

Geol. vjesnik	33	133—144	4 slike u tekstu, 6 tabela	Zagreb, 1981
---------------	----	---------	----------------------------	--------------

552.48:551.73

Kemijske karakteristike amfibolskih stijena sjeverozapadnog dijela Psunja. Razlikovana je orto i para varijeteta

Vera MARCI i Petar RAFFAELLI

*Mineraloško-petrografski zavod, Demetrova 1, YU—41000 Zagreb,
INA, Naftaplín, Proleterskih brigada 18, YU—41000 Zagreb*

Raznolikost amfibolskih stijena Psunja u mineralnom sastavu i strukturi upućuju na različiti ishodni materijal, pa se u rješavanju geneze ovih stijena pokušava utvrditi podrijetlo ishodnog materijala. Neki zaključci proizlaze već i iz interpretacije kemijskih podataka, koji pružaju određene kriterije za razlikovanje ovih stijena s obzirom na podrijetlo ishodnog materijala.

UVOD

Amfibolske stijene imaju znatan udio u petrografskoj građi Psunja a njihov je mineralni sastav vrlo detaljno i savjesno obradio M. Kišpa-tić (1891), koji je uz ostale metamorfne stijene Psunja opisao i razne varijetete amfibolskih škrljaca i amfibolita. M. Tajder (1969) i V. Marci (1970) opisuju pojave u amfibolskim stijenama koje su vezane za metamorfozu primarnih stijena i lokalne pojave vezane uz metasomatske procese. Donekle u vezi s amfibolskim stijenama su i istraživanja žilnih pojava V. Marci, S. Međimorec i S. Šćavničar (1975) čija je asocijacija i geneza usko vezana za amfibolske stijene.

U okviru istraživanja metamornih stijena Psunja započet je i opsežan rad na određivanju i rješavanju podrijetla ishodnog materijala i geneze amfibolskih stijena. Da bi se utvrdilo da li na Psunju postoje amfibolske stijene koje su nastale metamornim procesima iz sedimentnih odnosno magmatskih stijena potrebno je provesti opsežna terenska, mikroskopska i laboratorijska istraživanja. Kako je to vrlo opsežan rad zamišljen je u nekoliko etapa.

U prvoj etapi istraživanja iz obilno prikupljenog terenskog materijala odabrano je 16 uzoraka stijena, koje su kemijski analizirane.

Glavno težište ovog rada je u interpretaciji dobivenih kemijskih podataka, te njihovo korištenje u rješavanju podrijetla ishodnog materijala amfibolskih stijena.

Zahvaljujemo se Ninoslavu Oreškoviću, dipl. inž., glavnom inženjeru Službe proizvodnje INA-Naftaplina, što nam je dozvolilo da koristimo rač. vrijeme i programe za elektroničko računalo UNIVAC 1110, ERC-a INA, razvijene u Službi.

Tabela 1 — Kemijske analize amfibolita
Table 1 — Chemical analyses of amphibolite

SiO ₂	48,06	46,92	48,23	47,13	56,02	44,20	47,98	47,50	45,21	41,25	49,29	45,68	45,45	48,80	47,31	56,47
TiO ₂	1,90	2,64	3,64	2,15	1,25	3,08	0,59	0,07	2,37	0,77	2,15	2,58	1,90	2,46	1,85	0,71
Al ₂ O ₃	17,82	15,84	14,52	16,25	17,42	15,30	19,85	20,20	15,18	18,48	15,59	14,22	14,38	14,95	14,82	19,85
Fe ₂ O ₃	2,22	3,57	3,17	3,26	2,36	7,95	7,00	4,71	9,13	7,82	4,20	3,35	4,25	3,24	4,65	2,40
FeO	6,49	7,04	9,17	6,94	5,25	10,30	3,10	4,40	7,85	4,92	6,99	10,77	10,11	9,64	9,25	2,93
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01
MgO	7,38	8,36	7,25	7,69	4,70	6,32	5,06	4,35	5,18	7,52	5,52	5,57	5,48	4,78	5,54	2,32
CaO	9,57	9,91	8,22	9,44	8,18	4,63	9,12	13,03	9,05	12,49	7,80	9,54	10,08	7,51	8,37	7,55
K ₂ O	0,80	1,04	1,19	0,95	0,36	0,21	0,44	0,33	0,31	0,36	1,11	0,78	1,16	1,06	1,54	0,70
Na ₂ O	1,64	1,23	1,83	2,41	2,69	2,48	2,88	2,72	3,37	3,04	4,76	3,70	4,27	4,46	4,18	3,13
P ₂ O ₅	—	—	0,14	—	—	0,15	0,05	0,08	0,11	0,12	0,07	0,06	0,05	0,13	0,12	0,20
H ₂ O ⁺	3,12	3,42	2,85	3,62	2,04	4,92	2,99	2,06	2,44	3,01	2,65	2,99	2,56	2,16	2,39	3,28
H ₂ O ⁻	0,51	0,32	0,26	0,37	0,37	0,35	0,17	0,15	0,25	0,23	0,25	0,18	0,49	0,23	0,23	0,12
suma	100,24	100,36	100,44	100,22	100,63	99,63	99,25	99,62	100,48	99,92	100,40	99,45	100,18	99,33	100,27	99,67
broj	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Analitičar: Vera Marci

Analyst: Vera Marci

STRUKTURNE KARAKTERISTIKE I MINERALNI SASTAV
AMFIBOLSKIH STIJENA

Zahvaljujući raznolikosti mineralnog sastava i struktura, amfibolske stijene Psunja zastupane su brojnim varijetetima.

Mada navedene stijene mikroskopski nisu još detaljno određene s obzirom na spomenute petrografske karakteristike mogu se opaziti dva osnovna tipa:

U jednom tipu amfibolskih stijena osnovni mineralni sastojci su amfiboli (aktinolit, hornblenda) i plagioklasi; plagioklasi su većim dijelom metamorfozirani u sosorit i sericit. Uz ove sastojke dolazi više ili manje klinocoisit, klorit, kalcit, epidot a vrlo rijetko kvarc. Akcesorni su ilmenit, titanit, apatit, cirkon i pirit. U ovim varijetetima mogu se mjestimično naći reliktno dijabazne strukture. Folijacija je u pravilu rjeđe prisutna.

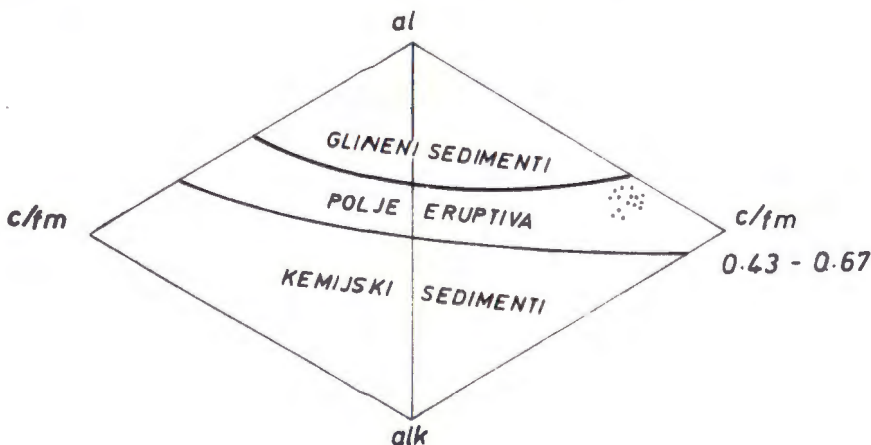
U drugom tipu amfibolskih stijena folijacija je obično dobro izražena. Tekstura im je škrljjava, a struktura granoblastično-lepidoblastična. Glavni mineralni sastojci epidot, klorit, aktinolit i kvarc formiraju više manje paralelne proslojke koji se sastoje od granoblastičnih nizova epidota i kvarca i lepidonematoblastičnih nizova klorita, aktinolita i kvarca. Mjestimično uz ove minerale dolaze plagioklasi (albit-oligoklas) te sericit. Od akcesornih najčešći su ilmenit, magnetit, pirit i cirkon. Naravno za mnoge varijetete, posebno za one kod kojih su teksturne i strukturne karakteristike slabije izražene, teško je odlučiti kojem tipu amfibolskih stijena pripadaju.

S obzirom na navedene petrografske karakteristike moglo bi se pretpostaviti da među amfibolskim stijenama Psunja ima i orto i para varijeteta, zbog toga su kemijski analizirane stijene oba tipa, a rezultati kemijskih analiza nalaze se u tabeli 1. Tipični predstavnici prve grupe sa mjestimično sačuvanom reliktnom dijabaznom strukturom bili bi uzorci pod brojem 1, 4 i 14, a drugog tipa 5, 7 i 16.

INTERPRETACIJA KEMIJSKIH PODATAKA

Iako se po načinu pojavljivanja, teksturi i prvenstveno strukturi neki od ispitivanih amfibolita Psunja mogu prilično pouzdano klasificirati kao orto ili para stijene, u dijagramu al-alk-c/fm (sl. 1) po Niggliju (1920), sve analizirane stijene padaju u polje eruptiva. Po kemijskom sastavu i orto i paraamfiboliti Psunja približavaju se bazičnim eruptivnim stijenama, a izvjesne razlike u sastavu koje se mogu opaziti pažljivijim promatranjem kemijskih analiza, ne dolaze do izražaja ni u ovom, ni u drugim sličnim dijagramima (npr. A-C-F, FeO-MgO-CaO, itd.). Ovi dijagrami, kao i Nigglijeve vrijednosti, namijenjeni su prvenstveno za razlikovanje magmatskih stijena, odnosno za praćenje magmatske diferencijacije, pa ne mogu da prikažu ne baš očite razlike u sadržaju pojedinih komponenata koje bi, usprkos metamorfnim procesima, trebale da izražavaju različite kemizame primarnih stijena. Za ovakva razlikovanja potrebne su djelotvornije metode, pa smo klasifikaciju amfibolita Psunja pokušali provesti primjenom Spechtove nelinearne diskriminacione funkcije (R. J. Howarth, 1973) i faktorske analize, Q-način (J. E. Klován & J. Imbrie, 1971).

Po R. J. Howarthu (1973) koji je programirao Spechtov postupak, diskriminaciona metoda se bazira na neparametarskoj procjeni višedimenzionalne funkcije vjerojatnosti za svaku grupu podataka koji se klasificiraju tako, da se može primijeniti Bayesovo pravilo odlučivanja. Detaljan opis navedenog klasifikacionog postupka može se naći kod D. F. Spechta (1967) i R. J. Howartha (1973). Da bi se mogla provesti klasifikacija, treba unaprijed definirati klase odabranim reprezentativnim uzorcima. Prema opažanim karakteristikama ovih uzoraka, postavlja se pravilo odlučivanja za daljnju klasifikaciju svih ostalih uzoraka. R. J. Howarth (1973, p. 1) ističe, da je metoda efikasna i



Sl. 1

kad mali broj uzoraka određuje pojedinu klasu. U našem slučaju, stijene je trebalo svrstati u dvije klase: u klasu ortoamfibolita, koju su definirali uzorci 1, 4 i 14, te u klasu paraamfibolita, koju su definirali uzorci 5, 7 i 16. Ostalo je prema tome, još 10 uzoraka koje je trebalo razvrstati u jednu ili drugu klasu.

Za procjenu višedimenzionalne funkcije vjerojatnosti, važnu ulogu ima tzv. parametar izgladivanja σ . On se može procijeniti, ili izračunati polazeći od standardne devijacije pojedinih varijabli, ali Howarthov program predviđa mogućnost praćenja klasifikacionog postupka postepenim povećanjem parametra izgladivanja. Na tabeli 2 prikazan je iterativni postupak pronalaženja parametra izgladivanja i tok klasifikacije. Kako je trebalo klasificirati preostalih 10 uzoraka, to jedan uzorak predstavlja 10% od ukupnog broja neklasificiranih uzoraka. U početku, parametar izgladivanja imao je vrijednost 0.02 i svi uzorci su bili klasificirani kao nepoznati. Kod vrijednosti $\sigma = 0.06$ popunjena je grupa ortoamfibolita prvim uzorkom, a kod vrijednosti $\sigma = 0.16$ grupa paraamfibolita. Kod vrijednosti $\sigma = 0.34$, svi su uzorci bili svrstani u jednu ili drugu grupu. U grupu ortoamfibolita svrstano je 8 (80%) uzoraka, a u grupu paraamfibolita

Tabela 2 — Table 2
 Interativni postupak za procjenu param. izgladivanja
 Iterative smoothing option

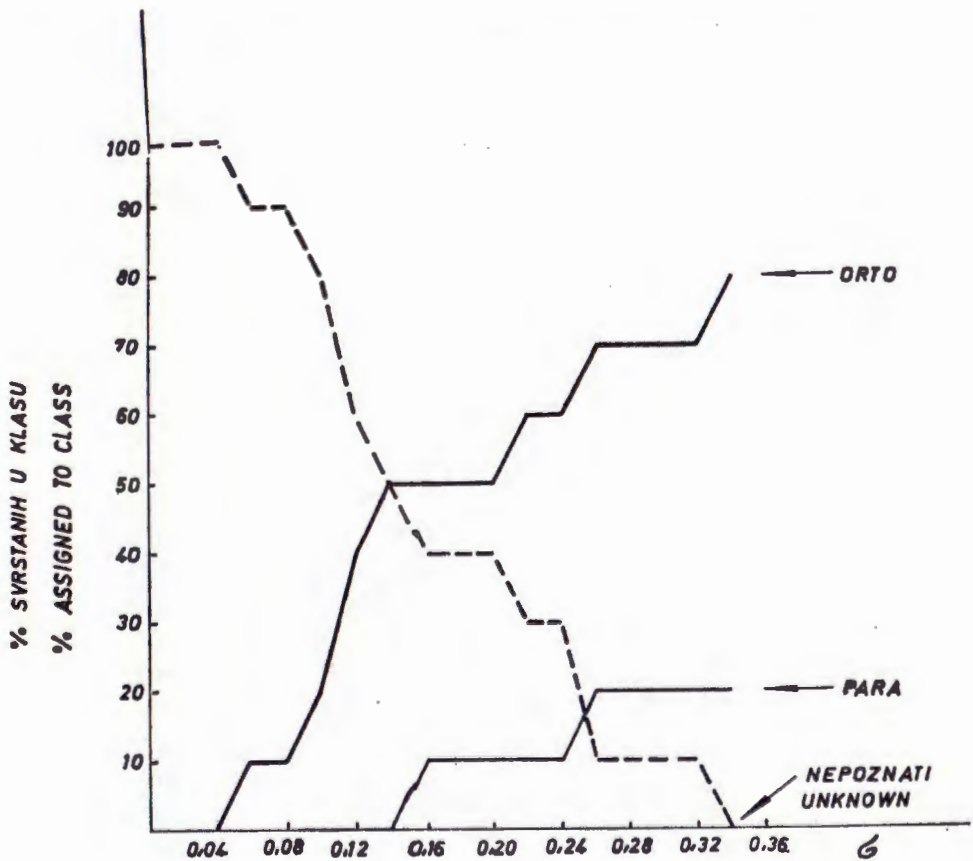
Sigma σ	Postotak po klasi Percentage per class		
	orto ortho	para para	nepoz.nat unknown
.000	.000	.000	100.000
.020	.000	.000	100.000
.040			
.060	10.000	.000	90.000
.080	10.000	.000	90.000
.100	20.000	.000	80.000
.120	40.000	.000	60.000
.140	50.000	.000	50.000
.160	50.000	10.000	40.000
.180	50.000	10.000	40.000
.200	50.000	10.000	40.000
.220	60.000	10.000	30.000
.240	60.000	10.000	30.000
.260	70.000	20.000	10.000
.280	70.000	20.000	10.000
.300	70.000	20.000	10.000
.320	70.000	20.000	10.000
.340	80.000	20.000	.000

Parametar izgladivanja — Smoothing parameter = .34

lita 2 (20%) uzoraka. Koji su uzorci svrstani u koju grupu, prikazuje tabela 3. Na tabeli je data i vjerojatnost kojom je pojedini uzorak svrstan u odgovarajuću grupu. Zvezdicom su označeni uzorci svrstani *a priori* u prvu (orto) ili drugu (para) grupu.

Na sl. 2 prikazan je grafički, tok klasifikacije (tabela 2). Ovaj grafikon nam daje korisne informacije o strukturi podataka i omogućava optimalni izbor parametra izgladivanja. Na primjer, kad postotak uzoraka svrstan u neku klasu ostaje konstantan iako se stalno povećava vrijednost parametra σ , a zatim se odjednom u tu istu klasu svrsta veći broj uzoraka znak je, da je neka posebna, nedefinirana grupa silom svrstana u navedenu klasu. U tom slučaju, treba revidirati pretpostavku o broju klasa i započeti ponovno klasifikacioni postupak s većim brojem, drugačije definiranih klasa.

Faktorska analiza (Q-način) prikazuje odnose među geol. objektima (uzorcima) na temelju omjera pojedinih komponenata koje karakterizi-



Sl.2

raju istraživani objekt. J. Imbrie & E. Purdy (1962) su definirali »koeficijent proporcionalne sličnosti« između dva objekta n i m , kao kosinus kuta kojeg zaklapaju dva vektora opažanja u p -dimenzionalnom prostoru:

$$\cos \theta_{nm} = \frac{\sum_{j=1}^p x_{nj} x_{mj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^p x_{nj}^2 \sum_{j=1}^p x_{mj}^2}}$$

gdje su x_{nj} i x_{mj} j -ta karakteristika n -tog, odnosno m -tog objekta. Koeficijent proporcionalne sličnosti može se izračunati između koja god dva objekta matrice opažanja (X). Rezultat će biti kvadratna simetrična ma-

trica koeficijenata proporcionalne sličnosti (H). Dimenzija matrice H je $N \times N$, ako je dimenzija ulazne matrice opažanja X, $N \times p$ (N objekata \times p karakteristika). Budući je matrica H realna, kvadratna i simetrična, to ima realne korjene (vlastite vrijednosti). Međutim, rang matrice H ne može biti veći od p, a često je i mnogo manji k ($k < p$). U tom slučaju, imat ćemo svega k nenultih vlastitih vrijednosti (λ) i k udruženih vlastitih vektora (u).

Matrica udruženih vlastitih vektora (U) ima prema tome, dimenziju $N \times k$. Ova matrica (U_k), pomnožena s matricom kvadratnih korjena vlastitih vrijednosti daje matricu faktora A_k .

$$A_k = U_k \Lambda_k^{1/2}$$

Faktorska matrica A_k prikazuje položaj istraživanih objekata u k-dimenzionalnom faktorskom prostoru.

Da bi objekti došli u što povoljniji položaj prema faktorskim osima, obično se vrši tzv. rotacija faktorske matrice A_k . Rotacijom se dobiva jednostavnija struktura matrice A_k , što omogućava lakše tumačenje značenja pojedinih faktora. Rotacija se postiže, prema Varimax-postupku rotacije, maksimiziranjem varijanse faktorskih vrijednosti svakog faktora, uz uvjet da faktori zadrže ortogonalnost (K. G. Jöreskog & J. E. Klován & R. A. Reymont, 1976, p. 97).

Odnos komponenata (varijabli) koje karakteriziraju istraživani objekat i faktora, prikazuje nam matrica F, koja se može dobiti iz odnosa:

Tabela 3 — Table 3
Rezultat klasifikacije
Clasif. results

Uzorak Sample	Klasa Class	Vrsta Type	Vjerojatnost Probability		
			orto ortho	para para	nepoznati unknown
1	1*	orto	1.00	.00	.00
2	1	orto	1.00	.00	.00
3	1	orto	1.00	.00	.00
4	1*	orto	1.00	.00	.00
5	2*	para	.00	1.00	.00
6	1	orto	1.00	.00	.00
7	2*	para	.00	1.00	.00
8	2	para	.00	1.00	.00
9	1	orto	1.00	.00	.00
10	2	para	.00	1.00	.00
11	1	orto	1.00	.00	.00
12	1	orto	1.00	.00	.00
13	1	orto	1.00	.00	.00
14	1*	orto	1.00	.00	.00
15	1	orto	1.00	.00	.00
16	2*	para	.00	1.00	.00

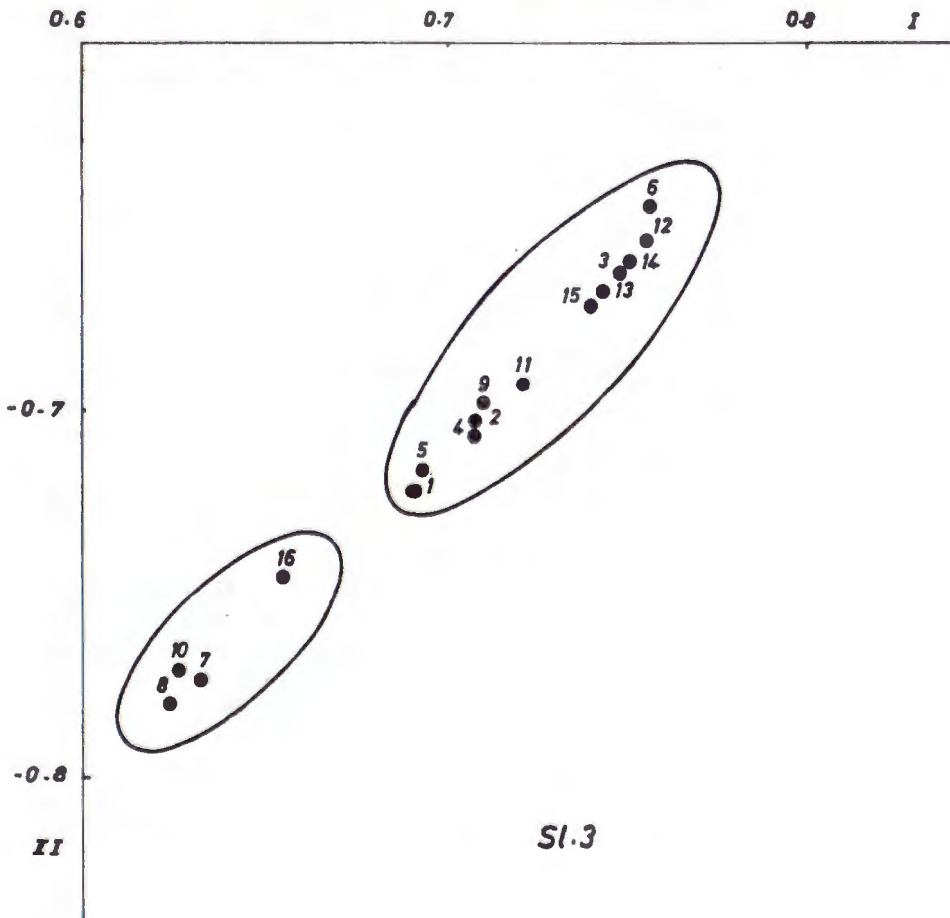
$$F = W'A_k \Lambda_k^{-1}$$

gdje je W normalizirana ulazna matrica opažanja X , dimenzije $N \times p$.

$$W = D^{1/2} X$$

$$D = \text{diag.}(xx')$$

Matrica koeficijenata proporcionalne sličnosti istraživanih amfibolita Psunja dala je svega tri vlastite vrijednosti koje su se značajnije razlikovale od nule $\lambda_1 = 15.8465$, $\lambda_2 = 0.0628$ i $\lambda_3 = 0.0470$. Prva vlastita vrijednost objasnila je preko 99%, ukupne varijabilnosti, a druga daljnjih 0.39%, pa su rotirana samo dva faktora. Rotacijom faktorske matrice A_k , kao što se moglo i očekivati, varijabilnost je razdijeljena u omjeru skoro točno 50 : 50. Na sl. 3 prikazan je položaj istraživanih amfibolita u dvodimenzionalnom faktorskom prostoru rotirane matrice A_k . Iz sl. 3 vidimo, da se faktorske vrijednosti pojedinih uzoraka amfibolita Psunja



međusobno malo razlikuju. Sve imaju vrijednosti na oba faktora, između 0.6 i 0.8. Ipak, možemo nazrijeti dva skupa objekata: skup ortoamfibolita, omeđen uzorcima br. 1 i 6 i skup paraamfibolita predstavljen uzorcima br. 7, 8, 10 i 16. Usporedbom ovog rezultata s onim ranije dobivenim diskriminacionom analizom, vidimo da je uzorak br. 5 sada svrstan u grupu ortoamfibolita. Svi ostali uzorci klasificirani su isto kao i prije.

Matrica odnosa komponenata i faktora F (tabela 4) pokazuje, da I faktor grupira SiO_2 , TiO_2 , FeO i MgO , a II faktor SiO_2 , Al_2O_3 i CaO nasuprot FeO , koji na ovom faktoru ima nešto veću, pozitivnu vrijednost. Možemo shvatiti, da nam I faktor predstavlja amfibole, ilmenit i titanit, a drugi kvarc, klorit i epidot. »Krajnji članovi« istraživane skupine amfibolita Psunja trebali bi prema tome biti uzorci bogati amfibolom, ilmenitom i titanitom s jedne strane (ortoamfiboliti), a kloritom, kvarcom i epidotom, s druge (paraamfiboliti). Feldspati, odnosno alkalije, ne doprinose diskriminaciji među objektima, jer je sadržaj ovih komponenata jednolično raspoređen među uzorcima obje skupine.

Tabela 4 — Table 4
Matrica odnosa komponenata i faktora (F)
Varimax factor score matrix

Var.		I	II
1	SiO_2	.7145	— .5692
2	TiO_2	.2096	.1583
3	Al_2O_3	— .1315	— .5757
4	Fe_2O_3	— .0027	— .1279
5	FeO	.6144	.4183
6	MgO	.1360	— .0229
7	CaO	— .1113	— .3551
8	K_2O	.0545	.0336
9	Na_2O	.1047	.0224
10	P_2O_5	.0026	.0004
11	H_2O^+	.0771	— .0015

Da bi još bolje razlučiti istraživane amfibolite, ponovili smo faktorsku analizu uzimajući u obzir samo 6 komponenata, SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO i CaO , koje smo prethodno transformirali, da bi svakoj dali isti značaj. U ovom pokušaju dakle, nismo uzeli u obzir one komponente, koje prema prethodnoj analizi ne doprinose razlučivanju orto i para stijena.

Matrica koeficijenata proporcionalne sličnosti dala je 4 vlastite vrijednosti koje su objasnile preko 99% ukupne varijabilnosti: $\lambda_1 = 12.8435$ (80.27%), $\lambda_2 = 2.1563$ (13.48%), $\lambda_3 = 0.6391$ (4.00%) i $\lambda_4 = 0.2291$ (1.33%). Rotacijom faktorske matrice A_k , dobijena je rotirana matrica faktorskih vrijednosti (tabela 5). Normalizirane vrijednosti ove tabele, projicirane su na trokomponentni dijagram sl. 4. Iz slike 4 vidimo, da se stijene deter-

minirane prethodnim analizama kao ortoamfiboliti, grupiraju ponovno na I faktor, a one determinirane kao paraamfiboliti na II faktor. Matrica odnosa komponenata i faktora (tabela 6) pokazuje, da I faktor grupira TiO_2 , FeO i MgO , a II faktor SiO_2 , Al_2O_3 i CaO . III faktor grupirao bi stijene bogate na Al_2O_3 , MgO i CaO i siromašne na SiO_2 . Značajniju vrijednost na ovom faktoru ima samo uzorak br. 10, koji se zbog toga odvaja iz prethodne dvije skupine. Uzorak br. 10 predstavlja vjerojatno također para stijenu, ali ga izrazito nizak sadržaj SiO_2 baca na III faktor. I u ovom slučaju možemo shvatiti, da nam I faktor predstavlja stijene bogate amfibolom, ilmenitom i titanitom, a II faktor kloritom, kvarcom i epidotom.

Tabela 5 — Table 5
Varimax matrica faktora
Varimax factor matrix

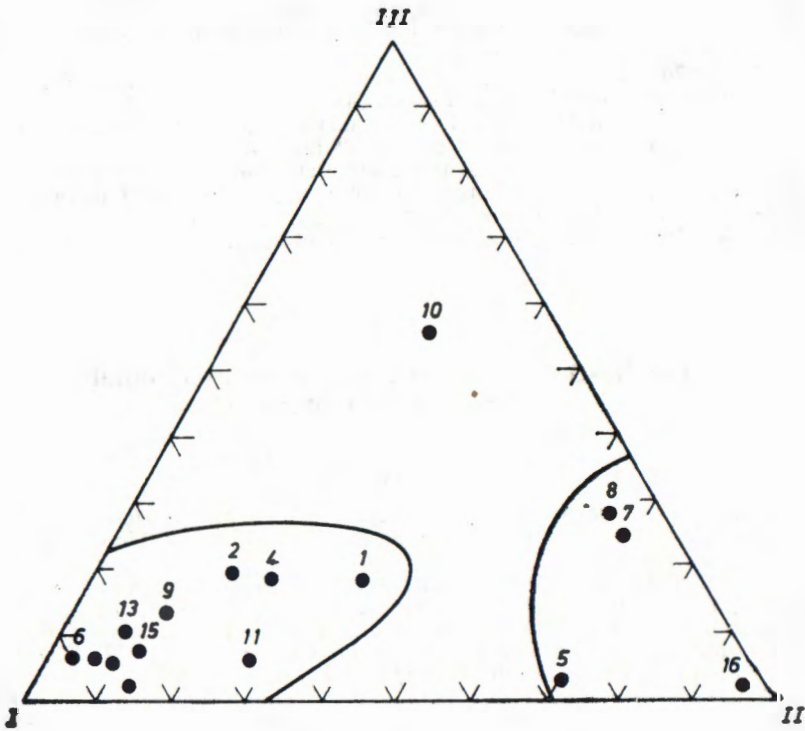
Comm.		I	II	III	IV
1	.9928	.6504	.5988	.4433	.1212
2	.9986	.7772	.4084	.4117	.2413
3	.9949	.9167	.2797	.2101	.1794
4	.9983	.7501	.4676	.4238	.1938
5	.9934	.5289	.8282	.0978	.1349
6	.9704	.9362	.1788	.2487	— .0090
7	.9884	.2452	.8194	.5021	.0689
8	.9916	.2340	.7968	.5420	— .0902
9	.9874	.8601	.3396	.3550	.0784
10	.9999	.4037	.5126	.7538	.0768
11	.9995	.8119	.5094	.2366	.1575
12	.9851	.9311	.2116	.2707	— .0064
13	.9950	.8939	.0738	— .2079	— .3837
14	.9963	.9183	.3596	.1542	— .0006
15	.9798	.8855	.3458	.2742	.0280
16	.9969	.2011	.9755	.0696	.0029
Varijance		53.7320	29.5930	13.6089	2.2425
Cum. var.		53.7320	83.3250	96.9339	99.1764

ZAKLJUČAK

Primjenom Spechtove empirijske diskriminacione funkcije i faktorske analize Q način, uspjeli smo isključivo na osnovu kemizma, podijeliti istraživane stijene Psunja u dvije skupine koje smo mikroskopski identificirali kao orto i para amfibolite. Stijene koje smo na osnovu mikroskopskog promatranja mogli dosta pouzdano klasificirati kao orto ili para amfibolite i kojima smo definirali klase u diskriminacionoj analizi, bile su jednako svrstane i faktorskom analizom. Ostale stijene, za koje se moglo samo pretpostavljati da pripadaju jednoj ili drugoj klasi, obje metode su također jednako razvrstale.

Tabela 6 — Table 6
 Tabela odnosa komponenata i faktora (F)
 Varimax factor score matrix

Var.		I	II	III	IV
1	SiO ₂	.1938	.6926	— .6005	.2207
2	TiO ₂	.5670	— .0326	— .1233	.2190
3	Al ₂ O ₃	— .1779	.6323	.3315	— .4450
4	FeO	.6893	— .1205	— .0070	— .6292
5	MgO	.3201	.0742	.4907	.5530
6	CaO	.1778	.3158	.5230	.0597



Sl. 4.

Klasifikacija provedena diskriminacijom i faktorskom analizom, nije bila u neskladu s mikroskopskim opažanjima. Stoviše, faktorska analiza je upravo ukazala na mineralne sastojke značajne za razlikovanje orto i para stijena. To su, u slučaju para amfibolita, kvarc, klorit i epidot, a slučaju orto amfibolita prvenstveno amfiboli, ilmenit i titanit. Možda je najinteresantnije, što se ilmenit i titanit pojavljuju kao dijagnostički minerali i što plagioklasi kad su uništene reliktno strukture, ne doprinose razlikovanju.

Iskustva stečena ovim radom svakako će biti od koristi kod daljnjih istraživanja amfibolita Psunja i obližnjih slavonskih planina.

LITERATURA

- Howarth, R. J. (1973): FORTRAN IV Programs for Empirical Discriminant Classification of Spatial Data. *Ceocom Bull.* (1-2) 6 (1-58).
- Imbrie, J. & Purdy, E. (1962): Classification of Modern Bahamian Carbonate Sediments. *AAPG Memoir* 1 (253-272).
- Jöreskog, K. G. & Klován, J. E. & Reyment, R. A. (1976): Geological Factor Analysis. *Elsevier Publ. Co.* Amsterdam.
- Kišpatić, M. (1892): Prilog geološkom poznavanju Psunja. *Rad JAZU*, 109, (124-182).
- Klován, J. E. & Imbrie, J. (1971): An Algorithm and FORTRAN IV Program for Large-Scale Q-Mode Factor Analysis and Calculation of Factor Scores. *Mathematical Geology*, 3 No. 1 (61-77).
- Marci, V. (1970): Metasomatski procesi u kontaktnim zonama granita i amfibolita na području Donje Rašaške (Psunj). *Geol. vj.*, 24 (123-131).
- Marci, V. & Međimorec, S. & Ščavničar, S. (1975): Žilne pojave klorita u jugozapadnom dijelu Psunja. *Geol. vj.*, 28 (217-241).
- Niggli, P. (1920): *Lehrbuch der Mineralogie*. Berlin, 476.
- Specht, D. F. (1967): Generation of Polynomial Discriminant Functions for Pattern Recognition. *IEEE Trans. Electronic Computers* (16) 67 (308-319).
- Tajder, M. (1969): Geneza blastoporfirnog amfibolita iz Seovice. *Acta. Geol.*, 6 (5-16).

Classification of Amphibolites of Psunj Mountain on Chemical Characteristics

V. Marci and P. Raffaelli

An attempt was made to classify, on chemical constituents (major elements) 16 specimens of amphibolite outcropping in the area of Psunj Mountain in North-eastern Croatia, Yugoslavia.

Six of these rocks (table 1) were microscopically identified: Nos 1, 4, and 14 as ortho-amphibolite, and Nos 5, 7, and 16 as para-amphibolite. These constituted the training sets for the classification of the remaining 10 specimens by Specht's non-linear empirical discriminant function (Howarth, R. J. 1973). The results of classification are presented in tables 2 and 3 and fig. 2.

Essentially the same result was achieved by Q-mode factor analysis (tables 4, 5, 6, and fig. 3 and 4). The ortho-amphibolites loaded factor I, and the para-amphibolites factor II. High scores on these two factors had only six variables: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO, MgO and CaO. In a second attempt on these variables only, a better discrimination was obtained. Four factors were rotated, but the first three accounted for 97% of total variance. It was found that factor I represents amphibole, ilmenite and sphene, and factor II quartz, chlorite and epidote. This was not in disagreement with the microscopic observation.