

UDK 552.31:551.761(497.12)=863

## Triadne magmatske kamnine vzhodne Slovenije

### Triassic igneous rocks from eastern Slovenia

*Stanko Grafenauer*

61000 Ljubljana, Titova 23

*Jože Duhovnik*

61000 Ljubljana, Štularjeva 10

*Dragica Strmole*

Katedra za mineralogijo in ekonomsko geologijo,

Univerza Edvarda Kardelja

61000 Ljubljana, Aškerčeva 20

#### Kratka vsebina

Srednjetriadne magmatske kamnine vzhodne Slovenije imajo vse lastnosti spilitno-keratofirske asociacije. Z njimi se javljajo velike količine tufov in tufitov. Predornine in piroklastične kamnine so interstratificirane v ladinske sedimente. Po svojem nastanku so bile bolj ali manj spremenjene, saj v njih najdemo v okolici Bohorja celo granate.

Kamnine v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah so sorazmerno revne z mafičnimi komponentami, bogate s kremenico in včasih bogate z alkalijami, pri čemer prevladujejo kalijeve vrste. Lava je bruhala pretežno na kopnem, delno v morju. Prevladujejo lipariti nad daciti, trahiti in andeziti, medtem ko bazaltov in spilitov skoraj ni.

V Posavskih gubah bazalti, spiliti, andeziti in havajiti daleč prevladujejo nad lipariti in daciti. Kamnine so bogate z mafičnimi komponentami in revne s kremenico. Lava je bila tekoča in pogosto opazimo podvodne erupcije in izlive, pri čemer so nastajale blazinaste in mandljaste teksture. V alkalnih kamninah prevladujejo natrijeve vrste. Mnogo bolj kakor v zahodnih delih Slovenije so tu razširjeni tufi, tufski peščenjaki in tufski apnenci. Kamnine so bogate s svincem in cinkom.

Nikjer ne opazimo prehodov med liparitom in alkalnimi vrstami kamnin z ene strani ter plagioclitom, andezitom in bazaltom ter spilitom z druge. Keratofir je navadno starejši od spilita. Poleg diferenciacije je bil za magmo ob nastanku pomemben proces delnega taljenja, na hitre spremembe nekaterih ekstruzivnih delov pa je vplivala verjetno tudi asimilacija.

---

Delo je omogočila s financiranjem Raziskovalna skupnost Slovenije.

Work has been made possible with the financial aid of the Slovenian Research Community.

### Abstract

The Middle Triassic rocks in the eastern Slovenia have all properties of the spilitic keratophyre association. They are accompanied by great quantities of tuffs and tuffites. The extrusive and pyroclastic rocks are interstratified within Ladinian beds. After their formation the rocks were more or less altered, we could find in them even garnets in the surroundings of Bohor.

The rocks of the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps are relatively poor in mafic components, rich in silica, and in some places rich in alkalis, ordinarily with prevailing potassium varieties. Lava extruded mainly on the land, and partly in the sea. Liparites predominate above dacites, trachytes and andesites, while basalts and spilites are almost absent.

In the Sava folds basalts, spilites, andesites and hawailites by far prevail above liparites and dacites. The rocks are rich in mafic components and poor in silica. Lava was fluent and often submarine eruptions and effusions can be found, with formation of pillow and amygdaloid structures. In alkalic rocks the sodium varieties predominate. Much more than in the western part of Slovenia, here the tuffs, tuff sandstones and tuff limestones occur. The rocks are often unusually rich in lead and zinc.

There is no transition between liparite and alkalic rocks on one side, and plagioclase, andesite, basalt and spilite from the other. Keratophyre is usually older than spilite. In the evolution of magma next to differentiation the partial fusion was very important. Assimilation also probably influenced the rapid variation in some smaller extrusive parts.

### Uvod

V letu 1981 in 1982 smo zbrali 80 vzorcev magmatskih kamnin in njihovih tufov na območju vzhodne Slovenije. Od svežih vzorcev magmatskih kamnin smo napravili 13 kemičnih in spektralnih analiz. Pri opisu uporabljamo nomenklaturu in klasifikacijo, ki smo jo podali pri obravnavanju kamnin Pokljuke, Jelovice, Julijskih Alp in zahodnih Karavank (Grafenauer, Duhovnik, Strmole, 1981). Omenimo naj, da prevzemamo delitev Karavank po Meliku (1954).

Med magmatskimi kamninami prevladujejo njihovi tufi in tufiti. Liparit in andezit tvorita v Karavankah večinoma manjše komplekse. Na Jezerskem smo vzeli nekaj vzorcev že na meji med Karavankami in Savinjskimi Alpami, sicer pa so ostali vzorci iz območja Savinjskih Alp. Petrografske podatke o magmatskih kamninah v Savinjskih Alpah nam dajejo številni raziskovalci, njihov povzetek najdemo v obširnem delu o triadnih magmatskih kamninah na Slovenskem (Grafenauer, 1980). Ponovno smo si ogledali več lokacij, kjer prej še ni bilo dovolj podatkov, po katerih bi lahko kamnine bolj natančno klasificirali, posebej smo si ponovno ogledali liparite in dacite iz kamnoloma Puščava v bližini Ruš.

Ponovno smo raziskali Posavske gube, predvsem Bohor in Rudnico, od koder imamo do danes le malo kemičnih analiz in še nobene spektralno-kemične. Kamnine v Posavskih gubah so bistveno bolj mafične od kamnin v Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah. Tu mnogokrat najdemo diabaze in spilite. V vseh predelih smo poleg normalnih vrst kamnin našli tudi njihove alkalne različke. Pristrčno se zahvaljujemo kolegom z Geološkega zavoda v

Ljubljani, ki so nam dali na razpolago rezultate svojih raziskovanj iz geoloških kart v merilu 1:25 000, na podlagi katerih smo si zelo olajšali terensko delo. Predvsem se zahvaljujemo geologom dr. A. Hinterlechner-Ravninkovi, dr. S. Buserju in mg. P. Mioču. Pri terenskem delu so nam precej pomagali Tolmač lista Celje L 33—67 (Buser, 1979), Tolmač lista Celovec L 33—53 (Buser, 1980) in Tolmač lista Kranj L 33—65 (Grad in Ferjančič, 1976).

### Opis triadnih magmatskih kamnin v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah

Raziskali smo triadne predornine na Jezerskem, na meji med vzhodnimi Karavankami in Savinjskimi Alpami, sicer pa smo si ogledali še kamnine na Paškem Kozjaku in v kamnolomu Puščava. Vzeli smo tudi številne vzorce tufov in tufitov iz okolice Korošice in iz Robanovega kota, vendar pa iz njih nismo delali kemičnih in spektralnih analiz niti nismo zajeli njihovega mikroskopskega opisa v našo razpravo. Zaradi pregleda smo v tabelah 1 in 2 podali rezultate kemične analize, v tabelah 3 in 4 pa spektralnokemične analize kamnin. Poleg kamnin, ki smo jih raziskali sami, smo vnesli v te tabele tudi podatke vseh drugih znanih analiz kamnin s teh območij.

Podroben opis posameznih prej raziskanih kamnin najdemo v delu Grafenauerja (1980).

Posamezne kamnine smo pri opisu klasificirali po njihovi mineralni sestavi in je njihovo ime tiskano s poševnimi črkami. Poimenovanje felzičnih, delno steklastih in drobnozrnatih predornin le na podlagi optičnega določevanja vtrošnikov v njih vodi večkrat do razlike med imenom kamnine in njeno kemično sestavo.

Pri raziskovanju triadnih predornin v okolici Jezerskega smo našli naslednje vrste kamnin:

*Biotitov dacit* najdemo v opuščnem Slavčevem kamnolomu na desnera bregu reke Kokre (vzorec št. J-2, kemična analiza št. 95) in v novem kamnolomu na desni strani ceste Preddvor—Jezersko (vzorec št. J-3). Kamnina vsebuje številne vtrošnike in kaže polifirsko porfirsko strukturo, osnova pa je felzitna. Tekstura ne kaže kake usmerjenosti. Med vtrošniki so oligoklazandezin, redko albit, v drobnozrnati osnovi pa prevladuje kremen nad glinenci. Mafični mineral v osnovi je biotit, ki je delno spremenjen v klorit, po večini pa v goethit in karbonate. Izredno redka so zrna pirita. V večjih vtrošnikih plagioklazov najdemo vključke muskovita. Po normativni mineralni sestavi je vzorec št. J-2 alkalni liparit (tabela 6).

V Malem grabnu na Jezerskem prehaja dacit v *biotitov kremenov dacit* (vzorec št. J-4, kemična analiza št. 96). Tu najdemo jasen dokaz za »mrzel« kontakt magmatske kamnine z ladinskim debeloploščastim apnencem. Plasti apnenca, ki položno vpadajo proti jugu, so namreč ob kontaktu povite navzgor, kar govori za mlajšo starost predornine. Ker je kontakt »mrzel«, ne najdemo ob njem nikakih sledov metamorfnih mineralov. Kamnina je že strjena predrla plasti apnenca, ki so na kontaktu močno zdrobljene. Struktura kamnine je oligofirska, vtrošniki so albit, redko opazimo biotit, ki je po večini spremenjen v vermikulit. V redkih preperelih zrnih plagioklazov najdemo



Tabela 1. Nadaljevanje Table 1. Continued

Številka analize Analysis number	34		43		44		45		48		52		94		95		96		97		98		99		100		101				
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
Oksid Oxide																															
SiO <sub>2</sub>	72.68	73.99	76.34	77.32	80.69	65.85	58.20	68.70	72.00	66.00	63.60	65.80	65.44	71.55																	
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.23	0.09	0.27	0.09	0.51	1.00	0.50	0.42	0.58	0.83	0.42	0.25	0.08																	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.53	13.58	13.03	11.48	10.83	16.68	15.55	12.95	11.00	15.70	13.20	14.30	15.50	14.00																	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.71	0.97	1.10	1.32	0.48	1.51	6.38	2.34	1.31	2.89	2.38	1.64	2.04	2.74																	
FeO	1.18	1.32	0.49	1.45	0.75	0.91	1.94	2.33	3.36	2.33	2.29	1.23	1.55	0.13																	
MnO	0.03	0.16	0.02	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03	0.04	0.08	0.02	0.05	0.09	-																	
MgO	1.25	0.43	0.29	0.27	0.52	2.70	1.37	0.85	0.40	1.14	1.65	0.85	1.27	0.25																	
CaO	2.02	0.33	0.34	0.72	0.05	3.53	5.37	1.75	1.00	1.53	6.00	2.72	2.00	0.50																	
Na <sub>2</sub> O	2.14	3.45	6.25	5.65	4.26	2.39	4.32	4.12	4.05	7.23	3.70	4.41	4.50	0.87																	
K <sub>2</sub> O	4.70	4.12	1.17	0.24	1.21	1.40	2.20	4.51	4.83	1.97	2.12	3.85	3.85	8.95																	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.04	0.01	sl		0.27	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	-																	
H <sub>2</sub> O <sup>1000°C</sup>	0.80	1.27	0.71	1.09	0.90	3.33	2.73	1.80	1.50	0.18	2.00	2.10	1.77	0.70																	
H <sub>2</sub> O <sup>110°C</sup>	0.23	0.10	0.18	0.16	0.18	0.50	0.80	0.38	0.17	0.15	0.14	0.15	0.33	0.20																	
CO <sub>2</sub>	0.44					0.13	0.27	-	0.25	-	2.50	1.75	1.33	-																	
S						0.32																									
Skupaj Total	100.07	100.06	100.02	100.05	99.98	100.05	100.23	100.28	100.35	99.81	100.44	99.31	99.94	99.97																	

Tabela 2. Kemična sestava triadnih predornin iz Posavskih gub  
 Table 2. Chemical analyses of the Triassic volcanic rocks of the Sava folds

Številka analize Analysis number	2		5		6		7		10		11		12		39		42		46		50		56		102		103		104		105		106		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
Oksid Oxide																																			
SiO <sub>2</sub>	48.49	49.40	49.38	49.60	52.61	52.76	52.85	73.70	73.90	77.74	81.67	49.79	50.05	41.10	52.45	51.00	58.00																		
TiO <sub>2</sub>	0.80	2.40	2.43	2.36	1.07	1.14	1.33	0.15	0.18																										
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.91	16.30	15.13	15.80	17.09	20.21	21.94	13.60	14.40	9.45	9.15	17.94	16.63	14.96	13.89	17.36	16.71																		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.82	4.07	0.18	3.84	2.58	2.42	1.68	0.63	0.18	2.23	1.72	3.21	2.94	3.69	3.83	3.57	2.20																		
FeO	3.56	7.17	11.94	7.38	7.07	2.23	2.43	0.93	1.22																										
MnO	0.09	0.09	0.23	0.06	-	0.03	0.08	0.01	0.01																										
MgO	7.10	4.60	4.36	4.73	4.66	3.28	3.22	1.08	0.61	0.66																									
CaO	11.07	9.72	8.13	7.42	4.16	7.17	5.13	0.50	0.42	1.94	0.78	4.53	8.75	14.00	10.83	7.75	7.00																		
Na <sub>2</sub> O	3.75	3.76	4.68	4.34	5.25	5.35	6.90	3.83	3.67	3.66	2.38	6.74	5.70	2.32	4.61	4.50	3.07																		
K <sub>2</sub> O	0.56	0.29	0.44	0.54	0.28	0.71	0.92	3.87	4.16	4.08	4.83	0.56	0.36	1.45	0.15	1.60	2.90																		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.054	-	0.092	0.36	0.02	0.04	0.013	0.02																										
H <sub>2</sub> O <sup>1000°C</sup>	2.62	0.80	2.18	1.91	3.19	4.58	3.19	0.42	0.56																										
H <sub>2</sub> O <sup>110°C</sup>	0.13	0.19	0.20	0.75	0.59	0.15	0.25	0.16	0.20																										
CO <sub>2</sub>	0.01	0.88	0.25	1.06	0.84																														
S	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	sl	sl																										
Skupaj Total	99.93	99.734	99.53	99.72	99.48	100.06	100.03	99.263	99.71	99.76	100.53	100.91	100.30	99.90	99.59	100.59	100.28																		

Tabela 3. Porazdelitev glavnih prvin (v mg.g<sup>-1</sup>) in slednih prvin (v µg.g<sup>-1</sup>) v triadnih predorninah vzhodnih Karavank, Savinjskih Alp in Centralnih Alp

Table 3. Distribution of major elements (in mg.g<sup>-1</sup>) and trace elements (in µg.g<sup>-1</sup>) in Triassic volcanic rocks from eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps

Številka analize Analysis number	94	98	22	97	17	100	44	99	95	96	101
Si	272	297	321	309	309	306	360	308	321	337	334
Ti	6	5	3	3	3	1	1	3	3	3	0
Al	82	70	78	83	90	82	69	76	69	58	74
Fe <sup>3+</sup>	45	17	18	20	6	14	8	10	16	9	19
Fe <sup>2+</sup>	15	18	14	18	13	12	4	13	18	26	1
Mg	8	10	8	7	5	8	2	7	5	2	2
Ca	38	43	25	19	18	14	2	6	13	7	4
Na	32	27	17	54	33	33	47	20	31	30	6
K	18	18	23	16	34	32	10	37	37	40	74
B	8	28	37	23	31	8	14	25	17	5	74
Ba	320	270	440	270	430	3200	370	1850	300	390	270
Be	3	2.4	5	3.6	4	3.6	4	4.5	3	2.7	5.3
Co	11	6	7	5	10	4	1	6	*	5	*
Cr	15	72	10	22	14	15	1	15	10	13	13
Cu	16	12	21	20	17	3	25	5	6	14	23
Ga	25	23	26	28	24	25	17	23	23	25	40
La	35	27	50	27	85	47	20	68	24	39	32
Li			-		-		-				
Mn	690	530	270	490	650	580	165	490	450	600	125
Mo			*		*		*				
Ni	6	7	6	7	5	5	4	5	3	4	6
Pb	32	32	27	25	31	70	57	13	25	43	180
Rb			-		-		-				
Sc	9	9	17	6	17	*	7	*	6	*	7
Sn	*	*	20	17	20	12	17	8	11	*	27
Sr	300	185	210	215	115	975	55	650	64	135	64
V	43	65	115	26	65	52	7	52	38	32	72
Y	37	32	55	26	45	18	50	22	18	22	32
Zn	560	52	63	85	54	50	32	50	67	190	*
Zr	120	90	315	86	300	110	230	88	68	45	270
f	6.2	6.4	9.3	9.4	10.9	11.2	12.4	12.6	12.7	14.3	18.1

Znak "\*" pomeni, da je prvina izpod meje zaznavanja

Mark "\*" signifies, the element is under the limit of detection

Tabela 4. Porazdelitev glavnih prvin (v mg . g<sup>-1</sup>) in slednih prvin (v µg . g<sup>-1</sup>) v triadnih predorninah iz Posavskih gubTable 4. Distribution of major elements (in mg . g<sup>-1</sup>) and trace elements (in µg . g<sup>-1</sup>) in Triassic volcanic rocks of the Sava folds

Številka analize Analysis number	102	103	104	105	106	Clark bazaltov Clark of basalts	Clark andezitov Clark of andesites	Clark granitov Clark of granites
Si	234	192	245	238	271	240	260	323
Ti	6	6	15	10	2	9	8	2
Al	88	79	74	92	88	87,6	88,5	77
Fe <sup>3+</sup>	21	26	27	25	15	85,6	58,5	27
Fe <sup>2+</sup>	31	45	39	34	21			
Mg	25	33	22	24	17	45,0	21,8	5,6
Ca	63	100	77	55	50	67,2	46,5	15,8
Na	42	17	34	33	23	19,4	30	27,7
K	3	12	1	13	24	8,3	23	33,4
B	27	30	6	8	63	5	15	15
Ba	92	54	35	190	470	310	650	830
Be	2	1,7	1,5	1,5	1,6	0,4	1,8	5,5
Co	11	18	24	24	24	45	11	5
Cr	23	105	64	45	32	200	50	25
Cu	5	16	45	32	11	110	35	21
Ga	15	19	19	15	27	21	21	31
La	22	*	*	*	39	27	-	61
Mn	1440	1860	2380	1900	1050	2100	1200	600
Ni	4	20	30	16	7	160	55	8
Pb	130	32	17	155	70	8	15	21
Sc	13	23	23	27	15	24	2,5	3
Sr	150	185	190	295	290	440	810	310
V	195	200	270	285	225	200	100	40
Y	32	32	43	52	37	21	-	34
Zn	66	170	215	150	85	130	72	60
Zr	45	30	180	125	68	110	260	210
Ag	1,2	*	*	*	*	0,01	0,07	0,25
f	-6,1	-5,7	-1,6	+1,3	+4,7			

luskice sericita. Prvotno kremenovo steklo je po večini prekristaljeno v kalcedon. Med akcesornimi minerali opazimo rutil, magnetit in apatit. Po normativni mineralni sestavi je vzorec št. J-4 alkalni liparit (tabela 6). Visoka vrednost magmatskega parametra k (0,44) govori za izredno viskozno talino, ki je vzrok mrzlemu kontaktu. Kamnina je izredno bogata s kremenico in opazimo, da so nekateri vtrošniki plagioklazov obdani s pasom kalcedona.



Močno spremenjen *amfibolov dacit* najdemo 300 m severno od Štularjeve planine (vzorec št. J-7, analiza št. 97). Kamnina kaže oligofirsko strukturo s steklasto osnovo in enakomerno, delno fluidalno teksturo. Večji vtrošniki plagioklazov so oligoklaz-andezin, manjši pa oligoklaz. Kamnina je kristalila v dveh fazah. Po prvi fazi se je magma nekoliko obogatila z vodo in povzročila spremembo v starejših, večjih vtrošnikih plagioklazov. Vtrošniki plagioklazov so nataljeni, starejša generacija je močneje resorbirana. Vtrošniki amfibola (?) so nadomeščeni z epidotom, kloritom in goethitom. Osnova kamnine vsebuje manjša zrnca kremenca in večja zrnca alkalnih plagioklazov, posamezna polja osnove sestavlja kalcit. Na podlagi normativne mineralne sestave je kamnina alkalni natrijev liparit (tabela 6). Da je bila magma bolj tekoča, kaže pilotakisitna razporeditev letvic plagioklazov v steklasti osnovi.

*Biotitov andezit* smo našli na zahodnem robu izdanka nekdanjega Slavčevega kamnoloma v dolini Slap na Jezerskem (vzorec št. J-1, analiza št. 94). Kamnina je mlajša od apnenca, v katerem jo najdemo. Ob kontaktu z njim je bogata s kalcitom. Kamnina vsebuje razen tega odlomke apnenca, ki so delno nataljeni, vendar v apnencu nikjer ne opazujemo kontaktnometamorfnih mineralov. Kamnina kaže enakomerno teksturo in porfirsko strukturo z intersertalno do hialopilitno strukturo osnove. Osnova je prekristaljena in drobnozrnata. Med vtrošniki se javlja predvsem andezin do andezin-labradorit, ki je dovolj svež, med mafičnimi minerali pa biotit, ki je skoraj popolnoma spremenjen v goethit in karbonate. Kamnina je preprežena z žilicami kalcita, katerega zrna imajo značilno dvojlično strukturo z upognjenimi letvicami, kar dokazuje poznejše premikanje kamnine. Po normativni sestavi je kamnina kremenov latiandezit (tabela 5 in 6).

*Amfibolski andezit* in piroksenski andezit ter njune tufe najdemo na Štularjevi planini (vzorec št. 6a in št. 6b). Vtrošniki so conarni plagioklazi-andezin in nataljeni vtrošniki oligoklaza. Med močno spremenjenimi vtrošniki razlikujemo v nekaterih kamninah (vzorec št. 6a) piroksen, v drugih (vzorec št. 6b) amfibol, ki pa ju spoznamo le po obliki, saj sta popolnoma spremenjena v klorit in goethit.

*Spilit* smo našli v Dolu na Jezerskem (vzorec št. J-5). Kamnina je močno spremenjena. Tekstura kamnine je enakomerna, struktura je ofitna in prehaja v sideronitno. Letve plagioklazov so skoraj popolnoma spremenjene v sericit in karbonate. Magnetit je prešel v goethit. Prvotna kamnina je vsebovala 50 do 60 % plagioklazov, okrog 30 % avgita, spremenjenega v klorit, ki zapolnjuje prostor med letvicami plagioklaza, ter okrog 5 % magnetita. Ostanek pripada kremenju, ki je nastal pri razpadu plagioklazov poleg klorita, sericita, karbonatov ter zeolitov.

Na Paškem Kozjaku daleč prevladujejo tufi, tufske breče in močno metamorfozirane predornine, ki so njih matične kamnine po vsej verjetnosti andeziti. Med raziskovanimi kamninami smo našli na severnem delu Paškega Kozjaka ob gozdni cesti južno od Šuklerja edino svežo kamnino (vzorec št. PK-2, kemična analiza št. 98), *rogovačni andezit*. Ta leži med plastmi tufa, ki padajo proti jugu in so med sivimi ladinskimi apnenci. Struktura kamnine je porfirska. Vtrošnike tvorita sorazmerno svež andezin, ki je idiomorfen, po razpokah nadomeščen s kalcitom, in rogovača, ki je povsem nadomeščena s kloritom in kalcitom. Osnovo sestavljajo drobna, prepletajoča se zrna paličastih

Tabela 5. Niggli-jeve vrednosti al, fm, c, alk, si in magmatski parametri raziskanih triadnih predornin in iz njih računane skupinske vrednosti Q, L, M,  $\pi$ ,  $\gamma$ ,  $\mu$  za risanje trikotnikov QLM, KNaCa in MgFeCa. V tabeli so podane tudi matične magme vseh obravnavanih kamnin

Table 5. The Niggli-values al, fm, c, alk, si and magmatic parameters of investigated Triassic volcanic rocks and out off them calculated group values Q, L, M,  $\pi$ ,  $\gamma$ ,  $\mu$  for plotting of QLM, KNaCa and MgFeCa triangles. In table the parental magmas of all treated rocks are indicated

Številka analize Analysis number	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
	NIGGLI-jeve vrednosti, %						NIGGLI-values in %						
al	31.6	35.7	34.1	37.0	30.7	38.9	39.9	46.1	26.7	20.6	22.1	28.1	32.3
fm	29.3	23.4	23.3	23.3	24.4	16.5	21.0	14.2	32.0	36.9	34.3	34.3	27.2
c	19.8	8.8	5.6	6.6	25.4	13.5	9.4	3.0	25.6	35.1	31.3	22.8	24.6
alk	19.3	32.1	36.9	33.1	19.5	31.1	29.8	36.6	15.7	7.4	12.3	14.8	15.8
si	201	321	379	264	251	304	286	400	137	96	142	140	190
Magmatski parametri, odstotek ortoklaza v glinenicah in odstotek anortita v plagioklazih Magmatic parameters, orthoclase percent in feldspars and anorthite percent in plagioclases													
k	0.25	0.42	0.44	0.15	0.27	0.36	0.36	0.87	0.04	0.29	0.02	0.19	0.38
mg	0.24	0.25	0.13	0.29	0.40	0.35	0.39	0.15	0.52	0.51	0.43	0.48	0.52
ti	2.6	1.8	1.7	1.7	2.5	1.5	0.8	0.3	2.2	1.9	5.1	3.4	0.8
p	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c:fm	0.68	0.37	0.24	0.28	1.04	0.82	0.45	0.21	0.80	0.95	0.91	0.66	0.91
preseki Section	V	III	II	III	VI	V	IV	II	V	V	V	IV	V
qz	23	99	140	32	73	80	67	154	-26	-34	-8	-19	27
t	-7.5	-5.2	-8.4	-2.6	-14.2	-5.6	0.8	6.5	-14.5	-21.9	-21.6	-9.5	-8.1
w	0.75	0.47	0.26	0.53	0.48	0.55	0.54	0.95	0.40	0.36	0.41	0.42	0.42
h	31.4	28.1	26.3	2.4	26.3	32.4	25.8	13.1	27.7	21.1	19.2	30.0	41.6
ar, %	19	40	46	14	21	32	31	77	3	15	2	13	25
an, %	30	9	0	7	28	17	21	50	27	56	29	36	46
	Skupinske vrednosti						Section group values						
L	43.1	41.5	37.1	48.2	37.3	44.1	45.3	39.2	45.2	37.2	36.7	45.0	42.6
M	16.3	9.1	9.7	9.3	15.0	7.3	7.3	5.4	25.6	39.9	31.6	24.1	15.9
Q	40.6	49.4	53.2	42.4	47.7	48.5	47.4	55.4	29.2	22.9	31.8	30.9	41.5
$\pi$	0.24	0.05	0.00	0.06	0.22	0.11	0.14	0.04	0.26	0.47	0.28	0.31	0.34
$\gamma$	0.20	0.18	0.19	0.09	0.37	0.25	0.00	0.00	0.31	0.37	0.39	0.22	0.23
$\mu$	0.19	0.20	0.10	0.26	0.25	0.26	0.39	0.15	0.00	0.32	0.26	0.38	0.40

plagioklazov in zrn limonita, ki dajejo kamnini rdeče rjavo barvo. Po normativni mineralni sestavi je kamnina dacit (tabela 6).

Med triadnimi, delno metamorfiziranimi in dolomitenimi apnenci najdemo v kamnolomu jugojugovzhodno od kraja Puščava in vzhodno od tega kamnoloma ob Lamprehtovem potoku številne izdanke magmatskih kamnin. Že Dolar-Mantuanijeva (1938) je našla tu predornino, ki jo je imenovala rogovačni porfirit, Grobelškova (1959) pa kremenov porfirit. Ker nismo imeli na razpolago originalnih vzorcev, smo ponovno vzeli večje število vzorcev v kamnolomu in vzhodno od njega.

V triadnih apnencih smo našli v kamnolomu južno od kraja Puščava svež vzorec *dacita* (vzorec št. P-3, kemična analiza št. 99). Kamnina kaže jasno fluidalno teksturo in porfirsko strukturo. Med vtrošniki prevladuje oligoklaz-andezin in v manjši količini kremen, ki večkrat kaže značilne zajede. Biotit najdemo le med vtrošniki in je spremenjen v klorit. Vsa kamnina je posuta z drobnimi zrnci pirita, precej je tudi drobnih zrn magnetita. Osnova je delno prekristaljena in jo sestavljajo mikroliti glincev in rudnih mineralov. V temnih delih neprekristaljene osnove opazimo sledi tečenja, podolgaste mehurčke in podobno.

Po normativni mineralni sestavi je kamnina alkalni melanokratni anortoklazni liparit (tabela 6).

*Dacitni tuf* (vzorec št. P-8, kemična analiza št. 100) smo našli vzhodno od kamnoloma pri Prodnarju. Tekstura kamnine je tufska, struktura vitro- do kristaloklastična. V drobno mehurčasti prekristaljeni osnovi vidimo vtrošnike oligoklaz-andezina in kremen. Med femičnimi minerali se javlja kloritni biotit. V kamnini opazimo številne drobce prekristaljenega stekla, odlomljenih zrn plagioklazov in temno rjavega stekla. Po normativni mineralni sestavi je kamnina alkalni melanokratni anortoklazni liparit (tabela 6).

*Liparit* (vzorec št. P-9, kemična analiza št. 101) smo našli 300 m vzhodno od kamnoloma »Puščava« na levem bregu Lamprehtovega potoka. Kamnina kaže jasno fluidalno teksturo in porfirsko strukturo. Med vtrošniki prevladuje sanidin (tabla 1, sl. 1), ki vsebuje tu in tam vključke kremen. Kremen se javlja v samostojnih zrnih in v osnovi, med vtrošniki redko najdemo oligoklaz in kloritni biotit. Osnova je steklasta, rjavkasto obarvana. Akcesorni minerali so pirit, magnetit in zelo redko apatit. Po normativni sestavi je kamnina alkalni kalijev sanidinski liparit (tabela 6).

### Opis triadnih magmatskih kamnin iz Posavskih gub

Ponovno smo si ogledali območje med Črnelico in Velikim vrhom, Bohor in Rudnico, ker je bilo število kemičnih analiz na tem območju še premajhno za genetske zaključke, sploh pa še ni bilo nobenih spektralnih analiz.

Opis doslej raziskanih kamnin najdemo v delu Grafenauerja (1980). Na območju med Črnelico in Velikim vrhom se javljajo najrazličnejše predornine, med njimi prevladujejo zelo mafične kamnine. Omenimo naj, da smo imenovali bazalt z ofitno strukturo le bazalt, spilitni bazalt pa smo imenovali z izrazom spilit. S tem smo se izognili dvoumnemu izrazu diabaz, s katerim Amerikanci označujejo v glavnem žilnine z ofitno strukturo, Evropejci pa spilitni ali saussuritni bazalt.

*Avgitski bazalt* (vzorec št. S-1) smo našli jugovzhodno od cerkve v Svetini, zahodno od kmetije pri Seničarju. Kamnina je drobnozrnata ter ima enakomerno teksturo in porfirsko, subofitno strukturo. Je izrazito melanokratna, saj v njej prevladujejo zrna avgita. Ta zrna zavzemajo okrog 70 % celotne površine zbruska, kakih 10 % je plagioklazov, ostanek pripada s kloritom nadomeščenim mafičnim mineralom. Vmes so sledovi kremen. Po velikosti saličnih in mafičnih mineralov lahko sodimo, da je kamnina kristalila v dveh fazah. V večji globini so nastala večja zrna, v drugi fazi pa je v manjši globini kristalila drobnozrnata osnova, ki jo prav tako tvorijo letve plagioklazov in avgita.

Tabela 6. Rittmann-ovi (1973) magmatski parametri in iz njih računane skupinske vrednosti P, A, Q, F za risanje dvojnega trikotnika po Streckeisen-u (1967). Normativna mineralna sestava in ime triadnih predornin po Rittmann-u (1973) in njihov diferenciacijski indeks (TT) po Thornton-u in Tuttle-ju (Carmichael, Turner in Verhoogen 1974)

Table 6. Rittmann (1973) magmatic parameters and out off them calculated group values, P, A, Q, F for plotting of double triangle according to Streckeisen (1967). Normative mineral composition and name to Thornton and Tuttle (Carmichael, Turner and Verhoogen 1974)

Svevilka analize Analysis number	94	95	96	97	98	99	100
Normativna ime kamnine Normative rock name	Kremenov latiandezit Quartz latiandezite	Alkalni lipariti Alkalni liparite	Alkalni lipariti Alkalni liparite	Alkalni nat- rijevi kremenov trahit ali na- trijev lipariti Alkalni soda quartz-ira- chyte cf. soda liparite	- Daciti Dacite	Alkalni me- lanokrati anortoklazni lipariti Alkalni mela- anorthoclaze liparite	Alkalni mela- nokrati enor- klazni lipariti Alkalni mela- anorthoclaze liparite
O <sub>x</sub> °	0.74	0.47	0.26	0.52	0.48	0.54	0.53
T	11.23	17.66	16.55	14.60	11.45	23.55	44.00
σ	2.80	2.90	2.72	3.68	1.64	2.98	3.11
M	16.0	9.2	11.3	7.8	14.5	14.5	25.3
P	68.5				56.1		
A	18.0	73.3	69.3	88.2	14.4	73.7	72.6
Q	13.5	26.7	30.7	11.8	29.5	26.3	27.4
F							
x	79.1	0.0	0.0	0.0	79.6	0.0	0.0
y	13.5	26.7	30.7	11.8	29.5	26.3	27.4

Magmatski parametri in iz njih računane skupinske vrednosti, %  
Magmatic parameters and out off them calculated group values, %

Tabela 6. Nadaljevanje Table 6. Continued

	Normativna mineralna sestava, % Normative mineral composition, %						
Kremen Quartz	11.3	24.2	27.2	10.9	25.2	22.5	20.5
Sonidin	$\alpha_{55}^{ab} \alpha_{40}^{en} \alpha_{4}^{an}$	$\alpha_{40}^{ab} \alpha_{56}^{en} \alpha_{4}^{an}$	$\alpha_{49}^{ab} \alpha_{51}^{en}$		$\alpha_{79}^{ab} \alpha_{15}^{en} \alpha_{6}^{an}$		
Sonidine	15.2	60.1	61.5		12.3		
Anortoklaz		$\alpha_{19}^{ab} \alpha_{70}^{en} \alpha_{11}^{an}$		$\alpha_{14}^{ab} \alpha_{80}^{en} \alpha_{6}^{an}$		$\alpha_{34}^{ab} \alpha_{63}^{en} \alpha_{3}^{an}$	$\alpha_{27}^{ab} \alpha_{71}^{en} \alpha_{2}^{an}$
Anorthoclase		6.5		81.3		63.0	54.2
Labradorit	$\alpha_{9}^{ab} \alpha_{29}^{en} \alpha_{62}^{an}$				$\alpha_{7}^{ab} \alpha_{25}^{en} \alpha_{68}^{an}$		
Labradorite	57.5				48.0		
Egirinski avgit Aegirine augite			8.5				
Klinopirokseni Clinopyroxenes	7.1	4.2		2.4	0.6		
Hipersten Hypersthene	5.8			3.4	6.3		
Cossyrit			2.3				
Cosyrite							
Biotit		3.6				4.1	15.9
Biotite							
Ilmenit	0.9	0.3		0.5	0.9	0.3	
Ilmenite							
Magnetit	1.4	1.2		1.6	0.9	0.6	0.6
Magnetite							
Cardierit						5.5	5.8
Cardierite							
Apofit	0.2					0.1	
Apoite							
Kalcit	0.6		0.6		5.9	4.0	3.0
Calcite							
	Diferenciacijski indeks TT, % Differentiation index, %						
	26.5	90.8	88.7	92.2	37.5	85.5	74.7

Tabela 6. Nadaljevanje Table 6. Continued

Številka analize Analysis number	101	102	103	104	105	106
Normativno ime kamnine Normative rock name	Alkalni K sanidinski liparit Alkali K sanidine liparite	Olivinov havajit Olivine hawaiiite	Melanokrati latinski ande- zit Melalorian- desite	Kremen vse- bujoči ha- vajit Quartz bearing hawaiiite	Havajit Hawaiiite	Kremenov la- titni andezit Quartz latiandesite
	Magmatski parametri in iz njih računane skupinske vrednosti, % Magmatic parameters and out off them calculated group values, %					
Ox <sup>0</sup>	0.95	0.39	0.36	0.40	0.42	0.41
T	164.13	10.12	11.70	3.71	7.75	41.33
σ	3.38	5.21	-7.48	2.40	4.65	2.38
M	7.9	24.1	39.2	35.3	22.8	20.6
P		100.0	87.5	96.9	90.6	60.5
A	68.8		12.5		9.4	20.1
Q	31.2			3.1		19.4
F						
x	0.0	100.0	87.5	100.0	90.6	75.0
y	31.2	0.0	0.0	3.1	0.0	19.4
	Normativna mineralna sestava, % Normative mineral composition, %					
Kremen Quartz	28.7			2.0		15.4
Sanidin	or <sub>84</sub> <sup>ab,an</sup> 63.4		or <sub>66</sub> <sup>ab,an</sup> 7.6		or <sub>56</sub> <sup>ab,an</sup> 7.3	or <sub>66</sub> <sup>ab,an</sup> 16.0

## Legenda k tab. 6

Ox<sup>0</sup> — stopnja oksidacije kamnine, ki je definirana z enačbo

$$Ox^0 = Fe^{2+}/(Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn)$$

τ — vrednost, ki dovoljuje ločenje visoko aluminjskih bazaltov (med 10 in 30) od tipičnih tholeitov (med 4 in 8) in razlikovanje pravih andezitov (nad 10) od alkalnih andezitov, havajitov. Vrednost je podana z enačbo

$$\tau = (Al_2O_3 - Na_2O)/TiO_2$$
σ — serijska vrednost, podana z enačbo  $\sigma = (K_2O + Na_2O)^2/(SiO_2 - 43)$ 

Q — minerali kremenice (predvsem kremen); A — alkalni glinenici in albit; P — plagioklaz (nad 5% an); F — foidi; M — mafični minerali; x, y — koordinate, s katerimi določimo ime kamnini v diagramu Streckeisen (1967)

TT — diferencijski indeks po Thornton in Tuttleju (Carmichael, Turner in Verhoogen, 1974; Yoder, 1979), ki predstavlja vsoto vseh normativnih felzičnih mineralov (Q + Or + Ab + Ne + Kp + Lc)

Oligoklaz					
Oligoclase					
Andezin	$\sigma_3^{ob,71} \sigma_n^{26}$ 75.9	$\sigma_1^{ob,71} \sigma_n^{28}$ 62.7	$\sigma_9^{ob,61} \sigma_n^{34}$ 69.9	$\sigma_{14}^{ob,40} \sigma_n^{46}$ 48.0	
Andesine					
Labradorit			$\sigma_6^{ob,39} \sigma_n^{33}$ 53.2		
Labradorite					
Avgit			1.6	9.6	10.6
Avgite					
Titanski avgit					
Titanavgite				32.7	
Diopsid	4.3				
Diopside					
Hipersten	3.9		12.1	3.0	
Hyperssthene					
Olivin	5.8		6.1	5.1	
Olivine					
Biot		1.6			8.7
Biotite					
Ilmenit				1.7	
Ilmenite	1.2		1.3	1.3	
Magnetit					1.2
Magnetite	1.2		1.3	1.3	
Cordierit					
Cordierite	5.8				
Kalcit	7.7		16.8	2.0	
Calcite					
Diferenciacijski indeks, %					Diferentiation index, %
92.1					31.4
0.0					7.3
7.6					2.0

Explanation of tab. 6

Ox<sup>o</sup> — oxydation degree of rock, defined by equation

$$\text{Ox}^o = \text{Fe}^{3+} / (\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn})$$

$\tau$  — value, which defines the distinction between high alumina basalts (10–30) and typical tholeiites (4–8) and distinction between true andesite (more than 10) and alkalic andesites (hawaiiite),  $\tau = (\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}) / \text{TiO}_2$

$\sigma$  — serial value defined with equation  $\sigma = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})^2 / (\text{SiO}_2 - 43)$

Q — SiO<sub>2</sub> minerals (mainly quartz); A — alkali feldspars and albite; P — plagioclase (more than 5 % an); F — foids; M — mafic minerals; x, y — coordinates, which define the rock name in the Streckeisens (1967) diagram

TT — differentiation index after Thornton and Tuttle (Carmichael, Turner and Verhoogen, 1974; Yoder, 1979), which signifies the sum of all normative felsic minerals (Q + Or + Ab + Ne + Kp + Lc)

Vtrošniki svežih plagioklazov pripadajo bytownitu, spremenjeni pa vsebujejo okrog 47 do 55 % an. Poleg avgita redko opazimo hipersten.

*Spilit* najdemo jugozahodno od cerkve v Svetini pri Celju na poti pod Veliki vrh na višini 720 m (vzorec št. S-2a, kemična analiza št. 104) in v Ravnah pri Celju (vzorec št. S-3). Kamnina ima enakomerno teksturo in porfirsko ofitno strukturo. Vtrošniki plagioklazov so spremenjeni in vsebujejo okrog 23 do 39 % an. Letvice glincev vsebujejo včasih celo samo 0 do 20 % an, kar kaže na normalno izločanje plagioklazov iz taline, ki je postajala pri delnem kristaljenju vedno bolj alkalna. V kamnini najdemo tudi drobna zrnca pirta, epidot, kalcit in goethit. Med mafičnimi minerali se javlja avgit in redko hipersten. V kamnini opazujemo mandlje klorita (Tabla 1, sl. 2), ki včasih kažejo koncentrično strukturo. Klorit nadomešča tudi številna večja zrna piroksenov. V vzorcu št. S-3 smo našli poleg pirta v žilicah tudi sledi arzenopirta. Po podatkih normativne sestave je spilit vzorca št. S-2a kremen vsebujoči havajit (tabela 6).

*Spilit* (vzorec št. S-2) smo našli tudi jugozahodno od cerkve v Svetini pri Celju. Kamnina ima tufsko teksturo in intersertalno strukturo (Tabla 1, sl. 3). Letvice plagioklazov pripadajo sekundarnemu albitu. V osnovi opazujemo spremenjene vtrošnike plagioklazov, pa tudi manjša gnezda kremena. V kamnini prevladujejo kloriteni mafični minerali. V razpokah, ki sekajo kamnino, opazimo kalcit, epidot in pirit, v žilicah včasih tudi klorit.

*Dioritni porfirit* (vzorec št. S-3a, kemična analiza št. 105) smo našli ob potoku Kozarica pri Langerjevi peči, zahodno od Raven pri Celju. Kamnina je debelozrnata žilnina z doleritno strukturo.

Med letvami plagioklazov najdemo drobnejša zrna avgita. Poleg avgita opazujemo v kamnini še polja klorita. Izredno redka so večja zrna epidota, drobnozrnati pa nadomešča piroksene in plagioklaze. Kamnina vsebuje precej magnetita, manj pirta. Magnetit je delno oksidiral v goethit. Kamnina vsebuje tudi monokristalne do polikristalne drobce kalcita, ki so verjetno nastali pri vključevanju apnenca v talino. Do izliva magme je prišlo pod morsko gladino, kar dokazujejo blazinaste lave v potoku Kozarici zahodno od Raven. Po normativni sestavi je kamnina havajit (tabela 6).

*Spilit* (vzorec št. S-4) najdemo okrog 1,2 km jugozahodno od Črnoalice, južno od Lončarja na poti od Črnoalice proti Jurkloštru. Kamnina je izrazito melano-kratna in vsebuje malo pirta. Kaže intersertalno strukturo in homogeno, ponekod mandljasto teksturo. Letvice plagioklazov pripadajo oligoklazu, nekatere tudi albitu. Mandlje v kamnini sestavlja v glavnem kalcit, manj je v njih klorita. Od prvotnih mafičnih mineralov se je ohranilo le malo zrn in je njihov premer premajhen, da bi jih mogli podrobneje preiskati.

Predornine in njihovi tufi Rudnice, Bohorja in Orlice so po sestavi najbolj enotna skupina. Kot za vsa štajerska vulkanska območja velja tudi za to, da opazujemo mnogokratno menjavanje različnih vrst tufov, kar govori za številne plinske in lavine izbruhe. Mafični značaj in pojavljanje mandljev je v soglasju z globokomorskim razvojem dela ladinskih sedimentov. Med predorninami in tufi se namreč pojavljajo v vseh omenjenih območjih ploščasti apneneci z roženci. Glavna smer razvoja omenjenih sedimentov je prečno alpska. Na Bohorju najdemo med spiliti tudi vložke tufov, tufskih peščenjakov in vulkanskih breč.



*Spilit* (vzorec št. B-1, kemična analiza št. 102 in vzorec št. B-2) smo našli na severozahodnem pobočju Kamnega vrha. Kamnina je vložena med tufskimi, apnenčevimi in roženčevimi polami. Tekstura je mandljasta in struktura porfir-ska. Med vtrošniki opazimo plagioklaze, ki vsebujejo 26 do 32 % anortita in so dveh generacij. Manjša zrna vsebujejo okrog 20 % an, večja pa 32 % an. Vsa samostojna zrna plagioklazov so bolj ali manj sericitena (Tabla 2, sl. 1), v njih opazimo tudi epidot in klorit. Med vtrošniki opazimo ksenomorfnna zrna avgita, ki pa so navadno popolnoma nadomeščena s kloritom, epidotom in zoisitom, ponekod s kalcitom in zelenim pleohroičnim vlaknatim mineralom. Osnova je sorazmerno homogena, mikrokristalna in jo sestavljajo paličasta zrna albitenih plagioklazov in drobna zrna epidota. V kamnini se pojavljajo številni mandlji (Tabla 2, sl. 2), ki jih zapolnjujejo radialno žarkoviti klorit, redkeje kalcit in albit. Ob robovih nekaterih mandljev opazimo pirit v drobnih kockastih kristalih. Med osnovo zasledimo redka zrna magnetita. V sledih so v kamnini sekundarna zrna kremenca, ki nastopa tudi v žilicah skupaj s kloritom (Tabla 2, sl. 3, Tabla 3, sl. 1). Po normativni sestavi je kamnina olivinov havajit.

V *spilitu* (vzorec št. B-6, kemična analiza št. 103) iz Tajflovega grabna na višini 530 m na severnem pobočju Malega Koprivnika smo našli poleg močno spremenjenih zrn plagioklazov in avgita tudi granat (Tabla 3, sl. 2 in sl. 3). Kamnina je bila torej podvržena nekoliko višji stopnji metamorfoze. Osnova je skoraj povsem nadomeščena z dolgovlaknatim kloritom, ki ga nadomešča kristalni kalcit. Redki ostanki glincev so ohranili le konture zrn. Zrna epidota v osnovi so bila nataljena, so okrogla in imajo radialno žarkovito strukturo. V sledih se javlja granat v okroglih brezbarvnih zrnih. Nekatera zrna granata so resorbirana, druga so zrasla na epidotu. Avgit je v nasprotju s plagioklazom svež, a močno razpokan in resorbiran. Med osnovo so tudi zaobljeni mandlji s kloritom, nekateri pa vključujejo granat, kalcedon in epidot. Vzorec je po normativni sestavi melanokratni latitni andezit (tabela 6).

*Spilitni tuf* najdemo vzhodno (vzorec št. B-3) in jugozahodno (vzorec št. B-4) od Kamnega vrha. Zrna in drobci kamnin so neenakomerno razpršeni. Deli kamnine sestojte pretežno iz drobcev predornine. Plagioklazi so albiteni, avgit spremenjen v klorit in epidot. Razvrstitev klorita in delno epidota v osnovi ustvarja fluidalno teksturo. V kamnini opazimo številne mandlje, ki imajo značilno strukturo. V sredini je klorit v vlaknih, radialno žarkovito razvrščen, proti obodu pa so vlakna mikrokristalna ali pa podolgovata z vlakni vzporedno stenam mandlja. Med predorninami in tufi na Rudnici najdemo le avgitne andezite in v epimagmatski fazi albitene in kloritene andezite.

*Sericiteni in kloriteni andezit* smo našli na gozdni poti, severno od gradu pri Podčetrtku (vzorec št. R-7), in na isti poti okrog 200 m naprej zahodno od Gastroža (vzorec št. R-9, kemična analiza št. 106). Kamnina tvori vložek med tufi različnih struktur. Kamnina kaže homogeno teksturo in porfirsko strukturo. Med vtrošniki opazimo sericitene plagioklaze, ki pripadajo oligoklazu. Nekatera zrna plagioklazov so tudi močno kloritena.

Vtrošniki piroksena so prav tako idiomorfni kot vtrošniki plagioklazov, nadomeščeni so s kloritom, delno dolomitom. Osnova je mikrokristalna, dokaj homogena. V njej prevladujeta klorit in sericit, precej na gosto so v njej razpršena drobna zrna goethita; manj je epidota v drobnih zrnih. Mestoma se pojavlja v osnovi kalcit. Kamnina vključuje tu in tam tudi litične drobce, ki jih

je magma vključila že na svoji poti. Po normativni sestavi je kamnina (vzorec št. R-9) kremenov latitni andezit (tabela 6).

Na številnih mestih smo našli *kristaloklastični do litoklastični andezitni tuf*, zlasti nad gozdno cesto, ki pelje proti severu od Podčetrka proti Sodni vasi. Tekstura kamnine je tufska. Tako osnova kot tudi nekateri razpotegnjeni drobcji kamnin, ki sledo smeri tečenja, kažejo izrazito fluidalno teksturo (vzorec št. R-12). Kristalna zrna pripadajo pretežno oligoklazu, ki je močno spremenjen, v manjši meri kremenu in kalcitu. Pirokseni, ki jih je sorazmerno malo, so povsem kloriteni. Drobci porfirske kamnine v tufu so tako spremenjeni, da so meje med njimi in osnovo pogosto zabrisane. Tufi včasih prehajajo v tufske peščenjake in tufite, ki so pogosto močno piriteni in limoniteni in se z njimi menjajo. Tufi in tufiti se menjajo s triadnimi lapornimi skrilavci, ploščastimi apnenci in dolomiti. Čas izbruhov lahko postavljamo po vsem opisanem v ladin.

### Seznam analiz kamnin v tabelah in slikah

#### List of rocks analyses in tables and figures

Pri vseh kamninah bomo navedli njihovo ime na podlagi mikroskopskega pregleda vzorcev, v oklepaju pa normativno ime po Rittmannu (1973).

1. Spremenjeni avgitni andezit (olivinov andezit) s spodnjega grebena Lom—Plešivec—Kranjska reber, pod Sovinjo pečjo, analiza vzorca št. 178/3833 (Hinterlechner-Ravnik, 1959 a)  
Altered augite andesite (olivine andesite) from the lower ridge Lom—Plešivec—Kranjska reber, below the Sovinja peč, analysis of sample No. 178/3833 (Hinterlechner-Ravnik, 1959 a)
2. Spilitni bazalt (olivinov andezit s foidi s Traticke južno od Črnoice pri Šentjurju, analiza vzorca št. CL-67 (Germovšek, 1959)  
Spilitic basalt (olivine andesite with foids) from Tratica south of Črnoica near Šentjur, analysis of sample No. CL-67 (Germovšek, 1959)
5. Spremenjeni andezit (havajit) iz okolice Laškega, analiza vzorca št. 4 a (Fanning, 1961 a)  
Altered andesite (hawaiite) from the environs of Laško, analysis of sample No. 4 a (Fanning, 1961 a)
6. Spilitni bazalt (olivinov havajit) z Velikega vrha, severovzhodno od Laškega, analiza vzorca št. CL-8 (Germovšek, 1959)  
Spilitized basalt (olivine hawaiite) from Veliki vrh, northeast of Laško, analysis of sample No. CL-8 (Germovšek, 1959)
7. Spremenjeni avgitni andezit (havajit) iz okolice Laškega, analiza vzorca št. 8 (Fanning, 1961 a)  
Altered augite andesite (hawaiite) from the environs of Laško, analysis of sample No. 8 (Fanning, 1961 a)
9. Spremenjeni andezit (tholeitni bazalt) s spodnjega dela grebena Lom—Plešivec—Kranjska reber, pod Sovinjo pečjo, analiza vzorca št. 178 (Hinterlechner-Ravnik, 1959 a)  
Altered andesite (tholeitic basalt) from the lower part of the ridge Lom—Plešivec—Kranjska reber, below the Sovinja peč, analysis of sample No. 178 (Hinterlechner-Ravnik, 1959 a)

10. Spilit (andezit) z Bohorja, analiza vzorca št. 9 b (Hinterlechner-Ravnik, 1959 b)  
Spilite (andesite) from Bohor, analysis of sample No. 9 b (Hinterlechner-Ravnik, 1959 b)
11. Spremenjeni avgitski albitski andezit (levkokratni andezit) s severnega pobočja Velikega Koprivnika na Bohorju, analiza vzorca št. Bo-128 a (Germovšek, 1959)  
Altered augite albite andesite (leucocratic andesite) from the northern slope of Veliki Koprivnik on Bohor, analysis No. Bo-128 a (Germovšek, 1959)
12. Spilit (nefelinov levkokratni tefrit) z Rudnice nad Podčetrtkom, analiza vzorca Ol-28 (Germovšek, 1959)  
Spilite (nepheline leucocratic tephrite) from Rudnica above Podčetrtek, analysis of sample No. Ol-28 (Germovšek, 1959)
14. Spremenjeni kremenov andezit (melanokratni dacit) iz Kokrškega kamnoloma, analiza vzorca št. 2 (Fanning, 1961 a)  
Altered quartz andesite (melanocratic dacite) from the Kokra quarry, analysis of sample No. 2 (Fanning, 1961 a)
15. Spremenjeni kremenov andezit (kremenov levkokratni andezit) s Štularjeve planine v Kamniških Alpah (Fanning, 1961 a)  
Altered quartz andesite (quartz leucocratic andesite) from the Štularjeva planina in Kamnik Alpe (Fanning, 1961 a)
17. Albiteni kremenov andezit (alkalni natrijev melanokratni liparit) iz Kokrškega kamnoloma, analiza vzorca št. 3 (Fanning, 1961 b)  
Albitized quartz andesite (alkali sodium melanocratic liparite) from the Kokra quarry, analysis of sample No. 3 (Fanning, 1961 b)
18. Spremenjeni kalijev kremenov trahit (alkalni kalijev kremenov trahit) iz Raven pri Tuhinju (Germovšek, 1959)  
Altered potassium quartz trachyte (alkali potassium quartz trachyte) from Ravne near Tuhinj (Germovšek, 1959)
20. Albiteni kremenov trahit (alkalni kremenov trahit) iz Klavževega jarka pri Veliki Pirešici, analiza vzorca št. V-64/2 (Germovšek, 1953)  
Albitized quartz trachyte (alkali quartz trachyte) from Klavžev jarek at Velika Pirešica, analysis of sample No. V-64/2 (Germovšek, 1953)
21. Spremenjeni biotitov kremenov trahandezit (biotitov liparit) z Dobroveljske planote, severovzhodno od Nazarij, analiza vzorca št. SD-25 (Germovšek, 1959)  
Altered biotite quartz trachyandesite (biotite liparite) from Dobroveljska planota, NE of Nazarje, analysis of sample No. SD-25 (Germovšek, 1959)
22. Spremenjeni kremenov biotitni andezit (cordieritov hiperstenov melanokratni liparit) iz Kokrškega kamnoloma, analiza vzorca št. 4 (Fanning, 1961 a)  
Altered quartz biotite andesite (cordierite hypersthene melanocratic liparite) from the Kokra quarry, analysis of sample No. 4 (Fanning, 1961 a)
23. Spremenjeni albitni liparit (melanokratni liparit) južno od Bočne pri Gornjem gradu, analiza vzorca št. SD-1 (Germovšek, 1959)

- Altered albite liparite (melanocratic liparite) from Bočna at Gornji grad, analysis of sample No. SD-1 (Germovšek, 1959)
24. Spremenjeni dacit (levkokratni plagiodacit) 500 m zahodno od sedla Črnivec (Hinterlechner-Ravnik, 1959 a)  
Altered dacite (leucocratic plagiodacite) 500 m W from the Črnivec pass (Hinterlechner-Ravnik, 1959 a)
30. Spremenjeni kalijev alkalni liparit (alkalni kalijev sanidinov liparit) s Kališkega plazu, nad dolino Črne pri Kamniku (Germovšek, 1959)  
Altered potassium alkali liparite (alkali potassium sanidine liparite) from Kališki plaz, above the Crna valley near Kamnik (Germovšek, 1959)
31. Spremenjeni albitiski liparit (liparit) južno od Bočne, vzhodno od Gornjega grada, analiza vzorca št. SD-6 (Germovšek, 1959)  
Altered albite liparite (liparite) S from Bočna, E of Gornji grad, analysis of sample No. SD-6 (Germovšek, 1959)
34. Spremenjeni liparit (liparit) iz Hudega potoka pri Šmartnem ob Paki, analiza vzorca št. SD-35 (Germovšek, 1959)  
Altered liparite (liparite) from Hudi potok at Šmartno ob Paki, analysis of sample No. SD-35 (Germovšek, 1959)
39. Spremenjeni dacit (alkalni sanidinov melanokratni liparit) iz okolice Laškega, analiza vzorca št. E<sub>1</sub> (Fanning, 1961 a)  
Altered dacite (alkali sanidine melanocratic liparite) from the environs of Laško, analysis of sample No. E<sub>1</sub> (Fanning, 1961 a)
42. Spremenjeni dacit (alkalni sanidinov muskovitni melanokratni liparit) iz okolice Laškega, analiza vzorca št. 1 (Fanning, 1961 a)  
Altered dacite (alkali sanidine muscovite melanocratic liparite) from the environs of Laško, analysis of sample No. 1 (Fanning, 1961 a)
43. Spremenjeni biotitov albitni liparit (alkalni sanidinov muskovitni melanokratni liparit) iz Dobroveljske planote, analiza vzorca št. SD-29 (Germovšek, 1959)  
Altered biotite albite liparite (alkali sanidine muscovite melanocratic liparite) from Dobroveljska planota, analysis of sample No. SD-29 (Germovšek, 1959)
44. Spremenjeni dacit (natrijev alkalni anortoklazni liparit) iz Dedkovega kamnoloma v dolini Kamniške Bistrice (Fanning, 1961 a)  
Altered dacite (sodium alkali anorthoclase liparite) from the Dedek-quarry in the Kamniška Bistrica valley (Fanning, 1961 a)
45. Spremenjeni dacit (albitni levkokratni plagiodacit) iz Tohantovega kamnoloma pri Veliki Pirešici, analiza vzorca št. V-91c (Germovšek, 1953)  
Altered dacite (albite leucocratic plagiodacite) from the Tohant quarry at Velika Pirešica, analysis of sample No. V-91c (Germovšek, 1953)
46. Spremenjeni alkalni albitiski liparit (alkalni sanidinov egrirsko-augitni liparit) iz okolice Laškega, analiza vzorca št. LZ (Drasche, 1873)  
Altered alkali albite liparite (alkali sanidine aegirine-augite liparite) from the environs of Laško, analysis of sample No. LZ (Drasche, 1873)
48. Spremenjeni dacit (natrijev anortoklazov sillimanitov liparit) izpod Kamniškega vrha, nad kmetijo Slevo (Fanning, 1961 a)  
Altered dacite (sodium anorthoclase cordierite sillimanite liparite) from below of Kamniški vrh, above the Slevo farm (Fanning, 1961 a)

50. Spremenjeni albitski liparit (sanidinov liparit) iz okolice Laškega, analiza vzorca št. LR (D r a s c h e, 1873)  
Altered albite liparite (sanidine liparite) from the environs of Laško, analysis of sample No. LR (D r a s c h e, 1873)
52. Spremenjeni kremenov andezit (dacit) iz kamnoloma na poti Sv. Lovrenc na Pohorju—Ruše, jugojugovzhodno od kraja Puščava, analiza vzorca št. V 13 (G r o b e l š e k, 1959)  
Altered quartz andesite (dacite) from the quarry at the road Lovrenc na Pohorju—Ruše, SSE from the village Puščava, analysis of sample No. V 13 (G r o b e l š e k, 1959)
56. Spilit (levkokratni tefrit) z Bohorja, analiza vzorca št. 43 (O c e p e k, 1955)  
Spilite (leucocratic tephrite) from Bohor, analysis of sample No. 43 (O c e p e k, 1955)
94. Spremenjeni biotitov andezit (kremenov latiandezit) iz doline Slap na Jezerskem, analiza vzorca št. J-1  
Altered biotite andesite (quartz latiandesite) from the Slap valley on Jezersko, analysis of sample No. J-1
95. Spremenjeni biotitov dacit (alkalni liparit) iz Slavčevega kamnoloma pri Jezerskem, analiza vzorca št. J-2  
Altered biotite dacite (alkali liparite) from the Slavec quarry near Jezersko, analysis of sample No. J-2
96. Spremenjeni biotitov kremenov dacit (alkalni liparit) iz Malega grabna na Jezerskem, analiza vzorca št. J-4  
Altered biotite quartz dacite (alkali liparite) from Mali graben on Jezersko, analysis of sample No. J-4
97. Spremenjeni dacit (alkalni natrijev liparit) s severnega dela Štularjeve planine, analiza vzorca št. J-7  
Altered dacite (alkali sodium liparite) from the northern part of Štularjeva planina, analysis of sample No. J-7
98. Spremenjeni rogovačni andezit (dacit) s severnega dela Paškega Kozjaka, analiza vzorca št. PK-2  
Altered hornblende andesite (dacite) from the northern part of Paški Kozjak, analysis of sample No. PK-2
99. Spremenjeni dacit (alkalni melanokratni anortoklazni liparit) iz kamnoloma na poti Sv. Lovrenc na Pohorju—Ruše, južno od kraja Puščava, analiza vzorca št. P-3  
Altered dacite (alkali melanocratic anorthoclase liparite) from the quarry on the road Lovrenc na Pohorju—Ruše, S from the Puščava village, analysis of sample No. P-3
100. Dacitni tuf (alkalni melanokratni anortoklazni liparit), 200 m vzhodno od kamnoloma »Puščava«, pri Prodnarju, analiza vzorca št. P-8  
Dacitic tuff (alkali melanocratic anorthoclase liparite), 200 m E from the "Puščava" quarry, at Prodnar, analysis of sample No. P-8
101. Spremenjeni liparit (alkalni kalijev sanidinov liparit), 300 m vzhodno od kamnoloma »Puščava«, na levem bregu Lamprehtovega potoka, analiza vzorca št. P-9  
Altered liparite (alkali potassium sanidine liparite), 300 m E from the quarry "Puščava", on the left bank of Lamprehtovega potoka, analysis of sample No. P-9

- Altered liparite (alkali potassium sanidine liparite), 300 m E from the "Puščava" quarry, on the left bank of the Lamprecht creek, analysis of sample No. P-9
102. Spilit (olivinov havajit) s severozahodnega pobočja Kamnega vrha, analiza vzorca št. B-1  
Spilite (olivine hawaiiite) from the northeastern slope of Kamni vrh, analysis of sample No. B-1
103. Spilit (melanokratni latitni andezit) iz Tajfelovega grabna, analiza vzorca B-6  
Spilite (melanocratic latianandesite) from the Tajfel gulch, analysis of sample No. B-6
104. Spilit (kremen vsebujoči havajit), JJZ od cerkve v Svetini pri Celju, na poti pod Veliki vrh, analiza vzorca št. S-2a  
Spilite (quartz-bearing hawaiiite), SSW from the church in Svetina near Celje, analysis of sample No. S-2a
105. Dioritni porfirit (havajit) iz potoka Kozarica, zahodno od Raven pri Celju, analiza vzorca št. S-3a  
Diorite porphyrite (hawaiiite) from the Kozarica river, W from Ravne near Celje, analysis of sample No. S-3a
106. Sericiteni in kloriteni andezit (kremenov latitni andezit), 850 m severno od cerkve v Podčetrtku, analiza vzorca št. R-9  
Sericitized and chloritized andesite (quartz latianandesite), 850 m N from the church in Podčetrtek, analysis of sample No. R-9

Kemične analize kamnin (od tekočih števil 94 do 106) je opravila prof. dr. Vera Djordjević (laboratorij za petrologijo rudarsko-geološke fakultete v Beogradu). Spektralno kemične analize istih vzorcev je opravil prof. dr. Zoran Maksimović (laboratorij za geokemične preiskave rudarsko-geološke fakultete v Beogradu).

V tabelah 3 in 4 vidimo, da vsebujejo kamnine sledne prvine v običajnih clarkih; nenavadno bogate z barijem in stroncijem so dicitne kamnine (št. 99 in 100) iz kamnoloma pri Puščavi, kjer smo opazili, da je kamnina povsod tudi bolj ali manj obogatena s piritom. Skoraj vse kamnine so neobičajno bogate s svincem, posebej še kamnine iz kamnoloma pri Puščavi, iz Bohorja in Rudnice (št. 100 in 101 iz kamnoloma pri Puščavi, št. 102 z Bohorja, št. 105 iz potoka Kozarica in št. 106 z Rudnice). Nenavadno bogata s cinkom sta vzorec št. 94 iz doline Slap na Jezerskem in vzorec št. 96 iz Malega grabna prav tam.

V tabelah 3 in 4 smo razvrstili triadne magmatske kamnine z naraščanjem Larsenove funkcije  $f = (1/3 \text{ Si} + \text{K}) - (\text{Ca} + \text{Mg})$ . Ta funkcija določa položaj kamnine v diferenciacijskem zaporedju (Nockolds in Allen, 1953)

### Klasifikacija in variacija magmatskih kamnin

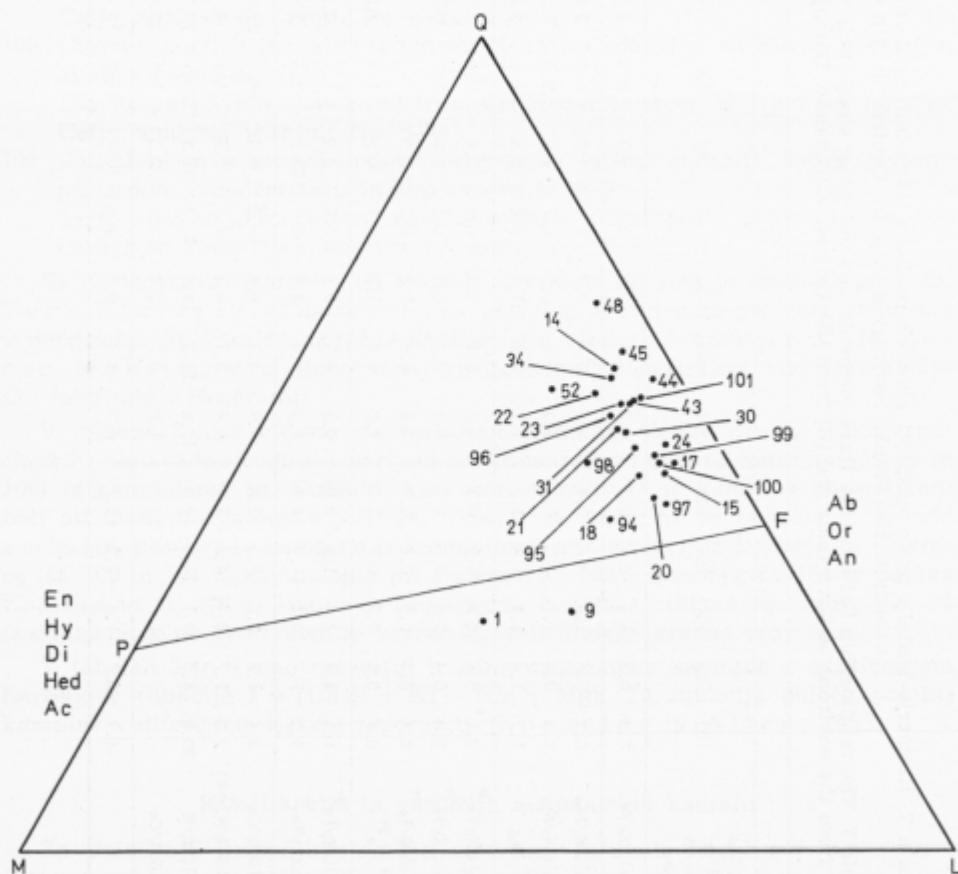
Za določanje imena kamnin je potrebno računati Nigglijeve parametre, Rittmannovo katanormo, razmerja med posameznimi glavnimi in slednimi prvimi v kamninah in številna medsebojna razmerja med posameznimi minerali.

V tabeli 5 navajamo Nigglijeve parametre. Računali smo po navodilih Burri-ja (1959). V tabelah 5 in 6 navajamo vrednosti le za kamnine, ki smo jih



raziskovali v okviru naloge v letih 1981 in 1982, ostale vrednosti, ki smo jih uporabljali tudi za risanje diagramov, so v monografiji Grafenauer-ja (1980).

Parametre, normativno ime in normativno mineralno sestavo raziskovanih kamnin po Rittmannu (1973) navajamo v tabeli 6, razmerje slednih in manj pogostih prvin proti glavnim prvinam pa v tabeli 7. Na podlagi podatkov Nigglijevih parametrov tabele 5, dopoljenih s podatki prej omenjenega dela (Grafenauer, 1980), dajemo na sliki 1 porazdelitev predornin vzhodnih Karavank in Savinjskih Alp v trikotniku QLM, na sliki 2 pa isto porazdelitev kamnin v Posavskih gubah. Vidimo, da so predornine iz Posavskih gub bistveno bolj revne s kremenico od predornin vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp. Le olivinov andezit in tholeitni bazalt (št. 1 in 9) s Kranjske rebri ne vsebujeta kremenca, vse ostale kamnine v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah pa so bogate s kremenom in sorazmerno revne z mafičnimi



Sl. 1. Porazdelitev triadnih predornin v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah v trikotniku QLM

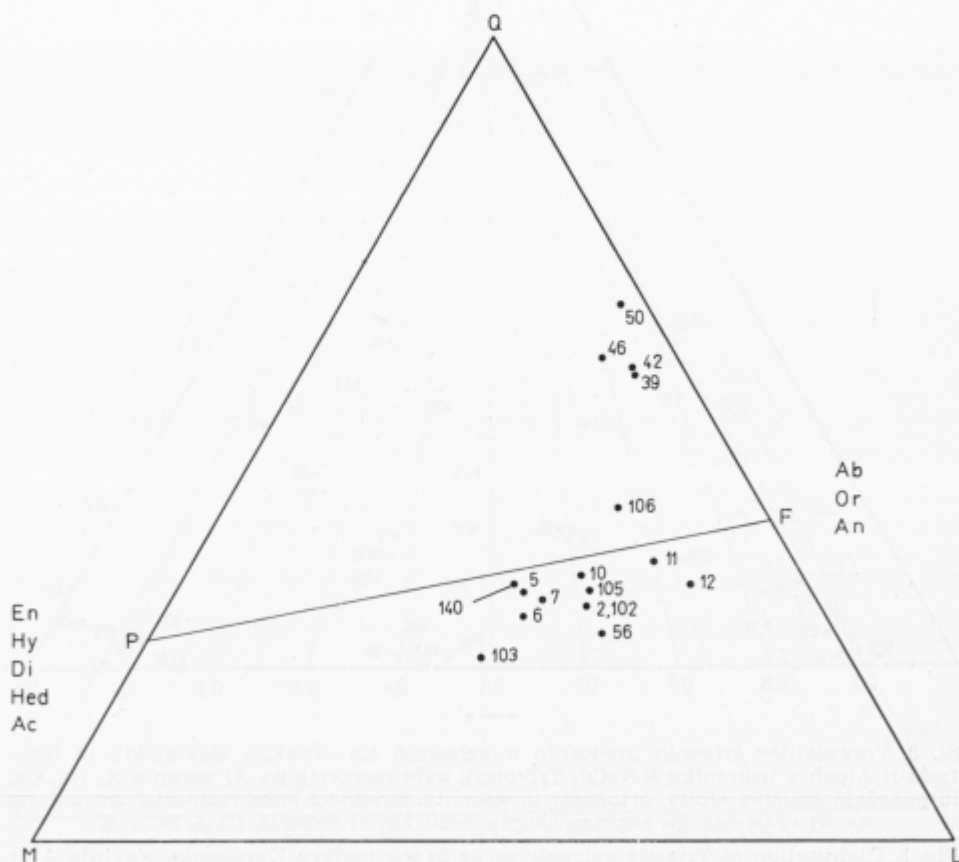
Fig. 1. Distribution of Triassic volcanic rocks in the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps in the QLM triangle



minerali. Skoraj vse projekcijske točke predornin vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp leže namreč nad veznico P-F in blizu stranici Q-L trikotnika.

Kamnine iz kamnoloma v Puščavi se lepo skladajo po svojem položaju z vzhodnokaravanškimi predorninami. Daciti iz Trobelj, Legna, Trbonj, Vuze-nice, Bolfenka in Leš, ki jih opisuje F a n i n g e r (1970), se razlikujejo po svojem položaju od kamnin v Puščavi, približujejo se le delno dacitu št. 52, ki ga je opisovala G r o b e l š k o v a (1959). Sicer pa smo si primerjavo teh kamnin z drugimi predorninami v okolici Pohorja, ki pripadajo tonalitnim diferenciatom, prihranili za eno naslednjih razprav.

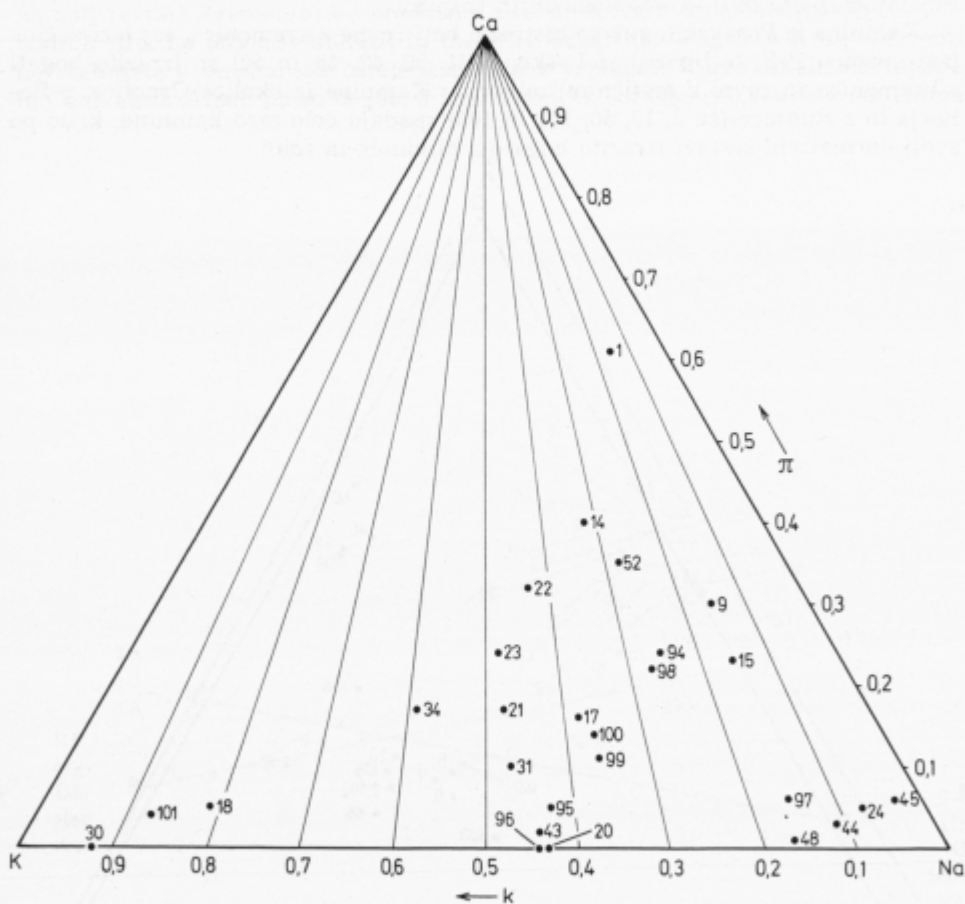
Kamnine iz Posavskih gub so bistveno bolj revne s kremenico, saj leži večina pod veznico P-F, le lipariti iz Laškega (št. 39, 42, 46 in 50) so izrazito bogati s kremenico in revni z mafičnimi minerali. Kamnine iz okolice Črnoalice, z Bohorja in z Rudnice (št. 2, 12, 56, 102 in 103) spadajo celo med kamnine, ki so po svoji normativni sestavi izrazito bogate z olivinom in foidi.



Sl. 2. Porazdelitev triadnih predornin iz Posavskih gub v trikotniku QLM

Fig. 2. Distribution of Triassic volcanic rocks in the Sava folds in the QLM triangle

Razporeditev točk v trikotniku KNaCa podajamo na slikah 3 in 4, v trikotniku MgFeCa pa na slikah 5 in 6. Ker so kamnine iz vseh območij približno nasičene s kremenico, kaže razmerje  $K : Na : Ca$  v baricentričnih trikotnikih razmerje  $or : ab : an$ . Vidimo, da so kamnine v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah v splošnem mnogo bogatejše s sanidinom in albitom od kamnin iz Posavskih gub. Le olivinov andezit (št. 1) iz Kranjske rebri je izrazito bogat z labradoritom, ki ga vsebuje celo nad 60 % (Grafenauer, 1980), v kamninah iz Posavskih gub pa so bogati s sanidinom lipariti iz okolice Laškega (št. 39, 42, 46 in 50). Kot vidimo v trikotnikih MgFeCa, so vse kamnine

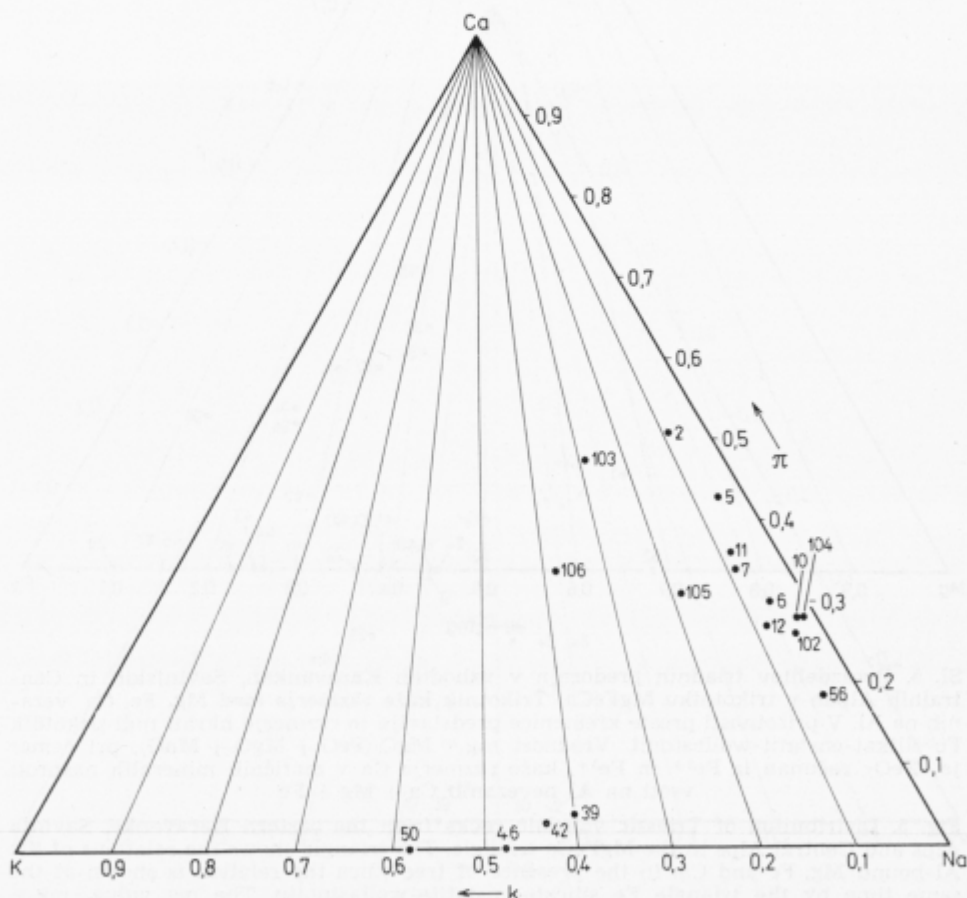


Sl. 3. Porazdelitev triadnih predornin v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah v trikotniku KNaCa. Trikotnik kaže razmerja na Al vezanih K, Na, Ca, ki pokažejo količine albita, ortoklaza in anortita. Vrednost kaže razmerje normativno na Al vezanega Ca napram skupni vsoti na Al vezanih Ca + Na + K

Fig. 3. Distribution of Triassic volcanic rocks in the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps in the KNaCa triangle. The triangle shows the relation of the Al-bound K, Na and Ca showing the amounts of albite, orthoclase and anorthite. The value shows the normatively Al-bound Ca against the total of Al-bound Ca + Na + K

bolj ali manj revne s kalcijem in leže ob veznici Mg-Fe. Nekoliko bogatejši s kalcijem so daciti in lipariti iz okolice Kranjske rebri in s Paškega Kozjaka (št. 24, 30, 98), zlasti pa nekateri lipariti (št. 46) iz okolice Laškega, iz kamnoloma pri Puščavi (št. 101), in havajiti ter latitni andeziti z Bohorja (št. 102, 103).

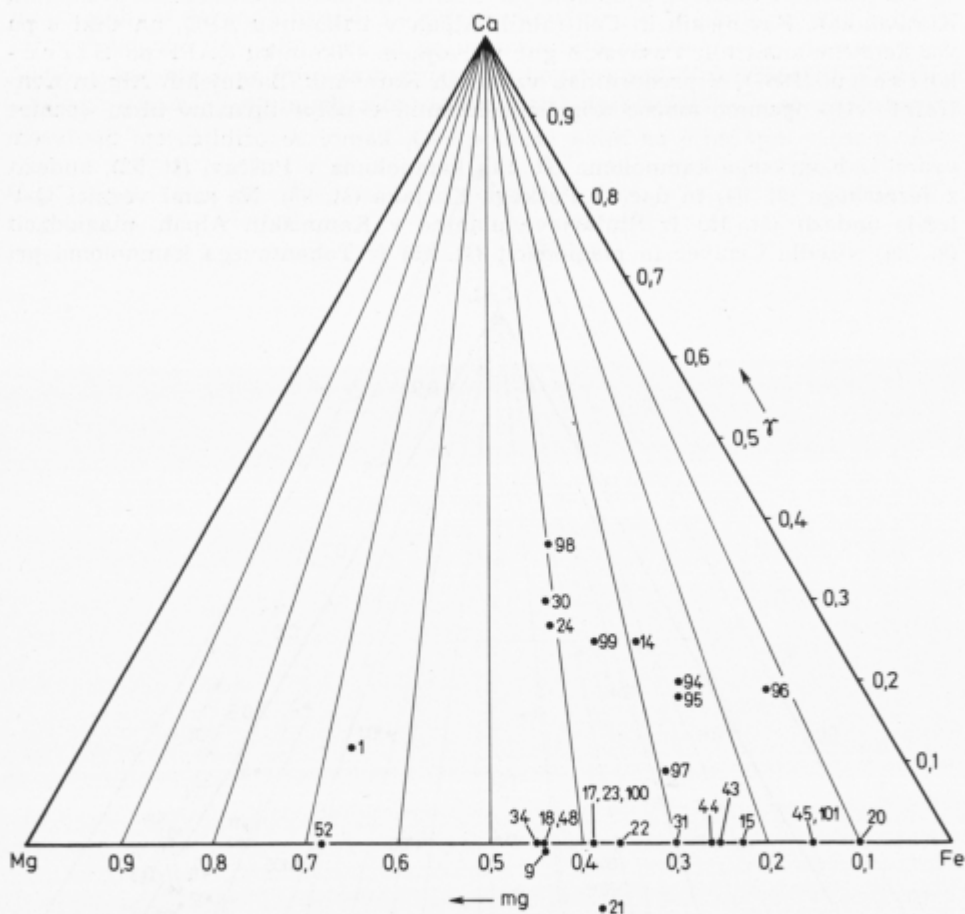
Po podatkih tabele 6 podajamo na sliki 7 vse kemične analize v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah v trikotniku APQ, na sliki 8 pa vse kemične analize iz Posavskih gub v dvojnem trikotniku QAPF po Streckeru (1967). V predorninah vzhodnih Karavank, Savinjskih Alp in Centralnih Alp opazimo močno kopičenje kamnin v polju liparitov blizu veznice Q-A, manjše kopičenje pa blizu veznice P-Q, kamor se približujejo predvsem vzorci iz Kokrškega kamnoloma (št. 14), kamnoloma v Puščavi (št. 52), andezit z Jezerskega (št. 94) in dacit s Paškega Kozjaka (št. 98). Na sami veznici Q-P ležijo andezit (št. 15) iz Stularjeve planine v Kamniških Alpah, plagiodacit (št. 24) s sedla Črnivec in plagiodacit (št. 45) iz Tohantovega kamnoloma pri



Sl. 4. Porazdelitev triadnih predornin iz Posavskih gub v trikotniku KNaCa

Fig. 4. Distribution of Triassic volcanic rocks in the Sava folds in the KNaCa triangle

Veliki Pirešci. Prav v vrhu P ležita olivinov andezit (št. 1) in tholeitni bazalt (št. 9) s Kranjske rebri. Kamnine iz Posavskih gub se kopičijo predvsem okrog vrha P, pri čemer naj opozorimo, da se vrhu F močno približuje nefelinov levkokratni tefrit (št. 12) z Bohorja. Lipariti iz okolice Laškega (št. 39, 42, 46

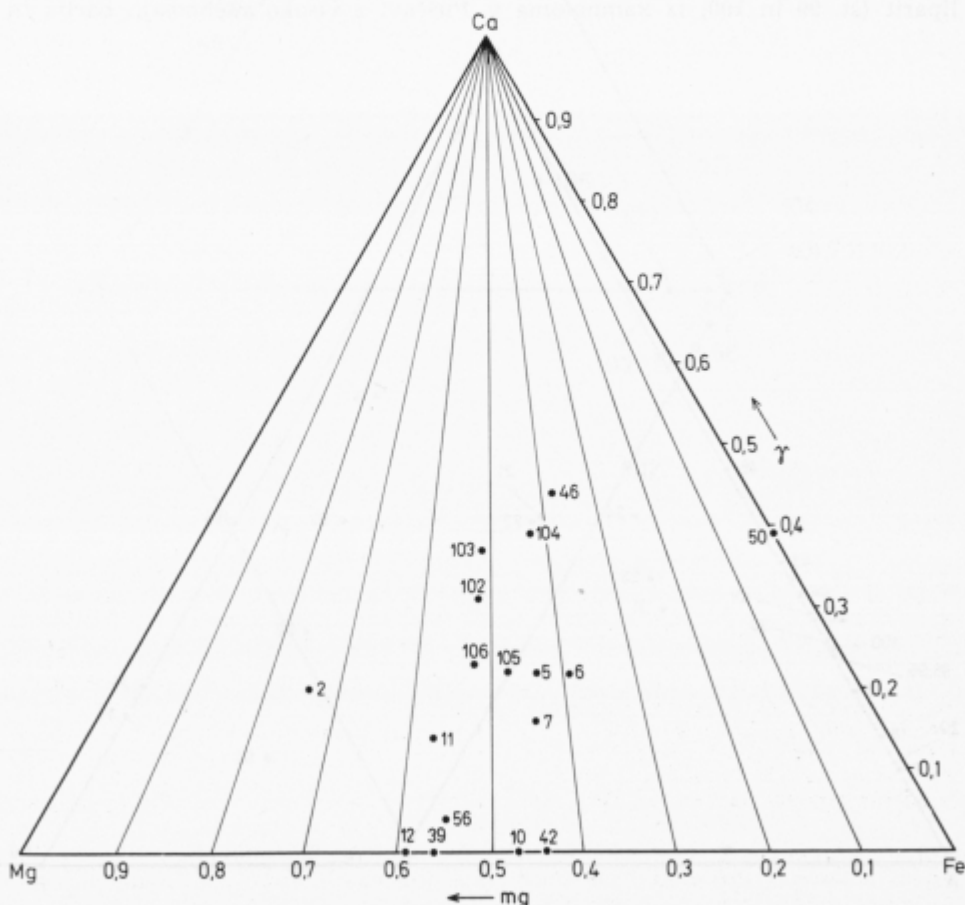


Sl. 5. Porazdelitev triadnih predornin v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah v trikotniku MgFeCa. Trikotnik kaže razmerja med Mg, Fe, Ca, vezanih na Al. V prisotnosti proste kremenice predstavlja to razmerje hkrati tudi trikotnik Fe silikat-enstatit-wollastonit. Vrednost  $mg = MgO / (FeO + MgO + MnO)$ , pri čemer je »FeO« računano iz  $Fe^{2+}$  in  $Fe^{3+}$ , kaže razmerje Ca v mafičnih mineralih nasproti vsoti na Al nevezanih Ca + Mg + Fe

Fig. 5. Distribution of Triassic volcanic rocks from the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps in the MgFeCa triangle. The triangle shows the relations of the Al-bound Mg, Fe and Ca. In the presence of free silica the relation is shown at the same time by the triangle Fe silicate-enstatite-wollastonite. The  $mg$  value,  $mg = Mg / (FeO + MgO + MnO)$ , in which the FeO is calculated from  $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$ , shows the relation of CaO in the mafic minerals against the total of not Al-bound Ca + Mg + Fe

in 50) ležijo na veznici A-P. Zanimivo je, da v obeh primerih ni prehodov ali pa diferenciacijsko naravnanih smeri.

Na sliki 9 vidimo analize kamnin iz vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp, na sliki 10 pa analize kamnin iz Posavskih gub v Gottini-Rittmannovem diagramu (Rittmann, 1973). Diagrama kažeta, da so vse kamnine v vzhodnih Karavankah in Savinjskih Alpah nastajale v orogenih razmerah. V kamninah iz Posavskih gub pa kaže sestava nekaterih kamnin iz okolice Laškega (št. 5, 6, 7) in iz Svetine pri Celju (št. 104), da so pri nastanku vladali anorogeni pogoji. V Savinjskih Alpah se pojavljajo alkalni derivati v Kranjski rebri (št. 9), v Ravnah pri Tuhinju (št. 18) in pri Veliki Pirešici (št. 20). V Posavskih gubah so alkalni derivati predvsem na Bohorju (št. 56, 102 in 103), pa tudi na Rudnici (št. 12) in pri Ravnah vzhodno od Laškega (št. 105). V Savinjskih Alpah prevladujejo med alkalnimi derivati kalijeve vrste (št. 18 in



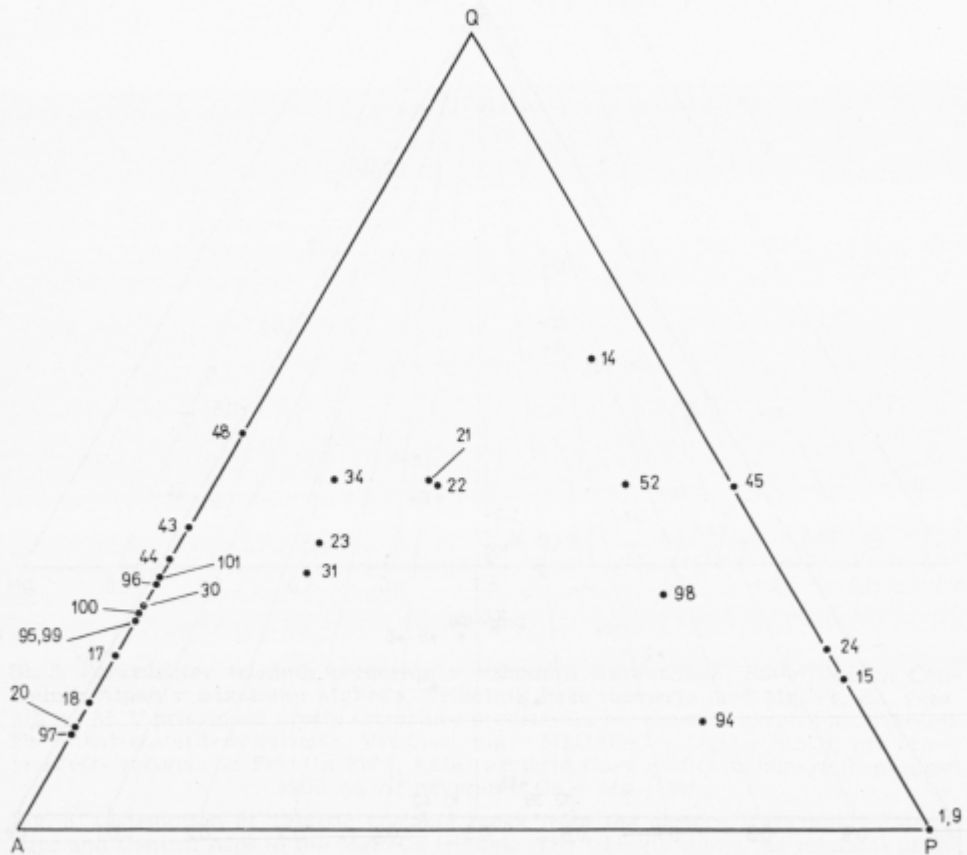
Sl. 6. Porazdelitev triadnih predornin v Posavskih gubah v trikotniku Mg—Fe—Ca

Fig. 6. Distribution of Triassic volcanic rocks in the Sava folds in the triangle Mg—Fe—Ca

20), kar govori za zvezo z vulkani orogenih pasov in otočnih lokov, tholeitni bazalt iz Kranjske rebri (št. 9) pa je natrijeva vrsta in govori za anorogene pogoje pri nastanku. Vse kamnine v polju C iz Posavskih gub pripadajo natrijevi vrsti in govore za nastanek v anorogenih pogojih (Rittmann, 1973).

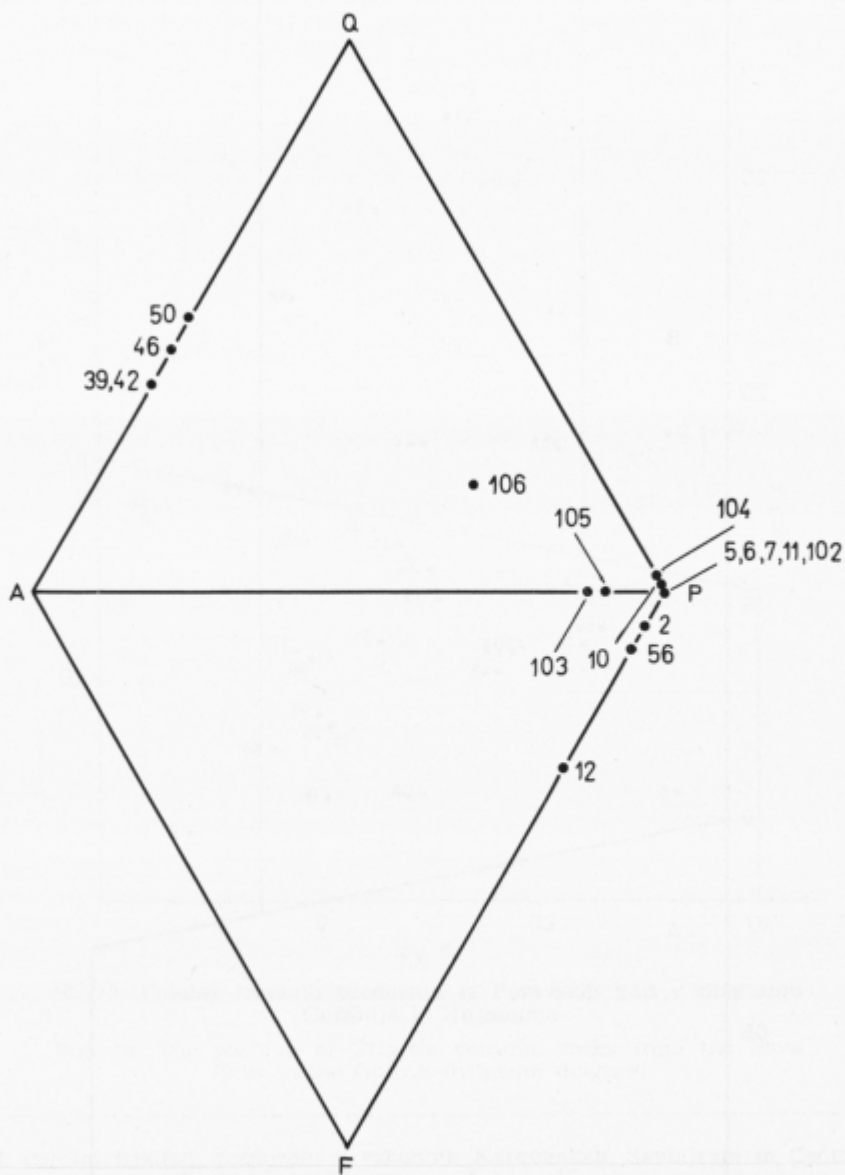
Variacijske diagrame s slednimi prvinami, ki se javljajo v kamninah vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp, vidimo na slikah 11, 12 in 13, na slikah 14, 15 in 16 pa imamo variacijske diagrame s slednimi prvinami, ki se javljajo v kamninah iz Posavskih gub.

Če primerjamo variacijo prvin na slikah 11, 12 in 13 s pogostostjo prvin v poprečni sestavi kamnin po Saukovu (1975) in z variacijskimi diagrami, ki jih kažeta Nockolds in Allen (1953), vidimo, da je količina silicija približno v skladu z Larsenovim faktorjem  $f$ . Tudi količina aluminija in galija je v okviru normale. Diferenciacijska vrsta poteka normalno, izjema pa je liparit (št. 99 in 100) iz kamnoloma v Puščavi z visoko vsebnostjo barija in



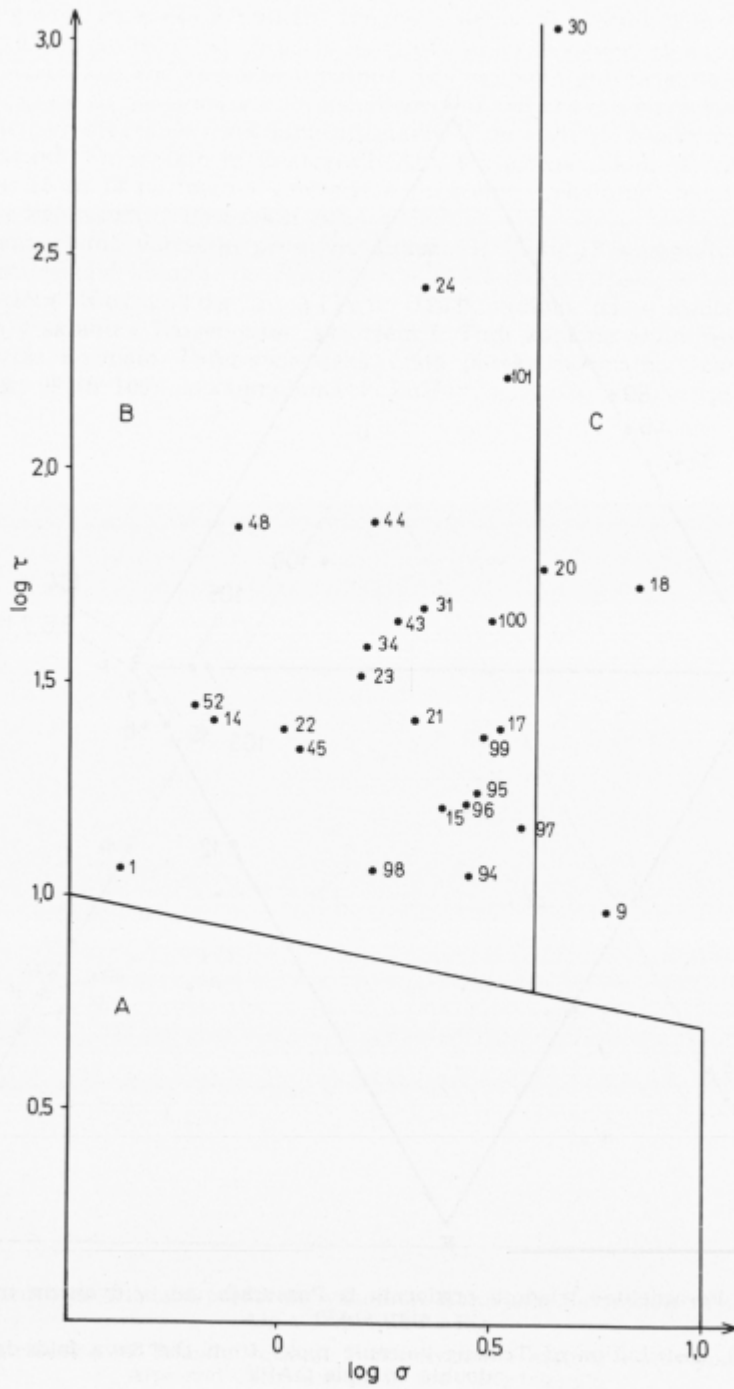
Sl. 7. Porazdelitev triadnih predornin vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp v trikotniku APQ

Fig. 7. Distribution of Triassic volcanic rocks from the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps in the APQ triangle

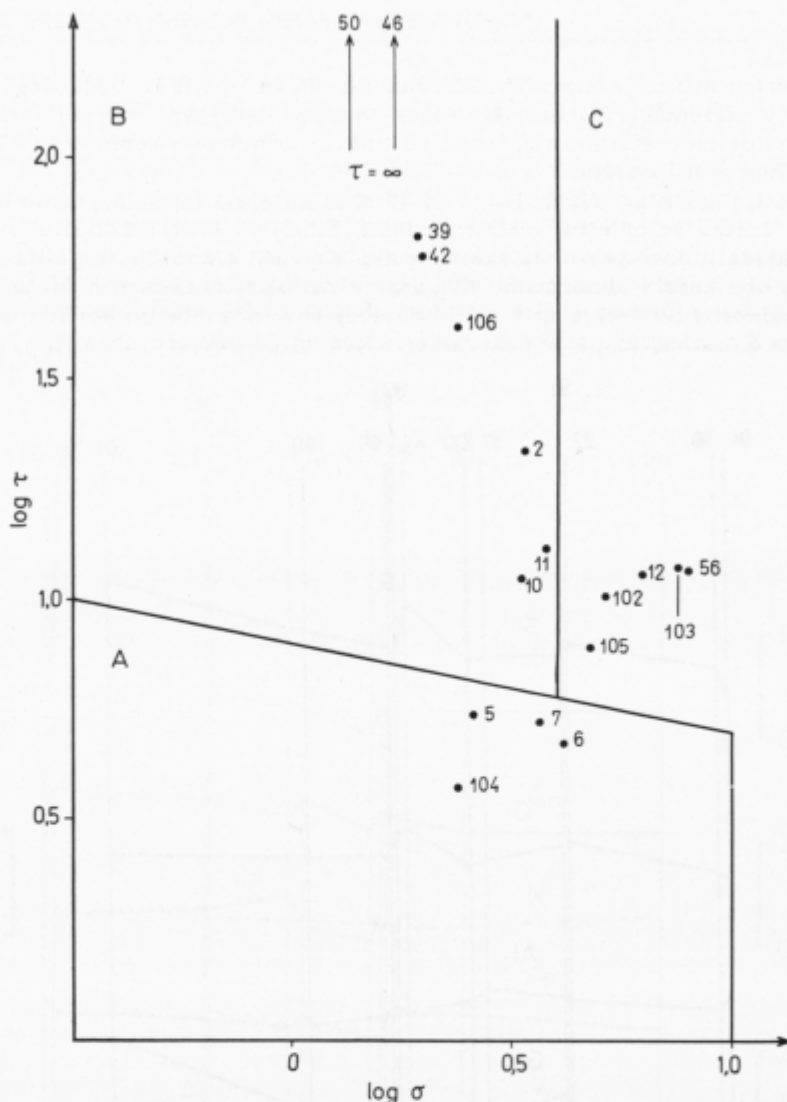


Sl. 8. Porazdelitev triadnih predornin iz Posavskih gub v dvojnem trikotniku QAPF

Fig. 8. Distribution of Triassic volcanic rocks from the Sava folds in the double triangle QAPF







Sl. 10. Položaj triadnih predornin iz Posavskih gub v diagramu Gottinija in Rittmanna

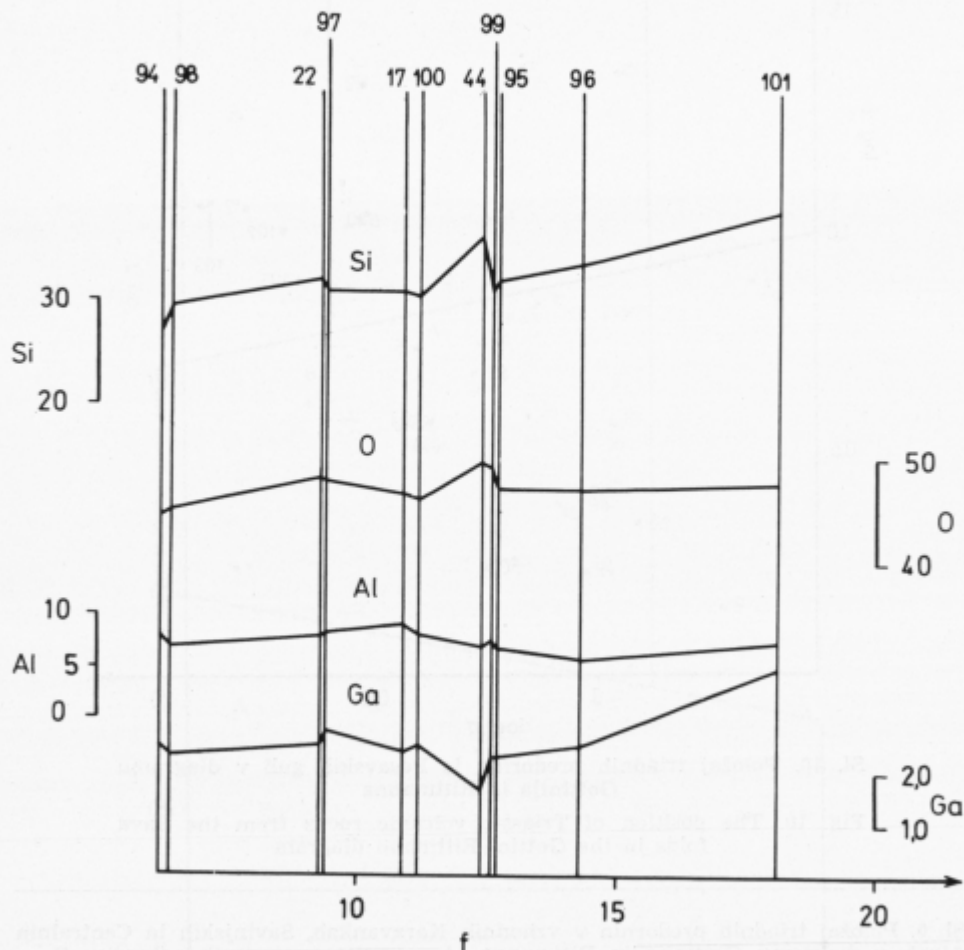
Fig. 10. The position of Triassic volcanic rocks from the Sava folds in the Gottini-Rittmann diagram

Sl. 9. Položaj triadnih predornin v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah v diagramu Gottinija in Rittmanna. A — polje anorogenih pokrajin; B — polje orogenih pasov in otočnih lokov; C — polje alkalnih derivatov

Fig. 9. The position of Triassic volcanic rocks from the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps in the Gottini-Rittmann diagram. A — the field of stable areas; B — the field of orogenic belts and island arcs; C — the field of alkaline derivatives

stroncija ter liparit iz istega kamnoloma (št. 99) in liparit iz Dedkovega kamnoloma v Kamniški Bistrici (št. 44) z visokim natrijem. Močnejša nihanja govore za delno pretaljevanje, lahko pa tudi za asimilacijo kamnin med dviganjem taline proti površju.

Variacija prvin na slikah 14, 15 in 16 nam kaže, da pripadajo kamnine nedvomno enemu sorodnemu otočnemu loku. Silicij in kisik nastopata zelo podobno, krivulji obeh prvin sta skoraj enaki. Krivulji aluminija in galija sta sorodni in obe kažeta abnormalno dviganje z rastočim Larsenovim faktorjem  $f$ . Abnormalnost v aluminiju in v galiju posebej povzročata dioritni porfirit (št. 105) iz potoka Kozarica, ki pa je nekarakterističen za primerjavo predornin, abnor-



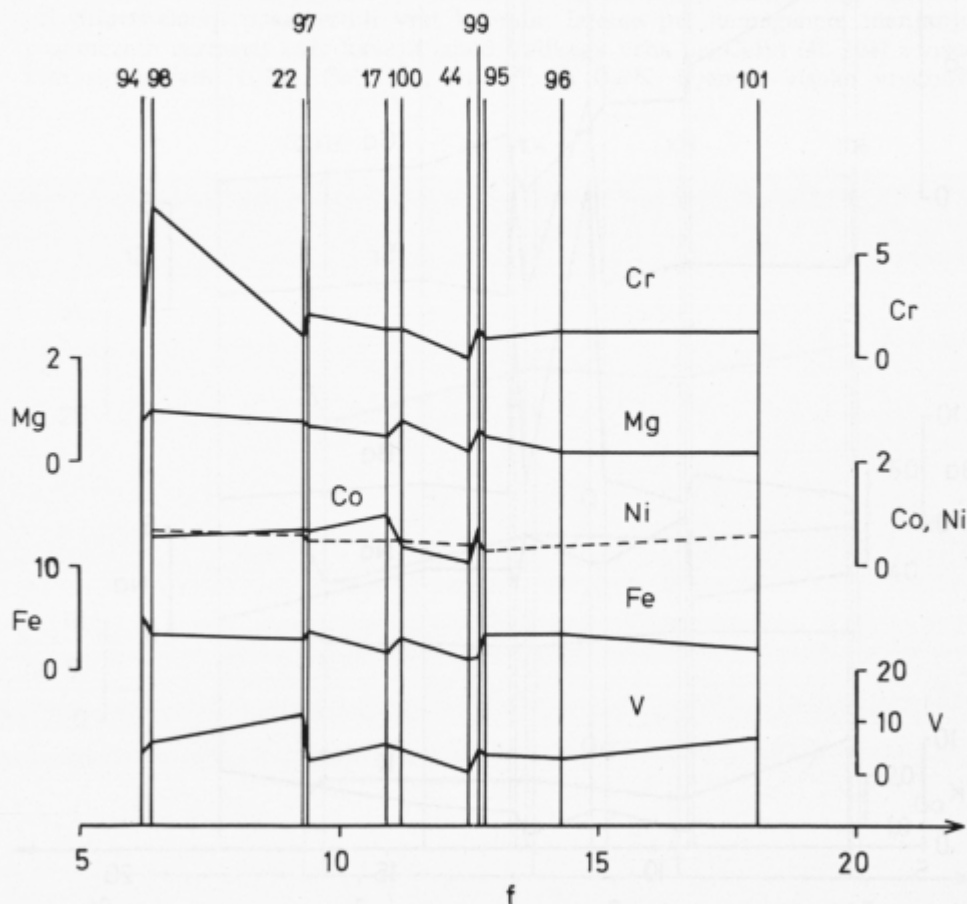
Sl. 11. Variacije silicija, kisika, aluminija in galija v triadnih predorninah vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp. Vrednosti so v masnih odstotkih, z  $Ga \times 1000$

Fig. 11. The silicon, oxygen, aluminium, and gallium variation in Triassic volcanic rocks from the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps. The values are given in mass percent, and  $Ga \times 1000$



malno visok galij pa kaže andezit iz kompleksa predornin Rudnice, severno od Podčetrtna (št. 106). Spreminjanje krivulj za Cr, Mg, Ni, Co, Fe in V kaže na enotno vulkansko območje.

Itrij z naraščajočim Larsenovim faktorjem  $f$  v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah se giblje bolj ali manj nepravilno (tabela 3), z nekoliko večjim poprečjem, kot jih kaže za te vrste S a u k o v (1975), v kamninah iz Posavskih gub pa raste itrij z naraščajočim Larsenovim faktorjem  $f$  (tabela 4). Izjema je andezit z Rudnice (št. 106), ki pa je še vedno v okviru normalnih vrednosti. Tudi v tem nizu kamnin je itrij v poprečju nekoliko nad normalo. Cirkonij je v vseh kamninah v okviru normale, le liparit iz Kokrškega

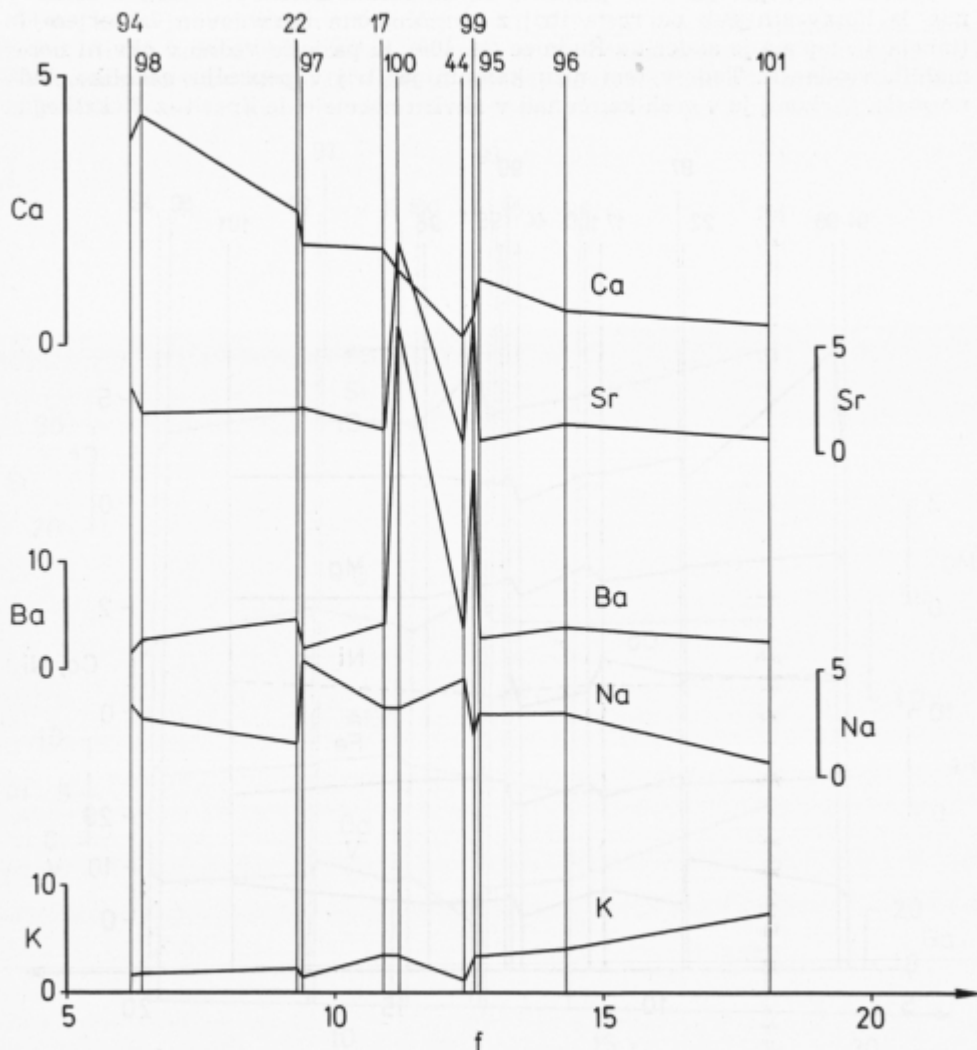


Sl. 12. Variacija kroma, magnezija, niklja, kobalta, železa in vanadija v triadnih predorninah vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp. Vrednosti so v masnih odstotkih, s Cr, Ni, Co, V  $\times 1000$

Fig. 12. The chrom, magnesium, nickel, cobalt, iron, and vanadium variation in Triassic volcanic rocks from the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps. The values are given in mass percent with Cr, Ni, Co, and V  $\times 1000$

kamnoloma (št. 17) kaže nekoliko večjo vrednost cirkonija, kot jo za te vrste kamnin navaja S a u k o v (1975).

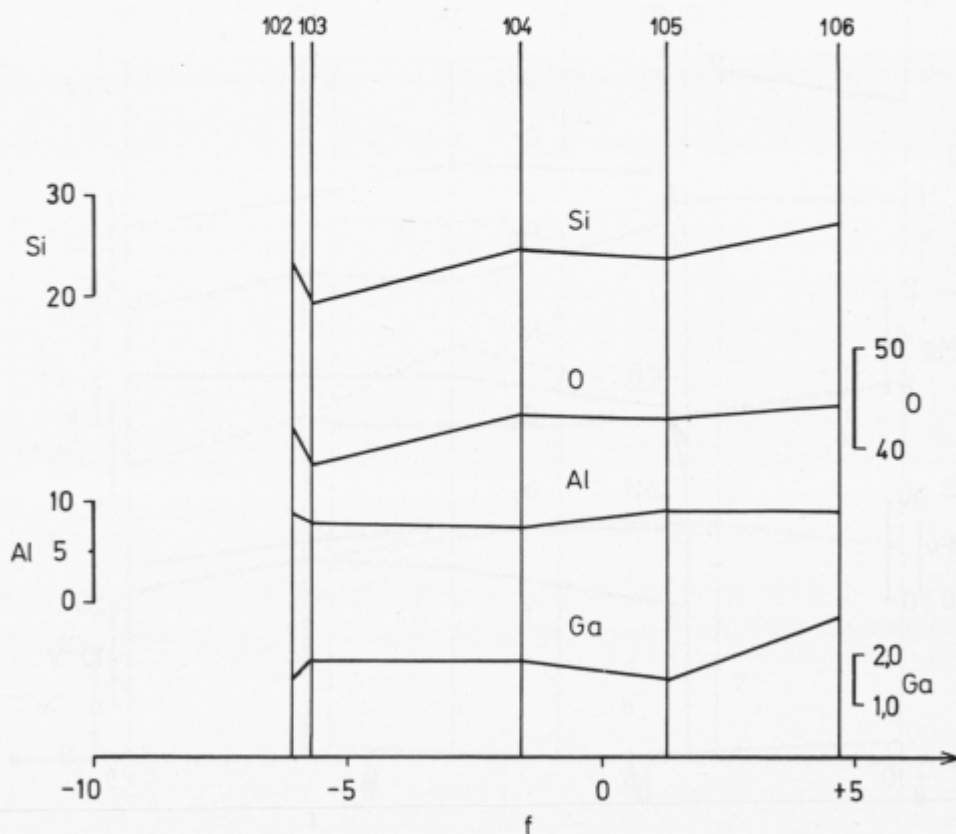
V tabeli 7 vidimo, da razmerje galija nasproti aluminiju v splošnem lahko narašča z rastočim Larsenovim faktorjem, izjema sta liparit iz Kamniške Bistrice (št. 44) in dioritni porfirit s Kozarice (št. 105), ki imata abnormalno



Sl. 13. Variacija kalcija, stroncija, barija, natrija in kalija v triadnih predorninah vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp. Vrednosti so v masnih odstotkih, s Sr in Ba  $\times 1000$ .

Fig. 13. The calcium, strontium, barium, sodium, and potassium variation in Triassic volcanic rocks from the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps. The values are given in mass percent with Sr and Ba  $\times 1000$ .

majhno vrednost razmerja v nizu. Razmerja posameznih prvin v nizu vzhodno-karavanških, savinjskoalpskih in centralnoalpskih predornin se v glavnem menjajo v pravilno se izpreminjajočih nihanjih, pri čemer kaže razmerje Ni/Mg,  $Fe^{2+}/Mg$ , Ni/ $Fe^{2+}$  in Y/Ca v glavnem težnjo po naraščanju z rastočim Larsenovim faktorjem  $f$ . Izjema so lipariti (št. 99 in 100) iz kamnoloma pri Puščavi z nekoliko manjšim razmerjem Ni/Mg in  $Fe^{2+}/Mg$  in  $Fe^{2+}/Mg$  in lipariti z Jezerskega (št. 95 in 96) z nekoliko manjšim razmerjem Ni/ $Fe^{2+}$  in Y/Ca. Sicer pa imamo abnormalne vrednosti v razmerju Sr/Ca in Ba/K v vzorcih liparita iz kamnoloma v Puščavi (št. 99 in 100) in liparita iz Dedkovega kamnoloma v Kamniški Bistrici (št. 44), ki kaže tudi izjemno visoko vrednost razmerja Y/Ca. Razmerja posameznih prvin v kamninah iz Posavskih gub kažejo večjo enotnost pri diferenciaciji posameznih vrst kamnin. Izjemo pri homogenem menjanju posameznih razmerij kaže havajit izpod Velikega vrha pri Celju (št. 104) z visokim razmerjem Ni/Mg,  $Fe^{2+}/Mg$ , Ni/ $Fe^{2+}$  in Ba/K. Izjemno visoko vrednost

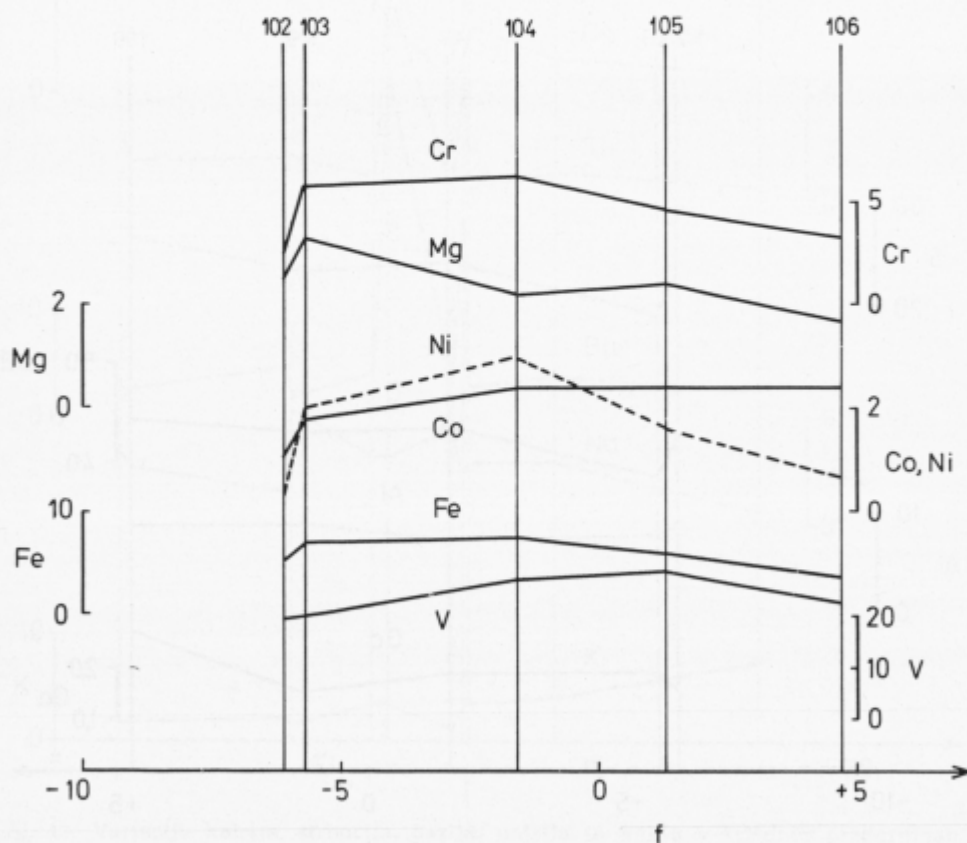


Sl. 14. Variacija silicija, kisika, aluminija in galija v triadnih predorninah iz Posavskih gub. Vrednosti kot na sl. 11

Fig. 14. The silicon, oxygen, aluminium, and gallium variation in Triassic volcanic rocks from the Sava folds. The values as in fig. 11

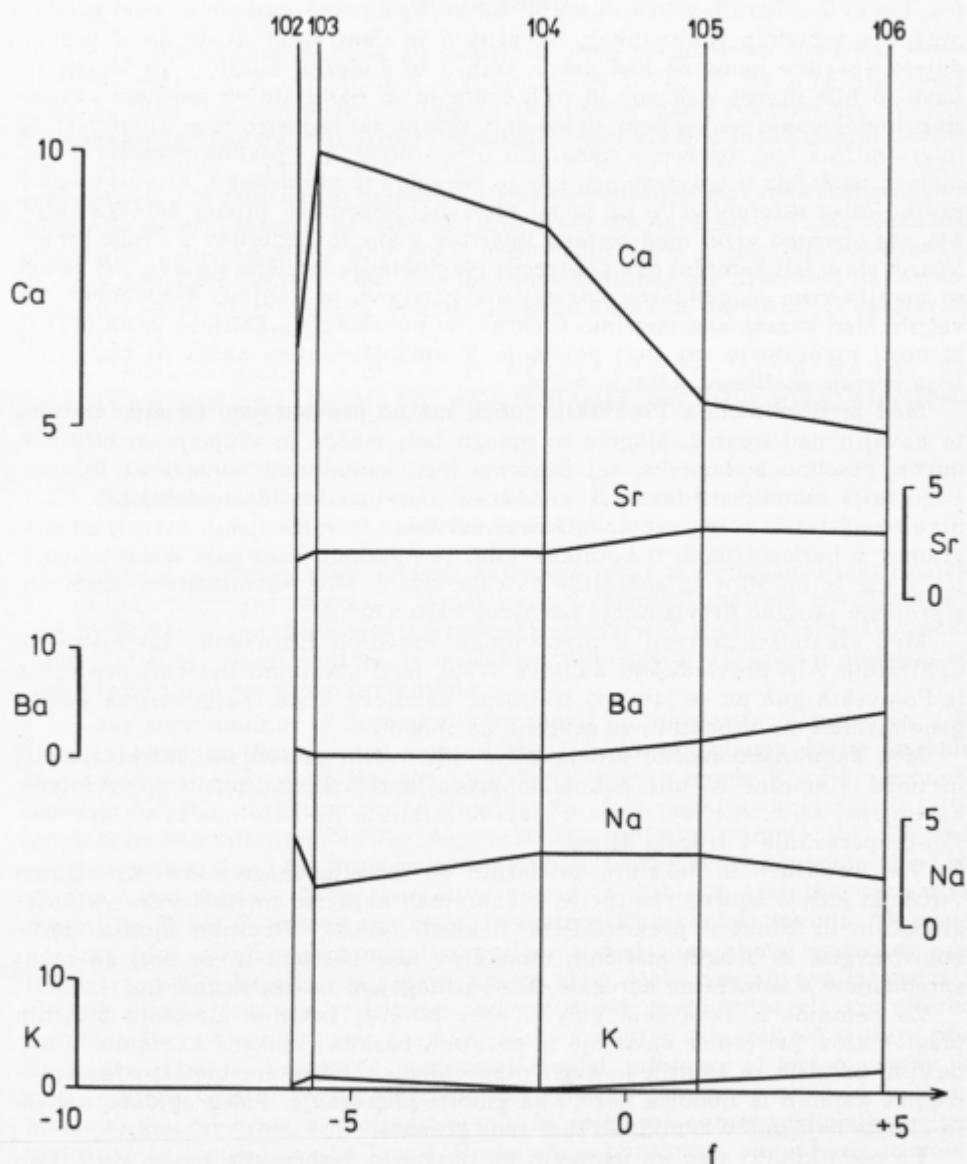
razmerja Ba/K kaže tudi olivinov havajit s severozahodnega pobočja Kamnega vrha (št. 102). Vendar ta razmerja še vedno govore za enotno vulkansko področje teh kamnin.

V celoti vzeto vidimo, da bazičnost oziroma mafičnost kamnin narašča v smeri od vzhodnih Karavank in Savinjskih Alp proti vzhodu in da se je večala v tej smeri tudi razširjenost podvodnih erupcij, saj je vedno več in več kamnin z mandljasto teksturo. Bolj in bolj narašča množina spilitov in celo blazinastih lav.



Sl. 15. Variacija kroma, magnezija, niklja, kobalta, železa in vanadija v triadnih predorninah iz Posavskih gub. Vrednosti kot na sl. 12

Fig. 15. The chromium, magnesium, nickel, cobalt, iron, and vanadium variation in Triassic volcanic rocks from the Sava folds. The values as in fig. 12



Sl. 16. Variacija kalcija, stroncija, barija, natrija in kalija v triadnih predorninah iz Posavskih gub. Vrednosti kot na sl. 13

Fig. 16. The calcium, strontium, barium, sodium, and potassium variation in Triassic volcanic rocks from the Sava folds. The values as in fig. 13

### Geneza triadnih magmatskih kamnin vzhodne Slovenije

Iz načinov pojavljanja, tekstur in struktur, mineralne in kemične sestave opisanih kamnin — liparitov, dacitov, plagiodacitov, trahitov, andezitov, tefritov, havajitov, bazaltov in spilitov — lahko ugotovimo naslednje: med predorninami v vzhodnih Karavankah, Savinjskih in Centralnih Alpah daleč prevladujejo liparitne kamnine nad daciti, trahiti in andeziti, bazaltov pa skoraj ni. Lave so bile precej viskozne in njih erupcije so nastajale ob močnem eksplozivnem delovanju na kopnem, delno pa v morju, saj najdemo med njimi večkrat interstratificirane rožence, v nekaterih predorninah pa opazimo mandlje. Kamnine so nastajale v isti provinci, kar je razvidno iz variacijskih krivulj slednih prvin. Poleg diferenciacije pa je bil bistveno pomemben proces delnega taljenja, saj opazimo vrzel med sestavo liparitov z ene in andezitov z druge strani. Včasih sta v isti kamnini dve generaciji plagioklazov različne sestave, pri čemer so manjša zrna plagioklazov bogatejša z natrijevo in kalijevo komponento od večjih. Med kamninami opazimo večkrat, da prevladujejo kalijeve vrste (54 %), ki proti jugovzhodu vse bolj pojemajo. Z zmanjševanjem kalija in rastjo natrija postaja mafičnost kamnin večja.

Med predorninami v Posavskih gubah močno prevladujejo bazalti, andeziti in havajiti nad lipariti. Magme so mnogo bolj tekoče in erupcije so bile bolj mirne, posebno podmorske, saj najdemo med kamninami mnogokrat rožence. Pogosta je mandljasta tekstura in večkrat opazimo blazinaste teksture. Kamnine so nastajale v isti provinci, kar je razvidno iz variacijskih krivulj in diagramov v baricentričnih trikotnikih. Tudi tu opazimo vrzel med sestavo liparitov z ene in bazaltov in andezitov z druge strani. Med kamninami v nasprotju s prejšnjo skupino prevladujejo natrijeve vrste (70 %).

Med alkalnimi derivati v predorninah vzhodnih Karavank, Savinjskih in Centralnih Alp prevladujejo kalijeve vrste, med alkalnimi derivati predornin iz Posavskih gub pa se javljajo izključno natrijeve vrste. To govori za anorogene razmere na vzhodu in za orogene na zahodu.

Med kamninami močno prevladujejo tufi, tufski peščenjaki, tufski apnenci in tufiti. Kamnine so bile naknadno precej spremenjene, piritene, epidotene, kaolinjene, sericitene, kalcitene. Pojav vermikulita pa kaže morda na površinsko preperavanje v tropski klimi.

Vse strukture in teksture predornin so izrazito magmatske. Kremenovi vtrošniki kažejo tipične resorpcije, v kamninah najdemo intratelurske vključke globočin in žilnin v prekristaljeni steklasti osnovi. Vtrošniki biotita, amfibolov, avgita in drugih mafičnih mineralov niso obstojni in so bolj ali manj spremenjeni v mineralne agregate, ki so prilagojeni novim razmeram.

Za kamnine iz Posavskih gub je prav posebej značilno albitenje bazičnih plagioklazov, pri čemer nastajajo iz prvotnih bazaltov spilitne kamnine. V andezitih, bazaltih in spilitih je avgit nespremenjen. Nekateri metamorfne spremembe kamnin iz Bohorja kažejo na globlje pogrezanje. Poleg epidota, zoisita in klorita najdemo v kamninah tudi zrna granata.

Po podatkih, ki smo jih ugotovili na terenu in v zbruskih, ter po rezultatih kemične in spektralne analize, se zdi najbolj verjetna domneva, da so nastajale kamnine z delnim taljenjem mineralov, ki tvorijo zgornji del plašča ali spodnji del zemeljske skorje. Asimilacija je verjetno tudi močno vplivala na hitre spremembe nekaterih manjših predorninskih delov.



## Triassic igneous rocks from eastern Slovenia

### Summary

#### Introduction

Among the igneous rocks of all described areas predominate tuffs and tuffites. The majority of investigated samples comes from the Savinja Alps, only some of them from Jezersko belong to the border zone between the eastern Karavanke and the Savinja Alps. Repeatedly were studied liparites and dacites from the Puščava quarry near Lovrenc na Pohorju. They are close by their composition and position to extrusive rocks of eastern Karavanke. Investigated were also several samples of igneous rocks from the Sava folds. These rocks are essentially lower in silica and more mafic than those in eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps. Previous investigations are described in the voluminous study "Petrology of Triassic Igneous Rocks in Slovenia" (Yugoslavia) (Grafenauer, 1980).

We thank to geologists dr. A. Hinterlechner-Ravnikova, dr. S. Buser and mgr. P. Mioč who facilitated our field work with their advice.

#### Description of igneous rocks in eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps

Under investigation were Triassic extrusive rocks at Jezersko, Paški Kozjak and in the quarry at Puščava. In Tables 1 and 2 chemical analyses are displayed, and in Tables 3 and 4 the spectrochemical analyses of rocks. Beside the rocks investigated in the present study in Tables also data of all known analyses of rocks from these areas are presented.

In the surroundings of Jezersko were found biotite dacite (sample No. J-2, chemical analysis No. 95, and sample No. J-3), biotite quartz dacite (sample No. J-4, chemical analysis No. 96), amphibole dacite (sample No. J-7, chemical analysis No. 97), biotite andesite (sample No. J-1, chemical analysis No. 94), amphibole andesite (sample No. 6a), pyroxene andesite (sample No. 6b) and spilite (sample No. J-5). Position of individual rocks can be found in the List of rocks and figures, their normative names in Table 6, and the normative magma in Table 5. Among the rocks in eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps clearly predominate liparites and dacites above andesites and trachytes, while basalts are almost absent. The rocks are always intensively altered, plagioclases are sericitized and calcitized, mafic minerals are altered into chlorite, vermiculite and goethite, rocks are often mineralized with pyrite. Structure is not well oriented, sometimes fluidal, influence of tectonics may be seen in rocks. Contacts with neighbouring Triassic limestones are cold, without metamorphic minerale, and often tectonic. In rocks sometimes surficially melted limestone inclusions can be found. Rocks show porphyric, oligophyric to polyphyric texture. Sometimes in them two generations of plagioclases may be observed, the older plagioclases being more resorbed. In spilite ophitic to sideronitic texture can be observed. Matrix shows felsitic, intersertal to hyalopilitic texture.

On Paški Kozjak prevail tuffs, tuff breccias and highly metamorphosed extrusive rocks whose parent rocks are most probably andesites. Among the investigated rocks was found the hornblende andesite (sample No. PK-2, chemical analysis No. 98). Andesine is replaced by calcite, hornblende by chlorite and calcite.

In the Triassic partly metamorphosed and dolomitized limestones occur in the quarry SSE of Puščava samples of dacite (sample No. P-3, chemical analysis No. 99), and east of it dacitic tuff (sample No. P-8, chemical analysis No. 100), and liparite (sample No. P-9, chemical analysis No. 101). The normative name and derivation of rocks can be found in Tables 5 and 6. Rocks show fluidal, sometimes tuff structure and porphyric or vitroclastic texture. Matrix is vitreous, partly recrystallized with microlites of feldspars. Quartz in inclusions shows typical indentations, rocks are pyritized, and contain often magnetite.

### Description of Triassic rocks from the Sava folds

Repeatedly was studied the area between Črnelica and Veliki vrh, Bohor and Rudnica where the number of chemical analyses in this area did not permit genetical conclusions and no spectrochemical analyses were made. Description of previous work may be found in publication by Grafenauer (1980).

In the area between Črnelica and Veliki vrh occur augite basalt (sample No. S-1), spilite (sample No. S-2a and chemical analysis No. 104, and samples No. S-2, S-3 and S-4), diorite porphyrite (sample No. S-3a, chemical analysis No. 105), and spilite. Normative names and derivation of rocks can be found in Tables 5 and 6. Basalts show typical ophitic to subophitic texture, uniform structure, and are typical melanocratic rocks. Plagioclases are partly albitized, and mafic minerals are chloritized. In fissures of rocks occur often calcite, pyrite and epidote. Among the rocks occur sometimes pillow structures which is an indication of submarine eruptions. They are indicated also by amygdaloidal structure which may be observed in numerous samples. Amygdales consist of chalcedony, calcite or zeolites. Extrusive rocks and their tuffs of Rudnica, Bohor and Orlica are by their composition the most uniform group. Multiple interbeddings of various kinds of tuffs can be observed which indicates numerous gas and lava eruptions. The mafic character and occurrence of amygdales is consistent with the deep marine development of a part of the Ladinian beds. Occur platy limestones with chert.

On Bohor occur among spilites intercalations of tuffs, tuff sandstones and volcanic breccias. Among the igneous rocks prevail spilites (sample No. B-1, chemical analysis No. 102, and sample No. B-2) and spilitic tuffs (sample No. B-3). Spilite shows amygdaloidal structure and porphyric texture. Plagioclases are albitized, sericitized, epidotized and chloritized. Mafic minerals are chloritized, replaced by epidote and zoisite, sometimes by calcite, and also by highly pleochroic stilpnomelane. In some metamorphosed spilites occur even garnets. In the surroundings of Podčetrtek occurs on Rudnica sericitized and chloritized andesite (sample No. R-9, chemical analysis No. 106) and crystalloclastic to lithoclastic andesite tuff (sample No. R-12). Rocks show homogenous to tuff structure and porphyric texture. In structure sometimes indications of fluidality can be seen. Plagioclases are sericitized, sometimes chloritized, mafic

minerals are chloritized. Rocks are sometimes pyritized and limonitized. In places occur in rocks lithic fragments which were included into lava during extrusion. Tuffs pass sometimes into tuff sandstones which interbed with Triassic marly shales, platy limestones and dolomites. The time of eruptions should be placed consequently into Ladinian.

### Composition of igneous rocks and their tuffs

Results of chemical analyses of investigated rocks are presented in Tables 1 and 2, and the spectrochemical analyses of rocks in Tables 3 and 4. The spectrochemical analyses of rocks (current numbers 94 to 106) were done by Prof. dr. Zoran Maksimović (Laboratory for Geochemical Investigations of the Mining-Geological Faculty in Belgrade), and the chemical analyses of same samples by Prof. dr. Vera Djordjević (Laboratory for Petrology of the Mining-Geological Faculty in Belgrade). Unusually high in barium are dacitic rocks (samples No. 99 and 100) from the quarry at Puščava, and almost all rocks are very rich in lead, especially rocks from Puščava, Rudnica and Bohor (samples No. 100, 101, 102, 105 and 106). Unusually high in zinc are samples No. 94 and 96 from Jezersko.

### Classification and variation of igneous rocks

In Table 5 are given Niggli's parameters, and in Table 6 the normative names and the normative mineral compositions of investigated rocks according to Rittmann (1973). In Tables 5 and 6 occur data only for rocks which were investigated during the project in the years 1981 and 1982, other values are found in the Grafenauer's monography (1980). In Figure 1 is given the distribution of extrusive rocks of eastern Karavanke and Savinja Alps in the QLM triangle, in Figure 2 the same distribution of rocks from the Sava folds. Rocks from the Sava folds are essentially lower in silica than the rocks of eastern Karavanke, Savinja Alps, and Central Alps. Rocks from the quarry at Puščava conform well by their position with other extrusive rocks from eastern Karavanke. Dacites from Troblje, Legen, Trbonje, Vuzenica, Bolfenk and Leše described by Fanning (1970) differ by their position from rocks at Puščava (Fig. 1), they approach only partly the sample No. 52 of dacite described by Grobelšek (1959).

Rocks from the Sava folds are essentially lower in silica than rocks from Eastern Karavanke, Savinja Alps, and Central Alps. Rocks from the surroundings of Črnlica, Bohor and Rudnica belong even to the rocks which are normatively very rich in olivin and foids.

Distribution of points in the KNaCa triangle is given in Figures 3 and 4, and in the MgFeCa triangle in Figures 5 and 6. It is evident that rocks from eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps generally contain much more sanidine and albite than rocks from the Sava folds. As seen from triangles MgFeCa all rocks are quite low in calcium, and they are situated along the connecting line Mg-Fe.

On the basis of data of Table 6 in Figure 7 all chemical analyses from eastern Karavanke, Savinja and Central Alps are presented in the QAP triangle,

and in Figure 8 all chemical analyses from the Sava folds in the double QAPF triangle according to Streckeisen (1967). The rocks of eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps show a strong accumulation in the liparite field close to the connecting line Q-A, and a lower accumulation close to the connecting line P-Q. At the peak P lie the olivine andesite (No. 1) and tholeiitic basalt (No. 9) from Kranjska reber. Rocks from the Sava folds accumulate above all around the peak P, and the nepheline tephrite (No. 12) from Bohor lies close to peak F. Liparites from the surroundings of Laško lie on the connecting line A-P (No. 39, 42, 46 and 50). It is interesting to note that in both cases there are no transitions, or differentiation trends. In Figure 9 are presented analyses of rocks from eastern Karavanke, Savinja Alps, and Central Alps, and in Figure 10 analyses of rocks from the Sava folds on the Gottini-Rittmann diagram (Rittmann, 1973). All rocks in the eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps were formed in orogenic conditions, but in those from the Sava folds the composition of some rocks from the surroundings of Laško (No. 5, 6, 7 and 104) bears indications of anorogenic conditions during their forming. In Savinja Alps appear alkaline derivatives in Kranjska reber (No. 9), in Ravne near Tuhinj (No. 18), and at Velika Pirešica (No. 20). In the Sava folds occur alkaline derivatives above all on Bohor (No. 56, 102 and 103), and also on Rudnica (No. 12) and east of Laško (No. 105). Among the alkaline derivatives of Savinja Alps prevail potassium series (No. 18 and 20) which is an indication of connection with volcanoes of orogenic belts. All rocks in the field C from the Sava folds belong to the sodium series, and indicate their forming in anorogenic conditions.

Variation diagrams with trace elements which occur in rocks of eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps are presented in Figures 11, 12 and 13, and in rocks from the Sava folds in Figures 14, 15 and 16. The differentiation line passes normally for rocks of the Eastern Karavanke, Savinja Alps, and Central Alps, with the exception of liparite (No. 99 and 100) from the quarry at Puščava having high barium and strontium, and liparite from the same quarry (No. 99) and from the Dedek quarry at Kamniška Bistrica (No. 44) having high sodium. Higher variations indicate partial fusion, but also assimilation of rocks during the rising of melt towards the surface.

Variation in Figures 14, 15 and 16 indicates that rocks obviously belong to a single island arc. Silicon and oxygen behave in a similar way, curves of both elements are almost identical. Curves of aluminium and gallium are related and show both the abnormal growth with increasing Larsen factor  $f$ . The abnormality of aluminium and gallium is produced especially by diorite porphyrite (No. 105) from the Kozarica creek; abnormally high gallium shows also andesite north of Podčetrtek (No. 106).

It can be seen in Figure 7 that the gallium to aluminium ratio generally slightly increases with increasing Larsen factor, with the exception of liparite from Kamniška Bistrica (No. 44) and diorite porphyrite from Kozarica (No. 105) which have abnormal values of the ratio in the series. Ratios of individual elements in the series of east Karavanke, Savinja Alps and Central Alps extrusive rocks vary generally in regularly changing oscillations, with ratios Ni/Mg,  $Fe^{2+}/Mg$ , Ni/ $Fe^{2+}$  and Y/Ca showing tendency of increase with increasing Larsen factor. Abnormal values of the Sr/Ca and Ba/K factors may be

observed in samples of liparite from the quarry at Puščava (No. 99 and 100) and from liparite from the Dedek quarry at Kamniška Bistrica (No. 44) which show also an extremely high value of the Y/Ca ratio. Ratios of individual elements in rocks from the Sava folds show a higher uniformity in differentiation of individual types of rocks. An exception in homogenous variation of individual ratios is shown by hawaiite from Veliki vrh near Celje (No. 104) having high ratios Ni/Mg,  $Fe^{2+}/Mg$ , Ni/ $Fe^{2+}$  and Ba/K. An extremely high value of the ratio Ba/K is shown also by olivine hawaiite from the northwest slope of the Kamni vrh (No. 102). However, these ratios are not an indication against a unique volcanic area of these rocks.

### Genesis of Triassic igneous rocks of eastern Slovenia

From the mode of occurrence, structure, texture, mineral and chemical composition of described rocks — liparites, dacites, trachytes, plagiocacites, andesites, tephrites, hawaiites, basalts and spilites — the following can be concluded. Among the extrusive rocks in eastern Karavanke, Savinja Alps and Central Alps prevail by far liparitic lavas above dacites, trachytes and andesites, while basalts are almost absent. Magmas were rather viscous, and their eruptions occurred with violent explosive actions. The extrusive rocks were formed mostly on the land and partly in the sea. With later rocks occurs chert, and in igneous rocks sometimes amygdales are found. Rocks were formed in the same province which is well seen from the variation curves of trace elements. Besides differentiation the essentially important process was partial melting as indicated by the hiatus between the composition of liparites from one side and the andesites from the other side. Further, in the same rock sometimes two generations of various types of plagioclases can be observed, with finer grained plagioclases being richer in sodium and potassium component than the coarser grained. Among rocks often those from the potassium series prevail (54 %), showing a decrease eastwards. With decreasing contents of potassium and increasing contents of sodium the mafic character of rocks becomes higher.

Among the extrusive rocks from the Sava folds basalts, andesites and hawaiites predominate much above the liparites. Magmas are much more fluid, and eruptions were quieter, often in the sea, since often chert is found in surrounding rocks, frequent are amygdaloidal structures, and often pillow structures are observed. Rocks were formed in the same province, as seen from the variation curves and diagrams in barycentric triangles. Also in this case the hiatus between the composition of liparites from one side and the basalts and andesites from the other side is evident. Among the rocks prevail in contrast with those of the previous group the sodium series (70 %). This is an indication of anorogenic conditions in the east and orogenic conditions in the west. Among rock prevail by far tuffs, tuff sandstones, tuff limestones and tuffites. Rock were later much altered, pyritized, kaolinized, sericitized, while the occurrence of vermiculite may indicate surface weathering in tropical climate. All structures and textures of extrusive rocks are expressively igneous. Quartz phenocrysts show typical resorptions, in rocks are found intratelluric inclusions of intrusive rocks and pegmatitic rocks in recrystallized matrix. Phenocrysts of biotite, amphiboles, augite and other femic minerals are not

stable any more, and they are altered more or less into mineral aggregates which are stable in new conditions. Especially characteristic for rocks from the surroundings of Celje is albitization of basic plagioclases which leads to alteration of original basalts into spilitic rocks.

On the basis of data collected in the field and observed in thin sections in the lab, and on the basis of results of chemical and spectrochemical analyses it seems most probable that melts of these rocks were formed by partial fusion of minerals of the upper part of the mantle or of the lower part of the Earth's crust. Assimilation also probably influenced strongly the rapid variation in some smaller extrusive parts.

### Literatura

- Burri, C. 1959, *Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage*. Birkhauser Verlag, 334 s., Basel.
- Buser, S. & Cajhen, J. 1978, Osnovna geološka karta 1:100.000, list Celovec (Klagenfurt). Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S. 1978, Osnovna geološka karta 1:100.000, list Celje. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S. 1979, Osnovna geološka karta 1:100.000. Tolmač lista Celje. 72 s., Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S. 1980, Osnovna geološka karta 1:100.000. Tolmač lista Celovec (Klagenfurt), 73 s., Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Carmichael, I. S. E., Turner, F. J. & Verhoogen, J. 1974, *Igneous Petrology*. McGraw-Hill Book Co., 739 s., New York.
- Četverikov, S. D. 1956, Rukovodstvo k peresčetu himičeskih analizov gornih porod i opredeleniju ih himičeskih tipov. Gostehizdat, 243 s., Moskva.
- Dolar-Mantuani, L. 1938, *Die Porphyrgesteine des westlichen Pohorje*. Geol. Anali Balkanskog Poluostrva, knjiga XV, 281—407, Beograd.
- Drasche, R. 1873, *Zur Kenntniss der Eruptivgesteine Steiermarks*. Tschermaks Min. Mitt., I, 1—12, Wien.
- Faninger, E. 1961 a, Magmatske kamenine v Kamniških Alpah in pri Laškem. *Geologija*, 7. knjiga, 197—225, Ljubljana.
- Faninger, E. 1961 b, Albitiziran kremenov porfirit iz Kokrškega kamnoloma. *Geologija*, 7. knjiga, 227—232, Ljubljana.
- Faninger, E. 1970, Pohorski tonalit in njegovi diferencijati. *Geologija*, 13. knjiga, 35—104, Ljubljana.
- Germovšek, C. 1953, Kremenov keratofir pri Veliki Pirešici. *Geologija*, 1. knjiga, 135—168, Ljubljana.
- Germovšek, C. 1959, Triadne predornine severovzhodne Slovenije. SAZU, Dela IV. razr., 11., 133 s., Ljubljana.
- Grad, K. & Ferjančič, L. 1974, Osnovna geološka karta 1:100.000, list Kranj. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Grad, K. & Ferjančič, L. 1976, Osnovna geološka karta 1:100.000, Tolmač lista Kranj, 70 s., Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Grafenauer, S. 1980, *Petrologija triadnih magmatskih kamnin na Slovenskem*. SAZU, Dela IV. razr., 25, 220 s., Ljubljana.
- Grafenauer, S., Duhovnik, J. & Strmole, D. 1981, Magmatske kamnine v zahodnih Karavankah. Rudarsko-metalurški zbornik, 127—150, Ljubljana.
- Grobelšek, E. 1959, Porfirit iz Puščave. Diplomaska naloga. 28 s., Arhiv FNT, Ljubljana.

Hinterlechner-Ravnik, A. 1959 a, Ladinske kamenine in hidrotermalne spremembe črnega glinastega skrilavca v okolici Črne pri Kamniku. *Geologija*, 5. knjiga, 129—152, Ljubljana.

Hinterlechner-Ravnik, A. 1959 b, Spilitizirani diabazi v vzhodni Sloveniji. *Geologija*, 5. knjiga, 391—402, Ljubljana.

Melik, A. 1954, Slovenija, II, 1, Slovenski alpski svet. Slovenska Matica, 607 s., Ljubljana.

Nockolds, S. R. & Allen, Q. 1953, The geochemistry of some igneous series. *Geochim. et cosmochim. acta*, 4, 105—142, London.

Ocepek, V. 1955, Avgitni porfirit iz Bohorja. Diplomski naloga. Arhiv FNT. 62 s., Ljubljana.

Rittmann, A. 1973, Stable mineral assemblages of igneous rocks. Ed. Springer, 262 s., Heidelberg.

Saukov, A. A. 1975, *Geohimija*. Izd. Nauka, 480 s., Moskva.

Streckeisen, A. 1967, Classification and nomenclature of igneous rocks. *Neues Jahrb. Mineral. Abh.*, 107, 144—240, Stuttgart.

Yoder, H. S. 1973, The evolution of the igneous rocks, Princeton University Press, 587 s., New Jersey.

**Tabla 1 — Plate 1**

Sl. 1. Vtrošnik sanidina v liparitu. Vzorec P-9, + N, pov. 37 ×

Fig 1. Phenocryst of sanidine in liparite. Sample P-9, nicols crossed, 37 ×

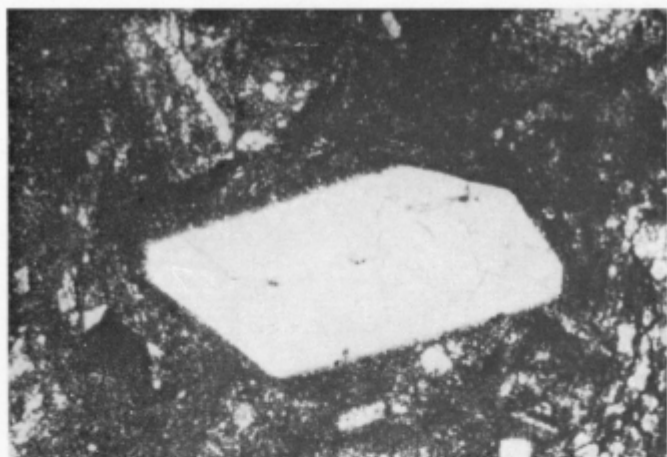
Sl. 2. Mandelj klorita z obrobno kristalizacijo v spilitu. Vzorec S-3, + N, pov. 40 ×

Fig. 2. Amygdale of chlorite well crystallized along the brim in spilite. Sample S-3, nicols crossed, 40 ×

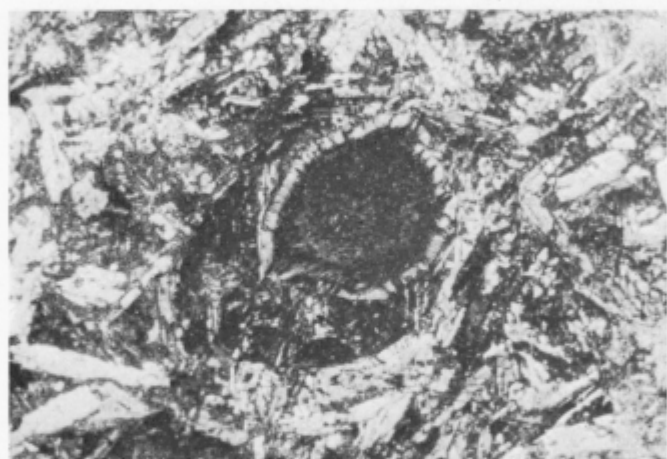
Sl. 3. Drobcji žilnine z vtrošniki plagioklazov v spilitu. Vzorec S-2, + N, pov. 40 ×

Fig. 3. Fragments of vein rock with phenocrysts of plagioclases in spilite. Sample S-2, nicols crossed, 40 ×





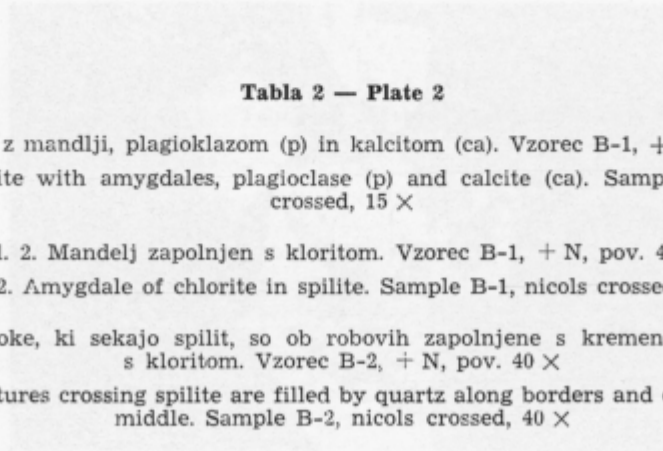
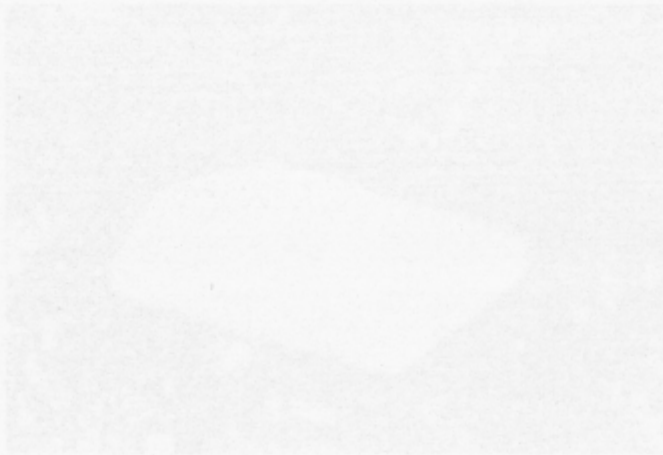
1



2



3



**Tabla 2 — Plate 2**

Sl. 1. Spilit z mandlji, plagioklazom (p) in kalcitom (ca). Vzorec B-1, + N, pov. 15 ×

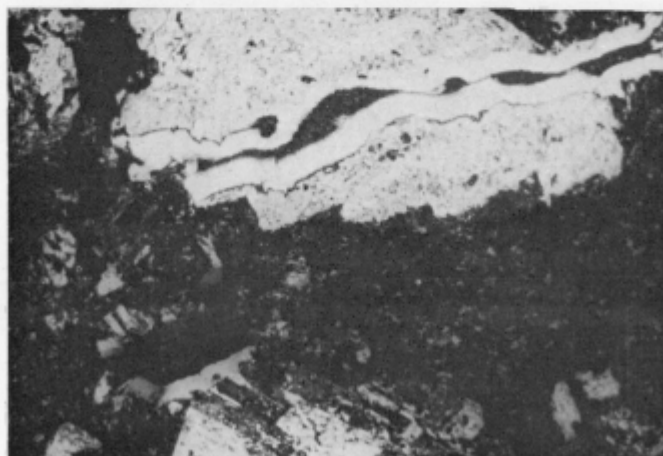
Fig. 1. Spilite with amygdales, plagioclase (p) and calcite (ca). Sample B-1, nicols crossed, 15 ×

Sl. 2. Mandelj zapolnjen s kloritom. Vzorec B-1, + N, pov. 40 ×

Fig. 2. Amygdale of chlorite in spilite. Sample B-1, nicols crossed, 40 ×

Sl. 3. Razpoke, ki sekajo spilit, so ob robovih zapolnjene s kremenom, v sredini s kloritom. Vzorec B-2, + N, pov. 40 ×

Fig. 3. Fractures crossing spilite are filled by quartz along borders and chlorite in the middle. Sample B-2, nicols crossed, 40 ×





**Tabla 3 — Plate 3**

Sl. 1. Isto kot na tab. 2, sl. 3, pov. 100 ×

Fig. 1. The same as in the pl. 2, fig. 3, 100 ×

Sl. 2. Močno metamorfoziran spilit s kalcitom (ca) in vlaknatim kloritom (co) v osnovi, z granati (g) in nataljenim epidotom (ep). Vzorec B-6, || N, pov. 100 ×

Fig. 2. Intensively metamorphosed spilitite with groundmass of calcite (ca) and fibrous chlorite (co) with garnet (g) and sintered grains of epidote (ep). Sample B-6, nicols parallel, 100 ×

Sl. 3. Isto, + N

Fig. 3. The same section, nicols crossed

