anomalije nije merilo perspektivnosti dotičnog terena; veličina anomalije ukazuje samo na relativni

stepen učešća magnetita i aproksimativno horizontalno rasprostranjenje magnetičnog dela orudnjenja u dotičnom ležištu. Svakako, ovo predstavlja nepovoljan faktor u magnetskim istraživanjima, ali praktično nije odlučujući. Realno se očekuje da povećani sadržaj magnetita postoji bar u nekom delu značajnijih ležišta, koji će biti ispoljen na anomalno magnetsko polje, a primenom drugih metoda ispituje se i okolni teren u cilju otkrivanja i praćenja nemagnetičnih delova ležišta. Zato je od značaja bilo kakva magnetska indikacija iznad orudnjenja, koja u kontekstu ostalih, indirektnih (geostrukturnih) ukazatelja može doprineti uspešnoj selekciji rudno perspektivnih terena. Da se određene magnetske indikacije, bar u sklopu šire anomalije, stvarno dobijaju iznad većih, a najčešće i manjih orudnjenja, i da je tako vrlo mala verovatnoća da je izvršenom selekcijom na bazi aeromagnetskih podataka nešto značajnije propušteno, svedoči nam ustanovljena konfiguracija anomalnog magnetskog polja u domenu poznatih ležišta i pojava *Fe* (Tajmišta, Demir Hisara — u okviru šire anomalije, Malkovca i dr.).

Kroz napred izloženo naše shvatanje geološke prirode uzročnika pojedinih anomalija nagovešteni su tereni gde se može očekivati otkrivanje novih značajnijih rudnih ležišta, koje treba detaljno istražiti. Ti tereni označeni su na datom prilogu. Njima se uslovno, zavisno od rezultata provere, mogu priključiti i izdvojeni tereni sa anomalijama čiji se uzročnik nije mogao pouzdanije identifikovati — pretpostaviti na osnovu postojećih geoloških karata.

U širem rejonu ležišta Tajmište detaljna istraživanja treba izvršiti u predelu Kobiljeg Dola i dalje na jugoistok. Po našem mišljenju, dobijene aeromagnetske indikacije i nazemnim magnetskim merenjima utvrđene anomalije $\triangle T$ intenziteta 25 do 30 gama u izvorišnom delu Bočinske reke (13), čija je veličina uticajem morfologije smanjena, posledica su uticaja bar delimično orudnjenih devonskih škriljaca. Mogućnost postojanja orudnjenja u predelu Kobiljeg Dola sagledava se i preko geoloških podataka (N. Dumurdžanov, 1978. g.). Dubina orudnjenja, sa manjim učešćem magnetita, bila bi nešto veća od ležišta Darda Kula. Aeromagnetska anomalija otvorena je prema jugoistoku pa nije isključeno da bi se u ovom pravcu mogla otkriti i plića orudnjenja. U svakom slučaju ovu bi anomaliju — anomalnu zonu trebalo aeromagnetski okonturiti, a nazemna istraživanja proširiti dalje preko Kobiljeg Dola. Podaci starih magnetskih isiptivanja ne mogu se u ovom smislu uvažiti zbog vrlo niske osetljivosti magnetometra (vaga) sa kojima su izvršena. Po aeromagnetskim podacima ne sagledava se produžetak rudnih struktura Tajmišta prema severu. U ovom pravcu, relativno bližu indikaciju orudnjenja, i to vrlo slabe magnetičnosti, moglo bi da predstavlja jedino povijanje izonomale $\triangle T$ istočno od Sandoktaša, gde je nazemnim merenjima na devonskim mermerima konstatovana anomalija 15 gama (7); verovatnoću postojanja orudnjenja smanjuju i obližnje mase dijabaza koji bi se mogli nalaziti ispod mermera, kao uzročnici povijanja izoanomale $\triangle T$. Zavisno od nadalje prikupljenih podataka treba tretirati ovaj deo terena, detaljnije ga istraživati ili ne.

Ranije započeta detaljna istraživanja na prostoru Brždana treba proširiti na jug prema Čukaleni, da se obuhvati do sada ustanovljena anomalna zona u celini. Svakako, aeromagnetski treba pratiti zonu dalje na jug, a zavisno od dobijenih rezultata — granice rasprostranjenja zone i drugih relevantnih podataka, utvrdio bi se konačan prostor koji zaslužuje pažnju de-

taljnih istraživanja. Napred smo istakli da su verovatno uzročnici ove anomalne zone škriljci, dijabazi i orudnjenja Fe, koji se u magnetoaktivnom »paketu« smenjuju sa nemagnetičnim stenama. Mišljenja smo da gornji deo »paketa« čine uglavnom orudnjenja, među kojima i takva koja bi bila dostupna ekonomičnoj eksploataciji, bliskopovršinska su. I pri sada raspoloživim podacima mogle bi se postaviti neke bušotine, istražne i strukturne. U svakom slučaju bar jednu bušotinu dubine 200—300 m treba realizovati nešto južnije od Brždana, na delu Strmec—Ramniles gde je detaljnim magnetskim ispitivanjima (12) utvrđena relativno prostranija anomalija intenziteta do 80 gama.

Anomaliju Babino—Žvan treba detaljnije istražiti iako se nalazi prilično udaljeno od razlomne zone Cerovo—Ostrec, označene kao metalogenetska okosnica ispitanog područja. Na ovo upućuje opreznost zbog činjenice da se u okviru anomalije nalazi i poznato ležište Demir Hisar, koje je uz ostala eventualna orudnjenja sa ovoga prostora moglo biti uslovljeno odgovarajućim procesima odigranim u domenu obližnjih dislokacija ili nekih drugih struktura, u izvesnom smislu nezavisno od metalogenetskih procesa vezanih za razlom Cerovo—Ostrec.

Za proveru predložili smo sve one anomalije (v. prilog) čiji uzročnici nisu pouzdanije identifikovani po geološkim kartama a postoji određena verovatnoća da bi mogle biti izazvane i rudnim ležištima (*Fe* i dr.) ili anomalije uslovljene strukturama u domenu kojih se takođe mogu očekivati rudna ležišta (npr. sulfidna orudnjenja kod Mitroi Krsti).

Podrazumeva se da na terenima predloženim za detaljna istraživanja treba primeniti standardnu metodologiju (geološko-geofizičku, bušenje i dr.) istraživanja ležišta *Fe* u zapadnoj Makedoniji, koja se u prošlosti pokazala racionalnom. Na anomalijama perdloženim za proveru potrebno je izvršiti geološko-magnetsko rekognosciranje, a zavisno od dobijenih rezultata preći na detaljna istraživanja.

Na kraju napominjemo da bi na *Cu* pojavi kod Judova i polimetaličnoj *(Pb-Zn, Cu)* pojavi u rejonu Kolara trebalo izvršiti dopunska istraživanja, radi pouzdane ocene ovih orudnjenja koja se nalaze u domenu interesantnih razlomnih struktura, genetski vezanih za kiselije magmatite-riolite.

Zaključak

1. Aeromagnetska ispitvanja na području Tajmište—Kičevo—Demir Hisar izvedena su 1979. godine u cilju istraživanja ležišta gvožđa. Merenja totalnog intenziteta magnetskog polja Zemlje izvršena su iz aviona korišćenjem visoko osetljivog protonskog magnetometra, pri međumaršrutnom odstojanju 250 m i relativnoj visini leta 200—400 m.

2. Na osnovu dobijenih aeromagnetskih podataka proističe da je geomagnetsko polje ispitanog područja slabo poremećeno. Intenzitet anomalija je najčešće ispod 50 gama. Ekstremne merene vrednosti $\triangle T$ intenziteta su —50 i 280 gama. Od ustanovljenih magnetskih struktura po prostranstvu i formi ističe se markantna anomalna zona na pravcu Cerovo—Ostrec.

3. Prema ranije stečenom saznanju o geološkoj građi i magnetskim karakteristikama pojedinih litoloških članova i orudnjenja, u odnosu ano-

malnog magnetskog polja i geološkog sastava terena, proizilazi da su osnovni uzročnici registrovanih magnetskih anomalija ordovicijumski škriljci, devonski škriljci sa *Fe* orudnjenjima, dijabazi i granitoidi sa stenama kontaktnog omotača.

4. Aeromagnetski podaci, u kontekstu ostalih geološko-geofizičkih podataka ispitanog područja i šire, inicirali su određena saznanja po pitanju razlomnih struktura i njihove uloge u magmatsko-metalogenetskim procesima. Kao metalogenetska okosnica područja označen je razlom markiran anomalnom zonom Cerovo—Ostrec, koji je predstavljajo osnovni odvodni put Fe rudne materije. U vezi sa ovim proistekli su određeni elementi koji su uz neke direktne magnetske indikacije omogućili selekciju terena gde se može očekivati otkrivanje značajnijih rudnih ležišta.

5. Postignuti rezultati visokopreciznih aeromagnetskih ispitivanja na području Tajmište—Kičevo—Demir Hisar nedvosmisleno upućuju na potrebu proširenja ispitivanja i na ostali potencijalno rudonosan prostor zapadne Makedonije. Ovo tim pre što su neke značajnije magnetsko-geološke strukture ostale otvorene, prostiru se i izvan granica ispitanog područja.

Primljeno 6. VI 1980.

Recenzent prof. dr Ranko Mužijević

LITERATURA

1. Dumurdžanov N., (1978): Izveštaj za reambulacijata i geološkoto kartiranje na poširokata okolina na ležišteto Tajmište vo 1977. godini. FSD Rudnici i železarnica »Skopje«, Skopje.
2. Dumurdžanov N., (1979): Izveštaj za reambulacijata na geološkata karta za terenite na Ehlovec—Klenovec—Vrbjani—Malkovec—Judovo—Brždani vo 1978. godini. Ibid.
3. Dumurdžanov N., (1979): Izveštaj za reambulacijata i geološkoto kartiranje na terenite na listovite Bistra 2 i 4, Klenovec 2, Kičevo 1 i 3 i Vrbjani 1 vo 1979. godini. Ibid.
4. Dumurdžanov N. i dr. (1979): OGK SFRJ i tumač, list Kruševo. Geološki zavod, Skopje.
5. Jakovljević M. i dr. (1974): Studija o geološko-geofizičkim istraživanjima na području Zapadne Makedonije u periodu 1960—1971. god. FS Geoinstituta, Beograd.
6. Karajovanović M., Ivanovski T., (1979): OGK SFRJ i tumač, list Bitola. Geološki zavod, Skopje.
7. Mužijević R., Petrović M., (1976): Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na području Golem Koturov Dol (Tajmište). FSD Geoinstituta, Beograd.
8. Mužijević R., Đorđević A., (1977): Izveštaj o detaljnim geomagnetskim ispitivanjima na području Golem Koturov Dol — Veli Rid. Ibid.
9. Mužijević R., Đorđević A., (1977): Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na području Judovo — Malkovec. Ibid.
10. Mužijević R., Đorđević A., (1977): Izveštaj o detaljnim geofizičkim ispitivanjima na terenu Malkovec. Ibid.
11. Mužijević R., (1978): Izveštaj o detaljnim geofizičkim ispitivanjima na terenu Romšta. FSD Geoinstituta, Beograd.
12. Mužijević R., (1978): Izveštaj o detaljnim geofizičkim ispitivanjima na terenu Brždani. Ibid.
13. Mužijević R., (1979): Izveštaj o detaljnim geomagnetskim ispitivanjima na lokalnosti Kobilin Dol. Ibid.

14. Novakovski T., (1975): Novija saznanja o mineraloškom sastavu željezne rude rudnika Tajmište u Zapadnoj Makedoniji. Prvo Savetovanje »Geologija željeznih ruda u SFRJ«, Ljubija.

15. Popović R., (1968): Prilog poznavanju sedimentnih metamorfisanih ležišta rude gvožđa Zapadne Makedonije. Radovi IGRI, sv. 4, Beograd.

16. Popović R., Antonović A., (1973): Rudišta molibdenita Strelci i Vrutok u Zapadnoj Makedoniji. Radovi IGRI, sv. 8, Beograd.

17. Vukašinović S., (1961): Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima u Makedoniji u 1960. godini. FSD Geoinstituta, Beograd.

18. Vukašinović S., (1963): Anomalno magnetsko polje Makedonije i njegova veza sa geološkom građom terena. Trudovi, sv. 10, Skopje.

19. Vukašinović S., (1980): Izveštaj o aeromagnetskim istraživanjima ležišta gvožđa na području Tajmište — Kičevo — Demir Hisar. FSD Geoinstitut, Beograd.

Summary

RESULTS OF HIGH-PRECISE AEROMAGNETIC EXPLORATION OF IRON DEPOSITS IN TAJMISTE—KICEVO—DEMIR HISAR AREA

by

Slobodan Vukasinovic

The exploration of iron deposits in Tajmiste—Kicevo—Demir Hisar area by application of high-precision aeromagnetic method was completed in 1979. The total intensity of Earth's magnetic field was measured by an airborne highly sensitive proton precession magnetometer; the relative altitude was 200—400 meters, and the flight lines were spaced by 250 meters.

According to results obtained during this survey, the geomagnetic. field shows only the lowcmagnitude of anomalies, with of the anomalies below 50 gammes; the extreme values of ΔT intensity are —50 and 280 gammas. Among the detected magnetic structures, particularly extensive is the well-expressed anomaly along the Cerovo—Ostrec line.

Based on previously collected data on the geological and magnetic characteristics of different lithologic members and mineralizations, and the relations among the geological features and the anomalious magnetic field, it seems that the major causes of registered magnetic anomalies are the Ordovician schists, Devonian schists with iron mineralizations, and the dibase and granite hith rocks of their contact envelopes.

The aeromagnetic data, combined with other geological data for this and adjacent areas, have indicated the corresponding conclusions related to fault-type structures and their role in magmatic and metallogenic processes. As the most important feeder of for iron mineralization within this area represents the rupture marked by the anomalious Cerovo—Ostrec zone (Fig.). All these data have given the specific elements which, in addition to some direct magnetic indications, have helped in selecting the parts of the area where the important ore deposits be expected.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 237—254, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 237—254, 1980, Belgrade.

Stanislav Višić

UDK 550.83 : 553.43 (497.11)

DOPRINOS GEOFIZIKE PRI ISTRAŽIVANJIMA BAKRA U PODRUČJU VARINE — HOĆEVINA

(sa 5 slika)

Ključne reči: Izazvana polarizacija, aeromagnetizam, bakar.

Pre više od 15 godina, geološko-geohemijsko-geofizička ispitivanja rezultirala su u registrovanju rudnih pojava bakra u ataru sela Varine. Od tada se u zoni Varine — Hoćevina izvode ispitivanja i istraživanja koja dovode do otkrivanja ležišta bakra od ekonomskog značaja. Udeo geofizičkih ispitivanja pri ovim istraživanjima sastojao se u okonturivanju perspektivnih prostora dijabaz-rožne formacije i indiciranju mineralizovanih zona među kojima je ona u Varinama kojoj pripada otkriveno ležište.

Aeromagnetskom prospekcijom, koja je obuhvatila i zonu Varine — Hoćevina, utvrđen je strukturni položaj nekoliko dijabaznih masa među kojima je najprostranija varinska u kojoj se od ranije znalo da sadrži rudne pojave bakra. Poludetaljnim geoelektričnim ispitivanjima registrovan je veći broj indikacija koje se uglavnom nalaze u domenu dijabaza. Okontureni su potencijalno perspektivni delovi dijabaz-rožne formacije Varine — Hoćevina i to: Visibaba — Varine — Kosanica i Vlahovići — Prženički potok.

U početnom periodu izvođenja detaljnih ispitivanja korišćenjem različitih metoda ustanovljeno je da se indiciranje zona sulfidne mineralizacije najefikasnije postiže primenom metoda izazvane polarizacije i električne otpornosti. Odabranim metodološkim postupkom detaljnih ispitivanja prekriven je znatan deo najperspektivnijeg terena pri dubinskom zahvatu do oko 150 m. Registrovan je znatan broj geoelektričnih indikacija koje se koncentrišu na terenima Stančani — Kobilovac, Bujaci — Varine — Kobilovac — Kosanica i Mijačevići — Košare. Do sada je istražnim bušenjem proverena najizrazitija anomalijska zona izazvane polarizacije Varine kojom je jasno definisan mineralizovan prostor dijabaznih stena u kome se nalazi sulfidno ležište bakra.

Pri daljim istraživanjima postavlja se problem određivanja pouzdane mikrolokacije istražnih bušotina pošto je anomalijsko polje izazvane polarizacije izvan Varinske zone većim delom diskontinuirano, neregularnih formi i nižih intenziteta; što je ili posledica prisustva delova mineralizovanih prostora na dubljim nivoima ili su uzročnici izrazitijih indikacija samo »koreni« delovi sulfidnih zona. Mogućnost doprinosa geofizike pri rešavanju navedenog problema sagledava se na osnovu izvedenih opitno-

-metodskih ispitivanja primenom različitih varijanti geoelektričnih metoda. Shodno dobijenim rezultatima, utvrđeno je da se kombinovanom primenom gradijentnog i dipolnog sondiranja — kartiranja IP i EO većeg dubinskog zahvata duž određenih profila može obezbediti racionalno mikrolociranje istražnih bušotina.

UVOD

Ispitivani teren se nalazi južno i jugozapadno od Pljevlja. Obuhvata deo dijabaz-rožne formacije u tekstonskoj zoni, koja se između sela Varine i Hoćevina pruža u pravcu JI — SZ na dužini oko 30 km. Širina ove zone je od nekoliko stotina metara kod Vlahovića i Gradine do oko 5 km između sela Kosanica i Varine (sl. 1). Dijabaz-rožna formacija se svakako prostire u smeru severozapada izvan Vrbovog Luga, a prema jugoistoku preko Bujačke reke, a možda i preko terena Krupice.

Zona Varine — Hoćevina nalazi se u planinskom području sa nadmorskim visinama i preko 1000 m. Odlikuje se znatnom pokrivenošću i relativno retkim stenskim izdancima, koji se sreću uglavnom duž duboko usečenih potoka i na strmim padinama. Humusni pokrivač je prilično debeo, a prisutan je na velikom delu terena pošto je ovaj uglavnom pod livadama i šumama. Obzirom na tu okolnost, detaljna geološka izučavanja su otežana, pa je primena geofizike pri istraživanjima veoma neophodna.

Prva geofizička ispitivanja u zoni Varine — Hoćevina izvedena su 1961. godine regionalnim gravimetrijskim i magnetskim premerom. Tada su uočene izrazite anomalijske vrednosti vertikalne komponente zemljinog magnetskog polja u domenu Varina (Ivković, 1962.). Potom se ispituju uži lokaliteti primenom metoda sopstvenog potencijala i magnetizma (Ristić, 1962.) u sklopu geoloških izučavanja i geohemijske prospekcije (Janković i dr., 1964.). U to vreme su, upravo, otkrivene pojave bakronosnih sulfidnih mineralizacije unutar dijabaza u selu Varine. Prema M. Pajoviću (1974.) »Pojave bakra u Varinama pronašla je geološka služba rudnika uglja iz Pljevlja 1962. godine«, odnosno P. Adžić, glavni geolog.

Krajem šezdesetih godina na ovoj lokalnosti detaljnim geoelektričnim ispitivanjima primenom izazvane polarizacije (IP) i električne otpornosti (EO) jasno je indiciran položaj zone sulfidne mineralizacije i ograničen prostor za istražno bušenje, kojim je potvrđeno prisustvo orudnjenja bakra od ekonomskog značaja. Usled toga, područje dijabaz-rožne formacije postaje predmet kompleksnih istraživanja koja obuhvataju i primenu geofizičkih metoda. Zona Varine — Hoćevina i njena šira okolina prekriveni su regionalnom aeromagnetskom prospekcijom. Nazemna geofizička ispitivanja poludetaljnog karaktera obuhvatila su dijabaz-rožnu formaciju između sela Varine i Hoćevina, a samo delovi tog područja su detaljno ispitivani.

Izvršena geološko-geohemijsko-geofizička ispitivanja i istraživanja rezultirala su u otkrivanju ležišta bakra sa eksploatabilnim rezervama na lokalnosti Varine. Doprinos geofizike u procesu izvedenih istraga je značajan. Pre svega, na osnovu postignutih rezultata izvedenih ispitivanja i istraživanja, pouzdano su izdvojeni delovi terena dijabaz-rožnje formacije koji se mogu smatrati potencijalnim u pogledu mogućnosti otkrivanja

orudnjenja bakra i gde treba usmeriti dalja detaljna ispitivanja i istraživanja.

Osim indikacija koje se odnose na uži domen ležišta Varine, registrovan je još niz lokaliteta sa sličnim geofizičkim indikacijama, značajnim za otkrivanje novih rudnih rezervi bakra u ovom području. Stečeno iskustvo kroz primenu različitih metoda i njihovih varijanti, u sklopu konkretnih geološko-geofizičkih uslova, omogućavaju pri daljim detaljnim istraživanjima korišćenje efikasnih postupaka za praćenje već ustanovljenih rudnih zona i indiciranje novih zona i delova onih zona čije se prisustvo nedovoljno manifestuje na površini, čime se obezbeđuje racionalno istraživanje orudnjenih prostora. Celishodno je prikazati geofizičke kriterijume na osnovu kojih su izdvojeni perspektivni prostori za dalja detaljna ispitivanja i istraživanja u području dijabaz-rožne formacije Varine — Hoćevina. Od značaja je, takođe, istaći i mogućnosti rešavanja problema u vezi lokacije budućih istražnih radova korišćenjem određenih metodoloških postupaka geofizike, kako u užem domenu Varinskog ležišta bakra, tako i u njegovoj široj okolini.

Izdvajanje perspektivnih terena

U zoni Varine — Hoćevina, dijabaz-rožna formacija je markirana lokalnim prisustvom manjih ili većih masa bazita, pre svega dijabaza, a u manjoj meri gabrova i serpentinita. Baziti se nalaze unutar sedimentnih stena (krečnjaci, glinoviti peščari, peščari) jurske starosti. Okolne terene Varinsko-Hoćevinske zone izgrađuju uglavnom trijaski krečnjaci (Adžić, 1973, Pejatović i dr. 1974). Imajući u vidu činjenicu da su otkrivene rudne pojave bakra vezane za dijabaze, kao i okolnost da je teren u znatnom stepenu prekriven humusom, od prvostepenog interesa je utvrđivanje prostornog rasprostranjenja dijabaza u ovom području. Zahvaljujući fizičkim odlikama bazita i okolnih sedimentnih stena, odnosno razlikama u njihovom magnetskom susceptibilitetu, najefikasniji način izdvajanja stenskih sredina izgrađenih od bazita, u prvom redu dijabaza, omogućeno je primenom aeromagnetske metode. Ovim ispitivanjima pokrivena je zona Varine — Hoćevina, kao i znatno šira teritorija severne Crne Gore.

Prema S. Vukašinoviću (1972, 1973., 1975.), izdvojena je, shodno dobijenim rezultatima aeromagnetskih ispitivanja, razlomna zona Varine — Vlahovići — Hoćevina, koja se severozapadno prostire prema Čestinu, a jugoistočno zalazi u teren Krupice. Ova razlomna zona se indicira izrazitom aeromagnetskom anomalijom između sela Kosanica i lokalnosti Krupice (sl. 1). Jugoistočno od ove zone nema indikacija koje bi ukazivale na postojanje bazita, dok u smeru severozapada aeromagnetske anomalije znatno nižih intenziteta i manjih površina ukazuju na njihovo prisustvo duž razlomne zone na lokalnostima Vlahovići, Gradina i Vrbov Lug. Dakle, glavna masa dijabaza nalazi se u domenu Varina. Zahvata relativno veliki prostor kome odgovara površina oko 12 x 2 — 4 km. Ovde dijabazi zaležu do velikih dubina, a otkriveni su na manjoj površini od one koju indicira aeromagnetska anomalija. Se-

verozapadno od Kosanice, dijabazi su prisutni kao izolovane mase manjih dimenzija bez korenih delova.

Osnovni uzročnik aeromagnetske anomalije Varine je masa dijabaza sa, verovatno, neznatnim udelom ostalih bazita, što se zaključuje na osnovu, kako stenskih izdanaka, tako i dosadašnjeg poznavanja magnetskih osobina ovih stena (V u k a š i n o v i ć, 1973.). Što se tiče petrografskog sastava mase dijabaza, može se reći da je ovaj heterogen, našta ukazuju nazemna magnetska ispitivanja (R i s t i ć 1962; J a n č i ć, 1968), iako su izvođena u malom obimu, kao i izučavanja P. A d ž i ć a i S. P e j a t o v i ć a (1975.) prema kojima su ove mase doista heterogene građe — u njima se smenjuju »dijabazi (izlivi i ekstruzije) sa dijabaznim piroklastitima (dijabazne breče, aglomerati, moguće i tufovi)« u domenu Varinskog ležišta bakra.

Imajući u vidu da se Varinsko ležište nalazi skoro u centralnom delu mase dijabaza, tj. u neposrednoj blizini ose pozitivnog dela aeromagnetske anomalije, i ovom indikacijom se jasno izdvaja potencijalno perspektivni deo prostora dijabaz-rožne formacije. Njemu odgovara ne samo uža okolina Varina, gde izdanjuju dijabazi, već i teren jugoistočno od Bujačke reke kao i teren na severozapadu prema Kosanici (sl. 1). S. V u k a š i n o v i ć (1973.), pored izdvajanja ovog, kao potencijalno najperspektivnijeg prostora, ukazuje i na potrebu provere potencijalnosti i lokaliteta Vlahovići, Gradina i Vrbov Lug gde su, takođe, registrovane aeromagnetske indikacije.

Da bi se dobio uvid u sulfidonosnost dijabaz-rožne formacije i na taj način sa ovog aspekta izdvojili njeni perspektivni delovi, izvršena su poludetaljna geoelektrična ispitivanja područja Varine — Hoćevine primenom metode izazvane polarizacije (L a k i ć 1973; R o n č e v i ć, 1974). Korišćen je portabilni uređaj sa baterijskim izvorom napajanja prilagođen za rad u pokretu. Merenja su obavljena pri dipol-dipol elektrodnoj konfiguraciji ($x = 40$ m, $n = 1$) po mreži 250 x 40 m duž profila pravca pružanja JZ — SI.

Navedena ispitivanja rezultirala su u registrovanju znatnog broja anomalija IP, koje se najvećim delom nalaze na terenu Varine — Kosanica, tj. u domenu aeromagnetske anomalije. One su ovde i po intenzitetu i po ekstenzitetu najizrazitije. Severozapadno od Kosanice, indikacijama IP odgovaraju znatno manje površine. Na tom delu zone Varine — Hoćevina one su zabeležene uglavnom na terenu Vlahovići — Pržennički potok gde delimično koincidiraju sa položajem aeromagnetske anomalije.

U vezi sa karakterom dobijenih geoelektičnih indikacija, neophodno je naglasiti da se one odnose na plitke uzročnike. Naime, korišćen elektrodni dispozitiv obezbeđivao je registrovanje maksimalnih signala sa dubine od nekoliko desetina metara. Prema tome, dobijena slika o distribuciji mogućih sulfidnih mineralizacija u ispitivanom području odnosi se praktično na pripovršinski deo dijabaz-rožne-formacije. Ali, bez obzira na ovu okolnost, postignuti rezultati, kao dodatni kriterijum, pružaju podatke za izdvajanje perspektivnih delova terena. Dakle, rudonosne sulfidne zone od većeg značaja mogu se očekivati unutar dijabazne mase između terena Krupice i sela Kosanica (sl. 1). Severozapadno od

ovog terena nema izrazitijih geoelektričnih indikacija pa navedena ispitivanja ukazuju na male izglede za prisustvo sulfidnih mineralizacija u tom delu dijabaz-rožne formacije. Ipak, teren Vlahovići — Prženički potok treba, takođe, detaljno ispitati pošto su na njemu registrovane geofizičke indikacije na osnovu kojih se izdvaja od svoje okoline.

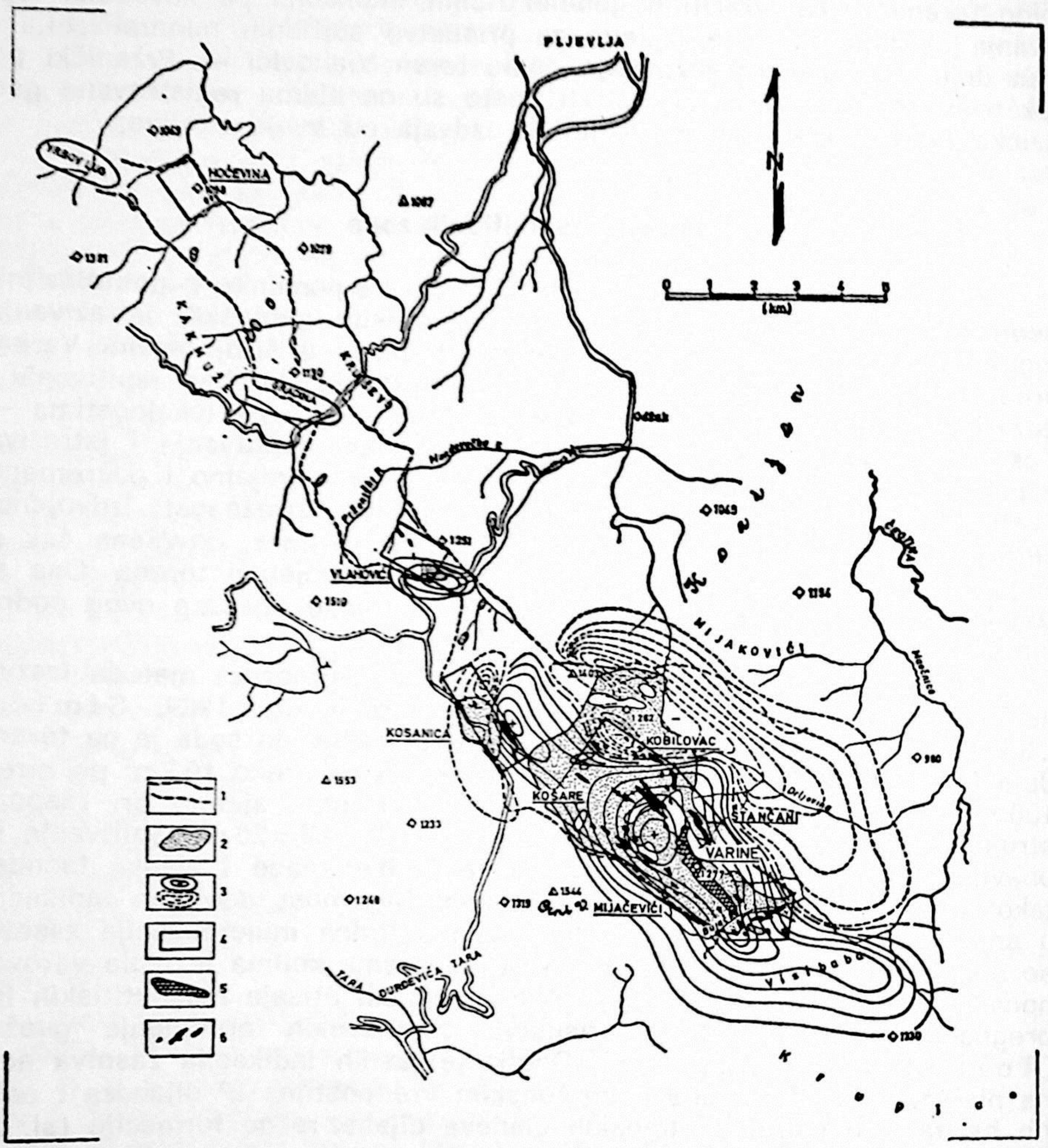
Indiciranje sulfidnih zona

Shodno prethodno iznetim rezultatima regionalnih i poludetaljnih geofizičkih ispitivanja, kao i rezultatima ostalih geoloških istraživanja, jugoistočni deo dijabaz-rožne formacije, tj. teren u široj okolini Varina, predstavlja prostor gde se uglavnom usmeravaju detaljna ispitivanja i istraživanja. Manji obim ovih radova izveden je još na lokalnostima — Kosanica, Vlahovići i Hoćevina (sl. 1). Navedena ispitivanja i istraživanja su izvođena u toku poslednjih deset godina parcijalno i povremeno. Postignuti rezultati su značajni, ali ipak stepen istraženosti izdvojenog perspektivnog prostora je vrlo nizak. Nisu, na primer, dovršena čak ni osnovna detaljna geofizička ispitivanja celog izdvojenog terena. Ona su izvođena pretežno u centralnom delu glavne mase dijabaza ovog područja (sl. 1).

Detaljna geofizička ispitivanja vršena su primenom metoda izazvane polarizacije i električne otpornosti (Janič i dr., 1969; Simić i Lakić 1971; Višić, 1974. i 1976.) Na ovaj način, do sada je na terenu Bujaci — Varine — Kosanica prekrivena površina preko 10 km² po mreži 100 x 20 m. Korišćen je srednjegradijenti elektrodni sistem pri rasponu strujnih uzemljenja AB = 1200 m i potencijalnih MN = 20 m. Ispitivanja su obavljena upotrebom savremene tehnike velike snage i visoke tačnosti tako da su dobijene indikacije pouzdane. Sigurnost dobijenh indikacija u smislu da je njihov uzročnik pretežno sulfidna mineralizacija zasniva se na geološko-metalogenetskim uslovima prema kojima je mala verovatnoća postojanja drugih uzročnika osim mogućih uticaja magnetitiskih impregnacija ili eventualnog prisustva skarnovskih orudnjenja gvožđa (Adžić i Pejatović 1975). Dobijanje jasnih indikacija zasniva se i na niskim i veoma ujednačenim fonskim vrednostima IP dijabaza i ostalih bazita, kao i drugih litoloških članova dijabaz-rožne formacije (sl. 2).

Normalne vrednosti izazvane polarizacije za ispitivanu geološku sredinu su do oko 4 msec. Indikacije preko gornje granice fona velikom verovatnoćom ukazuju na prisustvo mineralizovanih zona. Maksimalni intenziteti anomalija IP dostižu oko 15 msec. što zavisi od dimenzija i dubine uzročnika kao i od zapreminskog procenta prisutnih sulfida i magnetita. Što se tiče parametra električne otpornosti, ovaj je veoma neujednačen i kad je u pitanju ista vrsta stena različitih varijeteta, a izložen je i promenama usled topografskih uticaja. Stoga, posebno razmatran nije dovoljno indikativan, ali u sklopu rezultata ispitivanja IP je od koristi, jer povećanje vrednosti električnih otpornosti u domenu anomalija izazvane polarizacije, ukazuje na prisustvo silifikacije naročito ako je u pitanju sredina sa dijabazima.

U domenu ispitivanog terena registrovan je znatan broj indikacija IP različitih anomalijskih intenziteta i površina. Pružaju se i koncentrišu sa



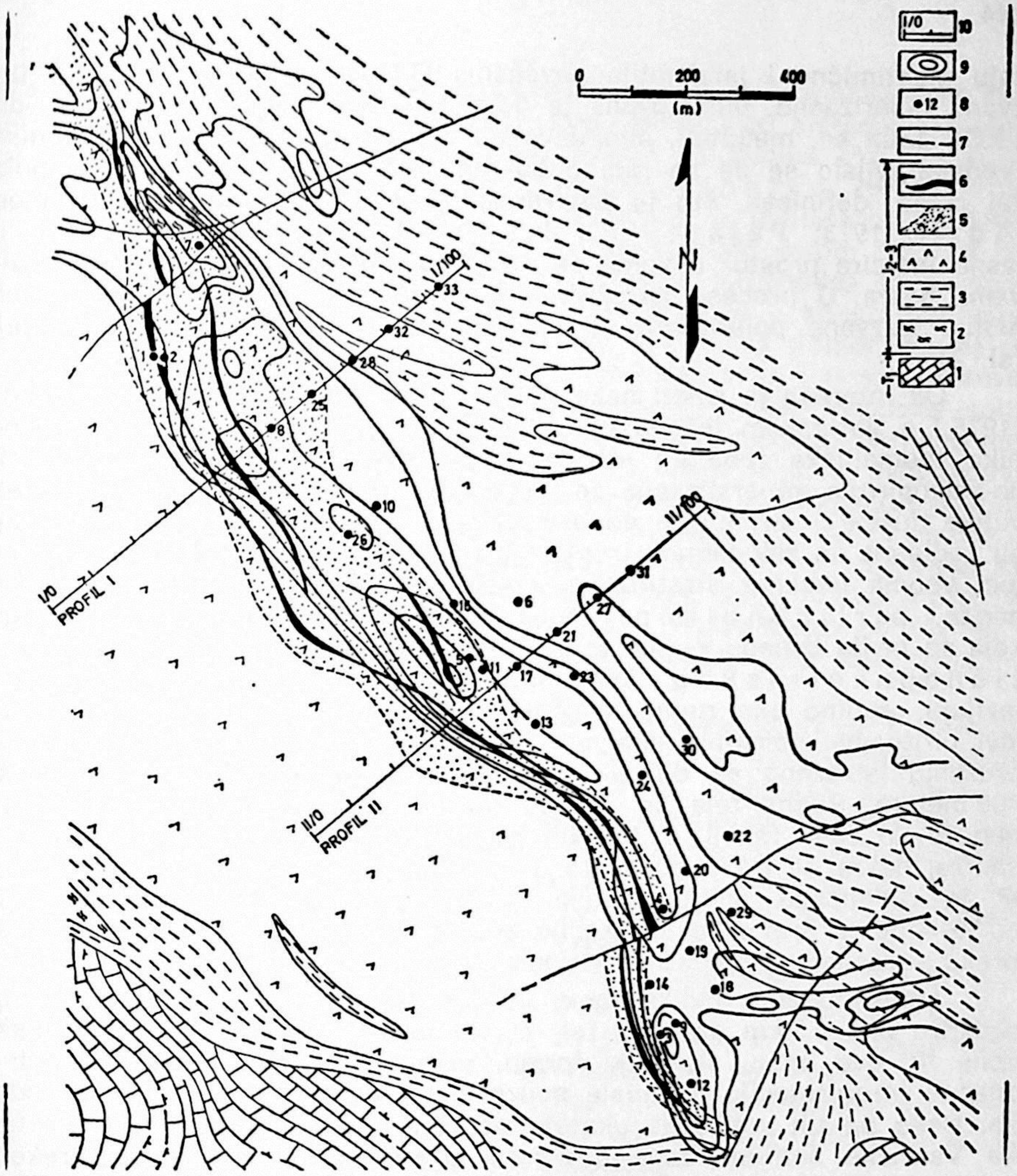
Sl. 1 — Pregledna karta sa lokacijom Varinskog ležišta bakra, aeromagnetskih anomalija i terena prekrivenog nazemnim geofizičkim ispitivanjima.

1. — Dijabaz-rožna formacija (teren prekriven poludetaljnim geoelektričnim ispitivanjima); 2. — dijabaz; 3. — aeromagnetske anomalije; 4. — teren prekriven detaljnim geoelektričnim ispitivanjima; 5. — Varinska anomalija IP — rudonosna sulfidna zona; 6. — ostale indikacije IP.

Fig. 1. — Sketch map with location of Varine copper deposits, aeromagnetic anomalies and terrain covered by ground geophysical exploration.

1. — Diabase-chert formation (terrain covered by semidetailed geoelectrical investigation); 2. — diabase; 3. — aeromagnetic anomalies; 4. — terrain covered by detailed geoelectrical investigation; 5. — Varine IP anomaly-ore-bearing sulfide zone; 6. — other IP responces.

većim ili manjim diskontinuitetima, u pravcu JI — SZ na terenima Stančani— Kobilovac, Bujaci — Varine — Kobilovac — Kosanica i Mijačevići — Košare. Među njima je najizrazitija anomalijska zona IP Varine duž koje se zapa-



Sl. 2. — Geološka karta Varinskog ležišta bakra (po P. Adžiću i S. Pejatoviću, 1975) sa anomalijskom zonom IP i pozicijom profila duž kojih su izvedena dodatna geofizička ispitivanja.

1. — Trijaski krečnjak; 2. do 4. — dijabaz-rožna formacija (2. — serpentinit; 3. — glinoviti peščar, peščar, rožnac, krečnjak; 4. — dijabaz — dijabazna masa sastavljena od piroklastičnih i dajabaznih stena); 5. do 6. — Varinsko ležište (5. — rasejana piritna mineralizacija; 6. — rudna piritno-halkopiritna mineralizacija); 7. — rased; 8. — bušotina; 9. — anomalija izazvane polarizacije; 10. — profil duž koga su izvedena dodatna geoelektrična ispitivanja.

Fig. 2. — Geological map of Varine copper deposit (after P. Adžić and S. Pejatović, 1975) with IP anomalous zone and position of traverses along which additional geophisical investigations have been carried out.

1. — Triassic limestone; 2. to 4. — diabase-chert formation (2. — serpentinite; 3. — cleyey sandstone, sendstone, chert, limestone; 4. — diabase-diabase mass consisting of pyroclastic and diabase rocks); 5. to 6. — Varine deposit (5. — low grade pyrite mineralization; 6. — orebearing pyrite-chalcopyrite mineralization); 7. — fault; 8. — drill hole; 9. — Varine induced polarization anomaly; 10. — traverse along which additinal geoelektrical investigations have been carried out.

žaju mestimično i istaknutija povećanja EO. O Varinskoj anomaliji izazvane polarizacije, publikovana je detaljnija informacija (V i š i ć i dr., 1969). Tada se, međutim, nije dovoljno znalo o prirodi njenog uzročnika. Predpostavljalo se da se radi o bakronosnoj sulfidnoj zoni čiji je položaj jasno definisan, što je potvrđeno i kasnijim istražnim bušenjem (A d ž i ć, 1973; P e j a t o v i ć i dr., 1974). Varinska anomalijska zona IP jasno indicira prostor u kome se nalazi ležište sa eksploatibilnim rezervama bakra. U procesu istraživanja ovog ležišta položaj i karakter anomolije izazvane polarizacije je doprineo racionalnom izvođenju bušenja (sl. 2).

Od interesa je izneti neke podatke P. A dž i ć a i S. P e j a t o v i ć a (1975.) o Varinskom ležištu bakra koji ilustruju prirodu i veličinu uzročnika anomalijske zone IP: »U Varinsko-Kosaničkoj dijabaznoj masi piritno-halkopiritna mineralizacija se javlja kao: r u d n a u formi rudnih tela velike dužine i širine i u odnosu na ove dimenzije male debljine, koja su saglasna sa zaleganjem piroklastita i dijabaza u dijabaznoj masi, imajući veoma istaknut stratiformni karakter, r a s e j a n a p i r i t n a i, ponegde, p i r i t n o-h a l k o p i r i t n a mineralizacija impregnacionog tipa koja se javlja između rudnih tela i u povlatno-podinskim delovima istih; i ž i č n o-p u k o t i n s k o g, kvarc-pirit-halkopiritnog sastava, koja se pojavljuju oreolno oko rudno-rasejanih mineralizacija koje su sastavni delovi piritno-halkopiritnih masivnih ležišta« (sl. 2, 3, 4, 5). Ležište je po pružanju istraženo na dužini skoro 2 km, a po padu na širini do oko 400 metara. Rudna tela se javljaju na tri »nivoa« međusobno udaljena oko 10 do 50 m (sl. 3, 4, 5). Njihova debljina varira od 1 m do 15 m, a sadržaj bakra od 0,2% do skoro 3%. Dakle, uzročnik Varinske anomalije IP je rudonosna sulfidna zona približnih dimenzija 2 km × 0,4 km × × 50—150 m. Prisustvo silifikacije unutar ovog uzročnika manifestuje se preko povećanih vrednosti električnih otpornosti.

Među ostalim indikacijama IP ima nekoliko koje se po pružanju prostiru oko 0,5 km do 1 km (sl. 1). Za razliku od Varinske anomalijske zone IP, ove imaju složeniju formu, neregularnih parametara za jednoznačnu interpretaciju u smislu pouzdanijeg određivanja položaja uzročnika. Neke od tih indikacija ukazuju na verovatne, diskontinuirane nastavke Varinske sulfidne zone u smeru jugoistoka, preko Bujačke reke i prema sveerozapadu, preko terena Kobilovac. Druge su izvan toga poteza nepravilno raspoređene pretežno u domenu dijabazne mase. Svakako da su postrudni pokreti prouzrokovali pomeranja koja dovode do rasedanja rudnih zona. Na to jasno ukazuje prisustvo raseda u Bujačkoj reci na jugoistoku Varinske anomalije IP, a takođe i na njenom severozapadnom delu (sl. 2). Rasedanja su prouzrokovala blokovski strukturni sklop mase dijabaza usled čega dolazi, pored ostalog, do različitog nivoa mineralizovanih prostora u pojedinim blokovima, te delovi iste rudne zone su na različitim dubinama. Tako, na primer, Varinsko ležište nesumljivo pripada jednom bloku u kome je orudnjenje u njegovom pripovršinskom delu. Zato je praćenje ove zone prema jugoistoku i severozapadu otežano jer su verovatno njeni delovi u susednim blokovima ili na dubljim nivoima ili erodovani.

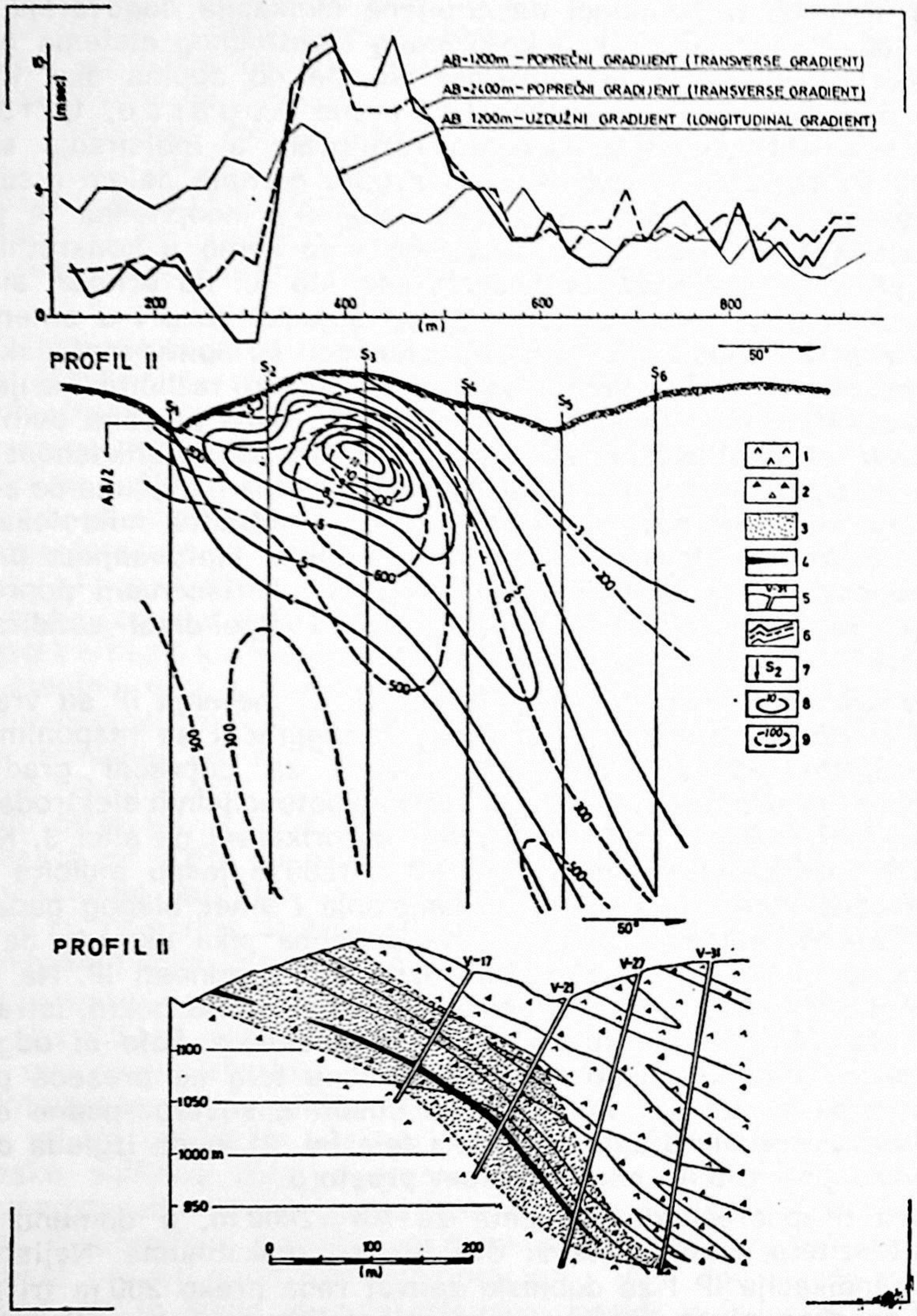
Prema tome, postavlja se problem dubinskog zahvata detaljnih geoelektričnih ispitivanja. U primenjenom metodološkom postupku pri ispi-

tivanjima IP i EO treba istaći da dobijene indikacije odgovaraju dubinama oko 100—150 m jer se kod korišćenog elektrodnog sistema teoretski obezbeđuje registrovanje maksimalnih signala do dubina oko 150 m za slučaj homogene geološke sredine (R o y and A p p a r a o, 1971.) Dakle, detaljna geoelektrična ispitivanja su rezultirala u indiciranju sulfidnih zona koje su većinom ili otkrivene ili svojim gornjim delom nisu na velikim dubinama. Za indiciranje dubljih uzročnika, neophodna je primena postupaka sa većim dubinskim zahvatom, i to samo u konkretnim situacijama praćenja već indiciranih zona, kao što je, na primer, slučaj sa Varinskom rudnom zonom juogsitočno od Bujačke reke i u smeru severozapada prema Kobilovcu. U tom cilju izvedena su opitno-metodska ispitivanja u domenu Varinskog ležišta bakra, korišćenjem različitih varijanti metoda IP i EO (K a j e v i ć, 1976; V i š i ć, 1976). Mada je obim ovih radova mali, ipak su dobijeni instruktivni podaci, koji ukazuju na efikasnost postupka kojeg je neophodno primeniti duž izabranih profila na kojima će se nakon izvršenih ispitivanja većeg dubinskog zahvata odrediti mikrolokacija istražnih bušotina. Pri izvedenim opitno-metodskim ispitivanjima primenjene su tri varijante metoda IP i EO: kartiranje korišćenjem poprečnog i uzdužnog gradijenta, simetrično sondiranje, i dipol-dipol sondiranje — kartiranje.

Duž profila II preko Varinske zone (sl. 2) merenja IP su vršena na 10 m pri srednjegradijentnoj elektrodnoj konfiguraciji sa rasponima strujnih uzemljenja AB = 1200 m i AB = 2400 m za poprečni gradijent, i AB = 1200 m za uzdužni gradijent. Rastojanja potencijalnih elektroda za oba slučaja su MN = 20 m. Dobijeni rezultati su prikazani na slici 3. Kriva intenziteta IP poprečnog gradijenta za AB = 1200 m jasno indicira položaj mineralizovane zone, njeno mesto izdanjivanja i smer blagog pada. Osim toga, u domenu maksimuma krive, dva posebna pika ukazuju da unutar mineralizovane zone postoje uzročnici izrazitijih vrednosti IP. Na prikazanom geološkom profilu II, koji preseca Varinsko ležište bakra, istražne bušotine prolaze kroz jedno rudno telo i to podinsko, koje bi odgovaralo jugozapadnom piku. Središno i povlatno rudno telo ne preseca profil II. Međutim, ako se imaju u vidu obližnje bušotine severozapadno od ovog profila, koje presecaju druga dva rudna tela (sl. 2), onda izgleda da drugi pik izazvane polarizacije odgovara tom prostoru.

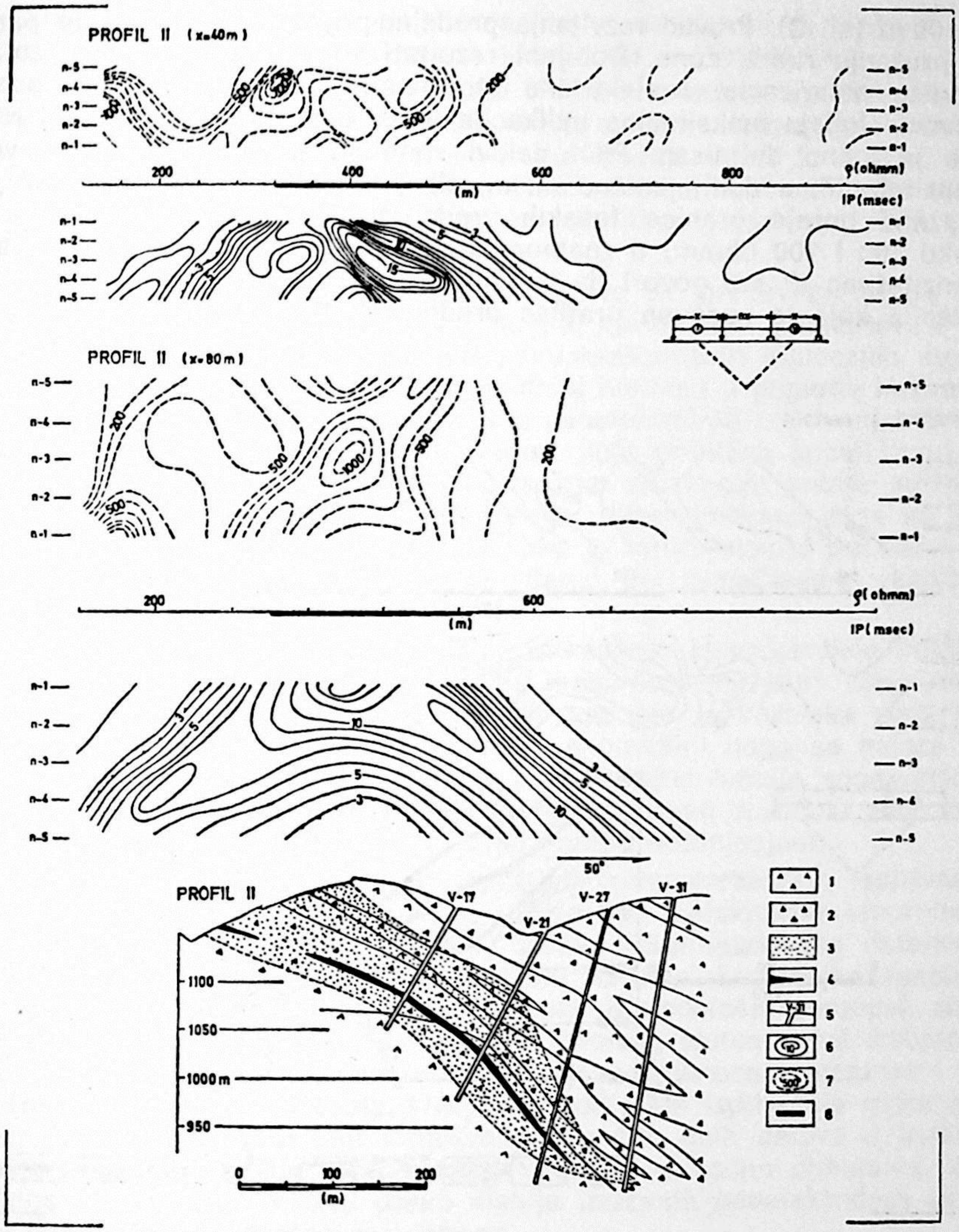
Kriva IP poprečnog gradijenta za AB = 2400 m, u domenu anomalijskih intenziteta, takođe, sadrži dva lokalna maksimuma. Najistaknutije vrednosti indikacija IP i za dubinski zahvat reda preko 200 m tri puta su veće od fonskog nivoa sredine izvan mineralizovane zone. Prema tome, sulfidne zone istog ili sličnog mineralnog sastava i dimenzija sigurno bi se indicirale primenom ove varijante geoelektričnih ispitivanja sa odgovarajućim rasponima elektrodnog sistema i u slučajevima kada ne izdanjuju, odnosno kada su na većim dubinama. Osim toga, isti podaci govore da se ovim postupkom, ali sa gušćim tačkama ispitivanja na više nivoa, mogu indicirati delovi mineralizovanih zona sa većim zapreminskim koncentracijama sulfida. Rezultati ispitivanja IP primenom uzdužnog gradijenta pokazuju da je ova varijanta manje indikativna (sl. 3) pa stoga ne dolazi u obzir njeno korišćenje.

Duž istog profila iznad Varinskog ležišta bakra (sl. 2) izvedeno je simetrično sondiranje IP i EO pri AB/2 do 500 metara na rastojanjima



Sl. 3. — Odnos geofizičkih indikacija prema geološkom profilu (po P. Adžiću i S. Pejatoviću, 1975.) kroz Varinsko ležište bakra duž trase II (sl. 2).
1. — Dijabaz; 2. — dijabazni piroklastit; 3. do 4. — piritno-halkopiritna mineralizacija (3. — rasejana; 4. — rudna); 5. — bušotina; 6. — anomalije IP iznad sulfidne zone Varine (elektrodni rasporedi — srednji gradijent); 7. — položaj sondiranja (elektrodni raspored — Schlumberger); 8. — izolinije IP (msec); 9. — izolinije električne otpornosti (ohmm).

Fig. 3. — Relation of geophysical indications to geological cross section (after P. Adžić and Pejatović, 1975.) through Varine copper deposit along traverse II (fig. 2).
1. — Dijabase; 2. — diabase pyroclasts; 3. to 4. — pyrite-chalcopyrite mineralization (3. — low grade; 4. — orebearing); 5. — drill hole; 6. — IP responces over Varine sulfide zone (electrode array — middle gradient); 7. — position of sounding (electrode array — Schlumberger); 8. — IP contours (msec); 9. — resistivity contours (ohmm).



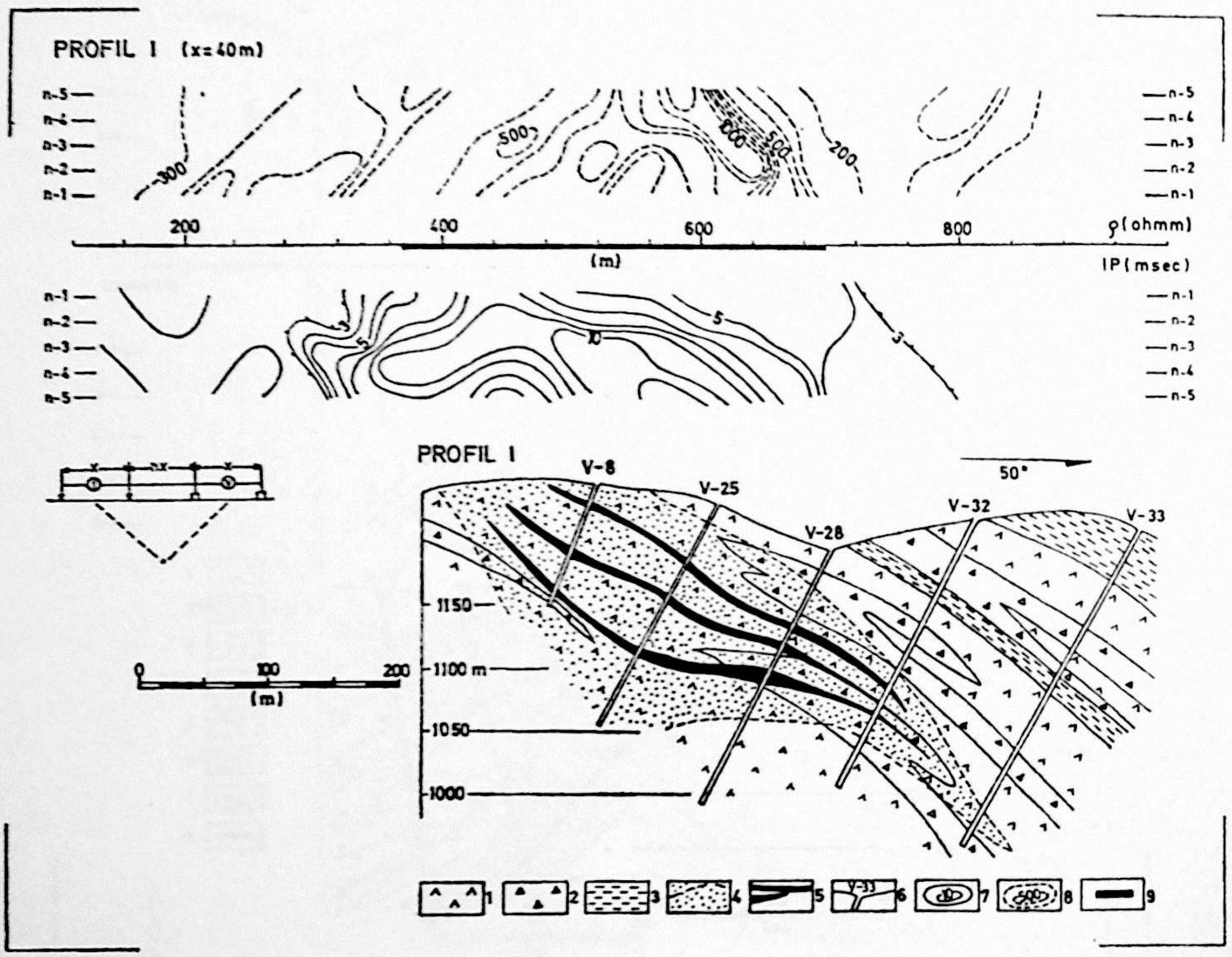
Sl. 4. — Rezultati dipol-dipol ispitivanja izazvane polarizacije i električne otpornosti duž profila II (sl. 2) preko Varinske rudonosne sulfidne zone. Geološki profil po P. Adžiću i S. Pejatoviću (1975).

1. — Dijabaz; 2. — dijabazni piroklastit; 3. do 4. — prirodno-halkopiritska mineralizacija (3. — rasejana; 4. — rudna); 5. — bušotina; 6. — izolinije IP (msec); 7. — izolinije električne otpornosti (ohmm); 8. — projekcija anomalijske zone na površinu terena.

Fig. 4. — Results of dipole-dipole induced polarization and resistivity survey along traverse II (fig. 2) over Varine orebearing sulfide zone. Geological cross section after P. Adžić and S. Pejatović (1975).

1. — Diabase; 2. diabase pyroclasts; 3. to 4. — pyrite-chalcopyrite mineralization (3. — low grade; 4. — orebearing); 5. — drill hole; 6. — IP contours (msec); 7. — resistivity contours (ohmm); 8. — surface projection of anomalous zone.

od 100 m (sl. 3). Pravac razvijanja predajno-prijemnog sistema je paralelan pružanju rudne zone. Dobijeni rezultati su prikazani u vidu izolinija izazvane polarizacije i električne otpornosti na geoelektričnom profilu. U ovom slučaju maksimalne indikacije IP su oko 11 msec. Položaj rudne zone je jasno definisan. Plići delovi zone se manifestuju preko većih intenziteta IP, a dublji znatno nižim, ali u svakom slučaju uočljivim, jer su iznad gornje granice fonskih vrednosti. Maksimalna pokazanja EO (preko 500 i 700 ohmm) u znatnom stepenu koincidiraju sa anomalijskim intenzitetima IP što govori da je unutar mineralizovane zone prisutna silifikacija koja je redovan pratilac orudnjenja. Što se tiče indikativnosti,



Sl. 5. — Rezultati dipol-dipol ispitivanja izazvane polarizacije i električne otpornosti duž profila I (sl. 2) preko varinske rudnosne sulfidne zone. Geološki profil po P. Adžiću i S. Pejatoviću (1975.

1. — Dijabaz; 2. — dijabazni piroklastiti; 3. — sedimenti dijabaz-rožne formacije; 4. do 5. — piritno-halkopiritna mineralizacija (4. — rasejana; 5. — rudna; 6. — bušotina; 7. — izolinije IP (msec); 8. — izolinije električne otpornosti (ohmm); 9. — projekcija anomalijske zone na površinu terena.

Fig. 5. — Results of dipole-dipole induced polarization and resistivity survey along traverse I (fig. 2) over Varine orebearing sulfide zone. Geological cross section after P. Adžić and S. Pejatović (1975).

1. — Diabase; 2. — diabase pyroclasts; 3. — sediments of diabese — chert formation; 4. to 5. — pyrite — chalcopyrite mineralization (4. — low grade; 5. — orebearing); 6. — drill hole; 7. — IP contours (msec); 8. — resistivity contours (ohmm); 9. — surface projection of anomalous zone.

ova varijanta geoelektričnih ispitivanja nema prednosti u odnosu na znatno jeftiniji postupak gradijentnog sondiranja — kartiranja.

Pri dipol-dipol sistemu ispitivanja IP i EO izvedena su duž oba napred navedena profila (sl. 2). Za ovu elektrodnu konfiguraciju korišćeni su parametri: $x=40$ m i $x=80$ m, a za oba slučaja $n=1, 2, 3, 4, 5$. Rezultati ovih ispitivanja su prikazani u vidu izolinija izazvane polarizacije i električne otpornosti na geoelektričnim profilima iznad geoloških profila Varinskog ležišta bakra (sl. 4, 5).

Pri razmatranju dobijenih rezultata uočava se, pre svega, visok stepen indikativnosti podataka merenja. Naime, maksimalni intenziteti IP su oko 5 puta veći od fonskih vrednosti nemineralizovanih dijabaznih stena. Taj podatak svakako daje prednost dipol-dipol sistemu u pogledu indikativnosti nad prethodno opisanim varijantama geoelektričnih ispitivanja. U oba slučaja, povećanje EO do oko 1000 ohmm, koja približno koincidiraju sa anomalijskim zonama IP, ukazuju na prisustvo silifikacije unutar sulfidne zone. I na osnovu rezultata ovih ispitivanja, mineralizovana zona se jasno indicira s obzirom na njen položaj, iako je interpretacija podataka ispitivanja mnogo komplikovanija u poređenju sa tumačenjem rezultata dobijenih primenom gradijentne varijante.

Izneti podaci nesumnjivo pokazuju efikasnost metodološkog postupka pri korišćenju dipol-dipol sistema za indiciranje sulfidnih zona istog ili sličnog mineralnog sastava i dimenzija kao što je Varinska zona i u slučajevima kada se ove ne manifestuju na površini nego se nalaze na većim dubinama. Pored toga, uporedna analiza koincidencije anomalijskih intenziteta IP i izrazitijih povećanja EO duž ispitivanih sulfidnih zona može ukazati na prostore ovih zona sa kvalitetnijim orudnjenjem.

Na osnovu prethodno iznetih rezultata opitno-metodskih ispitivanja primenom različtih varijanti izazvane polarizacije i električne otpornosti, proizilazi da indiciranje sulfidnih zona treba, nakon osnovnog detaljnog geoelektričnog premera terena kartiranjem, izvoditi kartiranjem-sondiranjem IP i EO sa većim dubinskim zahvatom. Metodološki postupak obuhvata kombinovanu primenu gradijetnog i dipolnog sistema duž izabranih profila u cilju utvrđivanja prostornog položaja sulfidonosnih prostora i izbora lokacija istražnog bušenja. Ovaj vid geofizičkih ispitivanja može doprineti racionalnom izvođenju istraživanja naročito onih delova u kojima se prisustvo bakronosnih sulfidnih tela očekuje na većim dubinama, usled čega se ona manifestuju preko slabije izraženih geoelektričnih indikacija dobijenih u prethodnoj fazi istraga.

DISKUSIJA REZULTATA

Osa pozitivnog dela anomalije totalnog intenziteta zemljinog magnetskog polja prostire se u pravcu JI — SZ, saglasno pružanju dubinskog razloma, na dužini oko 12 km. Trasira približno centralne delove dijabazne mase, koja je poprečnim sistemom raseda ispresecana na blokove. Izrazitije promene pravca pružanja ove ose i promene opšte konfiguracije anomalijskog magnetskog polja su upravo u domenu poprečnih rasedanja. Prema P. J o v i ć u (cit. V i š i ć, 1976.), podaci kvantitativne interpretacije aeromagnetske anomalije pokazuju da centralni blok dijabazne

mase Stančani dopire do dubina oko 2 m. Prema jugoistoku, u rejonu Mučanj i Visibaba, donje granice uzročnika aeromagnetske anomalije su na dubinama do oko 1 km, a u smeru severozapada te granice znatno oplićavaju, tako da su u prostoru Kosanice svega oko 0,5 km ispod površtine. Dijabazi geološki kartirani na Drljinom Brdu su najverovatnije u vidu relativno tanke ploče.

Kao što je napred rečeno, Varinsko ležište bakra indicirano je najizrazitijom anomalijskom zonom izazvane polarizacije. Pruža se saglasno dijabaz-rožnoj formaciji i konstatovanom dubinskom razlomu na dužini skoro 2,5 km. Shodno konfiguraciji anomalijskog polja IP, bakronosna sulfidna zona znatnim delom izbija na površinu i pada prema severoistoku. Locirana je u domenu pozitivnog maksimuma aeromagnetske anomalije i to u neposrednoj blizini njene ose. Istraženi deo ove zone nalazi se unutar tektonskog bloka Mučanj.

Uzimajući u obzir navedene podatke i polazeći od analogije sticaja različitih faktora kontrole razmeštaja rudonosne sulfidne mineralizacije, moglo bi se zaključiti da ovu mineralizaciju izvan Varinskog ležišta treba očekivati u prostoru duž ose pozitivnog dela aeromagnetske anomalije u ostalim blokovima korenog dela dijabazne mase. Ova u znatnoj meri izdanjuje izuzev bloka Visibaba, koji je na dubini oko 200 m i bloka Kosanica, koji je većinom maskiran tanjim pokrivačem sedimenata dijabaz-rožne formacije.

Moguće je, takođe na bazi analogije, pretpostaviti da su najperspektivniji delovi dijabazne mase za dalja istraživanja oni koji u domenu ose aeromagnetske anomalije predstavljaju relativne minimume. Naime, Varinsko ležište bakra se nalazi upravo u okviru takvog minimuma. Ovoj predpostavci ide u prilog i mogućnost da su relativni magnetski minimumi posledica hidrotermalnih alteracija dijabaza u prostoru gde se javljaju zone sulfidnih mineralizacija. U slučaju Varinske aeromagnetske anomalije, izdvajaju se dva terena sa relativnim minimumom. Jedan je na jugoistoku u domenu tektonskog bloka Mučanj, a drugi je na severozapadu između centralnog tektonskog bloka i Kosanice. Prvi odgovara prostoru u kome se nalazi Varinska rudna zona, a u domenu drugog relativnog magnetskog minimuma još nisu vršena ispitivanja i istraživanja.

Dobijena slika detaljno ispitivanog polja izazvane polarizacije u zoni Bujaci — Kosanica pokazuje da je na ovom delu terena najistaknutija anomalija IP kojom se indicira Varinsko ležište bakra, a da su ostale znatno manjih veličina. Da li i ove ukazuju, takođe, na orudnjenja koja u dubljim nivoima imaju veći kontinuitet prostiranja, za sada se ne zna. Isto tako, budućim ispitivanjima i istraživanjima treba razjasniti da li Varinsko orudnjenje ima nastavak u dubljim nivoima u smeru severozapada prema indikacijama IP Kobilovac i u smeru jugoistoka prema indikacijama IP Bujaci. Postoji velika verovatnoća da je blokovska struktura dijabazne mase sa savremenim erozionim nivoom pojedinih blokova jedan od uzročnika dobijene slike anomalijskog polja IP, pa prema tome i današnje prostorne distribucije mineralizovanih zona. Kao što je već rečeno, tektonski blok Mučanj sadrži Varinsku rudonosnu mineralizaciju u pripovršinskom delu zahvaljujući odgovarajućem erozionom nivou. Ostaje, međutim, i nadalje otvoreno pitanje — da li se ova mineraliza-

cija javlja u susednim i ostalim blokovima na dubljim nivoima ili se, usled erozije, radi o njihovim zaostalim »korenim« delovima u domenu registrovanih indikacija IP, pa je stoga odsutna u međuprostorima ovih indikacija.

Shodno prethodnim razmatranjima, dalja geofizička ispitivanja, koja bi doprinela razjašnjenju navedenih problema, treba usmeriti u dva pravca. Prvi bi obuhvatio prekrivanje perspektivnih delova terena koji do sada nisu detaljno ispitivani primenom već korišćene metodologije. To su prostori Kobilovac — Kosanica i Vlahovići — Prženički potok. Ova ispitivanja bi doprinela razjašnjenju i pitanja — da li se bakronosna sulfidna mineralizacija javlja i u geološkim sredinama dijabaz-rožne formacije van dijabaznih masa. Drugi pravac usmeravanja daljih geofizičkih ispitivanja se odnosi na izbor lokacije istražnog bušenja korišćenjem metodološkog postupka sa većim dubinskim zahvatom, koji se pokazao kao efikasan na osnovu rezultata izvedenih opitno-metodskih ispitivanja. Ovim postupkom bi se obezbedilo racionalno istraživanje pri praćenju već poznate rudne zone, kao i pri otkrivanju novih mineralizovanih zona.

Odgovorajuća geofizička ispitivanja bi se izvodila duž pojedinih profila čiji se položaj određuje shodno rezultatima već obavljenih geoloških izučavanja i ranijih geofizičkih ispitivanja. Metodološki postupak kombinovane primene gradijente i dipolne varijante metoda izazvane polarizacije i električne otpornosti pruža mogućnost utvrđivanja prisustva sulfidne mineralizacije, njenog prostornog položaja i eventualnog diferenciranja njenih delova s obzirom na intenzitet mineralizacije i silifikacije.

Zaključak

Aeromagnetske anomalije u zoni Varine — Hoćevina su prouzrokovane bazitima, uglavnom dijabaznim masama, a indikacije izazvane polarizacije su posledica sulfidnih mineralizacija sa manjim udelom magnetita.

Najperspektivniji deo dijabaz-rožne formacije obuhvata prostor najveće dijabazne mase kojoj odgovara teren Visibaba — Varine — Kosanica površine oko 25 km^2. Daleko je manja površina terena Vlahovići — Proženički potok koji je, takođe, izdvojen kao perspektivan.

Perspektivni tereni su znatnim delom prekriveni detaljnim geoelektričnim ispitivanjima primenom metoda izazvane polarizacije i električne otpornosti kartiranjem. Ova ispitivanja su rezultirala u registrovanju većeg broja anomalija IP koje delom koincidiraju sa povećanjima vrednosti EO. Geoelektrične indikacije odgovaraju zonama bakronosnih sulfidnih mineralizacija praćenih silifikacijom.

Geoelektrične indikacije se koncentrišu duž tri pojasa koji se prostiru u pravcu JI — SZ saglasno pružanju najveće dijabazne mase i dubinskog razloma. Najizrazitije su indikacije u centralnom pojasu na potezu Bujaci — Varine — Kobilovac — Kosanica. Ostale slabije izražene, raspoređene su na terenima Stančani — Kobilovac i Mijačevići — Košare, tj. većinom u perifernim delovima dijabazne mase.

Istražnim bušenjem do sada je proverena samo najistaknutija Varinska anomalijska zona IP koja jasno ograničava mineralizovani prostor u kome

se nalazi ležište bakra od ekonomskog značaja. Ova geoelektrična indikacija je prouzrokovana piritnom i piritno-halkopiritnom mineralizacijom u dijabaznim stenama. Unutar sulfidonosnog prostora približnih dimenzija 2 km × 0,4 km × 50 do 150 m nalaze se rudna tela znatne dužine i širine, debljine oko 1 m do 15 m sa sadržajima bakra do oko 3%.

U cilju povećanja rudnih rezervi, dalja geofizička ispitivanja treba usmeriti u dva pravca. Prvi se odnosi na prekrivanje perspektivnih delova, koji do sada nisu ispitivani primenom korišćene metodologije, kako bi se dobila konačna slika distribucije sulfidonosnih prostora. Drugi se odnosi na kombinovanu primenu gradijentne i dipolne varijante metoda IP i EO većeg dubinskog zahvata da bi se racionalno lociralo istražno bušenje pri praćenju po pružanju Varinske rudne zone i pri otkrivanju novih rudnih zona.

Primljeno 23. VI 1980.

Recenzent dr Svetislav Pejatović

LITERATURA

1. Adžić P., 1973: — Izveštaj o geološkim istraživanjima ruda bakra ležišta Varine i područja Varine — Hoćevina, Fond str. dok. rudnika uglja »Pljevlja« — Pljevlja.
2. Adžić P., Pejatović S., 1975: — Izveštaj o geološkim istraživanjima bakra u ležištu Verine i području Varine — Hočevina, Fond str. dok. Geoinstituta, — Beograd.
3. Ivković D., 1962: — Izveštaj o regionalnim gravimetrijskim i magnetskim ispitivanjima severne Crne Gore, fond str. dok. Geozavod — Beograd.
4. Janković S., Petković M., Adžić P. i dr., 1964: — Regionalna geološka istraživanja severne Crne Gore. Godišnji izveštaj za 1964. god. Fond str. dok. SGZ — Beograd.
5. Jančić T., 1968: Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na terenima Podkovač i Varine, Fond. str. dok. rudnika uglja »Pljevlja« — Pljevlja.
6. Jančić T., Lakić D., Filipović V., 1969: Izveštaj o geološko-geofizičkim ispitivanjima na terenima Podkovač i Varine, SR Crna Gora, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.
7. Kajević A., 1976: — Izveštaj o geološkim istraživanjima ležišta bakra u Varinama i rudne zone Varine — Hoćevina, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.
8. Lakić D., 1973: — Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima u području Varine — Hoćevina, Fond str. dok. rudnika uglja »Pljevlja« —
9. Pajović M., 1974: — Pojave bakra u dijabazima i spilitima u području Varina, Geološki glasnik, Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, knj. VII, str. 301—311.
10. Pejatović S., Koprivica D., Višić S., 1974: — Izveštaj o geološkim istraživanjima bakra u ležištu Varine i području Varine — Hoćevina. Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.
11. Ristić V., 1962: — Izveštaj o rezultatima magnetskih ispitivanja na terenu Varine — Pljevlja, Fond str. dok. rudnika uglja »Pljevlja« — Pljevlja.
12. Rončević G., 1974: — Izveštaj o istraživanju ležišta Varine i lokalnosti Kobilovac i Kosanica, Fond str. dok. rudnika »Pljevlja« — Pljevlja.
13. Roy A., Apparao A., 1971: — Depth of investigation in direct current measurements, Geophysics, vol. 36, No. 5, p. 943—959.
14. Simić V., Lakić D., 1971: — Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na lokalnosti Varine, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.
15. Višić S., Jančić T., Lakić D., 1969: — Istraživanje bakra primenom metode IP na lokalnosti Varine, Radovi Geoinstituta, sv. br. 6, str. 325—339.

16. Višić S., 1974: — Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na lokalnosti Kosanica. Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.

17. Višić S., 1976: — Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima u području Varine — Hoćevlna, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.

18. Vukašinović S., 1972: — Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na području Ljubišnja i Varine, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.

19. Vukašinović S., — Prikaz anomalnog magnetskog polja na području Vrba — Kosanica i interpretacija kompletirane aeromagnetske karte Ljubišnja — Varine, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.

20. Vukašinović S., 1975: — Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima u SI Crnoj Gori, Fond str. dok. Geoinstituta — Beograd.

Summary

THE CONTRIBUTION OF GEOPHYSICS TO EXPLORATION OF COPPER IN THE VARINE—HOĆEVINA AREA

by

Stanislav Višić

Key words: Induced polarization, airborne magnetometry, copper.

Nearly fifteen years ago, the geological-geochemical-geophysical investigations in north Montenegro resulted in discovery of copper occurences within diabase-chert formation on the locality Varine. From that time the exploration has been carried out with longer and shorter interruptions in Varine—Hoćevina aera. This work resulted in the outlining of prospective areas and indication of mineralized zones and discovary of Varine copper deposit of economic importance. The contribution of geophysics to the obtained results is in the selection of the most prospective parts of diabase-chert formation and location of sulfide zones one of which is the Varine orebearing zone.

On the basis of regional airborne magnetic prospecting and semi-detailed geoelectrical investigation, two prospective areas have been outlined in the Varine—Hoćevina region. One of them corresponds to the aeromagnetic anomaly which is caused predominentely by diabase mass located in the Visibaba—Varine—Kosanica area (Fig 1). The numerous IP responses have been registrated on the same terrain. They are produced mostly by sulfide mineralization. The second prospective area is situated between Vlahovići village and Prženica creek where aeromagnetic and geoelectrical responses are also coused by basic rocks and sulfide mineralization but the responses are of smaller intensities and surfaces.

During starting period of detailed geophysical exploration the spontaneous potential, magnetic, electromagnetic, induced polarisation and resistivity methods have been applied in order to indicate the zones of sulfide mineralization. These methods have been used for covering smaller parts of prospective terrains or the investigations have been carried out as experimental works above the outcrops of orebearing zo-

ne. According to the obtained results, it has been found that the induced polarisation is the most efficient method to determine the position of mineralized zones. It has been also concluded that the resistivity responses are ussefule if thay correspond to the position of IP anomalies because in that case the orebearing sulfide mineralization is followed by silicification.

The most part of selected prospective areas have been covered by detailed geophysical investigation applying IP and resistivity methods. The middle gradient electrode array has been used with the depth of exploration of about 150 metres. On this a way many geoelectrical anomalies have been registrated on the Visibaba—Kosanica area where diabase is outcroping (Fig. 1). Some of these anomalies are of higher intensities covering the surfaces which are from a few hundrets of meters to about two kilometers. The anomalies are striking SE — NW and concentrating aproximately along three narrow belts: Bujaci—Varine—Kobilovac—Kosanica and Stančani—Kobilovac and Mijačevići—Košare. The most important is the central belt because the other ones are with the anomalies of weak expression.

Up to now, only the most prominent IP anomaly Varine has been explored by drilling. According to the exploration this anomaly clearly defined the sulfide zone within the diabase rocks. The zone has a strike length more than 2 km and is about 400 m wide (Fig. 2). Its thickness is mainly in the range 50—150 m. The mineralization is of pyrite and pyrite-chalcopyrite dissemination followed by quartz-pyrite-chalcopyrite veinlets. The orebodies are rather long and wide having thickness from 1 m to about 15 m and contents of copper up to 3% (Fig. 3).

The other geoelectrical anomalies are not clearly expresst. Thay are mostly of irregular shapes and discontinuously arranged along srike. This can be interpreted by the irregular distribution of sulfide mineralization. Namely, some parts of mineralised zones may be located in the greater depths or the anomalies indicate shallow remains of eroded orebearing zones. Accordingly, the problem of reliable location of exploratory drilling is arising because the responses do not define enough clearly the position of sulfide zones. It may be owing to small depth of previous geoelectrical exploration.

The posibility to solve the mentioned problem is based on the results of experimental investigation by application of IP and resistivity methods using different electrode arraies (Fig. 3, 4, 5). According to these results, it has been found that the combined application of gradient and dipol-dipol IP and resistivity sounding-mapping, with greater depth of exploration along selected traverses, can contribute to the choice of drill sites. On such a way the known orebearing zone can be effectively followed and new ones may be miscovered.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 255—260, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 255—260, 1980, Belgrade.

Slobodan Vukašinović

UDK 550.814

PRILOG REŠAVANJU NAFTNO-GEOLOŠKE PROBLEMATIKE DRAVSKE DEPRESIJE NA OSNOVU AEROMAGNETSKIH PODATAKA

(sa 1 prilogom)

Aeromagnetska ispitivanja na području Dravske depresije izvedena su za potrebe INA-Naftaplina iz Zagreba. Ispitivanja su obavljena u cilju razjašnjenja nekih strukturnih odnosa, posebno onih koji su od značaja sa naftno-geološkog aspekta.

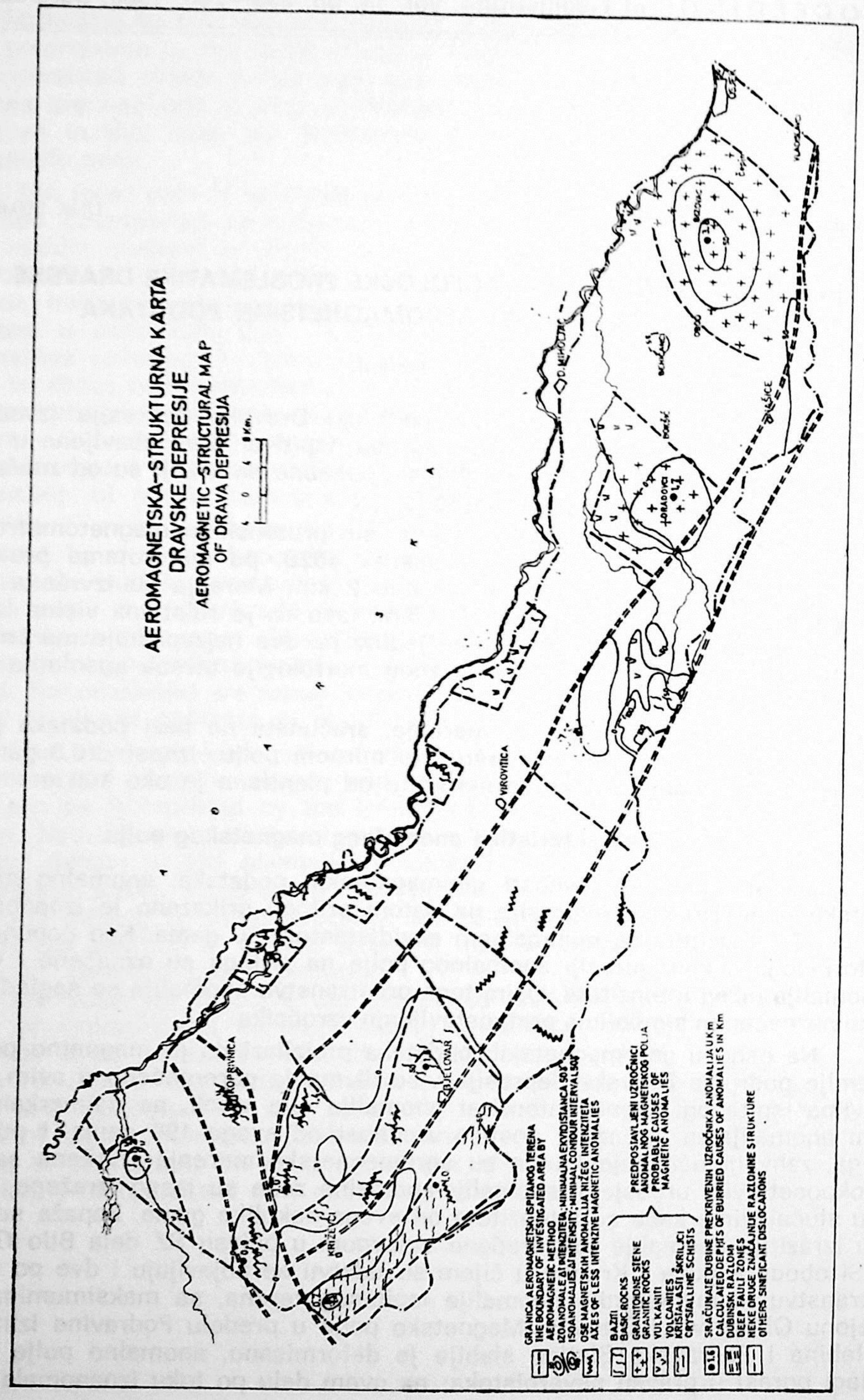
Aeromagnetska merenja izvedena su protonskim magnetometrom osetljivosti 0,1 gama, iz aviona »Cessna« 402B, po maršrutama pravca 40^0, čije je međusobno udaljenje iznosilo 2 km. Merenja su izvršena sa konstantne barometarske visine od 500 m, tako da je relativna visina leta bila ispod 400 m. Izuzetak je učinjen jedino na dve najzapadnije maršrute u području Kalničkog Gorja, gde je zbog morfologije terena apsolutna visina leta nešto povećana.

Srednja kvadratna greška merenja, sračunata na bazi podataka ponovljenih merenja i sekućih maršruta u mirnom polju, iznosi $\pm 0{,}8$ gama. Prosečno odstupanje ostvarene maršrute od planirane je oko 100 m.

Osnovne karakteristike anomalnog magnetskog polja

Saglasno stepenu javnosti geomagnetskih podataka, anomalno magnetsko polje Dravske depresije na datom prilogu prikazano je izoanomalama ΔT intenziteta sa minimalnom ekvidistantom 50 gama. Kao dopunska informacija o konfiguraciji anomalnog polja na prilogu su označene i ose anomalija nižeg intenziteta. Osim toga prostranstvo anomalija se sagledava i po naznačenim simbolima pretpostavljenih uzročnika.

Na osnovu aeromagnetskih podataka proizilazi da je magnetno polje Zemlje područja Dravske depresije više ili manje poremećeno u svim delovima ispitanog terena. Intenzitet anomalija nije visok, na najmarkantnijim anomalijama intenzitet dostiže vrednost od svega 190 gama. I pored toga, zahvaljujući činjenici da su aeromagnetska merenja izvršena sa vi -sokoosetljivim uređajem, anomalije-anomalne zone su jasno izražene, čak i u slučajevima kada su intenziteta od svega nekoliko gama. Zapaža se da su izrazitije anomalije raspoređene uglavnom u pojasu SZ dela Bilo Gore i SI oboda Papuka i Krndije u čijem susedstvu se pojavljuju i dve po prostranstvu najmarkantnije anomalije ispitanog terena, sa maksimumima u rejonu Obradovci i Bizovca. Magnetsko polje u predelu Podravine između Hlebina i Podravske Slatine slabije je deformisano, anomalno polje ima blagi porast u pravcu severoistoka; na ovom delu po toku izoanomala ΔT


AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA
DRAVSKE DEPRESIJE
AEROMAGNETIC-STRUCTURAL MAP
OF DRAVA DEPRESIJA
4 0 4 8 Km.
GRANICA AEROMAGNETSKI ISPITANOG TERENA
THE BOUNDARY OF INVESTIGATED AREA BY
AEROMAGNETIC METHOD
IZOANOMALE ΔT INTENZITETA; MINIMALNA EKVIDISTANCA 50 γ
ISOANOMALIES ΔT INTENSITY; MINIMAL CONTOUR INTERVAL 50 γ
OSE MAGNETSKIH ANOMALIJA NIŽEG INTENZITETA
AXES OF LESS INTENZIVE MAGNETIC ANOMALIES
BAZITI
BASIC ROCKS
GRANITOIDNE STENE
GRANITIC ROCKS
VULKANITI
VOLCANITES
KRISTALASTI ŠKRILJCI
CRYSTALLINE SCHISTS
PREDPOSTAVLJENI UZROČNICI
ANOMALNOG MAGNETSKOG POLJA
PROBABLE CAUSES OF
MAGNETIC ANOMALIES
SRAČUNATE DUBINE PREKRIVENIH UZROČNIKA ANOMALIJA U Km
CALCULATED DEPTHS OF BURRIED CAUSES OF ANOMALIES IN Km
DUBINSKI RAZLOMI
DEEP FAULT ZONES
NEKE DRUGE ZNAČAJNIJE RAZLOMNE STRUKTURE
OTHERS SINIFICANT DISLOCATIONS
VIROVITICA
BJELOVAR
KRIŽEVCI
DRADOVCI
VLADISLAVCI
D. MIHOLJAC

(na standardnim aeromagnetskim kartama uz izveštaj o izvršenim ispitivanjima) sagledava se uticaj lokalnih uzročnika severno od Đurđevca, Kloštar—Đuretina, kod Neteča i Podravskog Sokolca. Po manjem horizonalnom gradijentu karakteriše se i anomalno polje u JI delu Bilo Gore, na delu gde je ostvaren određeni diskontinuitet anomalne zone na pravcu Bilo Gora — severoistočni obod Slavonskih planina. Evidentno je da anomalije — anomalne zone imaju generalni pravac SZ — JI, dakle dinarski pravac pružanja, sa izuzetkom anomalija na krajnjem severozapadnom delu terena (Kalničko Gorje, Dugo Brdo) koje imaju jasnu orijentaciju u pravcu SI — JZ, imaju Istočno alpski pravac.

Detaljnijom analizom prostranog i složenog anomalnog polja na širem prostoru SZ dela Bilo Gora (Križevci—Bjelovar—Đurđevac—Jagnjedovac) može se uočiti postojanje dva individualisana pojasa pozitivnih anomalija: jedan vezan pretežno za jugozapadne padine Bilo Gore, sa ogrankom prema Mostima i drugi jugozapadniji, na pravcu Mihaljec—Žavnica, na kome je kod Mihaljeca registrovan najvišI intenzitet $\triangle T$ u okviru ispitivanog terena.

Anomalno polje na prostoru Voćin—Petrovo polje—Podravska Slatina (severni ogranci Papuka) izraženo je uglavnom sa nekoliko prostorno manjih anomalija pozitivnog znaka, čiji maksimalan intenzitet dostiže vrednost od oko 160 gama. Pozitivno anomalno polje oštro ograničavaju negativne anomalije $\triangle T$ intenziteta.

Na anomaliji sa maksimumom kod Obradovca po toku izoanomala zapaža se nekoliko sekundardnih pravaca — ogranaka anomalije od kojih je najizrazitiji onaj prema Donjem Miholjcu. Izoanomala —30 gama povezuje ovu anomaliju sa prostranom anomalijom Bizovac intenziteta 62 gama, na čijem se boku zapažuju anomalije manje ili više lokalnog karaktera (Valpovo, Osijek).

O litološkoj prirodi i dubini uzročnika anomalija

Razmatrajući pitanje litološke prirode uzročnika registrovanih anomalija došli smo do određenih konstatacija koje imaju veći ili manji stepen verovatnoće, zavisno od raspoloživih podataka na kojima su shvatanja zasnovana. Za neke anomalije uzročnici su izvesni, jer izdanjuju na površini terena ili su bušenjem utvrđeni. U drugim slučajevima predstava o verovatnim uzročnicima dobijena je u kontekstu opšteg shvatanja geološke građe ne samo područja Dravske depresije već i susednih regiona, vodeći pri tome računa o sračunatoj dubini uzročnika na bazi aeromagnetskih podataka. Shvatanje o litološkoj prirodi i dubini uzročnika anomalija, grafički smo izrazili na datom prilogu.

Anomalije na krajnjem severozapadnom delu ispitanog terena, one koje imaju istočno alpijski pravac pružanja, izazvane su po svoj prilici bazitima i vulkanitima. Ovako uverenje proističe iz činjenice da su na jugozapadnom delu iste strukturne zone Medvednica—Kalničko Gorje na površini terena utvrđeni dijabazi i tercijarni vulkaniti. Sračunate dubine uzročnika anomalija kod Bukoveca i Velikog Brda iznose 1,2 km odnosno 0,9 km (v. prilog).

Anomalije neposredno vezane za severozapadni deo Bilo Gore posledica su uticaja serpentinita i drugih bazita, čije sračunate dubine variraju od 1 do 1,6 km. Serpentiniti su utvrđeni bušenjem na delu anomalije koja

se prostire na pravcu Lepavina—Mosti. Jugozapadniji anomalni pojas na potezu Miholjec—Žavnica uslovili su verovatno amfiboliti i druge kristalaste stene sa učešćem feromagnetičnih minerala, koje bi se nalazile u istoj strukturnoj zoni kao i amfiboliti Psunja.

Anomalno polje na prostoru Voćin—Petrovo polje—Podravska Slatina izazvali su baziti (dijabazi) koji su otkriveni u recentnom erozionom nivou ili se nalaze neposredno ispod njega. Nije isključeno da su postajanju anomalija dali doprinos i kiseljiji vulkaniti.

Polazeći od činjenice da su na delu anomalije Bizovac bušenjem utvrđeni granodioriti i shvatanja da se anomalije Bizovac i Obradovci nalaze u strukturnoj zoni koju (sudeći po podacima geofizičkih ispitivanja i bušenja) dalje u pravcu istoka karakterišu intenzivnije pojave magmatita, smatramo da su obe ove anomalije izazvane granitoidnim stenama sa odgovarajućim vulkanitskim ekvivalentima. Sračunate dubine uzročnika su 1,7 km kod Obradovca i 3,8 km kod Bizovca. Sračunati podaci se odnose na dubine osnovnih magmatitskih masa, tako da se ne isključuje postojanje plićih, apikalnih delova magmatita, posebno na delu gde se zapažaju sekundarni uticaji (prema D. Mihjalcu, Valpovo).

Sagledani uticaj lokalnih uzročnika u pojasu Drave—Severnog Đurđevca, Kloštar—Đuretina, kod Neteča i Podravskog Sokolca vezujemo za bazite i vulkanite. Ovo zbog toga što smatramo da se ovim delom prostire dubinski razlom koga inače izvan Dravske depresije prate baziti i vulkaniti.

Geostrukturno značenje anomalnog polja

Bazirajući se na našem shvatanju opšteg geološkog sklopa susednih regiona Dravske depresije i litološke prirode i dubine uzročnika registrovanih anomalija došli smo do određenih zaključaka koji se tiču geostrukturnog značenja anomalnog magnetskog polja ispitanog terena.

Pre svega ističemo da se na ispitanom terenu kao najmarkantnija struktura izdvaja dinarski dubinski razlom na pravcu Bilo Gora—severoistočni obod Slavonskih planina, koga tu i tamo markiraju baziti-uzročnici anomalnog polja na ovom prostoru (v. prilog). U pravcu severozapada ovaj dubinski razlom dopire do Kalničkog Gorja, do dubinskog razloma na potezu Kalničko Gorje—Dugo Brdo, koji ima Istočno alpijski pravac pružanja kao uglavnom i sve strukture zapadno od njega. U pravcu istoka dubinski razlom Bilo Gora—severiositočni obod Slavonskih planina, se prostire na Frušku Goru i doseže do Kovačice u Banatu odakle naglo menja pravac prema jugu — ka Avali, Kosmaju i dalje. Učešće magnetoaktivnih stena duž razloma je mestimično a osim toga na pojedinim delovima, kao vrlo verovatno na JI delu Bilo Gore, rasedanjem je došlo do spuštanja temeljnog gorja, tako da na njima postoji određeni diskontinuitet anomalne zone ili anomalije praktično izostaju. Ovaj razlom imao je vanrednog značaja u geološkoj evoluciji terena u domenu svoga rasprostranjenja na prostoru Šumadije i dalje u pravcu juga, a po svoj prilici i na području Dravske depresije. Stvaranje dravskog rova i pozitivnih struktura (horstova i antiklinala) u pojasu rasprostranjenja razloma svakako je posledica njegove aktivnosti.

Osim ovih dubinskih razloma, na pravcima Bilo Gora—SI obod Slavonskih planina i Kalničko Gorje—Dugo Brdo, na prostoru Dravske depresije postoji i pomenuti dubinski razlom koji se prostire približno severnoistočnom granicom aeromagnetski ispitanog terena, zahvatajući i teren severnije

od Drave. S obzirom da predeo razloma nije u celini obuhvaćen aeromagnetskim ispitivanjima, ovaj dubinski razlom nije grafički iskazan na prilogu. U pravcu severozapada dopire takođe do Istočno alpijskog dubinskog razloma na pravcu Kalničko Gorje—Dugo Brdo, a u pravu istoka preko Odžaka i Zrenjanina pruža se do Apusena. Na delu do Zrenjanina čini granicu između Dinarida i Panonida. Zajedno sa dubinskim razlomom Bilo Gora — severoistočni obod Slavonskih planina uslovio je postojanje Dravske depresije i pojave magmatita u njoj (Obradovci, Bizovac). Kao što je rečeno i Dravski dubinski razlom markiraju baziti i vulkaniti, magnetoaktivne stene za čiji uticaj vezujemo povijanje izoanomala $\triangle T$ severno od Đurđevca, Kloštar—Đuretina, kod Neteča i Podravskog Sokolca.

Pored dubinskih razloma na prilogu su izvučene i neke druge značajnije razlomne strukture, polazeći od postavke da bazite i ostale magmatite ograničavaju razlomne strukture. Svakako da pored prikazanih postoje i drugi razlomi koji se ni direktno ni indirektno ne ispoljavaju na anomalno magnetsko polje, pa tako nisu mogli biti predmet našeg razmatranja. Po toku izoanomala $\triangle T$ stiče se utisak o postojanju određene strukture na pravcu Paljevine—Bjelovar; ipak, čini nam se verovatnije da je u pitanju prividan utisak uslovljen položajem i formom uzročnika koji pripadaju posebnim strukturnim zonama.

Izvedeni zaključci o geološko-strukturnom značenju anomalnog polja, odnosno stečeno uverenje o geostrukturnom sklopu terena i prostorna distribucija poznatih naftnih ležišta, upućuju nas da se osvrnemo na naftno-geološku problematiku, na pokušaj ustanovljenja zakonitosti u položaju naftnih polja u odnosu na strukture koje su se ispoljile na anomalno magnetsko polje Zemlje.

Iz uporedne analize anomalnog magnetnog polja i prostornog položaja do sada otkrivenih naftnih polja proističe da se naftna polja nalaze neposredno uz bokove nekih uzročnika (anomalija) ili relativno blizu njih. Naftna polja Lepavina, Jagnjedovac, Mosti, Čepelovac i Šandrovac nalaze se sa severoistočne strane markatnog anomalnog polja SI Bilo Gore i zajedno sa naftnim poljem Pepelana, koje je ne tako daleko od anomalija na prostoru Voćin — Petrovo Polje — Podravska Slatina, zauzimajući severoistočni pojas dubinskog razloma Bilo Gora — SI obod Slavonskih planina. Naftna polja Bokšić, Beničanci i Obod zauzimaju prostor između anomalija Obradovaci i Bizovac, odnosno magmatita koji su predpostavljeni kao uzročnici ovih anomalija. Naftno polje Ferdinandovac nalazi se između uzročnika koji su uslovili povijanje izoanomala ΔT severno od Đurđevca i na delu Kloštar — Đuretina. Nedaleko od severoistočnog kraja anomalne zone Ludbreg — Bukovec otkrivena su naftna polja Veliki Otok i Legrad. Dakle, najveći broj do sada otkrivenih naftnih polja vezan je neposredno za severoistočni pojas dubinskog razloma bilo Gora — SI obod Slavonskih planina. Izuzeci se odnose na naftna polja na prostoru Istočnih Alpa, na jedno polje uz Dravski dubinski razlom (Ferdinadovac) i na naftna polja u užoj depresiji, između dubinskih razloma, ali samo na delu koji se nalaze između markantnih anomalija, predpostavljenih magmatskih masa.

Verovatno da ova ustanovljena veza u prostornom razmeštaju naftnih polja i određenih magnetskih (geoloških) struktura nije slučajna i treba je još detaljnije proučiti i objasniti u kontekstu ostalih podataka

kako bi se pouzdano otkrila zakonitost u rasporedu naftnih polja i tako omogućila uspešna selekcija naftno perspektivnih terena. I u drugim zemljama, na više područja, utvrđeno je da je rasprostranjenje naftnih polja često vezano za prostranstvo magnetskih anomalija, odnosno za strukture koje izgrađuju magnetoaktivne stene. Najčešće u pitanju su razlomi temeljnog gorja praćeni sa bazitima, koji su imali veliki uticaj na formiranje povoljnih struktura za akumulaciju nafte. Naravno da katkada, pri intenzivnoj aktivnosti, uticaj razloma može biti suprotan, tako da i eventualno postojeća naftna ležišta mogu biti razorena tektonskim i magmatskim procesima. Kao što se vidi, na području Dravske depresije bar pojedini delovi struktura ispoljenih na anomalnom magnetskom polju iskazuju se kao naftonosni. Ostaje da se utvrdi perspektivnost ostalih delova ovih struktura kao i sličnih struktura u drugim predelima Dravske depresije, proučavajući ih sintetski u svetlosti rezultata svih ispitivanja.

Ukoliko bi se sada bazirali samo na zapaženoj prostornoj vezi između naftonosnih i magnetskih (geoloških) struktura, kao naftno perspektivne, izvan do sada poznatih naftnih polja, mogli bi označiti sledeće delove Dravske depresije:

— u prostoru istočnih Alpa deo terena koji se od poznatih naftnih polja prostire ka jugozapadu između anomalnih zona Ludbreg — Bukovec i Kalničko Gorje — Dugo Brdo, uključujući i bokove anomalnih zona;
— iz okvira dubinske razlomne zone Bilo Gora — SI obod Slavonskih planina terene na pravcu Topolovac — Kapela i Šandrovac — Paljevina na SZ delu Bilo Gore i teren severno od anomalnog polja Voćin — Petrovo polje — Podravska Slatina, na pravcu Pepeljana — Podravska Slatina;
— na prostoru Dravskog rova teren između anomalija Obradovci i Bizovac i terene: severno od Hlebina, Đuretina — Neteča, Rušani i Starin, koji se nalaze između predpostavljenih masa bazita i drugih magmatita sa Dravskog dubinskog razloma.

Primljeno 6. VI 1980. *Recenzent* prof. dr Ranko Mužijević

Summary

A CONTRIBUTION TO STUDY OF OIL-GEOLOGICAL PROBLEMS OF DRAVA DEPRESSION BASED ON AEROMAGNETIC DATA

by

Slobodan Vukasinovic

The aeromagnetic exploration demonstrates the disturbed geomagnetic field in all parts of Drava depression. The intensity of anomalies, however, is not particularly high, with the most intensive being only 190 gammas.

The author's concept on lithologic nature and the depth of sources of anomalies is given in the enclosed map. Several concealed structures, not previously presented in geological maps, were indicated by the aeromagnetic data, and the spatial relations between these structures and the presently known oil fields were established.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 14., str. 261—268, god. 1980., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 14, pp. 261—268, 1980, Belgrade.

Vladan Simić

UDK 550.83

ISPITIVANJA NA MODELIMA

(4 slike)

Ključne reči: geofizika, izazvana polarizacija, modeliranje.

U praksi geoelektričnih ispitivanja primenom metode izazvane polarizacije veoma je značajan podatak o dubini uzročnika koji izaziva merenu anomaliju. S obzirom na složenost odnosa u prirodi kao i na činjenicu da je registrovana anomalija rezultat uticaja kako dubine i dimenzija tela tako i kontrasta električne otpornosti i električne polarisanosti kao i niza drugih faktora, često je veoma teško ili potpuno nemoguće dobiti jednoznačno rešenje. U radu se stoga prikazuju rezultati ispitivanja na modelima koji mogu biti od velike koristi, naročito za ocenu dubine tela. Daju se konkretni rezultati za dipol-dipol raspored pri datom tipu modela.

U procesu geofizičkih ispitivanja često se srećemo sa problemom dubine ispitivanja s jedne strane kao i sa problemom interpretacije složenih sistema i odnosa stenskih masa, koji su naročito komplikovani u geofizičkim ispitivanjima rudnih ležišta metala i nemetala. Pitanje do koje dubine smo izveli istraživanje ima kako teorijski tako i praktični značaj.

Dubina geoelektričnih ispitivanja, u suštini, zavisi od dubine do koje dopire električna struja u toj meri da može izazvati merljive promene veličine koja se ispituje na površini zemlje. Dakle pri geoelektričnim ispitivanjima treba primenjivati takve dispozicije predajnih elektroda koje obezbeđuju, u datim uslovima, da što veći deo električne struje koja se šalje u zemlju prođe kroz objekat koji se istražuje. Samo tako, istraživana tela mogu imati vidnog uticaja na karakter električnog polja na površini zemlje, tj. na površini ispitivanja.

Interpretacija rezultata, naročito kvantitativne odredbe, recimo dubine tela koje izaziva merenu anomaliju parametra izazvane polarizacije je od izuzetnog značaja za istraživanje i stoga su mnogi autori do sada pokušavali da reše taj problem. S obzirom na kompleksnost problema i praktično beskonačno veliki broj kombinacija odnosa okolorudnih stenskih masa i rudnih tela po dimenzijama i prostornom položaju kao i po odnosima električne otpornosti i električne polarisanosti, to je često veoma korisno imati orijentacione odnose, recimo između dubine tela i karakteristika izmerenih anomalija izazvane polarizacije. Izbor je pao posebno na modelna ispitivanja primenom metode izazvane polarizacije upravo stoga što je ova metoda vodeća u rudnoj geofizici, a posebno u istraživanju metala sa jedne strane i zato što do sada nije stvorena ade-

kvatna teorijska podloga za kvantitativnu interpretaciju rezultata ispitivanja primenom ove metode.

U ovom radu se iznose samo neki rezultati eksperimentalnih merenja na modelima koji su u toku. Analizom dobijenih podataka za isti tip modela, a različite dubine i elektrodne rasporede, dobijeni su odgovarajući odnosi, koji za dati model sugeriraju količinske odnose dubina i merenih parametara, pa prema tome daju osnovu za ocenu dubine tela uzročnika anomalije.

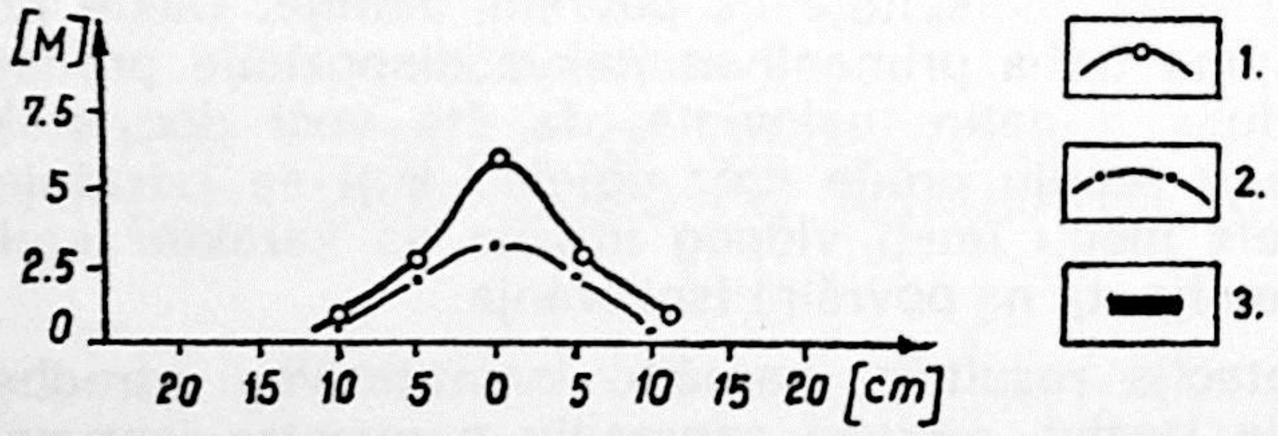
OPIS EKSPERIMENTA

Eksperimentalna merenja su izvođena u tanku od plastike dimenzija 2 x 1 x 1,5 m. Okolorudna sredina bila je vodovodna voda električne otpornosti oko 10 omm. Predajne elektrode bile su bakarne šipke prečnika 5 mm zaronjene u vodu 2—5 cm. Izvor struje bio je ili jednosmerni ispravljač povezan sa mrežom ili baterije — suvi elementi. U eksperimentu su korišćene struje od 50—120 mA. Prijemne elektrode su nepolarizujuće — sopstvene konstrukcije prečnika 5 mm sa $CuSO_4$ rastvorom i bakarnom žicom zaronjenom u taj rastvor.

Korišćeni su različiti modeli i to oblika pravougaone šipke, sfere, ploče — svi od bakra.

U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja modela pravougaone šipke dimenzija 1 x 5 x 60 cm pri različitim dubinama od nivoa merenja i pri različitim elektrodnim rasporedima. U svim slučajevima merenja su vršena profilom upravnim na dužu osu modela.

E k s p e r i m e n t 1. — Model je bakarna šipka dimenzija 1 x 5 x 60 cm postavljena na dubinu od 12 cm. Elektrodni raspored bio je srednji gradijent pri AB = 160 i pri AB = 100 cm. Telo se nalazi ispod sredine sistema na pomenutoj dubini od nivoa merenja. Dakle odnos rastojanja predajnih elektroda AB i dubine tela bio je 8,3 do 13,3.



Sl. 1. — Dijagrami IP za gradijentni raspored elektroda pri dubini modela h = 12 cm.
1. Kriva IP za AB = 160 cm, MN = 5 cm; 2. Kriva IP za AB = 100 cm, MN = 5 cm; 3. Model 1x5x60 cm od bakra.

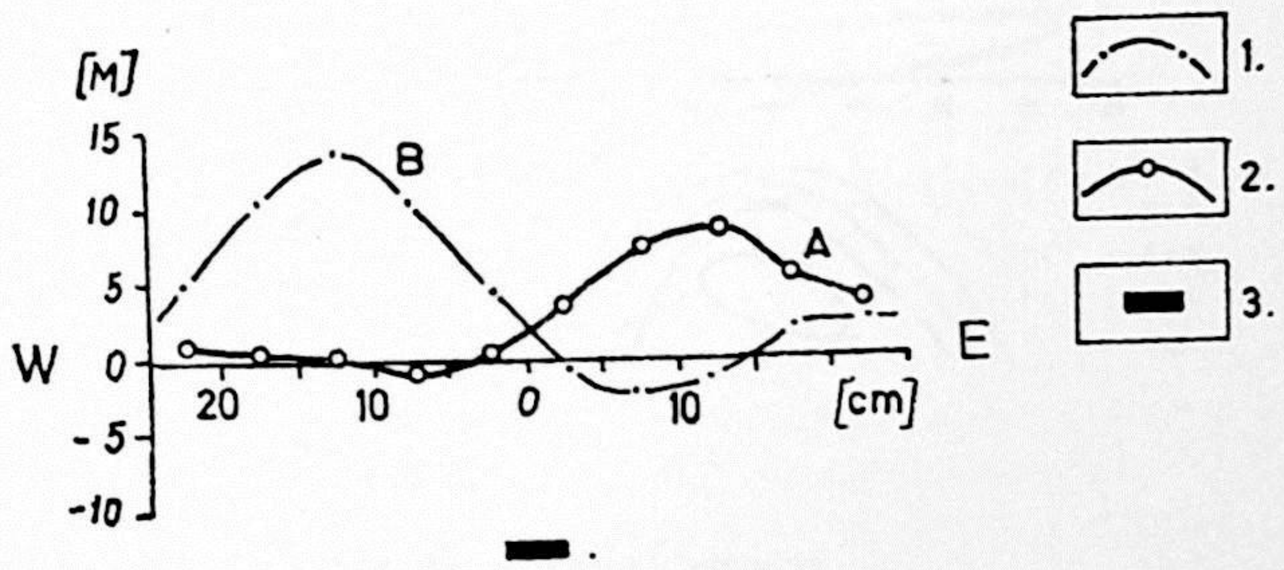
Fig. 1. — Gradient IP diagrames for model at 12 cm depth.
1. IP curve for AB = 160 cm and MN = 5 cm; 2. IP curve for AB = 100 cm and MN = 5 cm; 3. cooper model of 1x5x60 cm dimensions.

Rastojanje prijemnih elektroda iznosilo je 5 cm kao i korak pri merenju. Merena je striktno srednja trećina elektrodnog dispozitiva. Korišćen je vremenski program 2,2,2 sec. Rađeno je uređajem Mark VIII. Na slici 1. prikazani su rezultati eksperimenta u obliku dijagrama za jednu i drugu dubinu ispitivanja. Dobijeni rezultati ukazuju pre svega na mogućnost otkrivanja ovakvog objekta pri oba rastojanja predajnih elektroda. Amplituda maksimuma je dva puta veća pri AB = 160 od ove za AB = 100 cm. Očito je da bi pri manjim AB, dakle za odnose raspona predajnog sistema i dubine manje od 8 bilo teško dobiti jasnu indikaciju.

Neznatna asimetrija krive IP svakako je pre posledica greške merenja ili nekih drugih uticaja a ne posledica modela.

Eksperiment 2. — Korišćen je isti model u istim uslovima kao i kod eksperimenta 1. Razlika je isključivo u elektrodnom rasporedu korišćenom za merenje. Naime ovde je primenjen troelektrodni dvostrani raspored (kombinovani sistem) pri AI5M5N15B i pri drugoj predajnoj elektrodi u beskonačnosti. Ovaj poslednji uslov nije bio u potpunosti zadovoljen s obzirom na dimenzije tanka. Korak pri merenju bio je i ovde 5 cm. Sistem se kretao u stranu elektrode B.

Na slici 2. prikazani su rezultati eksperimenta koji nedvosmisleno ukazuju na mogućnosti ovog dispozitiva, pri odnosu AO prema dubini tela od svega 1,5, za otkrivanje tela. Indiciranje tela u tački preseka krive sistema A i sistema B je veoma sigurno. Prividne vrednosti izazvane



Sl. 2. — Dijagrami IP za kombinovani raspored elektroda pri dubini modela h = 12 cm.

1. Kriva IP za M5N15B i korak 5 cm; 2. Kriva IP za A15M5N i korak 5 cm; 3. Model 1x5x60 cm od bakra.

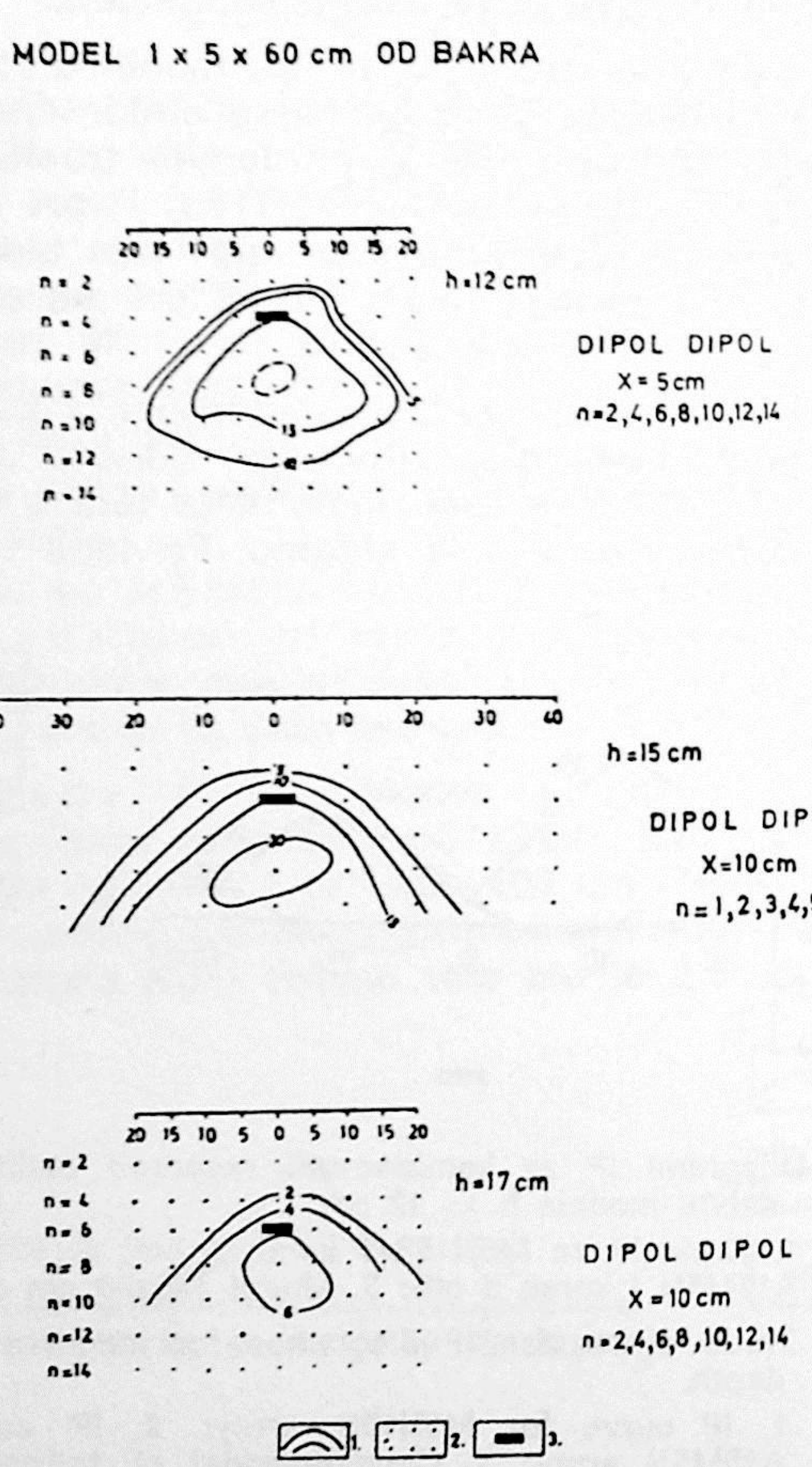
Fig. 2. — Three electrodes IP diagrames for model at 12 cm depth.

1. IP curve for M5N15B array; 2. IP curve for A15M5N array; 3. Copper model of 1x5x60 cm dimensions.

polarizacije veoma variraju. Naime maksimum IP prelazi ovaj kod gradijentnog rasporeda — s tim što je pomeren za približno rastojanje AO (ili BO) u stranu od ose tela što je i logično jer se registruje u momentu kada se nad telom nađe predajna elektroda a pripisuje se sredini prijemnih elektroda.

Eksperiment 3. — U ovom eksperimentu korišćen je isti model samo na tri različite dubine i to na dubinama 12, 15 i 17 cm. Rađeno je dipol-dipol rasporedom pri dimenzijama dipola AB=MN=5 i 10 cm, a za kontrolu dubine ispitivanja razmak dipola je menjan od n=1 do n=5 (za dipol = 10 cm) i od n=2 do n=14 (za dipol = 5 cm).

Na slici 3. prikazani su rezultati ispitivanja standardnim načinom prikazivanja ove vrste ispitivanja. Pre svega uočava se visok stepen indikativnosti za sve dubine tela pri čemu je, normalno, pliće telo indicirano pri manjem dubinskom zahvatu. Dalje, jasno se uočava kako amplituda anomalije u centralnom delu (dakle nad telom) pri određenom du-



Sl. 3. — Profili dipolnih ispitivanja IP za različite dubine modela.

1. Izolinije IP u profilu; 2. Tačke prikazivanja rezultata; 3. Model 1x5x60 cm od bakra.

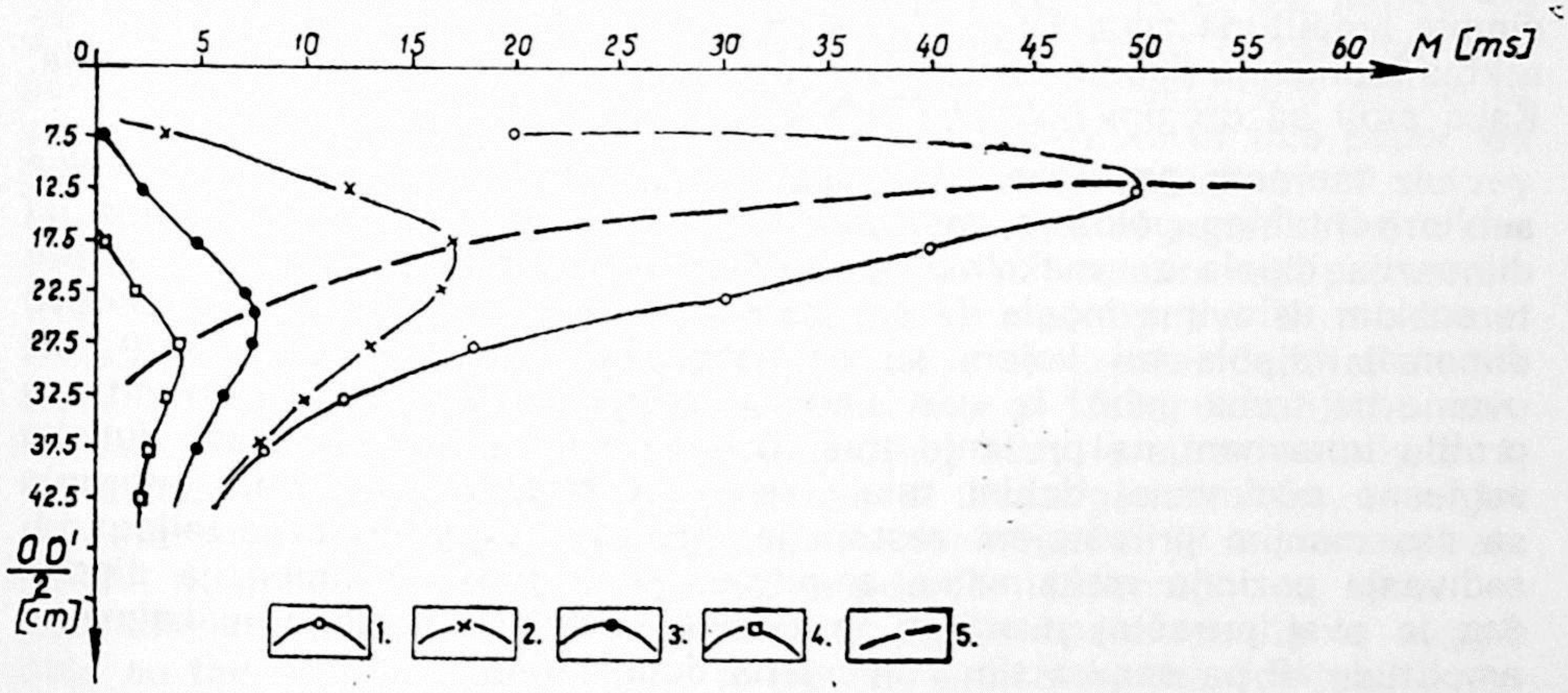
Fig. 3. — Dipole-dipole section for differant model depth.

1. IP isoline in section; 2. Points of results presentation; 3. Copper model od 1x5x60 cm dimensions.

binskom zahvatu dostiže maksimum i potom nešto sporije opada nego što je rasla u početku. Dakle, očito je da postoji određena funkcionalna zavisnost dubine tela i dubine maksimalne amplitude anomalije izazvane polarizacije registrovane nad telom.

Isto tako jasno se uočava slika karakteristična za dipol-dipol ispitivanja nad telima — uzročnicima anomalija IP, tj. dvojna anomalija konusnog oblika sa nagibima izolinija vrednosti IP u oba smera. Pošto se radi o simetričnom modelu nagibi su isti i slika je simetrična u odnosu na centralnu osu modela. Dalja modelna ispitivanja biće usmerena na ispitivanje zavisnosti nagiba izolinija i nagiba tela — uzročnika anomalije.

Videli smo da postoji određena funkcionalna zavisnost između dubine maksimalne amplitude anomalije IP i dubine uzročnika. Kakva je ta zavisnost, da li i ako zavisi u kolikoj meri i od dimenzija dipola i drugih faktora ostaje da se otkrije daljim radovima. Isto tako, teorijska podloga i matematički izraz ove zavisnosti treba tek da se oformi. Ono što je izvesno to je da je dubina maksimuma uvek veća od dubine tela, što je već za grubu ocenu dubine dovoljno. Iz eksperimentalnih merenja čak može da se izvede i, istina nedovoljno sigurno pošto se radi o malom broju slučajeva, odnos dubine tela prema dubini maksimuma koji iznosi



Sl. 4. — Zavisnost dubine maksimalne amplitude IP od dimenzija dipola za različite dubine tela.
1. Kriva IP za dubinu modela h = 7 cm; 2. Kriva IP za dubinu modela h = 12 cm; 3. Kriva IP za dubinu modela h = 17 cm; 4. Kriva IP za dubinu modela h = 22 cm; 5. Kriva maksimuma.

Fig. 4. — Position of maximum IP response as a function of dipole dimension for differant model depth.
1. IP curve for 7 cm model depth; 2. IP curve for 12 cm model depth; 3. IP curve for 17 cm model depth; 4. IP curve for 22 cm model depth; 5. Curve of maximumes.

1 : 2,5 do 1 : 3. Interesantno je analizirati odnos dubine tela prema dubini maksimalne amplitude anomalije u funkciji na primer parametra koji karakteriše dimenzije dipola i koji možemo po volji menjati. Na slici 4 dat je prikaz rezultata ispitivanja i to čitavih krivih promene IP sa

promenom rastojanja centara dipola, dakle sa povećanjem dubine ispitivanja, za četiri različite dubine, tj. za dubine horizontalnog tela od 7, 12, 17 i 22 cm. Uzeta je polovina rastojanja centara dipola kao jedinica za vertikalnu osu upravo zbog veze sa arbitražnim načinom prikazivanja dipol-dipol rezultata u profilu. Iz ovoga sledi da je telo uzročnik anomalije na dubini od približno (0,7) $(\frac{00'}{2})$ max za date uslove. Svakako da ovaj odnos naglo raste pri daljem povećanju dubine tela. Iz ovoga sledi isto tako jedno praktično pravilo da se dubina ispitivanja tela koje se očekuje na dubini X mora izvoditi do zahvata većih od 1,5X' tj. $(\frac{00'}{2}) > 1{,}5\,X$ ili $(00') > 3\,X$. Dakle rastojanje elektroda treba da bude minimum tri puta veće od očekivane dubine tela da bi se dobila jasna indikacija amplitude anomalije za ocenu dubine tela. Dubina tela u funkciji dimenzija dipola bila bi približno jednaka trećini rastojanja centara dipola. Isto tako, radi pogodnosti, moguće je prikazivati rezultate dipol-dipol ispitivanja u profilu tako da dubina na kojoj se nanose merenja bude 2,5 do 3 puta manja nego pri standardnom prikazivanju, čime bi se, u datim uslovima, maksimum amplitude anomalije IP pokiopio sa telom, tj. maksimum bi bio direktna indikacija dubine centra tela. Ovo naravno važi za horizontalna tela. Kako stoji sa drugim oblicima tela ostaje da se ispita.

Iz merenih podataka na modelima cilindričnog i sočivastog tipa subhorizontalnog položaja, možemo dobiti i direktnu zavisnost dubina od dimenzija dipola za maksimalnu amplitudu IP što znači da bi u datim terenskim uslovima mogla da se ocenjuje dubina tela direktno na osnovu dimenzija dipola pri kojem su dobijene maksimalne amplitude IP. Pri ovome ne treba gubiti iz vida sledeće činjenice. Prvo mora se raditi po profilu upravnom na pružanje tela. Drugo, mora se ići dovoljno duboko saglasno očekivanoj dubini tela. Treće, neophodno je izvoditi merenja sa što manjim priraštajem rastojanja dipola u cilju što preciznijeg određivanja pozicije maksimalne amplitude IP u funkciji dimenzija dipola. Što je ovaj priraštaj manji to je tačnije određena pozicija maksimalne amplitude IP pa samim tim i ocenjena dubina tela.

Na kraju može se reći da je za dati tip modela i dipolni sistem elektroda, dubina u funkciji dimenzija dipola približno jednaka jednoj trećini dimenzije dipola pri kome se dobija maksimalni intenzitet IP.

Sva gornja razmatranja treba shvatiti kao početni deo pokušaja da se kroz ispitivanja na modelima, koja su inače široko zamišljena i u toku izvođenja, dođe do približnih odnosa između kontrolisanih i merenih parametara i podataka o poziciji i dimenzijama uzročnika izmerene anomalije.

Primljeno 23. VI 1980.

Recenzent Stanislav Višić

LITERATURA

1. Dodds A. R. et all., 1977: A parametric study of IP models, Geophysics, vol. 3.
2. Komarov V., 1972: Vizvana polarizacija, Lenjingrad.
3. Quick D. H., 1974: The interpretation of gradient array IP anomalies, Geophysical prospecting, vol. 22.

Summary

STUDY OF IP MODELS

by

Vladan Simić

Key words: geophysics, induced polarization, modeling.

In the geophyisical practice it is very important to obtain the parameters of position and depth of the indicated body — the source of recorded anomaly. But due to rather complex relations in the nature, as well as the influence of many factors (such as contrast in physical property, size, dimensions, position e.t.c.) on the intensity and shape of anomaly it is not easy to obtain precise interpretation. In this paper we are trying to contribute the possibilities of interpretation of IP survey using some results of IP modeling for given type of model. The three electrode, gradient and dipole-dipole experimental results are presented. The depth of disturbing body is clearly indicated by the IP maximum responce. The IP maximum responce is always on greater depth than the body. For given model (horizontal copper plate of 1 x 5 x 60 cm) the ratio between IP maximum and depth of disturbing body is aproximatelly 3 : 1, for standard presentation of dipole-dipole IP investigation. Also, in order to determine, as precise as possible, the position of IP maximum responce, it is necessary to enlarge dipole-dipole dimension as slow as possible. The convenient presentation of dipole-dipole results is suggested so the IP maximum respone is directly indicating the depth of body.

The dimension of electrod array necessary to register clearly IP indication is the largest for gradient arry and smaller for the three electrodes and dipole-dipole electrode arangement.

For gradient array the distance between current electrodes should be, for given depth, at least times greater than the depth of disturbing body. For three electrodes array it is 2 times the distance between middle of potential electrodes. In the case of dipole-dipole array the distance betwen mid points of current and potential dipol should be at least three times larger than depth of the body.

RADOVI Geoinstituta, knjiga 14., str. 269—276, god. 1980., Beograd.
PROCEEDINGS of Geoinstitute, vol. 14, pp. 269—276, 1980, Belgrade.

Obrad N. Milošević**
Ranko S. Mužijević***

UREĐAJ ZA REGISTROVANJE SEIZMOELEKTRIČNOG EFEKTA*

Ključne reči: seizmoelektrični efekt, elektroseizmički odziv, piezoelektricitet

1. U v o d

Veza između pritiska i električnih pojava u Zemlji, kao što je poznato, može da bude dvojaka. S jedne strane, pod dejstvom pritiska menja se specifična električna provodnost stenskih masa, što dovodi do promene prirodnog ili veštački stvorenog električnog polja u Zemlji i na njenoj površini sa promenom pritiska. S druge strane, pod dejstvom pritiska može da se izazove električna polarizacija u stenama koje sadrže određene vrste minerala ili da dođe do promene potencijala postojeće polarizacije, kao i do pomeranja postojećih električnih opterećenja, što sve dovodi do pojave električnih polja.

O vezi između pritiska i specifične električne provodnosti stena u laboratorijskim uslovima referisano je u mnogim radovima u geofizičkim periodicima (na pr., P a r k h o m e n k o i B o n d a r e n k o 1960; B r a c e O r a n g e 1968a i 1968b) ili monografija (Parkhomenko, 1955). Teorijsku analizu promene specifične otpornosti u mogućim prirodnim uslovima na osnovi uticaja te promene na prirodno (magnetsko-telursko) ili veštačko električno polje dao je B a r s u k o v (1970). Promene prividne otpornosti pod dejstvom promene pritiska u dinamičkim uslovima na terenu, kada je pojava promene pritiska vezana za prostiranje elastičnih, odnosno seizmičkih talasa, proučavali su L o n g i R i v e s (1975), koji tu promenu prividne otpornosti nazivaju elektroseizmičkim odzivom.

Drugi aspekt veze pritisaka i električnih pojava, tj. neposredno izazivanje električnih polja pod dejstvom pritisaka predstavlja u suštini transformaciju mehaničke energije u električnu. Ta transformacija je posebno proučavana pri pojavi i promeni pritisaka u stenskim masama izazvanih prostiranjem seizmičkih talasa, tj. u dinamičkim uslovima. Na ovaj način izazvane električne pojave nose zajednički naziv seizmoelektrični efekat.

---

* Rad je finansiran od strane Republičke zajednice nauke SR Srbije 1974. i 1975. godine.

** Rudarsko-geološki fakultet — OOUR Geotehnika i Geofizika, Beograd, Đušina 7.
*** Geoinstitut — OOUR Primenjena geofizika, Beograd, Rovinjska 12.

2. Seizmoelektrični efekat

Seizmoelektrični efekat se po svojoj prirodi deli na tri vrste (Kondrashev, 1970): piezoelektrični efekat kod stena koje sadrže na određeni način orijentisane minerale — piezoelektrike (pre svega kvarc, zatim turmalin, nefelin itd.); seizmoelektrični efekat koji potiče od deformacija električnih slojeva na kontaktu dve čvrste faze ili čvrste i tečne faze i, najzad, seizmoelektrični efekat koji potiče od pulsirajućih konvekcionih struja vezanih za pomeranje makroskopskih električnih opterećenja u stenama. Ovaj seizmoelektrični efekat elektrokinetičkog karaktera naziva se i efektom druge vrste ili E-efektom.

Seizmoelektrični efekat kao širi fenomen, odnosno piezoelektrični efekat kao uži predstavljaju fizičku osnovu na kojoj je u toku proteklih 25 godina zasnovana seizmoelektrična ili, uže posmatrano, piezoelektrična metoda, kao nova geofizička metoda ispitivanja hibridnog karaktera, koja povezuje seizmičke i geoelektrične fenomene (Volarovich; Sobolev, 1969; Kondrashev, 1970.). Ova metoda se koristi za istraživanje kvarcnih i pegmatitskih žica, a time posredno i mineralizacija koje su za te žice vezane. Piezoelektrični efekat je konstatovan i na uzorcima granita, gnajsa, kvarcita i sličnih stena. Laboratorijska ispitivanja pokazuju da i polimetalične rude koje sadrže sfalerit pokazuju takođe piezoelektrična svojstva (Sobolev et al., 1975.). Ispitivanje seizmoelektričnog efekta u sedimentnoj sredini i njegovo korišćenje za određivanje vremena prostiranja seizmičkih talasa kroz sloj male brzine opisali su Martner i Sparks (1959.). U vezi sa seizmoelektričnim efektom u sedimentnim stenama bili su i laboratorijski eksperimenti izvršeni u cilju utvrđivanja zavisnosti seizmoelektričnog potencijala od vlažnosti i koncentracije elektrolita u stenama (Gaskarov, Parkhomenko 1974.). Uticaj piezoelektričnog polja na polje telurskih struja u seizmički aktivnoj oblasti Kamčatke, kao mogući predznak zemljotresa, analizovali su Sobolev i dr. (1972.).

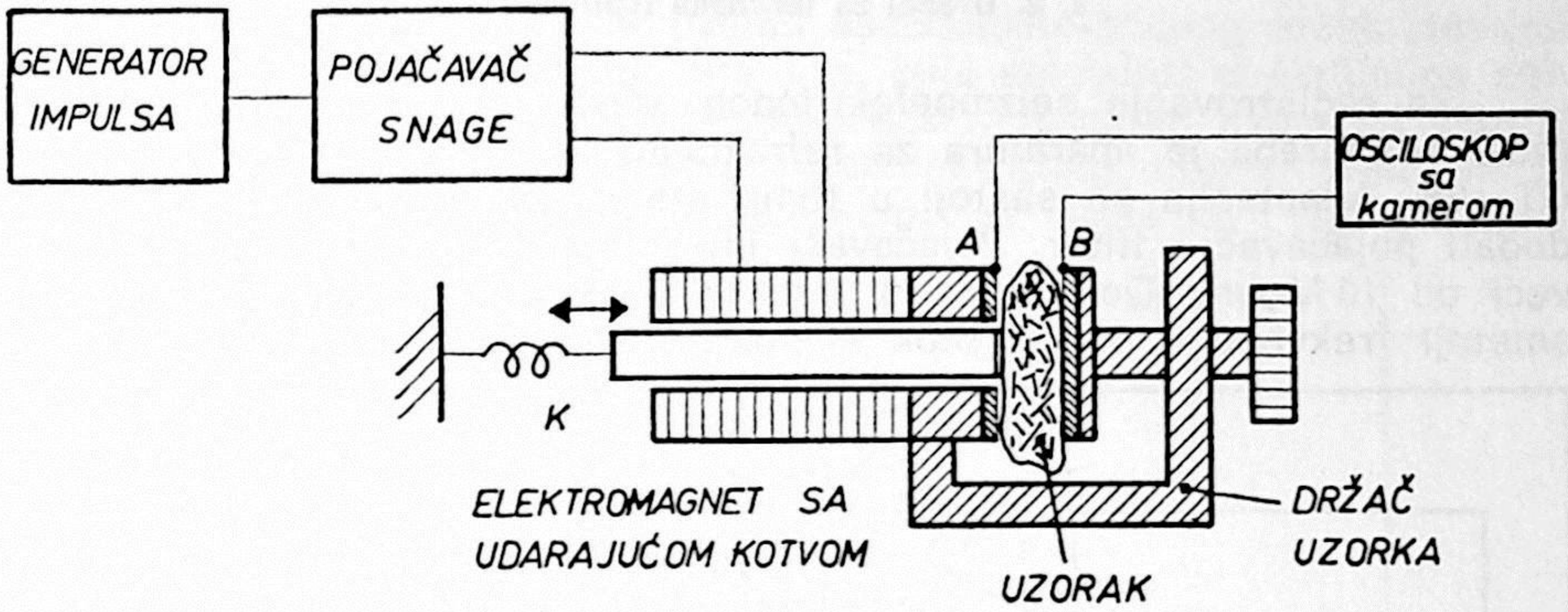
Obrnutim seizmoelektričnim efektom naziva se nastajanje elastičnih oscilacija u stenama pod dejstvom spoljašnjeg promenljivog električnog polja. Eksperimente i dobijene rezultate u ovom smislu opisao je Cherniak (1975, 1976.).

3. Opis i testiranje uređaja za ispitivanje seizmoelektričnog efekta

Imajući u vidu napred prikazanu višestruku primenu seizmoelektrične metode, a pre svega njene mogućnosti u istraživanju kvarcnih žica, pristupilo se u Geoinstitutu konstruisanju uređaja za laboratorijsko i terensko ispitivanje seizmoelektričnog efekta, kao prvom uslovu za uvođenje pomenute metode. (Mužijević i dr., 1975; Milošević, Mužijević 1976.). Pri tome se imala u vidu i eventualna mogućnost korišćenja kvarcnih žica kao prirodnih senzora tipa geofona, koji bi preko pojave piezoelektričnog efekta ukazivali i na nailazak seizmičkih talasa nastalih pri zemljotresima.

3. 1. Uređaj za laboratorijska ispitivanja

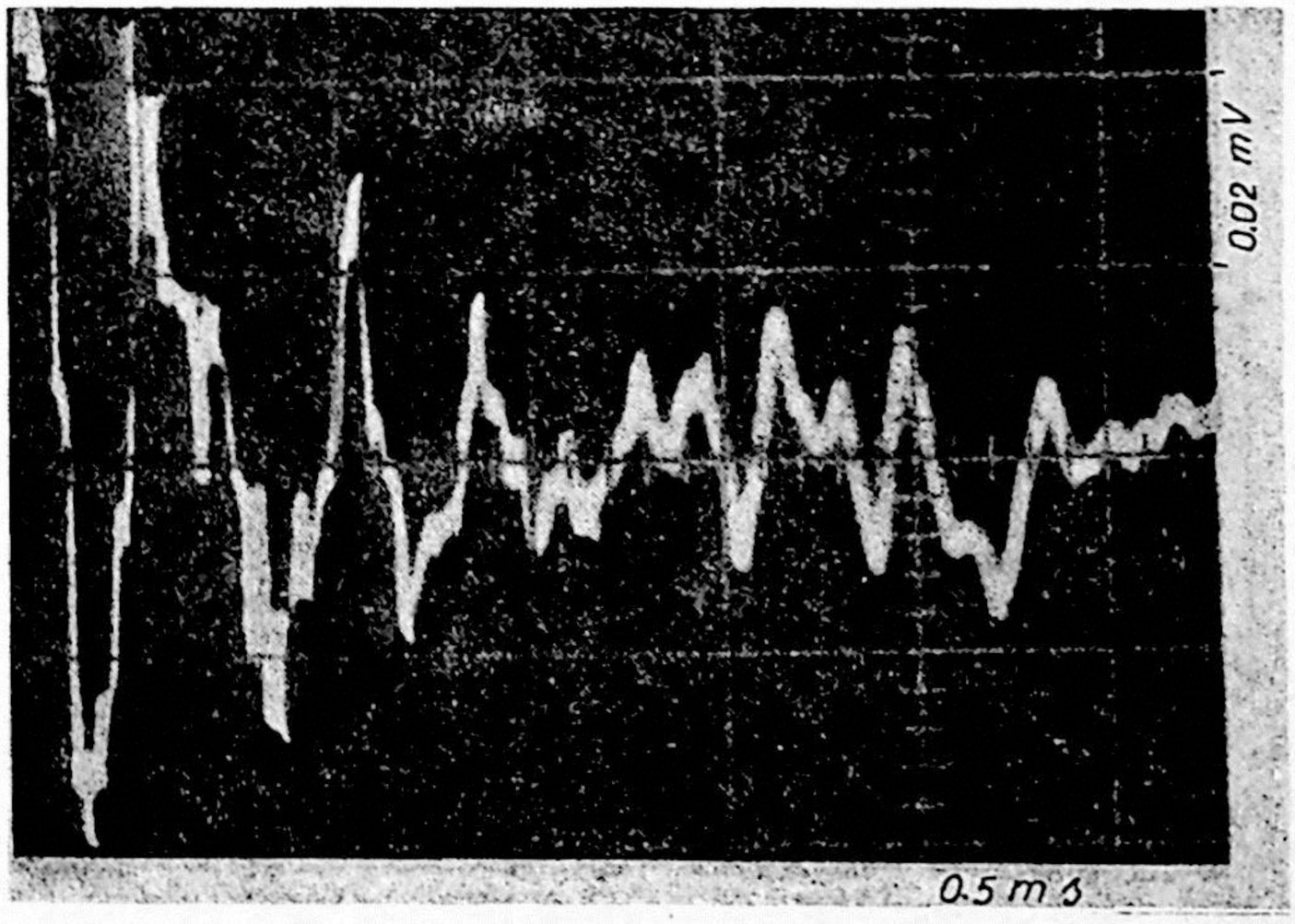
Blok shema uređaja za laboratorijsko ispitivanje seizmo-, odnosno piezoelektričnog efekta prikazana je na sl. 1, koja ilustruje i princip njegovog rada. Generator impulsa preko pojačavača snage napaja impulsima elektromagnet, koji u ritmu tih impulsa pomoću udarajuće kotve (K) po-



Sl. 1. — Blok shema laboratorijskog uređaja za registrovanje seizmoelektričnog efekta.
Fig. 1. — Block diagram of laboratory equipment.

buđuje uzorak. Razlika piezoelektričnog potencijala između elektroda A i B, izazvanog stvorenim pritiscima, vodi se na katodni osciloskop, a pomoću ovoga piezoelektrični signal može da se snima i da se analizuju njegove karakteristike.

Primer piezoelektričnog signala snimljenog pomoću opisanog laboratorijskog uređaja prikazan je na sl. 2, pri čemu je kao uzorak poslužio

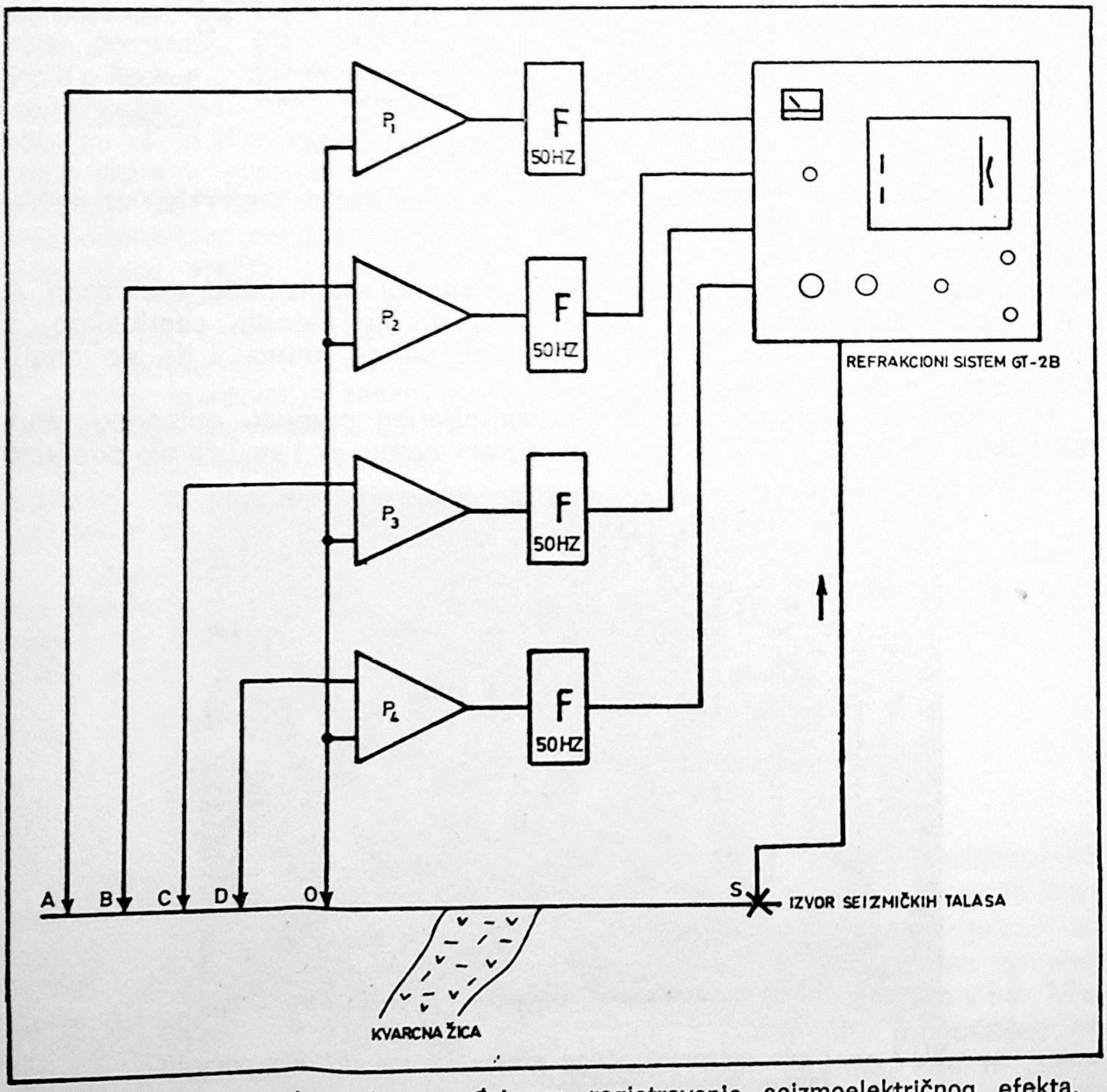


Sl. 2. — Zapis piezoelektričnog efekta kvarca dobijen pomoću laboratorijskog uređaja.
Fig. 2. — The record of piezoelectric effect of quartz obtained in the laboratory.

čisti kvarc, koji se inače koristi u elektrotehnici. Sa slike se vidi da se posle prestanka naprezanja uzorka javlja piezoelektrični signal ukupne amplitude (od ekstremne vrednosti jednog do ekstremne vrednosti drugog znaka) od približno 0,07 mV, koji traje približno 3 ms. Zabeleženi signal ima frekvenciju od približno 2 KHz.

3. 2. Uređaj za terenska ispitivanja

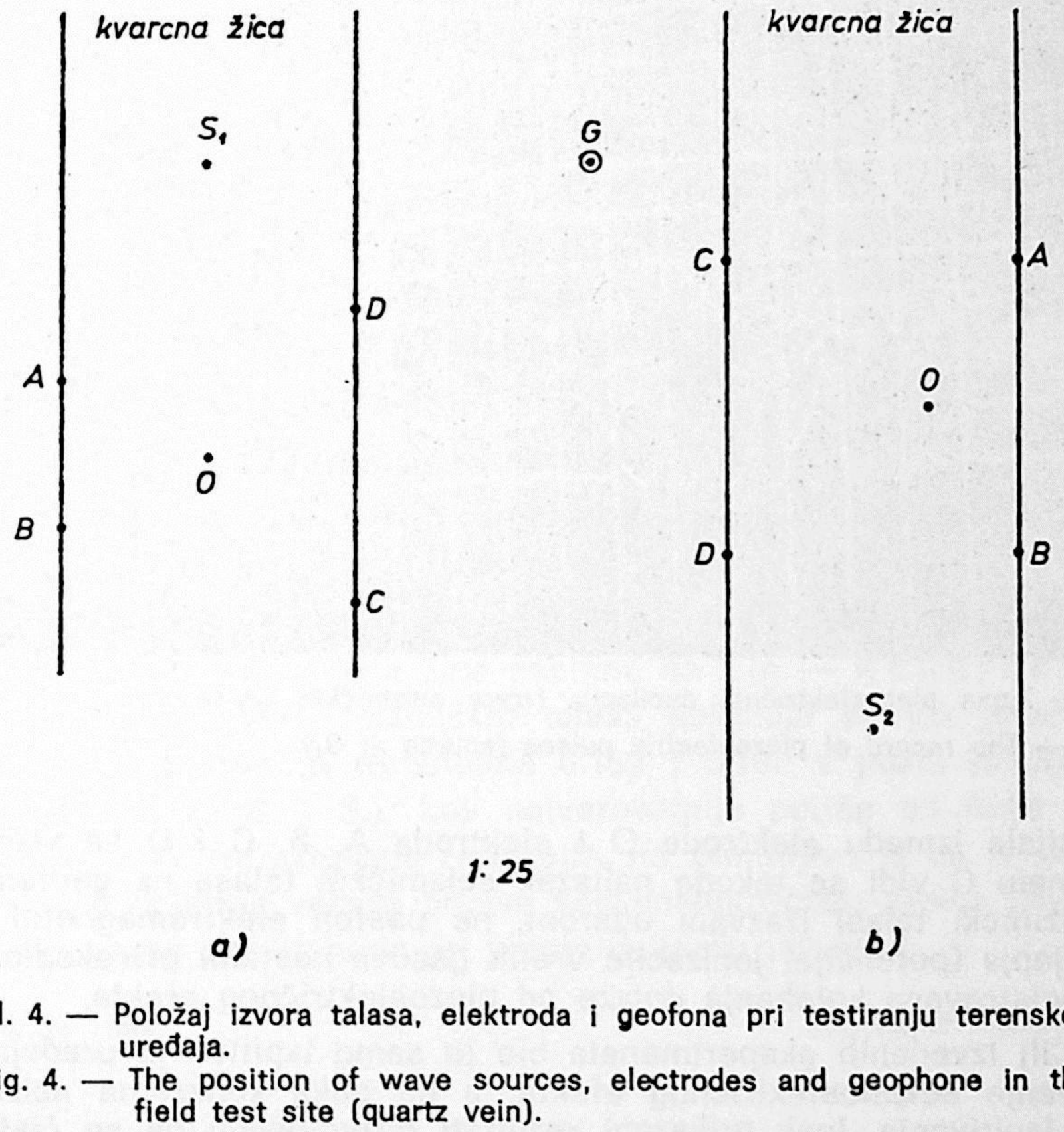
Za registrovanje seizmoelektričnog efekta u terenskim uslovima rada adaptirana je aparatura za refrakciona seizmička ispitivanja tipa GT—2B. Adaptacija se sastoji u tome što su na svaki kanal aparature dodati pojačavač i filter. Pojačavači imaju pojačanje 10, a ulazni otpor veći od 10 Mohm. Dodati filteri treba da zaštite sistem pojačavača od smetnji frekvencije 50 Hz. Blok shema uređaja prikazana je na slici 3,



Sl. 3. — Blok shema terenskog uređaja za registrovanje seizmoelektričnog efekta.
Fig. 3. — Block diagram of field equipment.

na kojoj su pojačavači označeni sa P, a filteri sa F. Na četiri kanala aparature vezane su metalne šipkaste elektrode A, B, C i D, a za drugi pol tih kanala ista takva elektroda O, čime je omogućeno registrovanje razlika seizmoelektričnog potencijala između elektrode O i elektroda A, B, C i D. Registrovanje momenta izazivanja seizmičkih talasa, koji dovode do seizmoelektrične polarizacije, vrši se na posebnom kanalu. Za neki od preostalih kanala vezuje se geofon.

Opisani uređaj za registrovanje seizmoloelektričnog efekta testiran je na jednoj kvarcnoj žici debljine 1 m, koja se nalazi u škriljcima antiklinorijuma Bukulje u području sela Partizani. Rezultati dvaju od više izvedenih eksperimenata izazivanja piezoelektričnog efekta prikazani su ovde. Na sl. 4 dat je položaj izvora seizmičkih talasa (S_1 i S_2), elektroda

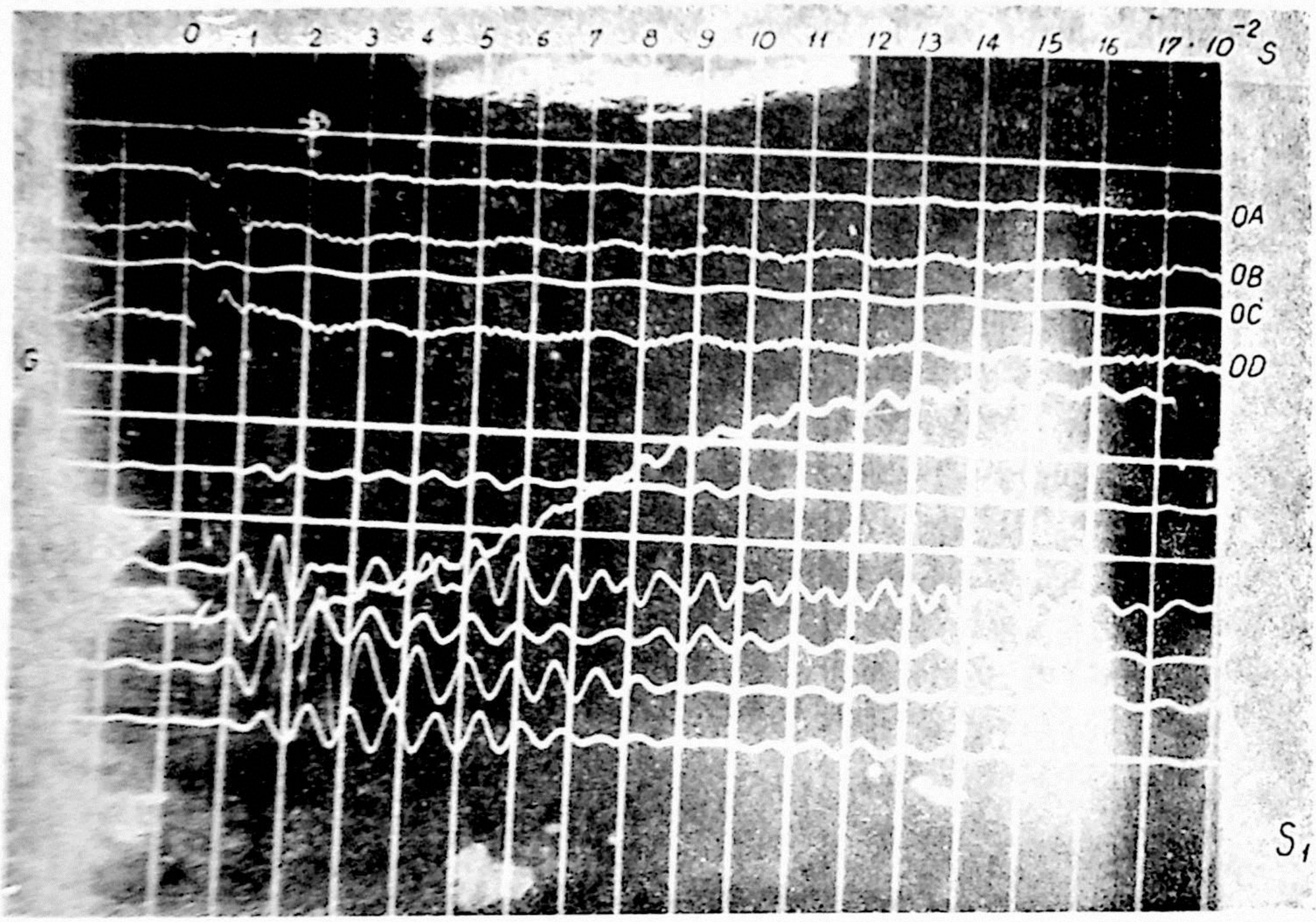


Sl. 4. — Položaj izvora talasa, elektroda i geofona pri testiranju terenskog uređaja.

Fig. 4. — The position of wave sources, electrodes and geophone in the field test site (quartz vein).

i u oba slučaja nepromenjen prostorni položaj geofona G. Seizmički talasi u tački S_1 pobuđeni su udarom čekića, a u tački S_2 slobodnim padom tega od oko 40 kg sa visine od oko jednog metra. U prikazanim eksperimentima izvori talasa su se nalazili u samoj kvarcnoj žici, a rezultati ostalih ispitivanja pokazuju, što je i razumljivo, da se pri istom pojačanju u tom slučaju dobijaju bolje indikacije nego kada se izvor talasa nalazi izvan žice. S obzirom na korišćene izvore talasa izabrane su i di-

menzije korišćenih dispozitiva ispitivanja. Zapis sa tačke S_1 prikazan je na sl. 5, a sa tačke S_2 na sl. 6. Sa oba zapisa se vidi da je na odgovarajućim kanalima u vremenu manjem od jedne milisekunde registrovan seizmoelektrični efekat ili, preciznije, promena razlika piezoelektričnog



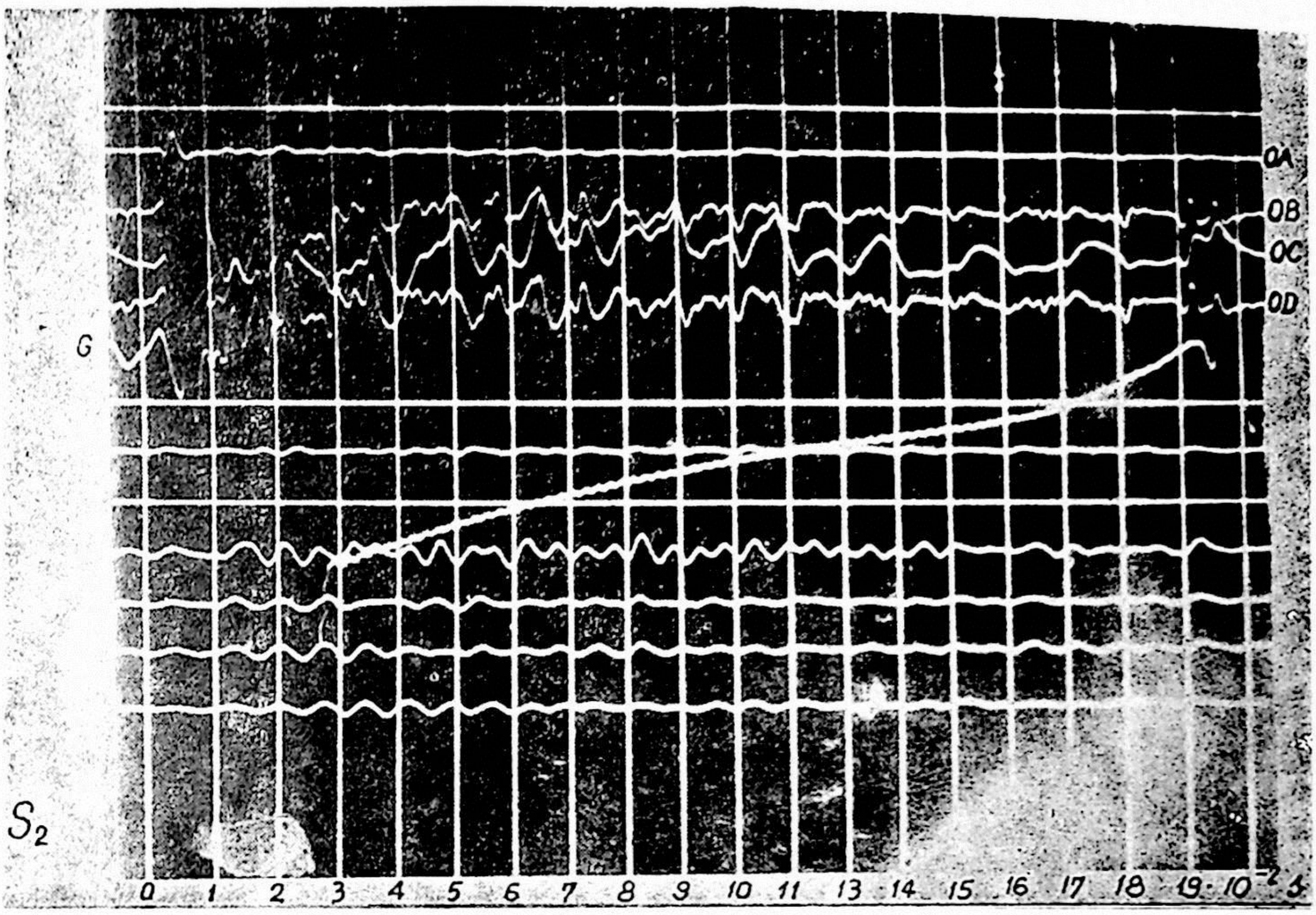
Sl. 5. — Zapis piezoelektričnih oscilacija (izvor seizmičkih talasa u S_1).

Fig. 5. — The record of piezoelectric pulses (source at S_1).

potencijala između elektrode O i elektroda A, B, C i D sa vremenom. Na kanalu G vidi se takođe nailazak seizmičkih talasa na geofon. Pošto su seizmički talasi izazvani udarom, ne postoji elektromagnetni impuls od paljenja (potencijal jonizacije vrelih gasova nastalih pri eksploziji), pa sva registrovana kolebanja dolaze od piezoelektričnog efekta.

Cilj izvedenih eksperimenata bio je samo ispitivanje uređaja za registrovanje seizmoelektričnog efekta, a ne neka konkretna seizmoelektrična ispitivanja. Ipak prikazani rezultati dozvoljavaju da se čisto fenomenološki konstatuje još i sledeće:

a) početni impulsi kod indikacija vezanih za oba izvora seizmičkih talasa jednakih su polarnosti, kao što je to slučaj i kod sva četiri kanala pri jednom datom izazivanju talasa (talasi u oba slučaja na obe strane izlaze iz kvarcne žice); b) onaj par elektroda koji čini referentna elektroda O i elektroda bliža izvoru talasa pokazuje po pravilu veću indikaciju; c) pojava piezoelektričnog efekta na tački S_1 traje nešto više od 5 milisekundi, dok je na tački S_2 nešto duža, ali zbog jakog signala



Sl. 6. — Zapis piezoelektričnih oscilacija (izvor seizmičkih talasa u S_2).

Fig. 6. — The record of piezoelectric pulses (source at S_2).

nije moguće utvrditi trenutak njenog prestanka (slično trajanje pojave konstatovano je već za kvarcne žice debljine do 2 m — Kondrashev, 1970); d) kod oba izvora seizmičkih talasa pokazuje se još jedan njihov nailazak na geofon (u trenutcima 0.169 i 0.190 s posle prvog nailazka respektivno za S_1 i S_2), koji najverovatnije potiče od neke višestruke refleksije ili refraktovane refleksije, no zanimljivo je da je na tački S_2 i za ovaj nailazak vezana pojava seizmoelektričnog efekta (sem na kanalu OA), znatno slabija nego pri prvom nailasku talasa.

Primljeno 6. VI 1980.

Recenzent Vladan Simić

LITERATURA

Barsukov O. M., 1970: O sviazi elektricheskogo soprotivleniya gornykh porod s tektonicheskimi protsesami. — Fizika Zemli, No. 1, pp. 84 — 89.

Brace W. F., Orange A. S., 1968 a: Electrical Resistivity Changes in Saturated Rocks during Fracture and Frictional Sliding. — Journal of Geophysical Research, Vol. 73, No. 4, pp. 1433 — 1445.

Brace W. F., Orange A. S., 1968 b: Further Studies of the Effects of Pressure on Electrical Resistivity of Rocks. — Journal of Geophysical Research, Vol. 73, No. 16, pp. 5407 — 5420.

Cherniak G. Y., 1975: O priamom i obratnom seismoelektricheskikh effektakh v osadochnykh porodakh pri sinusoidalnom vozbuzhdeniy. — Fizika Zemli, No. 7, pp. 117 — 121.

Cherniak G. Y., 1976: O fizicheskoi prirode seismoelektricheskogo effekta gornykh porod. — Fizika Zemli, No. 2, pp. 108 — 112.

Gaskarov I. V., Parkhomenko E. I., 1974: Seismoelektricheskiy effekt gornykh porod i predposylki ego primeneniya v geologorazvedochnom dele. — Fizika Zemli, No. 1, pp. 110 — 115.

Kondrashev S. N., 1970: Piezoelektricheskiy metod razvedki. — »Nedra«, Moskva.

Long L. T., Rivers W. K., 1975: Field Measurement of the Electroseismic Response. — Geophysics, Vol. 40, No. 2, pp. 233 — 245.

Martner S. T., Sparks N. R., 1959: The Electroseismic Effect. — Geophysics, Vol. XXIV, No. 2, pp. 297 — 308.

Milošević O. N., Mužijević R. S., 1976: Mogućnosti primene seizmoelektričnih metoda u prospekciji mineralnih sirovina i rešavanju drugih geoloških problema. — Izveštaj za 1975. godinu, Fond Geoinstituta.

Mužijević R., Janković S., Milošević O., Simić N., 1975: Mogućnosti primene seizmoelektričnih metoda u prospekciji mineralnih sirovina i rešavanju drugih geoloških problema. — Izveštaj za 1974. godinu, Fond Geoinstituta.

Parkhomenko E. I., 1965: Elektricheskoe svoistva gornykh porod. — »Nauka«, Moskva.

Parkhomenko E. I., Bondarenko A. T., 1960: Vliianie odnostoronnego davleniya na elektricheskoe soprotivlenie gornykh porod. — Izvestiya AN SSSR — Seriya geofizicheskaya, No. 2, pp. 326 — 331.

Sobolev G. A., Morozov V. N., Migunov N. I., 1972: Elektrotellurichеskoe pole i silnoe zemletriasenie na Kamchatke. — Fizika Zemli. No. 2, pp. 73—79.

Sobolev G. A., Demin V. M., Kurandin N. P., 1975: Piezoelektricheskie svoistva galenit-sfaleritovykh rud. — Fizika Zemli, No. 7, pp. 112 — 116.

Volarovich M. P., Sobolev G. A., 1969: Direct Piezoelectric Prospecting of Quartz and Pegmatitic Veins. — Geoexploration, Vol. 7, No. 4, pp. 241 — 246.

Summary

THE EQUIPMENT FOR SEISMOELECTRIC EFFECT RECORDING

by

Obrad N. Milošević and Ranko S. Mužijević

Key words: seismoelectric effect, electroseismic response, piezoelectricity

In this paper the device for seismoelectric effect registration is described, the laboratory equipment (Fig. 1) as well as the field equipment (Fig. 3). Both devices are designed and constructed in the electronic laboratory of geophysical departemant of Geoinstitute. The results of laboratory and field testing of devices are presented on the figures 2, 5 and 6. In the laboratory equipment the electromagnetic device generates the seismoelectric pulses in the sample. The generated potential differance between electrodes A and B is observed on the oscilloscope. The field equipment is essentialy the seismic refraction apparatus with additional amplifiers P and 50 Hz (F) filters.