

Pohorske magmatske kamenine*Ernest Faninger***Vsebina**

Uvod	271
Mlajše magmatske kamenine	272
Modalna sestava pohorske globočnine	272
Klasifikacija	278
Primerjava z adamellskim tonalitom	285
Apliti in pegmatiti	292
Melanokratni vključki v pohorski globočnini	292
Čizlakit	293
Porfirske kamenine	293
Geneza pohorskih magmatskih kamenin	297
Starejše magmatske kamenine	300
Igneous rocks of the Pohorje Mountains (Abstract)	301
Magmatische Gesteine von Pohorje	302
Literatura	313

Uvod

Od Adamella prek Monte Ivinge (Iffinger), Vetrette di Ries (Rieserferner) in Karavank do Pohorja se pojavljajo ob znanih tektonskih črtah večji in manjši izdanki globočnin, v glavnem tonalita in granodiorita, ki jih je S a l a m o n (1897) združil v periadriatski niz.

V Sloveniji prištevamo k periadriatskim globočninam pohorsko globočnino, imenovano tudi tonalit, in magmatsko cono v Karavankah z njim tonalitnim in granitnim pasom. Jedro pohorskega masiva predstavlja ogromen lakolit, ki ga obdajajo metamorfne kamenine. Vse pa predira dacit.

S periadriatskimi globočninami so na en ali drug način genetsko povezani apliti in pegmatiti, čizlakit, dacit in porfirske kamenine med Mežico in Slovenj Gradcem, za katere pa ne vemo, ali so v genetski zvezi s karavanškim tonalitom ali pa predstavljajo podaljšek pohorskega dacita proti zahodu.

V naši razpravi se bomo omejili na pohorsko globočnino in dacit ter na kamenine, ki so z njima v genetski zvezi.

Mlajše magmatske kamenine

Modalna sestava pohorske globočnine

Pohorska globočnina je drobnozrnata do srednjezrnata kamenina z bolj ali manj razvito paralelno teksturo. Sestoji v glavnem iz plagioklazov, kremenca, ortoklaza in biotita, ki ga delno nadomešča klorit. V manjših količinah vsebuje rogovačo, ki pa lahko tudi povsem manjka. Akcesorne minerale zastopajo sfen, epidot, ortit, apatit, kalcit in neprosojni minerali, v glavnem pirit.

Razmerje med glinenci pri pohorski globočnini se močno spreminja. Povsod prevladujejo plagioklazi nad ortoklazom, ki ga je ponekod zelo malo, drugod pa ga moramo prištevati med glavne sestavine kamenine. Na splošno prevladujejo na vzdolnem delu lakolita vzorci z malo ortoklaza, na zahodnem pa primerki bogati z ortoklazom; prehod med njimi je izrazito postopen.

Najbolj razširjena rudnina v pohorski globočnini so plagioklazi. Pojavljajo se kot conarna in neconarna hipidiomorfna zrna. Njihova velikost se giblje v drobnozrnatih različnih okoli 1 mm, v srednjezrnatih okoli 1,5 mm, dosežejo pa tudi 3 do 3,5 mm. Po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1935) variira sestava conarnih plagioklazov pohorske globočnine od 54,5 % an v jedrih do 20 % an na obrobni delih, povprečno pa vsebujejo jedra 40,5 % an, periferni deli zrn 29,5 % an in conarna zrna v celoti 35 % an. Po naših meritvah variira sestava conarnih plagioklazov od 52 % an v jedrih do 26,5 % an na periferiji, tako da vsebujejo jedra v povprečju 42 % an, osrednji deli zrn 37 % an, periferije 32 % an in conarna zrna v celoti povprečno 37 % an. Sestava neconarnih plagioklazov variira po

Sl. 1. Plagioklazi pohorske globočnine

Abb. 1. Plagioklase aus dem Tiefengestein des Pohorje Gebirges

a) Conarni plagioklaz. V jedru smo izmerili 39 % an, sledijo mu plasti po 37, 35,5, 34,5, 33 in 32,5 % an na skrajni periferiji. Zbrusek št. 57, 36 ×, nikola +, granodiorit, Cezlak.

Zonarar Plagioklas. Der Kern enthält 39 % An, es folgen Zonen mit 37, 35,5, 34,5, 33 und 32,5 % An an dem äußeren Rand. Dünnschliff Nr. 57, 36 ×, Nicols +, Granodiorit, Cezlak.

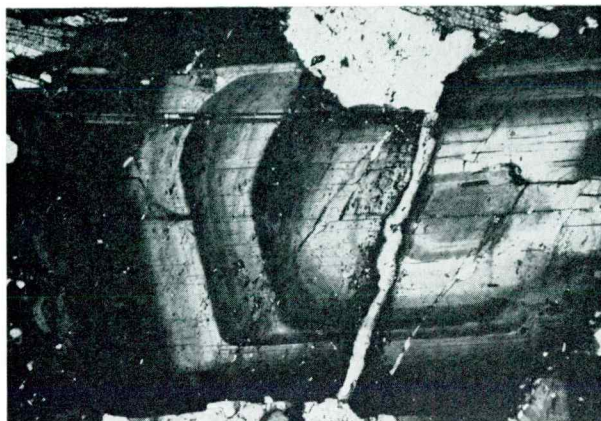
b) Conarni plagioklaz s 3 bazičnejšimi jedri. Največje jedro vsebuje 45 % an, manjše jedro 46 in na robu slike še delno vidno jedro 52 % anortita. Na vmesnem delu med jedri smo izmerili 31,5 % an, na robu conarnega zrna pa 29 % an. Zbrusek št. 60, 36 ×, nikola +, granodiorit, Cezlak.

Zonarar Plagioklas mit 3 basischeren Kernen. Der größte Kern enthält 45 % An, der kleinere 46 und der am Rande der Abbildung noch teilweise sichtbare Kern 52 % An. Im Zwischenraum der Kerne wurden 31,5 % An, am Plagioklasrand dagegen 29 % An gemessen. Dünnschliff Nr. 60, 36 ×, Nicols +, Granodiorit, Cezlak.

c) Plagioklaz z delno inverzno zgradbo. V njegovem jedru smo izmerili 46 % an, sledi mu področje (na sliki svetlo) s 31 % an, nakar se sestava skokovito dvigne na 36 % an (na sliki temnejša cona) in proti robu pade na 34,5 % an. Zbrusek št. 20935, 36 ×, nikola +, granodiorit, Josipdol.

Plagioklas mit teilweise inversem Zonarbau. Im Kern wurden 46 % An gemessen, es folgt eine Zone (hell) mit 31 % An, wonach der Anortitgehalt sprunghaft auf 36 % An ansteigt (dunkel), bis er in der Randzone wieder auf 34,5 %

An fällt. Dünnschliff Nr. 20935, 36 ×, Nicols +, Granodiorit, Josipdol.



a



b



c

Dolar-Mantuanijevi (1935) v razponu od 40 do 21 % an, tako da znaša povprečje 33 % an. Po naših meritvah veriira sestava neconarnih plagioklazov od 40 do 32 % an in znaša povprečno 35 % an. Potemtakem vsebujejo po Dolar-Mantuanijevi (1935) plagioklazi povprečno 34 % an, po naših meritvah pa 36 % an. Če oboje združimo, dobimo za plagioklaze pohorske globočnine povprečno 35 % anortita, kar ustreza kislemu andezinu. Dva tipična primera conarnih zrn vidimo na sl. 1a in 1b.

Alkalne glinence pohorske globočnine je imela Dolar-Mantuani (1935) za anortoklaz. Nikitin (1942) jih je imenoval sanidin-ortoklaz, po Karamati (1959) pa gre za normalni ortoklaz oziroma ortoklaz-kriptopertit z delnimi začetnimi prehodi v mikroklin.

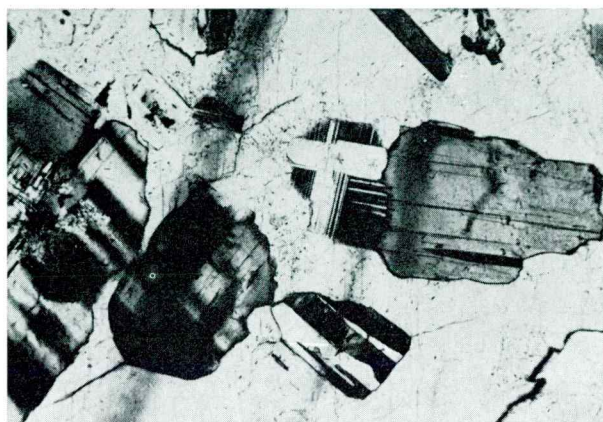
Alkalni glinenci so v pohorski globočnini in v njenih aplitnih in pegmatitnih žilninah sorazmerno sveži, ksenomorfnih oblik, večja zrna pa pogosto vsebujejo manjše idiomorfne plagioklaze (sl. 2a). Po naših meritvah (sl. 3) zavzema optična indikatriza pri večini poedincev izrazito monoklinski položaj, drugod pa se rahlo nagiba k triklinskemu. Primerki z monoklinskim položajem optične indikatriše nedvomno ustrezajo ortoklazu, kar potrjujejo tudi kemični podatki (Dolar-Mantuani, 1935, str. 105) z odločnim prevladovanjem kalija nad natrijem. Rahla triklinska lega indikatriše pa govori za prehod v mikroklin, če to ni posledica pritiskov v kristalih (Nikitin, 1942). Ker mikroklinke mreže pri alkalnih glinencih pohorske globočnine in njenih aplitno pegmatitnih žilninah na splošno ne zapažamo, kot optičnih osi pa je sorazmerno nizek, samo z optičnimi metodami ne moremo ugotoviti, ali gre v teh primerih za prehod v mikroklin ali pa za optične anomalije. Da imamo ponekod res opravka s preходом v mikroklin, dokazuje zrno s porajajočo se mikroklinško mrežo (sl. 2c). Kot optičnih osi je pri alkalnih glinencih pohorske globočnine in njenih aplitno pegmatitnih žilninah sorazmerno nizek in znaša v povprečju $2V = -52,5^\circ$ (ustrezni podatki na sl. 3). Le na območju, kjer se poraja mikroklinška mreža že omenjenega zrna, smo izmerili sorazmerno visok kot optičnih osi z $2V = -79^\circ$. Alkalni glinenci pohorske globočnine ustrezajo torej ortoklazu z delnimi začetnimi prehodi v mikroklin.

Na meji med ortoklazom in plagioklazi pogosto najdemo mirmekit (sl. 2b).

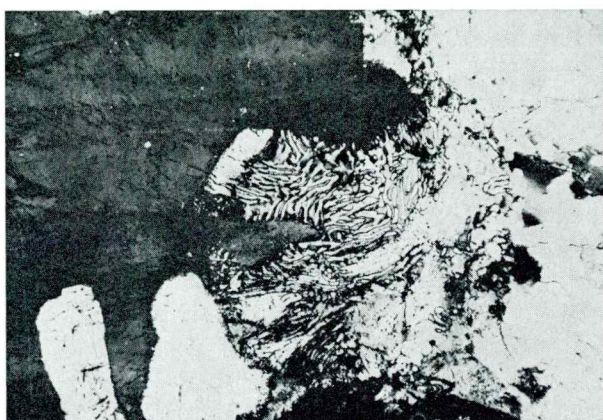
Sl. 2. Alkalni glinenci pohorske globočnine

Abb. 2. Alkalifeldspate aus dem Tiefengestein des Pohorje Gebirges

- a) Ortoklaz (svetlo polje) z vključki plagioklazov. Zbrusek št. 60, 36 ×, nikola +, granodiorit, Cezlak.
Ortoklas (helles Feld) mit Plagioklaseinschlüssen. Dünnschliff Nr. 60, 36 ×, Nicols +, Granodiorit, Cezlak.
- b) Ortoklaz (temno polje) z mirmekitom. Zbrusek št. 60, 36 ×, nikola +, granodiorit, Cezlak.
Ortoklas (dunkles Feld) mit Myrmekit. Dünnschliff Nr. 60, 36 ×, Nicols +, Granodiorit, Cezlak.
- c) Začetna mikroklinizacija v ortoklazu. Na meji s plagioklazom na robu slike je mirmekit. Zbrusek št. 16639, 96 ×, nikola +, granodiorit, Pesek.
Beginnende Mikroklinisierung im Ortoklas. An der Grenze zum Plagioklas am Bildrand befindet sich Myrmekit. Dünnschliff Nr. 16639, 96 ×, Nicols +, Granodiorit, Pesek.



a



b

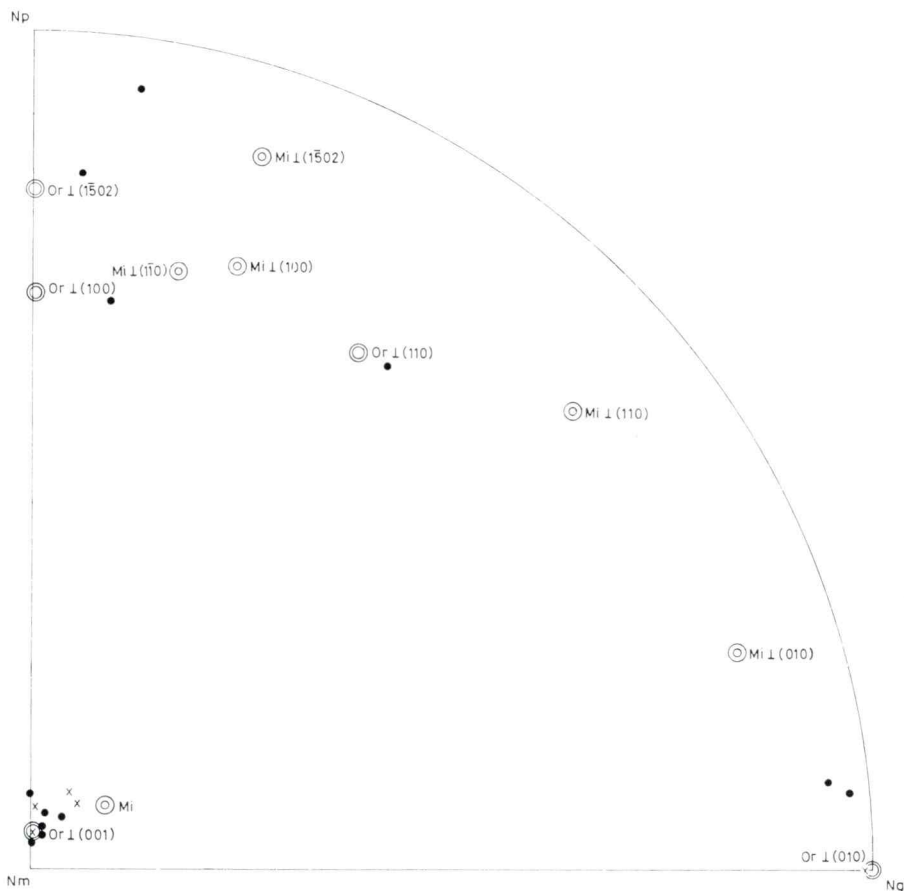


c

Kremen se pojavlja kot nekaj mm velika ksenomorfna zrna, ki so v skrilavi kamenini sploščena in zdrobljena v drobnozrnate agregate, v katerih se velikost posameznih zrn giblje od 0,1 do 2 mm.

Femične minerale zastopa v glavnem biotit. Posamezne krpice so do 3 mm dolge, večinoma pa sestoje iz manjših lističev. Biotit je ponekod delno nadomeščen s kloritom. Tudi rogovača se pojavlja v pohorski globočnini, navadno v zelo majhnih količinah, lahko pa tudi povsem manjka.

Za pohorsko globočnino je značilna bolj ali manj poudarjena paralelna tekstura, ki se v glavnem izraža s paralelno razporeditvijo biotitnih



Sl. 3. Alkalni glineni pohorske globočnine in njenih pegmatitov
Abb. 3. Alkalifeldspate aus dem Tiefengestein des Pohorje und seiner Pegmatitgängen

- globočnina
Tiefengestein
- × pegmatit
Pegmatit

1.	R	89	8	82,5	$\perp$ (001)	Or 3° NE Mi 9° SW	2V = —54°
2.	R	6	90	85	$\perp$ (010)	Or 5,5° NE Mi 13° SE	V ₁ V ₂ = —52°
3.	R	90	10	80	$\perp$ (001)	Or 4° N Mi 11° N	V ₁ V ₂ = —54°
4.	R	83	68,5	23	$\perp$ (100)	Or 5° N Mi 11° SW	2V = —59°
5.	R	7	88	84	$\perp$ (010)	Or 6,5° NW Mi 12° SE	2V = —48°
6.	R	86	8	83	$\perp$ (001)	Or 4° NE Mi 6° N	2V = —56°
7.	R	57	73	39,5	$\perp$ (110)	Or 3° SE Mi 14,5° W	2V = —45°
8.	R	88	5	85	$\perp$ (001)	Or 1° E Mi 8° SW	2V = —45°
9.	R	89	6	84,5	$\perp$ (001)	Or 1° E Mi 9° SW	2V = —46°
10.	R	89,5	3,5	87	$\perp$ (001)	Or 1° SE Mi 10° SW	2V = —60°
11.	R	87	79	11	$\perp$ (1502)	Or 2° NE Mi 15° NW	
12.	R	82,5	87	9	$\perp$ (1502)	Or 10° NE Mi 10° NW	
13.	R	90	8,5	82	$\perp$ (001)	Or 3,5° N Mi 9,5° W	2V = —65°
14.	R	84	11	81	$\perp$ (001)	Or 6° NE Mi 5° W	2V = —50°
15.	R	86	11,5	79,5	$\perp$ (001)	Or 6,5° NE Mi 6,5° NW	V ₁ V ₂ = —56°
16.	R	90	5,5	85	$\perp$ (001)	Or točno Mi 7° SW	2V = —49°
17.	R	1	89	90	$\perp$ (010)	Or 1° W Mi 18° SE	V ₁ V ₂ = —52°

Opomba:

Številke 1—12 ustrezajo alkalnim glinencem pohorske globočnine, 13—17 pa alkalnim glinencem njenih pegmatitov. R = razkolna razpoka, 2V oziroma V₁V₂ se nanašata na kot optičnih osi, ki smo ga izmerili pri izstopu ene ali obeh osi. Or = ortoklaz, Mi = mikroklin.

Demerkung:

Die Nummern 1—12 entsprechen den Alkalifeldspaten aus dem Tiefengestein des Pohorje Gebirges, 13—17 dagegen den Alkalifeldspaten aus dem mit ihm genetisch gebundenen Pegmatit. R = Spaltfläche, 2V bzw. V₁V₂ beziehen sich auf den Winkel der optischen Achsen, wenn nur ein bzw. beide Achsenaustritte eingemessen worden sind. Or = Ortoklas, Mi = Mikroklin.

krpic in lečastih agregatov kremenca. Nastanek paralelne teksture si razlagamo s kristalizacijo pod pritiskom. Po raziskavah Hinterlechner-Ravnikove (1971) sta kontakt in skrilavost v tonalitu paralelna ploskvam foliacije kamenin metamorfnega ovoja.

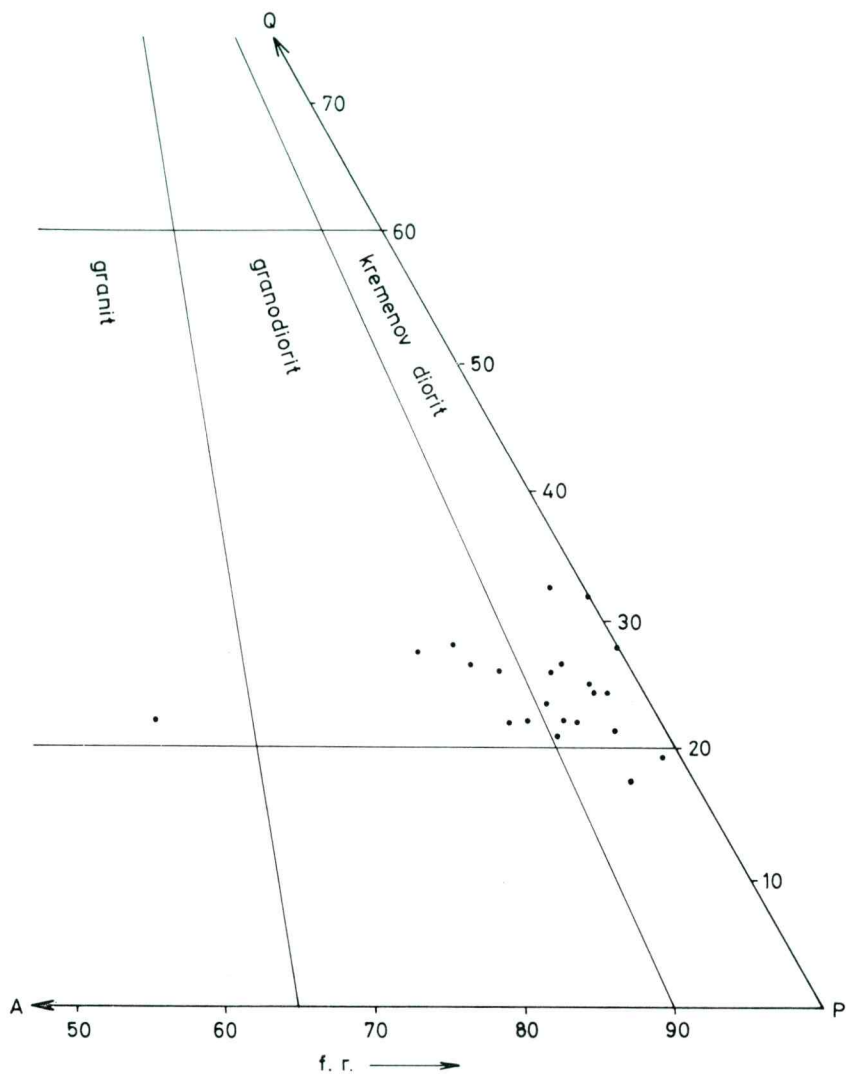
Klasifikacija

Kvantitativno modalno sestavo pohorske globočnine je prva raziskala Dolar-Mantuani (1953), ki je podala tudi popolno kemično analizo enega vzorca. Po njenih podatkih vsebuje pohorska globočnina v povprečju (v vol. %): plagioklaze $62\frac{1}{2}$, ortoklaz $6\frac{1}{2}$, kremen $22\frac{1}{2}$, biotit $6\frac{1}{2}$, rogovačo 1 in klorit $1\frac{1}{2}$. Po primerjavi z Adamellom je imenovala pohorsko globočnino tonalit, ki je siromašen s femičnimi minerali. Opazila pa je, da se kamenini ne ujemata povsem, plagioklazi pohorske globočnine vsebujejo znatno nižji odstotek anortita in je kamenina bolj levkokratna, kar

Oznaka kamenine Gesteinsnummer	f. r.	Q
40 a	90,3	21,2
40 b	85,5	26,6
40 c	90,1	23,7
41	95,5	25,0
42	84,6	27,8
I a	91,5	22,0
I b	95,9	21,5
II a	88,7	22,0
II b	96,3	24,6
III a	94,0	26,4
III b	59,7	22,1
IV a	95,6	24,4
IV b	81,2	27,3
52 a	93,4	17,4
26	96,9	32,6
6	88,2	26,1
7 a	98,6	19,6
7 b	92,6	26,2
23	100,0	28,1
67	100,0	31,8
3	87,1	22,2
4	92,9	22,2

Zbruski od 40 a do IV b so iz Josipdola, 52 a iz Cezlaka, 26 iz osrednjega Pohorja, 6 do 23 iz okolice Sl. Bistrice, 67 iz Sl. Kalvarije ter 3 in 4 iz konglomeratov pri Mariboru.

Die Dünnschliffe von 40 a bis IV b stammen aus Josipdol, 52 a aus Cezlak, 26 aus dem mittleren Teil des Pohorje Gebirges, 6 bis 23 aus der Umgebung von Sl. Bistrica, 67 von Sl. Kalvarija, 3 und 4 aus dem Konglomerat bei Maribor.



Sl. 4. Prikaz modalne sestave pohorske globočnine na diagramu QAP (Streckeisen, 1967) po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1935, Tabela XIII)
 Abb.4. Darstellung der modalen Zusammensetzung des Tiefengesteines des Pohorje Gebirges nach Angaben von Dolar-Mantuani (1935, Tabelle XIII) mit Zuhilfenahme des Diagrammes QAP (Streckeisen, 1967)

potrjuje tudi kemična analiza. Ponekod najdemo vzorce s povečanimi količinami alkalnih glincev; v takih primerih gre za kremenov monzonit (Dolar-Mantuan, 1940).

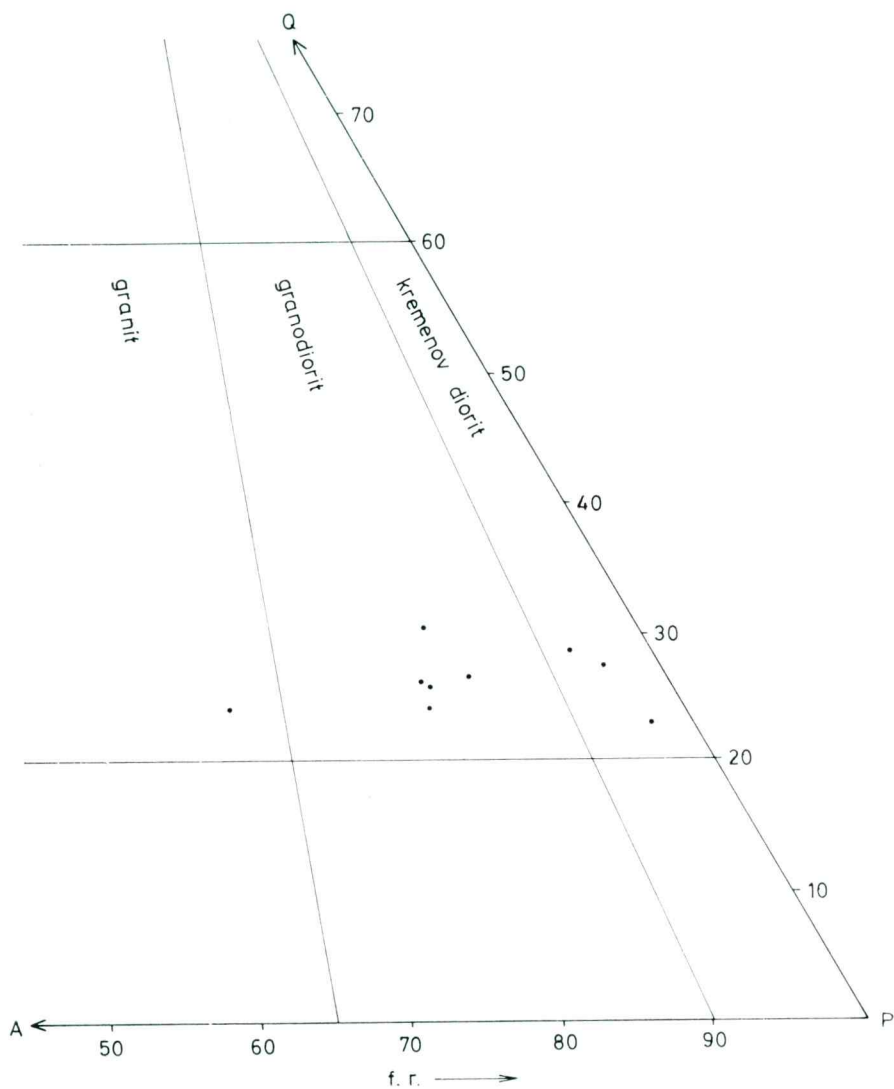
V novejšem času se je petrografska klasifikacija močno izpopolnila. Adamello so vsestransko temeljito proučili Bianchi, Callegari, Jobstraiber (1970). Zato je bilo treba tudi našo globočnino ponovno raziskati, da bi rešili problem njene klasifikacije. V ta namen smo mikroskopsko in kemično analizirali več vzorcev, katerih kvantitativne modalne sestave z ustreznimi kemičnimi analizami, Nigglijevimi parametri in vrednostmi QLM (Burri, 1959) vidimo na tabeli 1.

Ker vsebuje pohorska globočina kremen med glavnimi sestavinami, pridejo pri klasifikaciji v poštev le granitoidne kamenine, odvisno pač od sistema, ki ga uporabljamo. Danes pri klasifikaciji na modalni osnovi zelo upoštevajo Streckeisenov (1967) predlog klasifikacije magmatskih kamenin. Po Streckeisenu vsebujejo granitoidne kamenine od vseh levkokratnih sestavin 20 do 60 % kremen (Q); podrobnejša razdelitev na alkalni granit, granit, granodiorit in kremenov diorit pa temelji na podlagi naslednjega razmerja (izraženega v odstotkih) med plagioklazi in celotno količino glincev (f. r.) 0—10—65—90—100. Omenjeno razmerje se izra-

čuna po formuli $f. r. = \frac{P}{P + A}$ (P = plagioklazi, A = alkalni glinenci).

Grafično izvedemo klasifikacijo na diagramu QAP, ki ga za podatke Dolar-Mantuanijeve (1935, str. 111) vidimo na sl. 4, za naše meritve pa na sl. 5. Po podatkih Dolar-Mantuanijeve ustreza od 22 zbruskov 15 kremenovemu dioritu (če tu upoštevamo še oba vzorca z nekoliko manjšimi količinami kremen), 6 granodioritu in 1 granitu, po naših meritvah pa od 9 vzorcev pohorske globočnine 3 kremenovemu dioritu, 5 granodioritu in 1 granitu. Ker je prehod med kremenovim dioritom in granodioritom postopen, granit pa predstavlja izjemo, lahko za pohorsko globočnino trdimo, da po Streckeisen (1967) predstavlja kremenov diorit, ki postopno prehaja v granodiorit, v izjemnih primerih celo v granit. Na vzhodnem delu pohorskega masiva prevladuje kremenov diorit, na zahodnem pa granodiorit.

Št. kamenine Gesteinsnummer	f. r.	Q	Nahajališče Lokalität
1	95,1	27,6	Šmartno na Pohorju
2	96,7	23,1	Tinje
3	92,6	28,7	Cezlak
4	82,4	26,6	Cezlak
5	77,8	24,1	Pesek
6	78,5	25,4	Mislinjski jarek
7	79,8	30,0	Ribniška koča
8	60,3	24,0	Josipdol
9	78,1	26,0	Črni potok



Sl. 5. Prikaz naših meritev modalne sestave pohorske globočnine na diagramu QAP (Streckeisen, 1967)

Abb. 5. Darstellung der von uns ausgeführten Messungen der modalen Zusammensetzung des Tiefengesteines des Pohorje Gebirges mittels des Diagrammes QAP (Streckeisen, 1967)

Tabela 1. **Modalna in kemična sestava pohorske globočnine**
Tabelle 1. **Modale und chemische Zusammensetzung des Tiefengesteines von Pohorje**

a) Modalna sestava (v vol. %) — Modale Zusammensetzung (in Vol. %)

Št. kamenine Gesteinsnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plagioklazi Plagioklase	60,0	65,2	53,9	54,2	53,3	53,8	50,5	41,6	52,8
Ortoklaz Ortoklas	3,1	2,2	4,3	11,6	15,2	14,7	12,8	27,4	14,8
Kremen Quarz	24,1	20,2	23,4	23,8	21,8	23,3	27,1	21,8	23,7
Biotit Biotit	9,2	8,5	13,4	5,4	8,1	5,6	7,5	5,7	6,3
Klorit Chlorit	1,2	0,2	2,9	3,4	1,4	2,2	1,4	1,1	1,8
Rogovača Hornblende	1,1	2,9	1,4	0,8	0,3	—	—	1,9	—
Sfen Sphen	0,2	—	—	0,2	—	—	0,2	0,1	—
Epidot Epidot	0,9	0,3	0,6	0,5	—	—	0,05	—	—
Ortit Ortit	0,1	0,07	—	—	—	—	—	—	—
Apatit Apatit	0,1	0,4	0,1	0,1	—	—	—	—	0,04
Kalcit Kalcit	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
Nepresojni min. Opake Minerale	0,02	0,09	0,2	0,1	0,05	0,4	0,4	0,3	0,5
	100,12	100,06	100,2	100,1	100,15	100,0	99,95	99,9	99,94

b) Kemične analize (utež. %) — Chemische Analysen (Gewichts. %)

St. kamenine Gesteinsnummer ¹	2	3	4	5	6	7	8	9	
SiO ₂	65,9	62,4	64,50	66,69	65,20	68,67	68,1	66,0	68,12
TiO ₂	0,46	0,38	0,35	0,32	0,30	0,21	0,35	0,43	0,28
Al ₂ O ₃	18,0	18,6	18,64	17,99	18,30	16,18	17,2	17,2	16,89
Fe ₂ O ₃	0,38	0,92	0,95	0,69	1,21	1,54	0,90	0,84	0,99
FeO	2,69	2,70	2,53	2,39	1,94	1,74	2,08	2,48	1,72
MnO	0,09	0,079	0,03	0,09	0,13	0,06	0,14	0,08	0,08
MgO	1,27	1,89	2,40	1,63	1,12	0,93	1,90	1,72	1,39
CaO	4,72	5,97	3,73	3,95	3,51	3,56	3,16	4,51	3,58
Na ₂ O	4,02	4,31	3,26	3,76	4,10	4,32	3,51	3,70	4,22
K ₂ O	1,93	1,53	1,63	2,15	3,10	2,27	2,38	2,41	2,42
P ₂ O ₅	0,22	0,22	0,23	0,12	0,20	0,08	0,13	0,21	0,11
H ₂ O ⁺	0,20	0,43	1,14	0,30	0,39	0,38	0,43	0,65	0,24
H ₂ O [—]	0,35	0,16	0,31	0,02	0,03	0,09	0,11	0,13	0,07
CO ₂	0,22	0,25		0,26	0,33	0,02	0,11	0,26	0,00
S	0,01	0,001	0,08	0,007	0,12	0,07	0,007		0,08
	100,45	99,839	99,78	100,367	99,98	100,12	100,507	100,62	100,19

c) Nigglijevi parametri z vrednostmi QLM (Burri, 1959)

Niggli-Werte mit QLM (Burri, 1959)

Št. kamenine Gesteinsnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
si	260,6	220,6	252,1	268,9	263,1	298,4	287,1	259,8	286,8
ti	1,43	1,06	1,17	0,99	0,97	0,78	1,27	1,18	1,01
p	0,24	0,21	0,47	0,19	0,24	0,16	0,25	0,24	0,20
al	42,0	38,6	43,0	42,7	43,6	41,5	42,8	40,0	41,9
fm	17,8	20,8	25,1	20,1	17,4	17,5	22,5	21,0	18,3
c	20,0	22,5	15,7	17,1	15,0	16,5	14,2	18,9	16,1
alk	20,2	18,1	16,2	20,2	24,0	24,5	20,5	20,1	23,7
k	0,24	0,19	0,25	0,28	0,33	0,26	0,31	0,29	0,27
mg	0,41	0,48	0,56	0,49	0,39	0,34	0,53	0,48	0,48
qz	+79,8	+48,4	+87,3	+87,1	+67,1	+100,0	+105,1	+79,4	+92,0
Q	50,1	45,8	51,5	51,2	48,5	51,7	52,7	50,0	51,0
L	41,1	44,7	34,3	38,4	41,5	41,9	36,2	40,2	41,5
M	8,9	9,5	14,4	10,4	9,9	6,5	11,3	9,7	7,5

1 Kremenov diorit, Šmartno na Pohorju

2 Kremenov diorit, Tinje (vzorec 441/192 a — Geološki zavod, Ljubljana)

3 Kremenov diorit, Cezlak

4 Granodiorit, Cezlak

5 Granodiorit, Pesek

6 Granodiorit, Mislinjski jarek

7 Granodiorit, Ribniška koča

8 Granodiorit, Josipdol

9 Granodiorit, Črni potok

Opomba: Kemične analize št. 1, 7 in 8 je napravila ing. V. Hudnik, 2 ing. S. Kandare, 3 ing. N. Čerk, 4 dr. S. Gomišček, 5 ing. M. Treppo ter 6 in 9 prof. dr. L. Guzelj. Zbruske in analizo vzorca št. 2 s Tinj na Pohorju nam je dal na razpolago Geološki zavod v Ljubljani.

Omenili smo že, da v novejšem času imenujejo pohorsko globočnino tonalit. V prvotnem pomenu se beseda tonalit nanaša le na biotitno rogovačni kremenov diorit (navadno je biotita nekoliko več kot rogovače), kakršnega najdemo na Adamelli in v tem pomenu označuje tudi Streckeisen (1967) ustrezne kamenine kot tonalit, medtem ko nekaterim drugim avtorjem pomeni tonalit isto kot kremenov diorit (Johansen, 1958). Dosedanji podatki nas nedvomno prepričajo, da pri pohorski globočnini biotit na splošno odločno prevladuje nad rogovačo. Izjema je do neke mere le vzorec kremenovega diorita s Tinj (tabela 1), ki se z nekoliko večjimi količinami rogovače približuje biotitno rogovačnemu kremenovemu dioritu, t. j. tonalitu v prvotnem pomenu besede. Če torej ne upoštevamo izjem, predstavlja po Streckeisenovi klasifikaciji pohorska globočnina kremenov diorit, ali še natančneje biotitni kremen diorit, ki proti zahodu postopno prehaja v granodiorit. Če pa uporabljamo besedo tonalit kot sinonim pa kremenov diorit (Johansen, 1958), lahko tudi pri pohorski globočnini govorimo o tonalitu.

Nekoliko drugače kot Streckeisen postavlja Ronner (1963) meje med granitom, granodioritom in kremenovim dioritom na podlagi razmerja med plagioklazi in celotno količino glinencev. Tudi beseda tonalit ima po njem povsem drugačen pomen. Po Ronnerju vsebujejo alkalno kalcijev granit od vseh glinencev 15 do 60 % plagioklazov, granodiorit 60 do 85 % in kremenov diorit 85 do 100 %. Upoštevajoč podatke za f. r. v tekstu k sl. 4 in 5, se lahko takoj prepričamo, da po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1935, str. 111) od 22 zbruskov pohorske globočnine 19 ustreza kremenovemu dioritu, 2 granodioritu in 1 granitu, po naših meritvah pa od 9 vzorcev pohorske globočnine 3 kremenovemu dioritu in 6 granodioritu, izmed katerih pa eden leži čisto na meji h granitu. Tudi po Ronnerjevi klasifikaciji je pohorska globočnina kremenov diorit, ki postopno prehaja v granodiorit, v izjemnem primeru celo v granit.

Bistvena razlika med Ronnerjem in Streckeisenom je v uporabi besede tonalit. Ronner (1963) razlikuje pri kremenov dioritni družini poleg kremenovega diorita v ožjem pomenu besede tudi tonalit, ki po njem pravzaprav predstavlja kremenov gabrov diorit s plagioklazi, katerih povprečna sestava se giblje med 45 in 55 % anortita. Ker pa vsebuje pohorska globočnina mnogo bolj kisle plagioklaze, po Ronnerju seveda ne ustreza tonalitu.

Upoštevali bomo še Lindgrenovo klasifikacijo (Johannsen, 1958), ki deli granitoidne kamenine na kremenov diorit, granodiorit, kremenov monzonit in granit na podlagi naslednjega razmerja (v odstotkih) med alkalnimi glinenci in celotno količino glinencev: $0-13\frac{1}{3}-33\frac{1}{3}-66\frac{2}{3}$. Po Lindgrenovi klasifikaciji ustreza od 22 zbruskov pohorske globočnine, ki jih navaja Dolar-Mantuani (1935, str. 111), 18 kremenovemu dioritu, 3 granodioritu in 1 kremenovemu monzonitu, od 9 naših vzorcev pa 3 kremenovemu dioritu, 5 granodioritu in 1 kremenovemu monzonitu. Po Lindgrenu je torej pohorska globočnina kremenov diorit, ki postopno prehaja v granodiorit, v izjemnem primeru celo v kremenov monzonit.

Vzorec pohorske globočnine, o katerem je pisala Dolar-Mantuani (1935), izvira iz Josipdola. Njegova sestava (v vol. %) je naslednja:

plagioklazi 65, ortoklaz 7, kremen 20, biotit 7 in klorit 1. Kemična analiza, preračunana na Nigglijeve parametre, pa daje naslednje vrednosti: $si = 307$, $ti = 1,07$, $p = 0,27$, $al = 44,5$, $fm = 15,0$, $c = 17,7$, $alk = 22,8$, $k = 0,16$, $mg = 0,43$. Magma: farsunditni tip granodioritne magme. Drugi podatki, dobljeni po ekvivalentni normi (Burri, 1959), so za opisani vzorec naslednji: $Q = 53,8$, $L = 39,5$ in $M = 6,7$.

Kemično sestavo naših vzorcev kaže tabela 1. Opazimo, da vzorci biotitnega kremenovega diorita po Nigglijevih parametrih ustrezajo farsunditnemu tipu granodioritne magme (Burri, 1959), primerki granodiorita prav tako farsunditnemu tipu ali prehodom med farsunditnim in normalnim tipom granodioritne magme. Prehod med farsunditnim in normalnim tipom je značilen tudi za josipdolski vzorec (tabela 1, vzorec št. 8), ki smo ga na podlagi njegove modalne sestave imenovali granit, medtem ko se pri biotitno rogovačnem kremenovem dioritu s Tinj (tabela 1, vzorec št. 2) pojavlja levkopolééitni tip granodioritne magme. Če torej ne upoštevamo vzorca s Tinj, lahko za pohorsko globočnino trdimo, da je zanjo še najbolj značilen farsunditni tip z delnimi prehodi k normalnemu tipu granodioritne magme. Ker se prehod med farsunditnim in normalnim tipom pojavlja tudi pri josipdolskem vzorcu, ki smo ga glede na modalno sestavo imenovali granit oziroma kremenov monzonit, sklepamo, da smo pri mikroskopski preiskavi imeli opravka le z lokalnimi nakopičenji ortoklaza v izmeri zbruska, zaradi česar lahko tudi ta vzorec na podlagi njegove kemične sestave imenujemo granodiorit.

Kemizem pohorske globočnine ustreza torej po Nigglijevi klasifikaciji (Burri, 1959) granodioritnim magmam, v prvi vrsti farsunditnemu tipu s prehodi k normalnemu tipu. Značilno za pohorsko globočnino je, da se tudi pri vzorcih kremenovega diorita ne pojavlja kremenova dioritna magma, kot bi na prvi pogled pričakovali. Nigglijevi parametri nam pokažejo tudi bistveno razliko med tipičnim pohorskim kremenovim dioritom, kot ga npr. predstavlja vzorec s Šmartnega (tabela 1), in adamellskim tonalitom. Kemizem pohorskega kremenovega diorita namreč ustreza farsunditnemu tipu granodioritne magme, za adamellski tonalit pa je značilna kremenova dioritna magma (Callegari, 1963).

Po dosedanjih preiskavah predstavlja torej pohorska globočnina v glavnem biotitni kremenov diorit, ki postopoma proti zahodu prehaja v granodiorit. Besedo tonalit lahko za pohorsko globočnino, kolikor ustreza kremenovemu dioritu, uporabljamo le kot sinonim za kremenov diorit.

Primerjava z adamellskim tonalitom

Ko je Dolar-Mantuani (1953, 1940) po primerjavi z adamellskim tonalitom tudi pohorsko globočnino imenovala tonalit, je imela na voljo le eno samo kemično analizo adamellskega tonalita. Danes pa je adamellski masiv temeljito preiskan in adamellski tonalit precizno definiran (Bianchi, Callegari, Jobstraibizer, 1970).

Če ne upoštevamo bazičnejših magmatskih kamenin na obrobju in seveda regionalno metamorfnih kamenin in sedimentov, lahko trdimo za Adamello, da v glavnem sestoji iz tonalita, levkokratnega tonalita, biotitnega kremenovega diorita, levkokratnega biotitnega kremenovega diorita

Tabela 2. **Adamello — glavni tipi magmatskih kamenin po Bianchiju, Callegariju in Jobstraibizerju (1970)**

Tabelle 2. **Adamello — Haupttypen der Eruptivgesteine nach Bianchi, Callegari, Jobstraibizer (1970)**

a) Modalne sestave

Modale Zusammensetzungen

Kamenina Gestein	Plagiokl. Plagiokl.	% An*	Kremen Quarz	Ortoklaz Ortoklas	Biotit Biotit	Rogovača Hornbl.	Akcesorji Access.	M	R
Tonaliti Tonaliten	48,7	(49)	21,5	2,7	15,2	10,5	1,4	27,1	42
Levkokratni tonaliti Leukotonaliten	53,2	(46)	25,6	4,5	10,5	5,4	0,8	16,7	34
Biotitni krem. dioriti Quarzbiotitdioriten	47,7	(48)	28,9	3,1	17,9	1,2	1,2	20,3	6
Granodioriti Granodioriten	47,7	(33)	27,6	10,5	8,2	4,8	1,2	14,2	36
Levkokratni biotitni krem. dioriti Leukoquarzbiotit- dioriten	56,1	• (33)	26,6	3,5	10,4	0,8	2,6	13,8	7

b) Nigglijevi parametri
Niggli-Werte

Kamenina Gestein	si	al	fm	c	alk	k	mg
Tonaliti Tonaliten	197	33,6	30,2	22,6	13,6	0,33	0,47
Levkotonaliti Leukotonaliten	230	37,1	25,1	22,2	15,6	0,32	0,43
Biotitni krem. dioriti Quarzbiotitdioriten	238	37,3	26,2	20,8	15,7	0,36	0,42
Granodioriti Granodioriten	278	40,1	19,2	18,0	22,7	0,31	0,45
Levkokratni biotitni kremenovi dioriti Leukoquarz- biotitdioriten	271	41,6	18,6	18,3	21,5	0,21	0,47

Opombe:
Bemerkungen:

* Sestava norm. plagioklazov izračunana na podlagi rogovačno biotitne variante Nigglijeve ekvivalentne norme.

* Die Zusammensetzung der norm. Plagioklase wurde errechnet mittels der Hornblende-Biotitvariante der Niggli'schen Äquivalentnorm.

M Barvni indeks.
Farbindex.

R Razmerje rogovača/(rogovača + biotit).
Verhältnis Hornblende/(Hornblende + Biotit).

in granodiorita, kot imenujejo omenjeni avtorji ustrezne kamenine, katerih glavne karakteristike navajamo na tabeli 2. Definicija za tonalit se glasi »Tonalite is defined (in agreement with the original definition) as a hornblende-biotite-quartzdiorite, with low K-feldspar content, with strongly zoned plagioclases. The normative composition of the plagioclases is about 50 % An; the average colour index is $M = 27$; the ratio hornblende/ (horn. + biot.) is greater than 20 ranging commonly between 30 and 45 %; isophaly is typical chemical characteristic of these rocks« (Bianchi, Callegari, Jobstraibizer, 1970). Če primerjamo sedaj tipični pohorski kremenov diorit, kot je npr. vzorec s Šmartnega na Pohorju (tabela 1, vzorec št. 1), z adamellskim tonalitom, vidimo naslednje razlike:

1. Vsota vseh femičnih mineralov, barvni indeks M, je pri pohorski kamenini dvakrat manjša.

2. Za razmerje rogovača / (rogov. + biotit) dobimo pri omenjenem vzorcu pohorske globočnine vrednost 11 %, kar je še globoko pod razmerjem, značilnim za adamellski tonalit.

3. Normativni plagioklazi vzorca s Šmartnega na Pohorju, izračunani iz standardne katanorme (Burri, 1959), vsebujejo 36 % anortita, kar je bistveno manj kot pri normativnih plagioklazih adamellskega tonalita.

4. Kemizem kremenovega diorita s Šmartnega na Pohorju je izrazito saličen ($al \gg fm$), adamellskega tonalita pa izofalen ($al \approx fm$).

Razlika je tudi v sestavi modalnih plagioklazov. Pri adamellskem tonalitu se namreč pojavljajo plagioklazi s korodiranimi bazičnimi jedri sestave bitovnit/labradorit, ki jih obdaja conarno zgrajen ovoj iz andezina, pogosto še z oligoklazom na robovih, povprečna sestava celotnih zrn pa znaša 45 % an (Karl, 1966). Kot smo že videli, vsebujejo plagioklazi pohorske globočnine povprečno le 35 % anortita in jim manjkajo predvsem korodirana jedra bazičnih plagioklazov, ki so tako značilna za adamellski tonalit.

Primerjava torej kaže, da pohorska globočnina, kolikor ustreza kremenovemu dioritu, ni identična z adamellskim tonalitom. Še bolj kot za vzorec s Šmartnega na Pohorju velja to za primerke, ki so še bolj levkokratni ali pa sploh ne vsebujejo rogovače kot npr. že omenjeni vzorec kremenovega diorita iz Josipdola, ki ga je Dollar-Mantuan (1935, str. 111, obrus 40 a) imenovala tonalit. Le biotitno rogovačni kremenov diorit s Tinj (tabela 1), pri katerem odstotno razmerje med rogovačo ter vsoto rogovače in biotita doseže vrednost 25, ustreza tonalitu; toda po drugih lastnostih se tudi ta kamenina tako razlikuje od adamellskega tonalita, da je z njim ne moremo identificirati.

Če torej pohorski kremenov diorit ne ustreza adamellskemu tonalitu, se bomo vprašali, ali morda ni identičen s katerim od naštetih predstavnikov adamellske globočnine, kot jih označujejo Bianchi, Callegari, Jobstraibizer (1970). Primerjava vzorca s Šmartnega na Pohorju (tabela 1) s kameninami, navedenimi na tabeli 2, pokaže, da se pohorski kremenov diorit tako po modalni sestavi kakor tudi po kemičnih lastnostih še najlepše ujema z adamellskim »levkokratnim biotitnim kremenovim dioritom«, kar lahko pri primerjavi parametrov Zavarickega (1964) lepo dokažemo z vrednostmi »d« (tabela 3). Najmanjšo vrednost za »d« dobimo namreč pri primerjavi z adamellskim »levkokratnim biotitnim kremenovim dioritom«. Pri primerjavi z Adamellom predstavlja torej vzorec s Šmartnega na Pohorju levkokratni biotitni kremenov diorit, isto pa velja seveda za druge sorazmerno levkokratne primerke pohorskega kremenovega diorita, še posebno če povsem manjka rogovača med femičnimi sestavinami. Izjemi sta biotitno rogovačni kremenov diorit s Tinj (tabela 1), ki se že približuje adamellskemu »levkokratnemu tonalitu«, in melanokratni različek pohorske globočnine v cezlaškem kamnolomu (tabela 1), ki se pri primerjavi z Adamellom približuje »biotitnemu kremenovemu dioritu«.

Če torej ne upoštevamo izjem, lahko pri primerjavi z Adamellom za pohorsko globočino trdimo, da predstavlja »levkokratni biotitni kremenov diorit«, ki proti zahodu postopno prehaja v granodiorit. Ker pa »levkokratni biotitni kremenov diorit« ne predstavlja posebnega pojma v petrografski klasifikaciji, bomo pohorsko globočnino v bodoče imenovali biotitni kremenov diorit, če vsebuje malo ortoklaza, oziroma granodiorit, če je poleg kremenin in plagioklazov bistvena sestavina tudi ortoklaz.

Tabela 3. **Primerjava kremenovega diorita s Šmartnega na Pohorju s povprečnimi sestavami glavnih tipov adamellskih kamenin (Bianchi, Callegari, Jobstraibizer, 1970, str. 135) s parametri Zavarickega (Savarizki, 1954)**

Tabelle 3. **Vergleich des Quarzdiorites von Šmartno am Pohorje mit mittleren Zusammensetzungen der Hauptgesteinstypen des Adamello (Bianchi, Callegari, Jobstraibizer, 1970, S. 135) mittels der Zahlenwerten nach Sawarizki (1954)**

Kamenina Gestein	a	c	b	s	$d = \sqrt{(a - a_0)^2 + (c - c_0)^2 + (b - b_0)^2}$
Biotitni krem. diorit, Šmartno na P. Quarzbiotitdiorit, Šmartno na P.	11,7	5,8	6,3	76,2	—
Tonaliti, Adamello Tonaliten, Adamello	9,8	7,2	11,7	71,3	$d = 5,9$
Levkokratni tonaliti, Adamello Leukotonaliten, Adamello	10,0	7,0	8,2	74,7	$d = 3,4$
Biotitni krem. dioriti, Adamello Quarzbiotitdioriten, Adamello	9,8	6,5	8,8	74,9	$d = 3,2$
Granodioriti, Adamello Granodioriten, Adamello	12,5	4,8	5,5	77,1	$d = 1,2$
Levkokratni biotitni krem. dioriti, Adamello Leukoquarzbiotitdioriten, Adamello	12,1	5,3	6,5	76,1	$d = 0,7$

Tabela 4. **Kemične sestave aplitno pegmatitnih žilnin, melanokratnega vključka, čizlakita, dacita in malchita**
Tabelle 4. **Chemische Zusammensetzungen aplitisch pegmatitischer Ganggesteine, des melanokraten Einschlusses, des Čizlakits, Dacits und Malchits**

a) Kemične analize (utež. %)

Chemische Analysen (Gewichts %)

Št. kamenine Gesteins- nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	72,74	74,32	51,70	53,82	66,58	67,36	65,95	63,72	63,88	66,58	64,82	66,20	56,44
TiO ₂	0,09	0,08	1,38	0,51	0,31	0,28	0,35	0,35	0,46	0,26	0,38	0,30	0,89
Al ₂ O ₃	15,90	14,15	18,66	7,71	18,22	18,70	16,89	18,34	19,57	18,60	16,60	16,85	16,72
Fe ₂ O ₃	0,06	0,31	3,25	1,09	0,29	0,74	0,42	2,29	1,90	0,97	0,26	1,20	1,28
FeO	0,96	0,42	8,96	3,48	1,52	2,18	2,73	0,91	1,54	1,82	3,17	1,95	4,44
MnO	0,03	sl.	0,35	0,07	0,03	sl.	0,07	0,04	0,04	0,007	0,12	0,12	0,11
MgO	0,99	0,65	6,48	13,78	1,59	1,71	1,80	1,68	2,03	1,38	1,77	1,34	5,47
CaO	2,18	1,13	2,80	16,81	3,67	2,85	3,10	3,29	3,38	3,21	3,43	3,47	7,07
Na ₂ O	4,13	4,34	2,19	1,82	4,42	2,45	3,56	3,48	3,02	3,24	3,90	4,20	4,01
K ₂ O	2,46	3,65	2,78	0,68	2,07	1,96	2,50	2,35	1,77	2,31	3,30	3,00	1,86
P ₂ O ₅	0,01	0,055	0,60	0,08	0,11	0,18	0,24	0,29	0,23	0,21	0,27	0,21	0,57
H ₂ O ⁺	0,16	0,30	0,44	0,22	0,92	0,58	1,80	1,93	0,04	1,03	1,20	0,45	0,63
H ₂ O ⁻	0,05	0,00	0,15	0,11	0,23	0,77	0,35	1,34	1,36	0,05	0,59	0,10	0,26
CO ₂	0,00	0,16	0,00	0,25	0,04				0,50			0,49	
S	0,10	0,17	0,05		0,04	0,08	0,08	0,04	0,09	0,09	0,07	0,12	0,08
	99,86	99,735	99,79	100,43	100,04	99,84	99,84	100,11	99,81	99,757	99,96	100,00	99,83

b) Nigglijevi parametri z vrednostmi QLM (Burri, 1959).

Niggli-Werte mit QLM (Burri, 1959).

Št. kame- nine Gesteins- nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
si	370,3	420,7	136,9	109,5	275,3	297,5	278,5	263,3	254,5	285,6	260,0	270,8	159,6
ti	0,28	0,34	2,96	0,73	1,02	1,06	1,27	1,24	1,44	0,93	1,20	0,98	1,87
p	0,03	0,14	0,64	0,07	0,20	0,34	0,43	0,47	0,41	0,41	0,48	0,25	0,68
al	47,8	47,3	29,1	9,3	44,4	48,5	42,1	44,7	45,9	47,0	39,3	40,8	27,9
fm	12,1	8,8	52,6	49,6	16,2	22,0	22,7	20,6	23,2	18,6	22,4	19,4	36,3
c	11,8	6,8	7,9	36,7	16,2	13,5	14,0	14,6	14,6	14,7	14,7	15,2	21,4
alk	28,3	37,1	10,3	4,4	23,2	15,9	21,3	20,1	16,2	19,6	23,6	24,6	14,4
k	0,28	0,36	0,45	0,19	0,24	0,34	0,32	0,31	0,28	0,32	0,36	0,32	0,24
mg	0,63	0,62	0,49	0,84	0,61	0,51	0,20	0,51	0,53	0,48	0,47	0,41	0,63
qz	+166,2	+172,3	-4,3	-8,1	+82,5	+133,9	+93,3	+82,9	+89,7	+107,2	+65,6	+72,4	+2,0
Q	56,9	56,8	34,2	26,9	50,4	57,0	51,4	50,6	52,3	53,7	47,8	49,0	36,0
L	37,5	39,0	28,6	18,5	41,7	28,5	37,4	37,3	30,9	34,8	42,0	41,2	41,4
M	5,6	4,2	37,3	54,6	8,0	14,5	11,4	12,2	16,8	11,5	10,2	9,9	22,6

1 Aplit, Cezlak

2 Pegmatit, Cezlak

3 Melanokratni vključek, Cezlak

4 Čizlakit, Cezlak

5 Dacit, Sv. Bolfenk pri Ribnici na Pohorju

6 Dacit, Legen

7 Dacit, Troblje

8 Dacit, Trbonje

9 Dacit, Vuzenica

10 Dacit, Mislinjski jarek

11 Dacit, Vrhnika

12 Dacit, Ribniška koča

13 Malchit, Mislinjski jarek

Opomba: Analize št. 1, 3 in 5 je naredil prof. dr. L. Guzelj, 2, 11 in 12 ing. M. Treppo, 4 ing. R. Klemen, 6, 7, 8, 9 in 10 ing. N. Čerk in analizo št. 13 prof. dr. L. Dolar-Mantuani.

Apliti in pegmatiti

Kot vse granitoidne kamenine prepletajo tudi pohorsko globočnino številne aplitne in pegmatitne žilnine, ki segajo ponekod tudi še v sosednje regionalno metamorfne kamenine. Toda takoj moramo soglašati s Kie-slingerjem (1935), da so metamorfne kamenine prepredene tudi z aplitno pegmatitnimi žilninami, ki nimajo ničesar skupnega z globočnino, temveč so sigurno starejše od nje. V tem poglavju se omejimo le na aplitno pegmatitne žilnine, ki so v genetski zvezi s pohorsko globočnino. Opišemo pa dve ustrezni žilnini iz cezlaškega kamnoloma, aplit in pegmatit.

Aplit predstavlja do 3 m debelo žilnino, ki v ravnih mejah presekava globočnino. Struktura je drobnazrnata, njegova tekstura pa paralelna. Kamenina sestoji v glavnem (v vol. %) iz plagioklazov 38,3, ortoklaza 30,0 in kremenca 28,4. Druge sestavine pa so biotit s kloritom 3,1, granat 0,03 in neprosojni minerali, v glavnem pirit 0,1. Plagioklazi ustrezajo v povprečju oligoklazu s 24 % anortita. Kemično sestavo kamenine podajamo na tabeli 4.

Pegmatit sestoji v glavnem iz kristalov plagioklaza in ortoklaza ter kremenca, zdrobljenega v drobnazrnatih agregatih. Plagioklazi ustrezajo v povprečju oligoklazu s 11 % an, alkalni glinenci pa ortoklazu z začetnimi delnimi prehodi v mikroklin (sl. 3). V minimalnih količinah se še pojavljajo biotit, klorit, granat in neprosojni minerali, v glavnem pirit. Kemično sestavo kamenine kaže tabela 4.

Aplitne in pegmatitne žilnine, ki prepletajo pohorsko globočnino, so kisli diferencijski produkti njene magme. Posebno pogoste so ob jugovzhodnem robu pohorske globočnine nad Slovensko Bistrico, opisala pa sta jih že Benesch (1917) in Dolar-Mantuan (1935).

Melanokratni vključki v pohorski globočnini

Pohorska globočnina vsebuje številne podolgovate temne vključke, velike do nekaj dm, ki v bistvu sestojijo iz enakih mineralov kot globočnina, le da femične sestavine prevladujejo nad saličnimi. Tako sestoji melanokratni vključek iz cezlaškega kamnoloma (v vol. %) iz plagioklazov 18,2, ortoklaza 16,9, kremenca 6,1, biotita 57,9, klorita 0,3, apatita 0,4, sfena 0,1, epidota 0,03 in neprosojnih mineralov 0,1. Plagioklazi ustrezajo, podobno kot v obdajajoči globočnini, kislemu andezinu s 34 % an, alkalni glinenci pa ortoklazu z delnimi začetnimi prehodi v mikroklin. Naj navedemo tri podatke (R = razkolna razpoka, Or = ortoklaz, Mi = mikroklin):

1.	R	90	6,5	84	⊥ (001)	Or	1,5° N	2V = —50°
2.	R	5	85	90	⊥ (010)	Or	5° N	V ₁ V ₂ = —51°
						Mi	16° S	
3.	R	11	80	88	⊥ (010)	Or	11° W	
						Mi	13° S	

Kemično sestavo melanokratnega vključka iz cezlaškega kamnoloma podajamo na tabeli 4.

Čizlakit

V bližini cezlaškega kamnoloma se v pohorski globočnini nahaja leča srednjezrnate kamenine, ki sestoji po Nikitinu (1937, 1939) v glavnem iz svetlo zelenega avgita, temno zelene rogovače in plagioklazov, v manjši meri tudi iz ortoklaza in kremenca, v neznatnih količinah pa vsebuje še sfen, apatit in biotit. Femičnih mineralov je 70 do 80 vol. %, v glavnem avgita in rogovače, pri čemer v normalnih primerkih avgit močno prevladuje nad rogovačo.

Cezlaško melanokratno kamenino je najprej omenil Benesch (1917) kot rogovačni avgitni diorit. Pozneje jo je Nikitin (1937, 1939) po temeljiti petrografski preiskavi po Čezlaku (= Čizlak?) preimenoval v čizlakit. Da je dal cezlaški kamenini posebno ime, se je čutil upravičenega, ker do takrat še niso poznali kamenine, ki bi imela po sistemu CIPW formulo IV. 1. 1s. (2)3. (1)2., kot jo kaže prav naša kamenina.

Glavna sestavina čizlakita je avgit, ki ga pohorska globočnina sploh ne vsebuje. Poleg tega je v čizlakititu znatno več rogovače kot biotita, torej obratno kot v globočnini. Pač pa se po sestavi večina čizlakitovih plagioklazov lepo ujema s plagioklazi v pohorski globočnini, saj po Nikitinu (1939) variirajo plagioklazi v čizlakititu med 52 in 35 % an, po naših meritvah med 38,5 in 34 % an s povprečjem 36,5 % an. Po meritvah Dolar-Mantuani je (1940) vsebujejo plagioklazi v čizlakititu povprečno 36 % an, vendar je v prejšnjem delu (Dolar-Mantuani, 1935) navedla tudi bazičnejše plagioklaze, ki ustrezajo labradoritu. Nadalje ugotavljamo, da so alkalni glinenci v čizlakititu identični z alkalnimi glinenci obdajajoče globočnine in torej ustrezajo ortoklazu z začetnimi delnimi prehodji v mikroklin. Navajamo dva podatka:

(R = razkolna razpoka, Or = ortoklaz, Mi = mikroklin):

1.	R	88	5	86	⊥ (001)	Or	1°	N	2V = —48°
2.	R	65,5	64	38	⊥ (110)	Or	7,5°	SW	
						Mi	15°	SE	

Čizlakit vsebuje torej dve vrsti sestavin, in sicer takšne, ki jih v obdajajoči globočnini ni (avgit, bazični plagioklazi), in minerale, ki so navzoči tudi v obdajajoči globočnini (andezin, ortoklaz, rogovača).

Porfirske kamenine

Porfirske kamenine zahodnega Pohorja so starejši avtorji (Anker, 1835; Morlot, 1848 in Rolle, 1857) enostavno prištevali h granitu. Njih pravo naravo je prvi prepoznal Hussak (1884). Imenoval jih je kremenove sljudne porfirite in rogovačne porfirite. Enako jih je označil tudi Teller, (1896), ki jih pa genetsko ni povezal s pohorsko globočnino. Doelter (1884) in Pontoni (1895) sta pohorski granit, granitni porfir, sljudni in rogovačni porfirit obravnavala kot enoten masiv z različnimi strukturnimi oblikami. Eigel (1895) je poudarjal, da se granitni porfir pojavlja kot večji čoki, porfiriti pa v obliki žilnin. Pozneje je Heritsch (1913) granitne porfirje preimenoval v dacit, medtem ko je Dolar-Mantuani (1935) pri porfirskih kameninah zahodnega Po-

horja glede na stopnjo kristalizacije osnove in mineralno sestavo razlikovala dacit, diorit-porfirit in malchit, pri čemer se diorit-porfirit očitno naša na nediferencirane žilnine, malchit pa na rogavačne porfirite starejših avtorjev. Med tipičnim dacitom kot predornino in diorit-porfiritnimi žilninami so znani številni prehodi. Zato jih je Kieslinger (1935) enostavno združil z dacitom. Tudi Teller (1896) pri svojih kremenovih sljudnih porfiritih ni delal razlike glede načina pojavljanja. Tudi mi bomo v bodoče na Pohorju z dacitom označevali tako ustrezne predornine kot nediferencirane žilnine porfirskega zloga. S tem hočemo poudariti, da nediferencirane žilnine ne predstavljajo apofiz globočnine, temveč v globljih razpokah skrepnelo dacitno magmo.

Za ugotovitev starosti porfirskih kamenin zahodnega Pohorja imata zasluge Žurga (1926) in Winkler (1929). Ker dacit predira ivniške (eibiswaldske) sklade, v katerih se pojavljajo tudi dacitni tufi, je dacit po starosti identičen z ivniškimi skladi, ki jih danes uvrščamo v helvetsko stopnjo miocena (Janoschek, 1964). Do dacitnih izbruhov je torej prišlo v helvetu, po Kislingerju (1935) pa lahko delno še prej.

Svetlo sive porfirске kamenine zahodnega Pohorja se pojavljajo kot večji čoki ali pa v obliki žilnin, med njimi pa so številni prehodi, kakor opažamo prehode tudi med svetlo sivimi nediferenciranimi žilninami in malchitom.

Večji svetlo sivi izdanki porfirskih kamenin, pri katerih se kot vtrošniki v komaj kristalizirani osnovi pojavljajo plagioklazi, kremen in femični minerali biotit, klorit ali rogovača, ustrezajo dacitu. Plagioklazovi vtrošniki v dacitu so idiomorfni in približno enako veliki kot v zrnati globočnini, ustrezajo pa delno visokotemperaturnim modifikacijam delno tudi vmesnim oblikam, po odstotku anortita pa povprečno kislemu andezinu z nekatko 32 %. Kemizem večjega dela doslej raziskanih vzorcev pohorskega dacita (Fanning, 1970) ustreza prehodu med farsunditnim in normal-

Sl. 6. Porfirске kamenine zahodnega dela Pohorja
Abb. 6. Porphyrisch entwickelte Eruptivgesteine des westlichen Pohorje Gebirges

a) Skupki zaobljenih kremenovih vtrošnikov v malo kristalizirani osnovi. Majhen vtrošnik je plagioklaz. Zbrusek št. 16636, 36 ×, nikola +, dacit, Vrhnik. Gruppe von abgerundeten Quarzeinsprenglingen. Der kleine Einsprengling ist Plagioklas. Dünnschliff Nr. 16636, 36 ×, Nicols +, Dacit, Vrhnik.

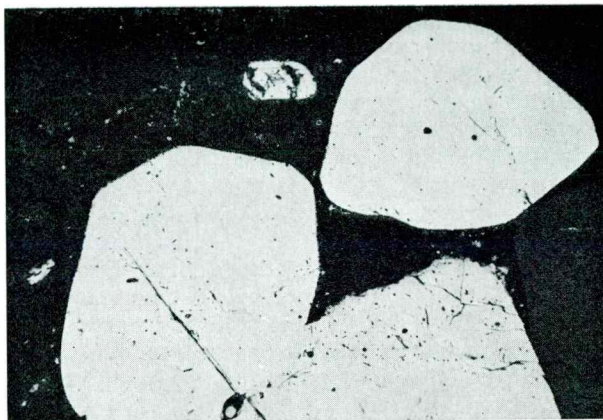
b) Conarni plagioklazov vtrošnik z bazičnejšim robom. V jedru smo izmerili 45,5 % an, proti periferiji pade sestava postopno na 31 % an, toda na sliki temni rob vsebuje zopet 45,5 % an. Zbrusek št. 16635, 36 ×, nikola +, dacit, Ribniška koča.

Zonarer Plagioklaseinsprengling mit basischerem Rand. Im Kern wurden 45,5 % An gemessen, gegen die Peripherie fällt der Anortitgehalt allmählich auf 31 %, doch der Rand (dunkel) enthält wieder 45,5 % An. Dünnschliff Nr. 16635, 36 ×, Nicols +, Dacit, Ribniška koča.

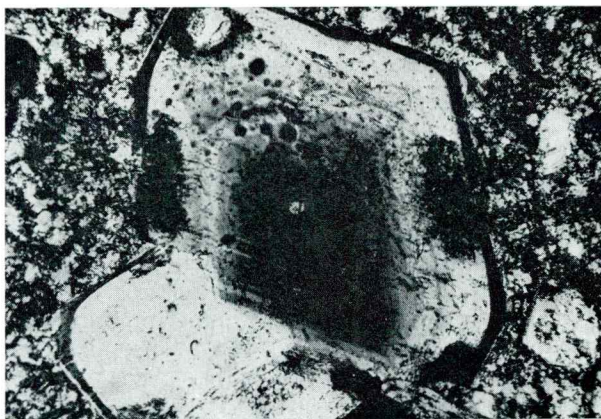
c) Plagioklaz s kislesjo notranjostjo. Na sliki temnejši zaobljen del v notranjosti plagioklaza vsebuje 30 % an, sledi mu cona s 35 % in obrobni del vtrošnika s 30,5 % an. Zbrusek št. 51, 36 ×, nikola +, dacit, Troblje.

Plagioklas mit saurerem Inneren. Auf dem Bild dunklerer ovaler Teil des Inneren enthält 30 % An, es folgt ihm eine Zone mit 35 % An, während die Randteile des Einsprenglings 30,5 % Anortitgehalt enthalten. Dünnschliff Nr. 51, 36 ×, Nicols +, Dacit, Troblje.

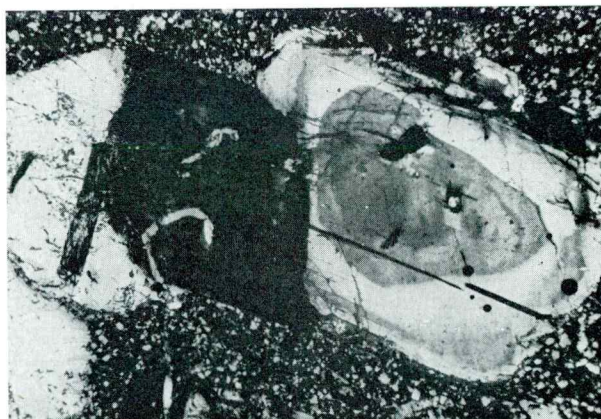
a



b



c



nim tipom granodioritne magme, redkeje samemu farsunditnemu. Kemično sestavo vidimo na tabeli 4.

Makroskopsko so dacitu podobne svetlo sive žilnine, ki se od njega razlikujejo le po tem, da je kremen med vtrošniki le akcesoren. Pod mikroskopom se lahko prepričamo, da je osnova nekoliko bolj kristalizirana kot pri dacitu in da je polna kremena, kar potrjuje tudi normativna sestava. Plagioklazovi vtrošniki so idiomorfni, pripadajo delno visokotemperaturnim, delno nizkotemperaturnim modifikacijam ali pa vmesnim oblikam, po odstotku anortita pa ustrezajo andezinu. Doslej smo petrografsko opisali ustrezno žilnino iz Mislinjskega jarka (F a n i n g e r , 1970), ki smo jo takrat imenovali tonalitni porfirit. Kamenina ima mikrokristalno osnovo. Kot vtrošniki se pojavljajo plagioklazi s povprečno 37 % an, biotit in redka zrna kremena, medtem ko sestoji osnova iz glincev, kremena, biotita in klorita. Kemizem kamenine navajamo na tabeli 4. Ker v kemičnem pogledu ni razlike napram dacitu, s katerim tvorijo podobne žilnine po strukturi, načinu pojavljanja in količini kremena med vtrošniki številne prehode, jih moramo imeti za nediferencirane žilnine dacitne magme. Da bi to poudarili in zaradi enostavnosti bomo odslej nediferencirane žilnine enostavno imenovali dacit. Dacitne žilnine so zelo pogoste v Mislinjskem jarku, najdemo jih tudi ob Razborci, kjer po stopnji kristalizacije osnove še predstavljajo tipične žilnine, glede na velike količine kremenovih vtrošnikov pa so podobne dacitu.

Čeprav v večini primerkov z lahkoto ločimo dacit od globočnine, najdemo na zahodnem Pohorju tudi vzorec, pri katerem makroskopsko ne moremo takoj ugotoviti, ali imamo opravka z dacitom ali z globočnino. To velja v prvi vrsti za porfirske kamenine, bogate z vtrošniki, ki so enako veliki kot sestavine zrnate globočnine, in obilica vtrošnikov z malo osnove daje videz zrnate kamenine. Toda natančnejša preiskava nam takoj pokaže razliko, saj je za pohorsko globočnino značilna bolj ali manj razvita paralelna tekstura, zrnca kremena pa so zdrobljena v aggregate, medtem ko pri dacitu paralelne teksture ne zapažamo, kremenovi vtrošniki pa se pojavljajo kot enotni kristali zaobljenih oblik, pogosto še združeni v večje skupke (sl. 6a). Razlika je tudi v plagioklazih, ki v globočnini ustrezajo nizkotemperaturnim, v dacitu pa v glavnem visokotemperaturnim ali pa vmesnim oblikam.

Nadrobneje bomo opisali dva vzorca pohorskega dacita in sicer dacit z Vrhnika, ki predstavlja predornino, in dacit iz kamnoloma pri Ribniški koči, ki se pojavlja v obliki žilnine.

Vrhnik. Kamenino je T r o b e i (1908) imenoval bostonit, D o l a r - M a n t u a n i (1938) pa dacit. Ker se podatki obeh avtorjev močno razlikujejo glede kemične sestave, smo se odločili za ponovno preiskavo.

Kot vtrošniki se v vrhniški porfirski kamenini pojavljajo plagioklazi, kremen, biotit, klorit in rogovača. Plagioklazovi vtrošniki so idiomorfni, veliki do 2,5 mm, ustrezajo pa prehodnim oblikam med visokotemperaturnimi in nizkotemperaturnimi modifikacijami. Če meritvene podatke vrednotimo na diagramih za visokotemperaturne oblike (S a r a n t s c h i n a , 1963), ki se jim vsekakor bolj približujejo, ugotovimo nihanje v sestavi neconarnih plagioklazov od 33 do 29 % an, njih povprečje pa znaša 32 % anortita, medtem ko smo pri nekem conarnem zrnju v jedru izmerili

43,5, na periferiji pa 35 % an. Kremenovi vtrošniki so zaobljeni, veliki do 2,2 mm, poedinci pa se lahko združujejo v večje skupke. Osnova je komaj kristalizirana do mikrokristalna, v kateri dosegajo zrnca 0,006 mm. Kamenina vsebuje tudi pirit. Kemizem kamenine podajamo na tabeli 4; po Niggliju (Burri, 1959) ustreza prehodu med farsunditnim in normalnim tipom granodioritne magme. Vsi podatki torej kažejo, da je porfirska kamenina z Vrhnika dacit.

Ribniška koča. Jugovzhodno od Ribniške koče na Pohorju je odprt kamnolom, v katerem se pojavljata globočnina in siva kamenina porfirskega zloga, ki predira globočnino in vsebuje tudi vključke globočnine. Porfirska kamenina predstavlja nediferencirano žilnino, podobno že prej opisani iz Mislinjskega jarka, ki jo bomo odslej naprej kot tudi vzorec porfirske kamenine z Ribniške koče imenovali dacit. Kot vtrošniki se pojavljajo plagioklazi, veliki do 2,3 mm, nadalje še rogovača in biotit, medtem ko kremen ni videti med njimi. Osnova je mikrokristalna z velikostjo zrnca okoli 0,06 mm, ki jih zaradi majhnih dimenzij ne moremo identificirati.

Plagioklazovi vtrošniki v porfirski kamenini pri Ribniški koči ustrezajo večinoma prehodom med visokotemperaturnimi in nizkotemperaturnimi modifikacijami. Za povprečje dobimo andezin s 33 % an, če meritvene podatke vrednotimo na krivuljah za visokotemperaturne oblike, in 39 % an po nizkotemperaturnih krivuljah (4 meritve). Ugotovili pa smo tudi zrno plagioklaza, ki s 48 % an ustreza nizkotemperaturni modifikaciji. Za nekatere plagioklazove vtrošnike je še značilen bazičnejši rob. Tako smo pri nekem conarnem zrnu v jedru izmerili 45,5 % an, sledita mu sloja s 42 in 31 % an, na robu pa se sestava zopet dvigne na 45,5 % an (sl. 6b).

Kemizem porfirske kamenine pri Ribniški koči ustreza prehodu med farsunditnim in normalnim tipom granodioritne magme (tabela 4). Ker normativna sestava po ekvivalentni normi (Burri, 1959) vsebuje 18,6 % kremen (Q), ga bo v obilici pričakovati tudi v osnovi. V kemičnem pogledu torej ni videti razlike napram tipičnemu dacitu, zato menimo, da porfirska kamenina pri Ribniški koči predstavlja v globljih razpokah skrepnelo dacitno magmo, torej dacit.

Dacitne žilnine zahodnega Pohorja postopno prehajajo v diferencirane žilnine, malchit, kot imenuje Dolar-Mantuani (1938) ustrezne lamprofirske žilnine. Malchit iz Mislinjskega jarka je petrografsko obdelala Dolar-Mantuani (1938). Po njenih podatkih sestoji kamenina (v vol. %) iz plagioklazov 58, kremen 3, biotita 4, rogovače 34 in pirit 1. Plagioklazi delno ustrezajo labradoritu, delno bazičnemu andezinu. Kemizem kamenine podajamo na tabeli 4.

Geneza pohorskih magmatskih kamenin

Po dosedanji raziskavi pohorskih magmatskih kamenin postavimo za njihov nastanek naslednje časovno zaporedje: čizlakit/globočnina/apliti in pegmatiti / dacit z malchitom. Po obsegu daleč prevladuje globočnina, torej biotitni kremenov diorit z granodioritom in prehodi med obema. Kdaj je nastala pohorska globočnina, z geološkimi metodami ne moremo ugotoviti, sigurno pa mora biti mlajša od domnevno variscijskih regionalno

metamorfnih kamenin, med katere je prodrla, in starejša od helvetskih ivniških skladov, v katerih se že pojavljajo prodniki pohorskega tonalita (Dolar-Mantuan, 1935). Tako lahko vežemo nastanek pohorske globočnine na alpidsko orogenezo, po vsej verjetnosti na njeno laramijsko fazo. Da je pohorska globočnina sorazmerno mlada, periadriatska, sklepamo posredno, saj se v pohorskem grōdenskem peščenjaku ni posrečilo najti značilnih conarnih plagioklazov pohorskega tonalita (Kieslinger, 1935), alkalni glinenci pohorske globočnine z ortoklazom in njegovimi začetnimi prehodi v mikroklin pa so bolj značilni za paleogenske globočnine kot za globočnine varisicične starosti (Karamata, 1959). Tudi po enaki kemični sestavi pohorske globočnine in v helvetu nastalega dacita sklepamo, da mora globočnina biti sorazmerno mlada. Ker pa dacit predira globočnino, mora globočnina biti vsaj nekoliko starejša od njega. Tako se je magmatsko delovanje na Pohorju moralo začeti z intruzijo, po vsej verjetnosti že v laramijski fazi alpidске orogeneze (sinorogenetski plutonizem), končati pa v helvetu z izlivi dacitne lave (postsekventni vulkanizem). Doba nastanka pohorske globočnine bo znana šele po določitvi njene absolutne starosti.

Glede starosti pohorske globočnine si torej nismo povsem na jasnem. Več pa lahko povemo o izvoru njene magme, ki mora biti le palingenetskega izvora, kar pomeni, da je nastala pri taljenju med gubanjem globoko pogreznjenih kamenin. Kot dokaze za palingenezo navajamo naslednje:

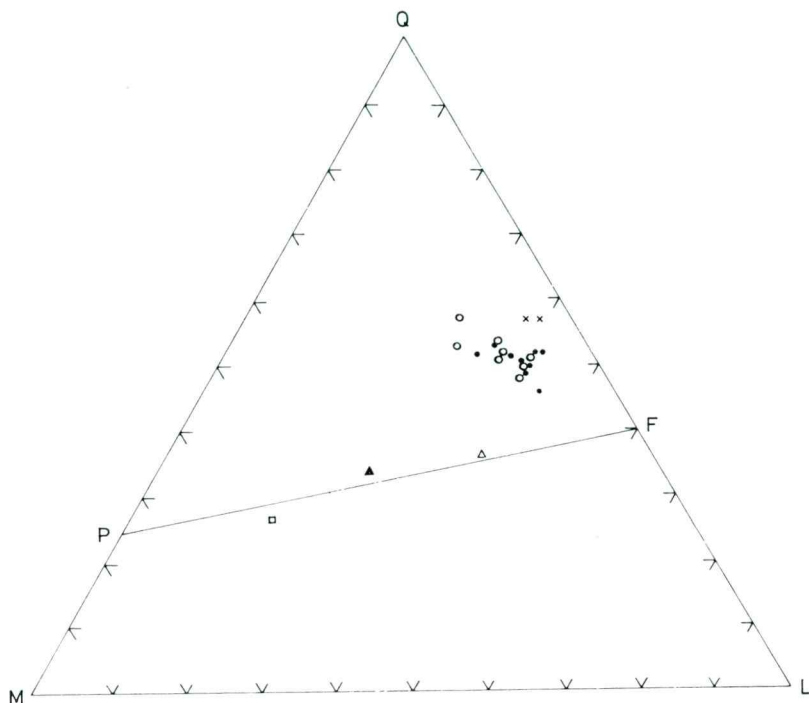
1. Nikjer na Pohorju ne najdemo bolj bazične kamenine, npr. gabra, zato se pohorska globočnina ni mogla razviti pri diferenciaciji iz gabroidne magme. Izdatek čizlakita je v primerjavi s pohorsko globočnino zanemarljivo majhen; poleg tega se njihova glavna sestavina — avgit — v pohorski globočnini sploh ne pojavlja, kar seveda govori za to, da se magma pohorske globočnine direktno ni mogla razviti pri diferenciaciji iz čizlakitne.

2. Kemizem pohorske globočnine na splošno ustreza farsunditnemu tipu, delno pa tudi prehodom k normalnemu tipu granodioritne magme. Ker diferenciatom primarne gabroidne magme ustrezajo po Nigglijevi klasifikaciji na kemični osnovi le kamenine z normalnimi tipi magme, obstaja za pohorsko globočnino z značilnim farsunditnim kemizmom le majhna verjetnost, da bi njena magma nastala pri diferenciaciji neke primarne gabroidne magme.

3. Poleg normalno grajenih conarnih plagioklazov z manjšimi rekurencami najdemo sicer v zelo redkih primerih tako v pohorski globočnini kot tudi v dacitu plagioklaze z bolj kislo ovalno zgrajeno notranjostjo in bolj bazičnim ovojem (slika 1c in 6c). Po Mehnertu (1967, str. 261) se takšni plagioklazi pojavljajo pri kameninah, nastalih iz anatektične magme.

4. Končno se pojavlja pohorska globočnina v nagubanem področju Alp, pripada torej »orogenetski kameninski seriji«, pri kateri vsaj granitoidnim kameninam lahko pripisujemo anatektični izvor njihove magme, kolikor seveda ne predstavljajo produktov metasomatoze. Ker pa so meje pohorske globočnine napram obdajajočim kameninam vedno ostre, sklepamo, da imamo opravka le z intruzijo, torej s prodorom anatektične oziroma palingenetske magme.

Magma pohorske globočnine je torej nastajala pri taljenju med gubanjem globoko pogreznjenih kamenin. Tako nastala magma je prodrla med



Sl. 7. Diagram QLM (Burri, 1959)
Abb. 7. Diagramm QLM (Burri, 1959)

- Pohorska globočnina (Tabela 1)
- Das Tiefengestein des Pohorje Gebirges (Tabelle 1)
- × Aplit, Pegmatit (Tabela 4)
- × Aplit, Pegmatit (Tabelle 4)
- ° Dacit (Tabela 4)
- ° Dacit (Tabelle 4)
- △ Malchit (Tabela 4)
- △ Malchit (Tabelle 4)
- ▲ Melanokratni vključek v globočnini (Tabela 4)
- ▲ Melanokrater Einschuß im Tiefengestein (Tabelle 4, Gesteinsnr. 3)
- Čizlakit (Tabela 4)
- Čizlakit (Tabelle 4)

višje ležeče sklade in se strdila v obliki lakolita, pri čemer so v končni fazi strjevanja pri diferenciaciji nastale še aplitne in pegmatitne žilnine.

Kemično se dacit in pohorska globočnina, ki smo jo klasificirali kot granodiorit, ne razlikujeta. Zato sklepamo, da je tudi dacitna magma palinogenetskega izvora. Isto lahko trdimo tudi za malchit, saj zapažamo prehode med njim in dacitnimi žilninami, kar je tudi v soglasju s splošnimi ugotovitvami, da se pri anatektičnih procesih proti koncu poraja vedno bolj bazična magma.

Kot v vseh globočninah najdemo tudi v pohorski globočnini do nekaj dm velike podolgovate melanokratne vključke. Če pomislimo na anatek-tični izvor njene magme, gotovo predstavlja mnogo melanokratnih vključ-kov še nepredelane ostanke melanosoma, toda v mnogih primerih imamo opravka tudi z ne povsem asimiliranimi vključki bazičnih kamenin kot npr. amfibolita.

Tudi čizlakit je problem zase. Po njegovi sestavi sklepamo, da avgit, bazični plagioklazi pa tudi večji del rogovače izhajajo iz neke bazične magme, medtem ko srednjekisli plagioklazi, ortoklaz in kremen iz magme obdajajoče globočnine; čizlakit naj bi potemtakem predstavljal produkt hibridizacije med neko ultrabazično magmo, prihajajočo iz globine, in magmo pohorske globočnine. Proces si lahko zamislimo tako, da je ultra-bazična magma prodrla v območje, kjer je prišlo do anatekse, s tem pa tudi do hibridizacije in nastanka čizlakita, ki je z intruzijo pohorske globočnine prišel v sedanjo lego.

Diagram QLM (Burri, 1959) na sl. 7 lepo kaže, da padejo primerki pohorske globočnine in dacita na isto polje, kar govori za to, da izhajata njuni magmi iz istega ognjišča. Desno zgoraj sta primerka aplita in pegma-tita, kislila diferenciatata pohorske globočnine, levo spodaj pa malchit, v ka-terega prehajajo dacitne žilnine. Velika odmaknjenost čizlakita od po-dročja vzorcev pohorske globočnine in dacita na diagramu govori za nje-gov nastanek iz neke ultrabazične magme, ki nima nič skupnega z anatek-tično magmo obdajajoče globočnine.

Starejše magmatske kamenine

V manjšem obsegu najdemo na Pohorju tudi magmatske kamenine, ki so starejše od tamkajšnje globočnine in nimajo v genetskem pogledu z njo ničesar skupnega. Sem spadajo izdanki diabaza na zahodnem Pohorju in ostanki ultramafitov na Pohorju nad Slovensko Bistrico. Tudi porfiritu pri Puščavi pripisuje Grobelšek (1959) triadno starost. Zelenkasta porfirska kamenina pod falskim železniškim mostom (Fanning, 1970) je mikroskopsko bolj podobna triadnemu kremenovemu porfiritu kot dacitu zahodnega Pohorja. V prvi vrsti pa moramo v tem poglavju omeniti skrilave aplitne in pegmatitne žilnine, ki prepletajo regionalno metamorf-ne kamenine in se razlikujejo od aplitno pegmatitnih žilnin v pohorski glo-bočnini po porfiroblastični strukturi in mikroklinih z lepo razvito mikro-klinsko mrežo ter vsebujejo poleg kremena še vedno muskovit, često tudi turmalin in granat. Hinterlechner-Ravnik (1971) jih ima za peg-matitni gnajs, Germovšek (1952) pa za milonitne pegmatite. Po Kie-slingerju (1935) so omenjene pegmatitne žilnine starejše od tonalita in so verjetno v genetski zvezi z nekim hipotetičnim granitom, kate-rega zgornje nivoje naj bi danes predstavljali očesni gnajsi Mislinjskega jarka. Novejše teorije razlagajo nastanek aplitno pegmatitnih žilnin, ki nimajo vidne genetske zveze z določeno globočnino, z začetnimi anatektič-nimi pojavi in z izločanjem tako nastalega levkosoma med regionalno me-tamorfozo, v našem primeru seveda variscično ali morda celo predva-riscično. Primerak takšnega starejšega pegmatita, vzorčevanega ob cesti s Fale proti Klopnemu vrhu, smo že opisali (Fanning, 1970, str. 57).

Igneous rocks of the Pohorje Mountains

Ernest Faninger

Abstract

The plutonic igneous rocks of the Pohorje Mountains have been petrographically examined, and their origin and relations to the porphyritic igneous rocks of the western part of the Pohorje determined. Some relevant data have already been published (Faninger, 1970). These data have now been revised and adapted according to the new literature.

On the basis of the quantitative mode composition and rock analysis was found that the Pohorje plutonic igneous rock consists mainly of rather leucocratic biotite quartz diorite grading into granodiorite; in the eastern part of the massive prevails quartz diorite, and in the western Pohorje granodiorite. The Pohorje quartz diorite is petrographically not identical with the Adamello tonalite, and by the definition of tonalite according to recent studies of the Adamello (Bianchi, Callegari, Jobstraibizer, 1970) it should not be called tonalite at all.

The magma of the Pohorje plutonic igneous rock is of palingenetic origin; its aplitic and pegmatitic dike rocks are products of magmatic differentiation. Some of its melanocratic enclosures, in the size of some decimetres, represent undissolved crustal rock remnants; others could be inclusions of more basic rocks partly digested by the magma.

Near the village Cezlak there occurs in the Pohorje plutonic igneous rock a lens of very interesting medium-grained rock, that has been named by Nikitin (1937, 1939) čizlakite. This rock consists of two component parts:

1. Minerals that do not appear in the enclosing plutonic rock; they are augite and basic plagioclases;

2. Minerals that appear in the plutonic rock as well; they are andesine, orthoclase and hornblende. It is concluded, that the čizlakite represents a product of hybrid origin of both an ultrabasic magma, and of the magma of the Pohorje plutonic rock.

The chemical composition of porphyritic rocks of the western Pohorje correspond with dacite, which occurs in larger stocks or in the shape of dike rocks, and originated, as already established by Žurga (1926) and Winkler (1929), during the Helvetian stage of the Miocene. According to rock analyses the dacite does not differ from the plutonic rock, and it can be concluded, that their magmas are of common origin, but the plutonic rock has to be older than dacite which penetrated the plutonic rock.

Magmatische Gesteine von Pohorje

Ernest Faninger

Einführung

Das Pohorje Gebirge besteht zum großen Teil aus regional metamorphen Gesteinen, in die sich ein riesiger Lakkolith eingeschaltet hat, während im Westen des Gebirges das Tiefengestein selbst, die kristallinen Schiefer, das Mesozoicum, ja sogar auch die heute zum Helvet zählenden Eibiswalder Schichten vom Dacit durchbrochen worden sind.

Genetisch sind mit dem Tiefengestein wohl die vielen in ihm enthaltenen Aplit- und Pegmatitgänge gebunden, mit ihm in Zusammenhang müssen aber auch die melanokraten Einschlüsse und der sogenannte Čizlakit betrachtet werden.

Das Verhältnis des Tiefengesteines zum Dacit ist bisher immer ein Problem gewesen. Zuerst wurden beide als ein einheitliches Massiv und als Granit betrachtet, dann kam die Trennung in Tonalit und Dacit, heute wirft sich aber die Frage auf, ob die beiden Gesteinsarten mit demselben Magmatismus entstanden seien oder ob sie ihre Entstehung zweien getrennten Vorgängen zu bedanken haben. Diesem Problem neben der petrographischen Beschreibung der erwähnten Gesteine und Deutung ihrer Genese werden wir unsere Aufmerksamkeit widmen.

Die modale Zusammensetzung des Tiefengesteines

Das Tiefengestein des Pohorje Gebirges weist eine körnige Struktur mit mehr oder weniger entwickelter Paralleltextur auf. Es besteht größtenteils aus Plagioklas, Ortoklas, Quarz und Biotit, der teilweise von Chlorit ersetzt wird. Auch Hornblende kann zugegen sein, doch sie steht gewöhnlich weit hinter dem Biotit oder sie kann auch gänzlich fehlen. In minimalen Mengen kommen noch Sphen, Epidot, Ortit, Kalcit und undurchsichtige Minerale vor. Überall überwiegen die Plagioklase bei weitem die Alkalifeldspate, doch das Feldspatverhältnis ist großen Schwankungen unterworfen: es kommen fast alkalifeldspatlose Proben vor, wogegen in anderen Proben die Menge der Alkalifeldspate schon so angewachsen ist daß sie unbedigt zu den Hauptbestandteilen des Gesteines gerechnet werden müssen.

Die Plagioklase im Tiefengestein des Pohorje Gebirges können zonar wie auch nichtzonar gebaut sein. Nach unseren Angaben variiert die Zusammensetzung der zonaren Plagioklasen zwischen 52 % An im Kern bis 26,5 % An am äußersten Plagioklasrand, so daß die Plagioklaskerne im Durchschnitt 42, die Zwischenteile 37 und die Peripherien 32 % Anortit enthalten, während die mittlere Zusammensetzung der zonaren Plagioklase einen Anortitgehalt von 37 % aufweist. Bei nichtzonaren Plagioklasen wurden Schwankungen zwischen 40 und 30 % An festgestellt, deren Mittel entspricht aber einem Andesin mit 35 % An, das Mittel aller Plagioklasen dagegen einem Andesin mit 36 % An. Ähnliche Resultate führt auch Dollar-Mantua (1935, S. 92) an, so daß auch bei deren Berücksichtigung für die Plagioklase des Tiefengesteines des Pohorje Gebirges gesagt werden kann, daß sie dem Anortitgehalt nach einem sauren Andesin mit unge-

fähr 35 % An entsprechen und daß die Schwankungen bei den zonar gebauten Glieder vom basischen Andesin in dessen Kernen bis zum sauren Andesin bzw. basischen Oligoklas an dessen äußersten Peripherien vorkommen. Auf den Abb. 1a und 1b sind zwei zonar gebaute Plagioklase zu sehen.

Die Alkalifeldspate des Tiefengesteines von Pohorje und der mit ihm genetisch gebundenen Pegmatitgängen haben ein frisches Aussehen (Abb. 2a) und zeigen ein undulöses Auslöschen. Die Mikroklingitterung ist außer in einem Ausnahmefall und da noch in deren beginnendem Stadium (Abb. 2c) nicht zu sehen. Oft kommt auch Myrmekit vor (Abb. 2b). Die Ergebnisse der U-Tischmessungen werden im Zusammenhang mit der Abb. 3 gezeigt. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß bei den meisten Fällen eine monokline Lage der optischen Indikatrix vorliegt und daß die entsprechenden Feldspate als Ortoklas angesprochen werden müssen. Bei den Fällen mit leicht trikliner Lage der Indikatrix könnte es sich um einen beginnenden Übergang vom Ortoklas zum Mikroklin handeln oder auch nur um durch den Druck verursachte optische Anomalien (Nikitin, 1942). Was hier der Fall sei, kann mit optischen Methoden nicht ermittelt werden, daß aber wenigstens in einigen Fällen mit einem beginnenden Übergang zum Mikroklin gerechnet werden muß, beweist die Abb. 2c. Die Alkalifeldspate des Tiefengesteines und seiner aplitisch-pegmatitischen Gänge entsprechen also dem Ortoklas mit teilweise beginnenden Übergängen zum Mikroklin. Da aber bei den hier betrachteten Alkalifeldspaten die Mikroklingitterung nur in seltesten Fällen auftritt und der Winkel der optischen Achsen im Mittel verhältnismäßig niedrig ist ($2V \approx -52,5^\circ$), so kann allgemein von Ortoklas gesprochen werden.

Der Quarz weist eine Mörtelstruktur auf.

Klassifikation des Tiefengesteines

Die ersten und sehr reichen Angaben über die quantitative modale Zusammensetzung des Tiefengesteines des Pohorje Gebirges wurden von Dolar-Mantuan (1935, S. 111) gegeben. Nach ihren Messungen enthält das Gestein im Mittel (in Vol. %): Plagioklase $62 \frac{1}{4}$, Ortoklas $6 \frac{1}{4}$, Quarz $22 \frac{1}{4}$, Biotit $6 \frac{1}{2}$, Chlorit $1 \frac{3}{4}$ und Hornblende 1. Eine Probe aus den Steinbrüchen von Josipdol wurde von ihr auch chemisch analysiert; diese Probe enthält (in Vol. %): Plagioklase 65, Ortoklas 7, Quarz 20, Biotit 7 und Chlorit 1, während die umgerechnete chemische Analyse folgende Niggli-Werte (Burri, 1959) ergibt: $si = 307$, $ti = 1,07$, $p = 9,27$, $al = 44,5$, $fm = 15,0$, $c = 17,7$, $alk = 22,8$, $k = 0,16$ und $mg = 0,43$. Auf Grund dieser Zusammensetzung nannte Dolar-Mantuan (1935) beim Vergleich mit Adamello das Tiefengestein des Pohorje Gebirges Tonalit, sie stellte aber zugleich fest, daß es in petrographischer Hinsicht nicht vollkommen identisch mit dem Tonalit von Adamello sei, sondern eine leukokrate Abart dieses Tonalites darstelle.

Die von uns ausgeführten quantitativen mikroskopisch-chemischen Untersuchungen am Tiefengestein des Pohorje Gebirges werden auf der Tabelle 1 wiedergegeben. Es ist darauf ersichtlich, daß es verhältnismäßig leukokrat ist, daß das Feldspatverhältnis großen Schwankungen unterworfen ist und daß bei den femischen Bestandteilen der Biotit bei

weitem die Hornblende überwiegt, die auch gänzlich fehlen kann. Da der Quarz überall als Hauptbestandteil vorhanden ist, so kommen bei der Klassifikation nur die granitoiden Gesteine in Frage. In unserer Arbeit werden drei Klassifikationsprinzipien berücksichtigt, nämlich die Klassifikationen nach Streckeisen (1967), Ronner (1963) und Lindgren (Johannsen, 1958).

Auf der Abb. 4 ist auf dem Diagramme QAP (Streckeisen, 1967; Q=Quarz, A=Alkalifeldspat, P=Plagioklas; $Q+A+P=100$) die von Dollar-Mantuan (1935, S. 111) angegebene quantitative modale Zusammensetzung des Tiefengesteines von Pohorje zu sehen, auf der Abb. 5 dagegen befinden sich entsprechende Angaben für unsere in der Tabelle 1 angeführten Meßergebnisse, samt den für die Konstruktion der QAP-Diagramme nötigen in Prozenten angegebenen Feldspatverhältnissen ($f. r. = \frac{P}{P+A}$) und Q-Werten. Es ist aus den Diagrammen ohne weiteres

ersichtlich, daß nach dem Klassifikationsprinzip nach Streckeisen (1967) das Tiefengestein von Pohorje dem Quarzdiorit entspricht, der allmählich in Granodiorit, in Ausnahmefällen sogar in Granit übergeht. Da der Biotit gewöhnlich die Hornblende bei weitem überwiegt, so stellt der Quarzdiorit des Pohorje Gebirges, genauer genommen, einen Quarzbiotitdiorit dar, nach Streckeisen (1967) also keinen Tonalit, denn er gebraucht das Wort Tonalit im originalen Sinne als Synonym für den Quarzbiotithornblendediorit, wie er am Adamello vorkommt.

Während beim Streckeisen (1967) die Unterteilung zwischen Quarzdiorit und Granodiorit beim Feldspatverhältnis $f. r. = 90$ erfolgt und die Grenze zwischen Granodiorit und Granit beim Feldspatverhältnis 65 zu liegen kommt, setzt Ronner (1963) die Grenzen zwischen den gleich genannten Gesteinen bei den Feldspatverhältnissen $f. r. = 85$ bzw. $f. r. = 60$. Auch nach Ronner (1963) entspricht das Tiefengestein von Pohorje dem Quarzdiorit mit allmählichen Übergängen zum Granodiorit, im Ausnahmefall sogar in Granit. Und da nach Ronner der Tonalit einen Quarz-Gabbrodiorit mit Plagioklasen von 45 bis 55 % An darstellt, die Plagioklasen im Tiefengestein des Pohorje Gebirges aber durchschnittlich viel anortitärmer sind, kann auch in diesem Falle nicht von Tonalit die Rede sein.

Nach Lindgren (Johannsen, 1958) erfolgt die Einteilung der granitoiden Gesteine in Quarzdiorit, Granodiorit, Quarzmonzonit und Granit auf Grund des Verhältnisses des Alkalifeldspates zu der Summe von Alkalifeldspat + Plagioklas, wobei mittels des so gewonnenen Feldspatverhältnisses folgende Grenzen gesetzt werden: $0 - 13 \frac{1}{3} - 33 \frac{1}{3} - 66 \frac{2}{3}$. Nach Lindgren entspricht der Lakkolith von Pohorje dem Quarzdiorit, genauer gesagt dem Quarzbiotitdiorit, der allmählich in Granodiorit, in Ausnahmefällen sogar in Quarzmonzonit übergeht.

Also nach allen heute üblichen Klassifikationen stellt das Tiefengestein des Pohorje Gebirges einen Quarzdiorit dar, der allmählich in Granodiorit, in Ausnahmefällen sogar in Granit (Quarzmonzonit) übergeht. Ferner erfuhren wir, daß unser Quarzdiorit, genauer genommen, einem Quarzbiotitdiorit entspricht und daß er so im originalen Sinne des Wortes

überhaupt als Tonalit nicht bezeichnet werden dürfte, geschweige noch als Tonalit im Sinne als Quarz-Gabbrodiorit. Aber in mancher Literatur kommt Tonalit auch als Synonym für Quarzdiorit vor (Johannsen, 1958). In diesem weiteren Sinne des Wortes könnte auch der Quarzdiorit von Pohorje als Tonalit bezeichnet werden; ob das sinnvoll wäre, wird der später noch folgende Vergleich mit Adamello zeigen.

Die chemischen Zusammensetzungen der von uns untersuchten Gesteinsproben sind neben den Angaben über deren quantitativen modalen Zusammensetzungen auf der Tabelle 1 angeführt. Mittels der in die Niggli-Werte (Burri, 1959) umgerechneten chemischen Analysen kann festgestellt werden, daß es sich dabei um ausgesprochen salische ($al \gg fm$) granodioritische Magmen handelt, so daß die Quarzdioritproben allgemein dem farsunditischen Typus, die Granodioritproben ebenfalls dem farsunditischen Typus oder den Übergängen zwischen dem farsunditischen und normalen Typus der granodioritischen Magmen entsprechen. Da auch die als Granit bezeichnete Probe (Tabelle 1, Gesteinsnummer 8) einen solchen Übergangschemismus der granodioritischen Magmen aufweist, so kann auch dieses Gestein künftig als Granodiorit bezeichnet werden.

Der Vergleich mit Adamello

Der Adamellomassiv wurde in letzten Jahrzehnten gründlichen petrographischen Untersuchungen unterzogen. In der Tabelle 2 sind die Charakteristiken der wichtigsten dort auftretenden Gesteinstypen nach Bianchi, Callegari, Jobstraibizer (1970) angeführt, deren Definition des Tonalites hat aber folgenden Wortlaut: »Tonalite is defined (in agreement with the original definition) as a hornblende-biotite-quarzdiorite, with low K-feldspar content, with strongly zoned plagioclases. The normative composition of the plagioclases is about 50 % An; the average colour index is $M = 27$; the ratio hornblende / (horn. + biot.) is greater than 20 ranging commonly between 30 and 45 %; isophaly is typical chemical characteristic of these rocks«.

Wird jetzt ein typischer Quarzdiorit des Pohorje Gebirges, beispielsweise der Quarzdiorit von Šmartno na Pohorju (Tabelle 1, Gesteinsnummer 1), auf Grund dieser Definition überprüft, so findet man folgende Unterschiede zum Adamellotonalit:

1. Der Farbindex M ist zweimal kleiner,
2. Das Verhältnis Hornblende / (Hornbl. + Biotit) hat bei unserem Gestein den Wert 11 %, was ist weit unter den charakteristischen Werten für den Adamellotonalit,
3. Der aus der Standardkatanorm (Burri, 1959) errechneter Anortitgehalt der Plagioklase beträgt bei der Probe von Šmartno na Pohorju 36 % An, was ist beträchtlich weniger als beim Adamellotonalit,
4. Der Chemismus des Gesteines von Šmartno na Pohorju ist ausgesprochen salisch ($al \gg fm$), der des Adamellotonalits dagegen isophal ($al \approx fm$).

Einen weiteren Unterschied sehen wir auch bei den modalen Plagioklasen, die beim Tiefengestein des Pohorje Gebirges im Durchschnitt einem Andesin mit 35 % An entsprechen, die Zusammensetzung der zonaren Glieder variiert aber zwischen einem basischen Andesin im Kern bis zu einem sauren Andesin bzw. basischen Oligoklas am Plagioklasrand, wahr-

end im Adamellotonalit findet man Plagioklase mit einem durchschnittlich 45 % Anortitgehalt, charakteristisch für sie sind aber noch stark korrodierte Labradorit / Bytovnitkerne, umhüllt von einem normal und rekurrent zonierten Andesin, der oft noch Oligoklasränder besitzt. (K a r l, 1966). Im Tiefengestein des Pohorje Gebirges fehlen vor allem diese basischen Plagioklaskerne.

Verglichen mit Adamello stellt also der Quarzdiorit von Šmartno na Pohorju keinen Tonalit dar. Wird er aber noch mit den anderen auf der Tabelle 2 angeführten Gesteinstypen von Adamello verglichen, so stellt es sich heraus, daß er noch am meisten dem »leukokraten Quarzbiotitdiorit« nahekommmt bzw. mit ihm identisch ist. Das kann auch mit den Zahlencharakteristiken nach S a w a r i z k i (1954) bewiesen werden, denn beim Vergleich mit dem »leukokraten Quarzbiotitdiorit« erlangt die Größe »d« den geringsten Wert (Tabelle 3). Der Quarzdiorit des Pohorje Gebirge müßte also als »leukokrater Quarzbiotitdiorit« bezeichnet werden, doch weil diese Bezeichnung keinen besonderen Gesteinsbegriff darstellt, werden wir ihn künftig einfach Quarzbiotitdiorit nennen.

Der Lakkolith von Pohorje besteht also aus Quarzbiotitdiorit, der allmählich in Granodiorit übergeht, so daß im dessen östlichen Teil der Quarzbiotitdiorit, im westlichen dagegen der Granodiorit überwiegt. Eine Ausnahme in gewisser Hinsicht stellt aber der Quarzdiorit von Tinje (Tabelle 1, Gesteinsnummer 2) mit seinem etwas erhöhten Hornblendegehalt dar, womit sich diese Gesteinsprobe schon dem »leukokraten Tonalit« von Adamello nähert. Trotzdem liegt auch hier noch ein deutlicher Unterschied bezüglich des Anortitgehaltes der modalen Plagioklase vor.

Aplit- und Pegmatitgänge

Das Tiefengestein des Pohorje Gebirges wird von vielen Aplit- und Pegmatitgängen durchsetzt, von denen zwei aus dem Cezlaker Steinbruch von uns schon beschrieben worden sind (F a n i n g e r, 1970). Sie bestehen hauptsächlich aus Plagioklas, Ortoklas, und Quarz, denen sich noch in geringen Mengen Biotit, Chlorit, Granat und undurchsichtige Minerale, hauptsächlich Pirit, anschließen. Die chemischen Zusammensetzungen beider Gesteinsarten sind in der Tabelle 4 zu sehen.

Melanokrate Einschlüsse und Čizlakit

Wie alle granitoiden Gesteine ist auch das Tiefengestein des Pohorje Gebirges voll von melanokraten Einschlüssen. Ein solcher von uns untersuchter Einschluß aus dem Cezlaker Steinbruch besteht aus (in Vol. %) Plagioklasen 18,2, Ortoklas 16,9, Quarz 6,1, Biotit 57,9, Chlorit 0,3, Apatit 0,4, Epidot 0,03, Sphen 0,1 und undurchsichtigen Mineralen 0,1. Die Plagioklase entsprechen im Durchschnitt einem Andesin mit 34 % An; sie gleichen also denen im umschließenden Tiefengestein, ebenso ist aber auch bei den Alkalifeldspaten kein Unterschied zu sehen. Die chemische Analyse dieses melanokraten Einschlusses ist in der Tabelle 4, Gesteinsnummer 3, zu sehen.

Eine petrographische Besonderheit des Pohorje Gebirges stellt der bei Cezlak vorkommende und von N i k i t i n (1937, 1839) so benannte Čizlakit

dar. Das Gestein, das schon von Benesch (1917) als Hornblendeaugitdiorit erwähnt worden ist, besteht hauptsächlich aus Augit, Hornblende und Plagioklas, wobei im normalen Gestein die femischen Bestandteile die Leukokraten bei weitem überwiegen und bei den femischen der Augit die Hornblende. Die Plagioklase entsprechen nach unseren Untersuchungen im Mittel einem Andesin mit 36 % An, gleichen also im Wesentlichen denen im umgebenden Tiefengestein, doch kommen nach Untersuchungen von Dolar-Mantuanì (1935) im Čizlakit auch Plagioklase der Labradorit-Reihe vor. Nach unseren Meßergebnissen gibt es keinen Unterschied zwischen den Alkalifeldspäten im Čizlakit und den Alkalifeldspäten des umgebenden Tiefengesteines. Im Čizlakit sind so zwei Mineralarten vorhanden, von denen die eine nur in ihm vorkommt (Augit, Labradorit), während die andere sowohl im Čizlakit wie auch im umliegenden Tiefengestein vertreten ist (Andesin, Ortoklas, Hornblende). Dies legt uns die Vermutung nahe, daß der Čizlakit seine Entstehung einem Hybridisationsvorgang zwischen einem ultrabasischen und dem später in das Tiefengestein erstarrten Magma zu verdanken hat. Da der Čizlakit, wie wir in Steinbruch bei Cezlak beobachten konnten, von einer aus dem Tiefengestein stammenden Apophyse durchquert wird, muß er gewiß wenigstens etwas älter als dieses sein. Die chemische Zusammensetzung des Čizlakits wird in der Tabelle 4, Gesteinsnummer 4, angeführt.

Die Porphyrgesteine des westlichen Pohorje

Es handelt sich meistens um helle porphyrtartig entwickelte in Stöcken oder Gängen auftretende Magmagesteine, die heute wohl von allen Autoren als Dacit betrachtet werden, inwieweit den gangartigen Gebilden nicht ein besonderer Name gegeben worden ist. Außerdem werden auch dunklere Gänge beobachtet, die heute als Malchit bezeichnet werden.

Bei den hellen porphyrisch entwickelten Gesteinen treten als Einsprenglinge in der kaum kristallisierten bis mikrokristallinen Grundmasse Plagioklase, Quarz, Biotit, Chlorit und Hornblende auf. Allgemein wird beobachtet, dass bei größeren Stöcken die Grundmasse kaum kristallisiert ist und der Quarz als Einsprengling ständiger in größeren Mengen vorhanden ist. Die Plagioklaseinsprenglinge enthalten bei dieser Gruppe porphyrischer Gesteine nach unseren Untersuchungen durchschnittlich 32 % An und gehören teilweise den Hoch- und teilweise den Übergangsformen von Hoch- zum Tieftemperaturmodifikationen an. Wenn man noch an das relativ junge Alter dieser Gesteine denkt, so handelt es sich ohne weiteres um Dacit. Die chemischen Zusammensetzungen der von uns schon untersuchten Dacitproben (Fanger, 1970) sind hier in der Tabelle 4 angeführt. Ihr Chemismus entspricht größtenteils den Übergängen zwischen dem farsunditischen und normalen Typus der granodioritischen Magmen, seltener dem farsunditischen Typus, also genau denselben Magmatypen, die bei den Granodioritproben des Tiefengesteines des Pohorje Gebirges angetroffen worden sind. In chemischer Hinsicht ist also der Dacit vom Granodiorit nicht zu trennen und auch bezüglich des Anortitgehaltes der modalen Plagioklase ist kein wesentlicher Unterschied feststellbar.

Makroskopisch ähneln dem Dacit die hellgrauen bis grauen porphyrisch entwickelten Ganggesteine, nur daß der Quarz als Einsprengling bei ihnen in geringeren Mengen auftritt oder er kann auch gänzlich fehlen. Die Grundmasse dieser Gänge ist mikrokristallin und enthält reichlich Quarz, was auch aus der normativen Zusammensetzung der betreffenden Gesteine ohne weiteres ersichtlich ist. Die Plagioklaseinsprenglinge gehören teilweise den Hoch-, teilweise den Tieftemperaturformen oder den Übergängen zwischen beiden an, dem Anortitgehalt nach aber im Mittel dem Andesin. Ferner wurde es festgestellt, daß der Chemismus dieser Gänge dem Dacitchemismus gleicht, bezüglich des Kristallisationsgrades der Grundmasse und des Auftretens des Quarzes bei den Einsprenglingen werden aber zahlreiche Übergänge zum typischen Dacit beobachtet, so daß mancherorts mehr eine Geschmacksache ist, ob sie einfach als Dacit bezeichnet werden sollten, oder ob sie als Ganggesteine einen besonderen Namen verdienen. Jedenfalls stellen diese Gänge in den Spalten erstarrtes undifferenziertes Dacitmagma dar und nicht etwa aus dem Tiefengestein in das Nebengestein reichende Apophysen. Um das genügend zu betonen, werden wir künftig diese undifferenzierten Ganggesteine einfach als Dacit betrachten, wie auch K i e s l i n g e r (1935) Dacit als einen Sammelnamen für die Erguß- und Ganggesteine gebraucht hat. Einen solchen Dacitgang aus dem Mislinja Graben haben wir schon beschrieben (F a n i n g e r, 1970, S. 97); wir nannten ihn damals noch Tonalitporphyr, welchen wir jetzt nach dem erläuterten in Dacit umbenennen müssen. Die Angaben über dessen chemische Zusammensetzung befinden sich auf der Tabelle 4, Gesteinsnummer 10.

Den schon untersuchten Dacitproben schließen wir jetzt noch zwei neue Proben an und zwar eines typischen Dacites von Vrhnik am westlichen Teil des Pohorje Gebirges, und eines Dacitganges aus dem verlassenen Steinbruch bei Ribniška koča.

Das Eruptivgestein von Vrhnik wurde schon von T r o b e i (1908) und D o l a r - M a n t u a n i (1938) untersucht, vom ersten als Bostonit, von D o l a r - M a n t u a n i dagegen als Dacit bezeichnet. Da bei den chemischen Analysen, was des Alkaligehaltes anbelangt, ein großer Unterschied zu sehen ist, haben wir das Gestein von Vrhnik neuerlich untersucht. Auch nach unseren Angaben handelt es sich um einen typischen Dacit. Die Struktur ist porphyrisch. Als Einsprenglinge in der kaum kristallisierten Grundmasse treten bis 2,5 mm große Plagioklase auf, ferner bis 2,2 mm große abgerundete Quarzeinsprenglinge, die sich öfters noch in Gruppen zusammenballen (Abb. 6a). Von femischen Mineralen sind bei den Einsprenglingen Biotit, Chlorit und Hornblende zu sehen. Die Plagioklaseinsprenglinge gehören den Übergangsformen zwischen den Hoch- und Tieftemperaturmodifikationen an; ihr Mittel entspricht bei den nichtzonaren Plagioklasen einem Andesin mit 32 % An, während bei einem zonaren Plagioklas im Kern 43,5 % An, an dessen Peripherie dagegen 35 % An gemessen worden ist. Die chemische Zusammensetzung der Gesteinsprobe von Vrhnik ist auf der Tabelle 4 zu sehen; nach den Niggli-Werten entspricht sie dem Übergang vom farsunditischen zum normalen Typus der granodioritischen Magmen. Das Eruptivgestein von Vrhnik stellt also in jeder Hinsicht einen Dacit dar.

Im verlassenen Steinbruch bei Ribniška koča am westlichen Kamm des Pohorje Gebirges kommt im Tiefengestein ein Dacitgang vor. Der Dacit enthält Einschlüsse vom Tiefengestein, was als Beweis gelten kann, daß das Tiefengestein wenigstens etwas älter als der Dacit sein muß. Der Dacitgang von Ribniška koča weist eine porphyrische Struktur auf. Die Grundmasse ist mikrokristallin und ihre Bestandteile erreichen eine Größe von ungefähr 0,06 mm. Als Einsprenglinge treten Plagioklase, Hornblende und Biotit auf. Die Plagioklaseinsprenglinge entsprechen größtenteils den Übergangsformen zwischen den Hoch- und Tieftemperaturmodifikationen und im Mittel einem Andesin mit 33 % An, wenn sie bei der Auswertung der Meßergebnisse (4 Messungen) als Hochtemperaturformen angenommen werden, dagegen wurde bei einer Tieftemperaturmodifikation 48 % An bestimmt. Außerdem findet man bei diesem Gestein auch einige sonst normal zonar gebaute Plagioklaseinsprenglinge, die aber einen basischeren Rand haben (Abb. 6b). Auch der Chemismus der Dacitprobe von Ribniška koča (Tabelle 4) entspricht dem Übergang vom farsunditischen zum normalen Typus der granodioritischen Magmen, die Äquivalentnorm mit reichlich vorhandenem Q aber beweist noch hinzu, zusätzlich, daß auch Quarz in der Grundmasse reichlich vorhanden sein muß, obwohl er als Einsprengling nicht beobachtet wird. Es handelt sich auch in diesem Fall um erstarrtes Dacitmagma.

Durch seine porphyrische Struktur kann der Dacit von Pohorje fast immer leicht vom körnigen und eine mehr oder weniger ausgeprägte Paralleltexur aufweisenden Tiefengestein unterschieden werden. Einige diesbezügliche Schwierigkeiten treten dort auf, wo der Dacit besonders reich an Einsprenglingen ist, so daß bei der makroskopischen Betrachtung eine körnige Struktur vorgeteuscht wird. Aber auch hier kann mit dem Mikroskop der Unterschied gleich gesehen werden, denn auch in diesem Falle ist beim Dacit die Struktur noch deutlich porphyrisch. Ferner kommen beim Dacit die Quarzeinsprenglinge als abgerundete Einzelindividuen vor und bei den Plagioklaseinsprenglingen sind die Hochtemperaturmodifikationen mit den Übergängen zwischen den Hoch- und Tieftemperaturmodifikationen zu finden, während von einer Paralleltexur keine Rede ist. Dagegen ist der Quarz im Tiefengestein zerbröckelt (Mörtelstruktur), die Plagioklase entsprechen den Tieftemperaturmodifikationen und die Paralleltexur tritt mehr oder weniger deutlich in Erscheinung. Ein entsprechender Dacit ist schon von Sv. Bolfenk südwestlich von Ribnica na Pohorju beschrieben worden (F a n i n g e r, 1970, S. 97), die entsprechenden Angaben befinden sich hier in der Tabelle 4.

Das Alter der Dacite wurde von Žurga (1926) und Winkler (1929) ermittelt. Da die Eibiswalder Schichten am Nordrand des Pohorje Gebirges vom Dacit durchbrochen werden und mit ihm mit Tuffeinlagen gebunden sind, so mußten die Dacitdurchbrüche in der helvetischen Stufe des Miozäns erfolgt sein, aber wie zusätzlich noch Kieslinger (1935) hinzufügt, kann der Dacit teilweise auch noch älter sein.

Im westlichen Teil des Pohorje Gebirges werden dunkle Gänge beobachtet, die vorher als Hornblendeporphyrite beschrieben worden sind, doch wie es Dolar-Mantuani (1933) feststellt, handelt es sich

meistens um Malchit. Der von Dolar-Mantuani (1938) untersuchte Malchit aus dem Mislinja Graben besteht hauptsächlich aus Plagioklasen der Reihe Labradorit-Andesin und aus Hornblende. Die näheren Angaben befinden sich in der Tabelle 4. Es werden Übergänge zwischen den Dacitgängen und Malchit beobachtet (Dolar-Mantuani, 1939).

Das Verhältnis des Tiefengesteines zum Dacit

Das Verhältnis der porphyrisch entwickelten Magmagesteinen des westlichen Teiles des Pohorje Gebirges, wie sie schon immer bezeichnet worden sind, zum Tiefengestein ist im Laufe der Zeit Gegenstand heftiger Meinungsverschiedenheiten gewesen. Zuerst wurden die Porphyrgesteine einfach zum Granit gezählt und auch Doelter (1894), obwohl er sie schon auf Grund der strukturellen Verschiedenheiten als Granitporphyr, Glimmerporphyr und Hornblendeporphyr bezeichnete, betrachtete sie zusammen mit dem Granit als petrographisch verschiedene Typen eines einheitlichen Massives. Anderer Meinung war Teller (1896), der offensichtlich den Granit für ein älteres Gebilde hielt und ihn deshalb nicht in genetischen Zusammenhang mit den porphyrisch entwickelten Eruptivgesteinen des westlichen Teiles des Pohorje Gebirges brachte, die von ihm Quarzglimmerporphyrite und Hornblendeporphyrite genannt worden sind. Ferner identifiziert Teller die porphyrisch entwickelten Gesteine von westlichen Pohorje mit den ähnlich beschaffenen Eruptivgesteinen auf dem Gebiet zwischen Mežica und Slovenj Gradec, die nach seinen Feststellungen ein postjurisches Alter aufweisen. Und wie später Žurga (1926) behauptete, daß der Granit von Pohorje jung sein muß, erwiederte ihm Heritsch (1928), daß er eigentlich nur das Alter des Dacites festgestellt hatte. Auch heute sind wir uns mit dem Sachverhalt noch nicht ganz im klaren, denn einerseits wird von einem allmählichen Übergang von Tonalit in Dacit gesprochen (Dolar-Mantuani, 1940 und Germovšek, 1952), was bedeuten würde, daß die Intrusionstätigkeit allmählich in den Vulkanismus übergegangen wäre, während es von Kieslinger (1935) behauptet wird, daß das Tiefengestein keine hypabyssische Form des Dacites darstelle und daß zwischen den beiden Gesteinen, obwohl sie als relativ jung und als periadriatisch zu betrachten sind, doch ein gewisser Altersunterschied bestehe — der Tonalit wird vom Dacit durchbrochen, er muß also wenigstens etwas älter als der Dacit sein. Anders gesagt, lautet also die Frage, ob hier nur ein Magmatismus im Spiel gewesen sei oder ob die Intrusion und die Dacitdurchbrüche Folgen von zwei verschiedenen magmatischen Tätigkeiten gewesen sind. Heute vertreten wir die Meinung, daß beide Magmen in demselben Magmaherd entstanden sein mußten, doch zuerst kam es zu der Intrusion (sinorogener Plutonismus), die nach einer gewissen Zeitspanne noch von Dacitdurchbrüchen gefolgt worden ist (postsequenter Vulkanismus). Beide Vorgänge sind mit der alpidischen Orogenese in Zusammenhang zu bringen: der sinorogene Plutonismus höchstwahrscheinlich mit deren laramischen Phase, während das helvetische Alter der Dacitdurchbrüche schon ermittelt worden ist.

Daß die Magmen des Tiefengesteines und des Dacites genetisch miteinander gebunden sein müssen, das Tiefengestein aber doch etwas älter als der Dacit ist, geht aus folgendem hervor:

1. In chemischer Hinsicht gibt es keinen Unterschied zwischen dem Dacit und den als Granodiorit bezeichneten Proben; folglich stammen beide Magmen, wie schon Kieslinger (1935) betont, aus demselben Tiefenherd. Das beweist auch das Diagramm QLM (Burri, 1959), wo die das Tiefengestein und den Dacit darstellende Punkte auf demselben Felde zu liegen kommen (Abb. 7).

2. Da das Tiefengestein vom Dacit durchbrochen wird, so ist zwischen ihnen ein Altersunterschied gegeben.

Zuerst erstarrte das Tiefengestein und erst dann erfolgten unter ganz anderen Druckverhältnissen die Dacitdurchstöße als letzte Nachschübe desselben Magmas (Kieslinger, 1935). Auch wir überzeugten uns im Steinbruch bei Ribniška koča, daß der dortige Dacitgang Einschlüsse des Tiefengesteines enthält, was als Beweis gilt, daß das Tiefengestein wenigstens etwas älter als der Dacit sein muß.

Genese der Magmagesteine

Aus der schon erwähnten Beobachtung, daß der Čizlakit von einer aus dem umgebenden Tiefengestein stammenden Apophyse durchquert wird, ferner daß das Tiefengestein selbst von den Dacitgängen durchstoßen wird, kann geschlossen werden, daß der Čizlakit älter als das Tiefengestein und das Tiefengestein seinerseits wenigstens etwas älter als der Dacit sein muß. Ferner beweisen die beobachteten Übergänge zwischen den Dacit- und Malchitgängen, daß der Malchit ungefähr gleichzeitig wie der Dacit entstanden ist. Auf dieser Weise kommen wir zur folgenden zeitlichen Entstehungsfolge: Čizlakit / das Tiefengestein / Aplit- und Pegmatitgänge / Dacit mit Malchit.

Daß es sich bei dem Tiefengestein um einen Intrusionsvorgang handelt, geht ohne weiteres aus den scharfen Grenzen zum Nebengestein hervor. Was aber den Ursprung des Magmas anbelangt, kann mit Sicherheit gesagt werden, daß es sich um ein palingenes Magma handelt. Die Beweise sind folgende:

1. Nirgends auf Pohorje Gebirge wird ein gabbroides Gestein angetroffen, das durch die Differentiation eindeutig mit dem Tiefengestein in Verbindung stünde. Der Čizlakit ist, wie wir schon angedeutet haben, eher als ein Hybridisationsprodukt zwischen einem ultrabasischen und dem später als das Tiefengestein erstarrten Magma zu betrachten.

2. Der für das Tiefengestein des Pohorje Gebirges so charakteristische farsunditische Typus der granodioritischen Magmen ist nicht typisch für die Differentiationsprodukte eines primären gabbroiden Magmas.

3. Außer den normal zonaren Plagioklasen kommen in selteneren Fällen so im Tiefengestein wie auch im Dacit auch Plagioklase mit teilweise inversem Zonarbau vor (Abb. 1c und Abb. 6c). Nach Mehnert (1968, S. 261) sind solche Anomalien typisch für die aus den anatexischen Magmen entstandenen Gesteine.

Das Magma des Tiefengesteines mußte also durch die Aufschmelzung während der Orogenese tief abgesunkener Gesteine entstanden sein. Das

so gebildete Magma intrudierte dann in die jetzige Lage und erstarrte als Lakkolith, wobei noch eine Differentiation in Aplit- und Pegmatitgänge stattgefunden hat. Wird eine palingenetische Entstehungsart des Tiefengesteinsmagmas angenommen, so kann ein Teil der melanokraten Einschlüsse im Tiefengestein als Reste des nicht assimilierten Melanosomes betrachtet werden, inwieweit es sich hier nicht noch um teilweise vom Magma verarbeitete Reste fremdartiger Einschlüsse handelt.

Da der Dacit, ob er in Stöcken oder schmalen Gängen auftritt, chemisch von den als Granodiorit bezeichneten Proben nicht zu unterscheiden ist, mußte auch das Dacitmagma vom palingenen Ursprung gewesen und in demselben Tiefenherd wie das Tiefengestein selbst entstanden sein, nur daß der Aufstieg später erfolgte. Auch die Beobachtung, daß die Dacitgänge in Malchit übergehen, steht vollkommen im Einklang mit dieser Deutung, denn bei der fortschreitenden Anatexis entstehen ja im Magmaherd immer basischere Magmen.

Zur Altersfrage des Tiefengesteines

Wie schon Dolar-Mantuani (1935) festgestellt hat, kommen in den Konglomeraten der Eibiswalder Schichten in der Umgebung von Mari-bor Tonalitgerölle vor. Da diese Schichten ein helvetisches Alter haben, so kann gesagt werden, daß das Tiefengestein von Pohorje mindestens schon etwas vor dem Helvet entstanden sein mußte. Dasselbe beweisen auch die Dacitdurchbrüche im Tonalit (Kieslinger, 1935). Die obere Grenze der Intrusion ist also durch das Helvet bestimmt.

Das Tiefengestein kommt mit keinen Sedimenten in direkte Berührung, das Alter des Altkristallin, in den die Intrusion eindrang, ist aber unbekannt. Dadurch ist die untere Grenze der Intrusion unbestimmbar. Das Tiefengestein muß also wenigstens etwas älter als die helvetische Stufe des Miozäns sein, wann es aber entstanden ist, kann mit geologischen Mitteln nicht ermittelt werden. Die Intrusion kann mit der alpidischen Orogenese in Zusammenhang gebracht werden — es scheint deren laramische Phase zu sein, doch es kann auch nicht verneint werden, ob sie vielleicht nicht älter sein könnte. Daß aber das Tiefengestein von Pohorje heute als relativ jung, also wie der Adamellotonalit als periadriatisch betrachtet wird, kann nur indirekt geschlossen werden: Erstens aus der chemischen Zusammensetzung, die keinen Unterschied zu den helvetischen Dacitproben zeigt, und zweitens lassen auf ein alpidisches Alter auch die Alkalifeldspate schliessen, denn nach den Untersuchungen von Karamata (1959) kommen in den paleogänen Tiefengesteinen in der Regel neben Ortoklas nur Ortoklas mit beginnenden Übergängen zum Mikroklin vor, was auch bei uns der Fall ist, während in den wariszischen Graniten die Alkalifeldspate zugleich von Ortoklas und Mikroklin vertreten werden. Die Intrusion von Pohorje kann also nach den bisherigen geologisch-petrographischen Untersuchungen als relativ jung, als periadriatisch angesehen werden, doch die entgültige Entscheidung dieser Frage muß den radiometrischen Altersbestimmungsmethoden überlassen werden.

Außer den periadriatischen relativ jungen Magmagesteine kommen in geringeren Mengen auf Pohorje auch Magmagesteine vor, die mit den eben beschriebenen Gesteinen nichts gemeinsames haben und gewiß älter als diese sind. Hier seien nach Kieslinger (1935) die vielen den Altkristallin durchtränkenden Aplit- und Pegmatitgänge erwähnt, von denen wir ein Vorkommen zwischen Fala und Klopni vrh schon beschrieben haben (Faninger, 1970, S. 99). Charakteristisch für diese alten Pegmatitgänge ist die porphyroblastische Struktur mit schön gegitterten Mikroklinen als Porphyroblasten, ferner das ständige Vorhandensein von Muskovit, der öfters noch von Turmalin und Granat begleitet wird. Diese alten Pegmatitgänge können als Auswitzprodukte der Regionalmetamorphose betrachtet werden, während welcher der Altkristallin entstanden ist. Von Germovšek (1954) werden sie Milonitpegmatit, von Hinterlechner-Ravnik (1971) aber Pegmatitgneis genannt. Man darf aber selbstverständlich nicht außer Acht lassen, daß der Altkristallin auch von jüngeren Aplit- und Pegmatitgängen durchsetzt wird, die als Differenzierungsprodukte des periadriatischen Tiefengesteins zu betrachten sind. Besonders an dessen südöstlichen Rand bei Slovenska Bistrica kommen sie häufig vor, wo sie von Benesch (1917) und Dolar-Mantuani (1935) schon beschrieben worden sind.

Literatura

Anker, M. J. 1835, Kurze Darstellung der min. geogn. Gebirgsverhältnisse der Steiermark, Graz.

Benesch, F. 1917, Beiträge zur Gesteinskunde des östlichen Bachergebirges (Südsteiermark). Mitt. d. Geol. Gesell., Wien.

Bianchi, A., Callegari, E., Jobstraibizer, P. G. 1970, I tipi petrografici fondamentali del plutone dell' Adamello, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, Vol. XXVII, Padova.

Burri, C. 1959, Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage, Basel.

Callegari, E. 1963, La Cima Uzza, Parte II. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, Vol. XXIV, Padova.

Clar, E., Fritsch, W., Meixner, H., Pilger, A. und Schönnenberg, R. 1963, Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten). VI, Carinthia II, Klagenfurt.

Cornelius, H. P. 1928, Zur Altersbestimmung der Adamello — und Bergeller Intrusion. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, Abt. I. 137. Band, Wien.

Doelter, C. 1884, Über den Granit des Bachergebirges. Mitt. d. Naturwiss. Vereines für Steiermark, Heft 31, Graz.

Dolar-Mantuani, L. 1935, Razmerje med tonaliti in apliti pohorskega masiva. Geol. Anali Balkanskog Poluostrva, Knjiga XII, Sveska 2, Beograd.

Dolar-Mantuani, L. 1938, Die Porphyrgesteine des westlichen Pohorje, Geol. Anali Balkanskog Poluostrva, Knjiga XV, Beograd.

Dolar-Mantuani, L. 1939, Porfirske kamnine zapadnega Pohorja, (Predoznanilo). Zbornik Prirodoslovnega društva, I. zvezek, Ljubljana.

Dolar-Mantuani, L. 1940, Diferenciacija magmatskih kamenin na Pohorju. Razprave mat.-prirodosl. razr. Akademije znanosti in umetnosti v Ljubljani, Ljubljana.

Eigel, F. 1894, Über Porphyrite des Bachergebirges. Mitt. d. Naturwiss. Vereines für Steiermark, Heft 31, Graz.

Faninger, E. 1970, Pohorski tonalit in njegovi diferenciaciji, Geologija, 13. knjiga, Ljubljana.

Heritsch, F. 1913, Beiträge zur geol. Kenntnis der Steiermark IV, Studien des westlichen Bachers. Mitt. d. naturw. Ver. für Steiermark, Graz.

Heritsch, F. 1928, Granit im westlichen Bacher? Geografski vestnik, letnik IV., Ljubljana.

Hinterlechner-Ravnik, A. 1971, Pohorske metamorfne kamnine. Geologija, 14. knjiga, Ljubljana.

Hussak, E. 1884, Mineralogische und petrographische Notizen aus Steiermark, III. Ueber das Auftreten porphyrischer Eruptivgesteine im Bachergebirge. Verh. d. geol. R. A., Wien.

Janoschek, R. 1964, Das Tertiär in Österreich. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Band 56, Wien.

Johannsen, A. 1958, A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks, Vol. II, Chicago.

Germovšek, C. 1954, Petrografske preiskave na Pohorju v letu 1952, Geologija, 2. knjiga, Ljubljana.

Gottfried, C. 1932, Ueber endogene basische Einschlüsse in sauren Tiefengesteinen. Chemie der Erde, Band VII, Jena.

Grobšek, E. 1959, Porfirit iz Puščave. Diplomsko delo, rokopis, Min. petr. inštitut univerze v Ljubljani.

Karamata, S. 1959, Alkalni feldspati u našim intruzivima, Glasnik Prirodnačkog muzeja Beograd, Serija A, knjiga II. Beograd.

Karl, F. 1959, Vergleichende petrographische Studien an den Tonalitgraniten der Hohen Tauern und den Tonalit-Graniten einiger periadriatischer Intrusivmassive. Jb. d. geol. B. A. Bd. 102. Wien.

Karl, F. 1966, Über die Zusammensetzung, Entstehung und gesteinsystematische Stellung tonalitisch-granitischer Gesteine. Tscherma's min. petr. Mitt. Band XI, Heft 3-4, Wien.

Kieslinger, A. 1935, Geologie und Petrographie des Bachers. Verhandlungen d. geol. B. A. Nr. 7, Wien.

Mehnert, K. R. 1968, Migmatites and the Origin of Granitic Rocks, Amsterdam.

Morlot, A. 1848, Uebersicht der geologischen Verhältnisse des südlich von der Drau gelegenen Theiles von Steiermark, Haidingers Berichte V.

Nikitin, V. in Klemen, R. 1937, Diorit-pirokseniti v okolici Čizlaka na Pohorju. Geol. Anal. Balkanskog Poluostrva, 14/2, Beograd.

Nikitin, V. 1939, Čizlakit — nova kamenina Pohorja. Zbornik Prir. društva, Ljubljana.

Nikitin, V. 1942, O prištevanju živcev k anortoklazu samo na podlagi podatkov o legi optične indikatriše, ki jih daje Fjedorovlja metoda. Razprave mat. prir. razreda Akademije znanosti in umetnosti, knjiga II. str. 269—298, Ljubljana.

Pontoni, A. 1895, Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung einiger Granite und Porphyrite des Bachergebirges, Tscherma's min. u. petr. Mitt., Wien.

Rolle, F. 1857, Geologische Untersuchungen in der Gegend zwischen Ehrenhausen, Schwanberg, Wind. Feistritz und Wind. Graz in Steiermark. Jahr b. d. geol. R.A. VIII, Wien.

Ronner, F. 1963, Systematische Klassifikation der Massengesteine. Springer Verlag, Wien.

Salomon, W. 1897, Über Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitischen Massen. Tscherma's min. u. petr. Mitt., Vol. XVII, Wien.

Sarantschina, G. M. 1963, Die Fedorow-Methode, Berlin.

Sawarizki, A. N. 1954, Einführung in die Petrochemie der Eruptivgesteine, Berlin.

Streckeisen, A. 1967, Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlung Band 107, Heft 22—3, Stuttgart.

Teller, F. 1893, Ueber den sogenannten Granit des Bachergebirges in Südsteiermark. Verh. d. geol. R. A., Wien.

Teller, F. 1896, Erläuterungen zur Geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen (Ostkarawanken und Steiner Alpen), Wien 1896.

Trobei, E. 1908, Über porphyrische und porphyritische Gesteine des Bachergebirges in Steiermark. Mitt. d. Naturw. Vereins für Steiermark, Heft 44, Graz.

Zurga, J. 1926, Starost granita na Pohorju. Geografski vestnik, Ljubljana.

Winkler, A. 1929, Über das Alter der Dacite im Gebiet des Draudurchbruchs. Verh. d. geol. B. A., Wien.