

POHORSKI TONALIT IN NJEGOVI DIFERENCIATI

Ernest Faninger

z 10 slikami in 29 tabelami med tekstem

Predavanje na I. posvetovanju o geologiji Karavank v Črni na Koroškem
dne 18. maja 1967

VSEBINA

Kratka vsebina	35
Uvod	36
Pohorski tonalit	36
Klasifikacija s pomočjo modalne sestave	40
Primerjava pohorske globočnine z adamelsko	47
Kisli diferenciat pohorskega tonalita	50
Bazične kamenine, nastale v zvezi s pohorskim tonalitom	51
Dacit, tonaltni porfirit in malchit	52
Geneza pohorskih magmatskih kamenin v tonaltni fazi	56
Pohorske magmatske kamenine, ki niso v genetski zvezi s tonaltno fazo	57
Porfirske kamenine med Mežico in Slovenj Gradcem	57
Periadriatske magmatske kamenine v Karavankah	58
Povzetek	60

Kratka vsebina. Namen našega dela je klasificirati pohorsko globočnino, ugotoviti njeno genezo ter jo primerjati s podobnimi kameninami v Karavankah in adamelskem masivu.

Po modalni sestavi ustreza večina vzorcev pohorske globočnine kremenovemu dioritu (tonalitu), delno pa tudi granodioritu. Ker se razmerje med ortoklazom in plagioklazi močno spreminja in zato kartografsko ni mogoče ločiti kremenovega diorita (tonalita) od granodiorita, pride pri klasifikaciji celotne pohorske globočnine v poštrev le njeno povprečje, ki po Lindgrenovem klasifikacijskem principu ustreza kremenovemu dioritu (tonalitu). Pohorska globočnina je torej kremenov diorit (tonalit), ki delno, še posebno v spodnjih danes odkritih delih, prehaja v granodiorit. In ker po femičnih mineralih predstavlja pohorska globočnina kremenov biotitni diorit, se sme pri njej uporabljati ime tonalit le v širšem pomenu besede kot sinonim za kremenov diorit. Adamelska in karavanška kamenina pa sta tonalit tudi v ožjem pomenu besede kot sinonim za kremenov biotitno rogovačni diorit.

Po izrazito farsunditskem kemizmu pohorske globočnine sklepamo, da je njena magma nastala s pomočjo anatekse globlje ležečih kamenin, bogatih z glinico. Tako nastala magma se je po prodoru še diferencirala v aplitne in pegmatite. Zadnjo fazo magmatskega delovanja na Pohorju pa predstavljata dacit in malchit.

UVOD

S petrografsko raziskavo mlajših magmatskih kamenin Pohorja smo imeli namen ponovno klasificirati predvsem globočnino, ki so jo najprej imenovali granit, pozneje pa preimenovali v tonalit, in še druge kamenine, ki so v genetski zvezi s tonalitno fazo. Sem štejemo aplitne in pegmatitne žilnine, melanokratne vključke v tonalitu, tonalitni porfirit, dacit in malchit. Za primerjavo smo raziskali tudi tonalitno cono v Karavankah. Iz istega razloga navajamo tudi sestavo nekaterih pohorskih aplitno-pegmatitnih žilnin, ki nimajo s tonalitno fazo ničesar skupnega.

Poenostavljeno geološko skico našega raziskovalnega območja vidimo na sliki 1, kjer so posebej označeni pohorski tonalit, dacit s tonalitnim porfiritom, karavanški tonalit in pas magmatskih kamenin, ki se razteza severno od karavanškega tonalita.

Pri opisanih vzorcih navajamo kvantitativno modalno in kemično sestavo. Vsako kemično analizo smo preračunali na sistem CIPW (Johannsen, 1958), Nigglijeve parametre in njegovo ekvivalentno normo (Burri in Niggli, 1945) in na parametre Zavarickega. Pri grafičnih primerjavih smo uporabili ekvivalentno normo in Nigglijeve parametre.

POHORSKI TONALIT

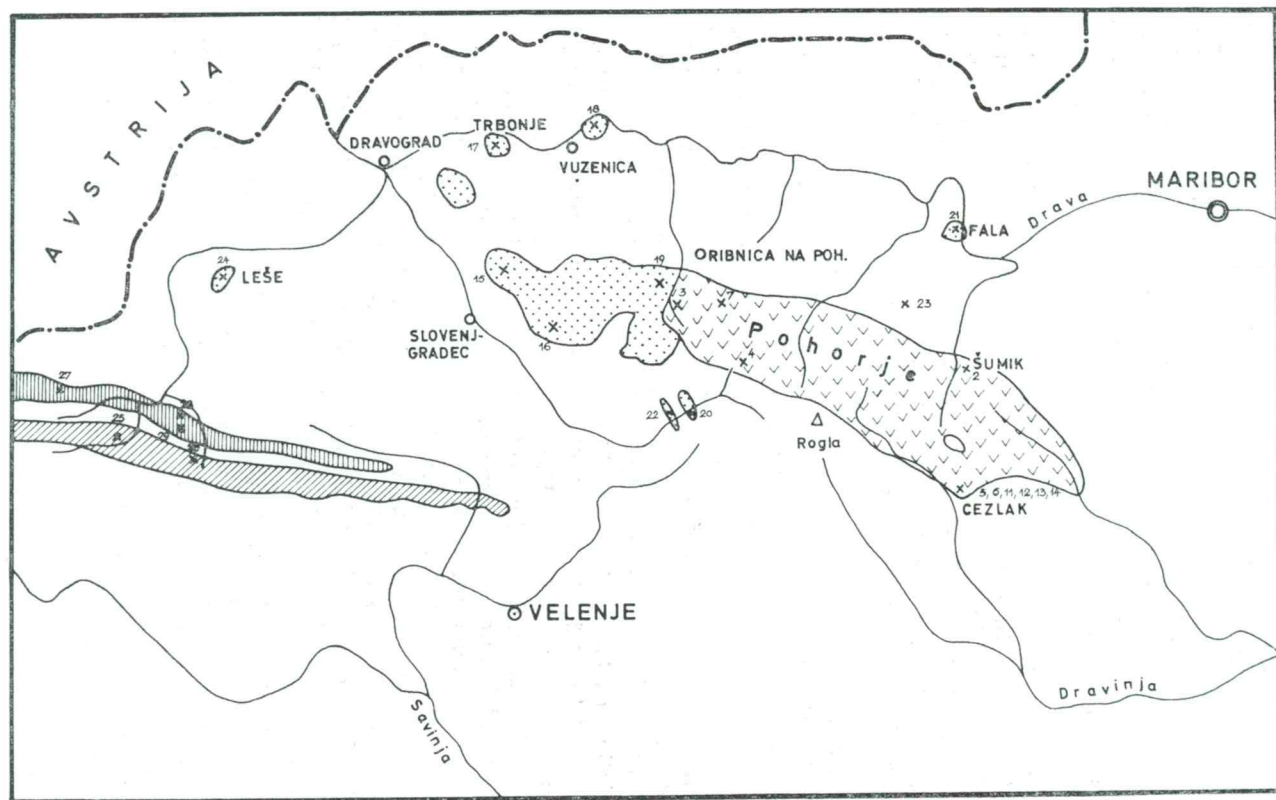
Pohorje, Kozjak in Strojna spadajo k Centralnim Alpam. Zanje so značilni gnajsi, blestniki, filiti in amfiboliti, ki grade velik del Pohorja, skoraj vso Strojno in Kozjak. Kdaj so nastale te metamorfne kamenine, ne moremo ničesar z gotovostjo trditi, le domnevamo lahko, da so se razvile z metamorfozo staropaleozojskih skladov in starejših magmatskih kamenin v dobi variscijske orogeneze, kar so doslej dokazali za podobno zgrajeno Svinško planino (Clar in dr. 1963). Pozneje, v dobi terciarne alpinske orogeneze, so bile te metamorfne kamenine dvignjene in ponovno nagubane. Istočasno je na Pohorju prišlo tudi do močnega magmatskega delovanja. V zvezi z njim je najprej nastal tonalit, v končni fazi pa še dacit.

Sl. 1. Geološka skica raziskanega ozemlja

Abb. 1. Geologische Skizze des untersuchten Gebietes

1 Pohorski tonalit, 2 dacit, tonalitni porfirit, malchit, 3 karavanški tonalit, 4 severni pas magmatskih kamenin v Karavankah, 5 nahajališča raziskanih vzorcev; številke ustrezajo tabelam

1 Tonalit von Pohorje, 2 Dacit, Tonalitporphyr, Malchit, 3 Tonalit der Karawanken, 4 Der nördliche Zug der Eruptivgesteine in den Karawanken, 5 Lokalitäten der untersuchten Proben; die Nummern entsprechen den Tabellen



- 1 2 3 4 5 x

Podobno kot na Pohorju so tudi drugod v Vzhodnih Alpah nastale ob znanih tektonskih črtah številne intruzije, v glavnem tonalita in granodiorita, ki jih spremljajo številne diferencirane in nediferencirane žilnine, ponekod tudi ustrezne predornine. Tako najdemo poleg Pohorja še velike izdanke globočnin v Karavankah, v masivu Vedretta di Ries (Rieserferner), na Monte Ivigni (Iffinger) in predvsem v Adamellu, kjer zavzema globočnina največji obseg in je bila zato najbolj temeljito preiskana. Ker so našete globočnine nastale približno istočasno in zaradi istih vzrokov, jih je S a l a m o n (1897) združil v poseben, tako imenovan periadriatski niz.

Kdaj so nastale periadriatske globočnine, z geološkimi metodami ne moremo točno določiti, kajti povsod dobimo za njihovo starost bolj ali manj širok razpon. Tako štejejo intruzijo adamelskega tonalita v obdobje med zgornjo kredo in sredino terciarja (C o r n e l i u s , 1928), medtem ko lahko za pohorski tonalit z gotovostjo trdimo le, da je starejši od miocena in mlajši od že omenjenih metamorfnih kamenin. Pohorska globočnina namreč meji večidel na metamorfne kamenine, katerih metamorfoza je gotovo starejša od tonalita (D u h o v n i k , 1954), in delno tudi na miocenski dacit, ki ponekod predira sam tonalit (K i e s l i n g e r , 1935). Nadaljnji dokaz, da je tonalit starejši od miocena, so prodniki pohorskega tonalita v spodnjemiocenskih in srednjemiocenskih ivniških skladih mariborske okolice (D o l a r - M a n t u a n i , 1935). Ker je na ta način za intruzijo pohorskega tonalita določena le njegova zgornja meja, bo točna doba nastanka pohorske globočnine znana šele po določitvi njene absolutne starosti. Doslej takšnih meritev v Sloveniji še ni bilo, pač pa so že znani podatki za adamelski tonalit, ki mu pripisujejo 33 do 45 milijonov let s toleranco 1,4 do 1,6 milijona let (F e r r a r a , 1962, citirano po M o r t e a n i j u). Nekaj podobnega lahko pričakujemo tudi pri ostalih periadriatskih globočninah, h katerim spada tudi pohorski tonalit. Da pa mora biti pohorska globočnina sorazmerno mlada, periadriatska, sklepamo posredno: pohorska globočnina je namreč v genetski zvezi z dacitom, ki so mu dokazali spodnjemiocensko starost (Ž u r g a , 1926 in W i n k l e r , 1928, 1929). Ker pa dacit in delno enako stari tonalitni porfirit predirata tonalit, sta vsaj nekoliko mlajša od njega. Zato sklepamo, da se je magmatsko delovanje začelo z intruzijo tonalita — po vsej verjetnosti v laramijski fazi alpidске orogeneze — končalo pa v miocenu z izlivi dacitne lave.

Starejši avtorji (A n k e r , 1835, M o r l o t , 1848 in R o l l e , 1857) so pohorsko globočnino imenovali granit, h kateremu so prištevali tudi porfirsko razvite kamenine zahodnega dela Pohorja. Strukturno razliko je upošteval šele T e l l e r (1893) in razdelil dotedanji granit na granitni gnajs kot najstarejše jedro pohorskega masiva, in na kremenov sljudni porfirit, ki naj bi edini predstavljal res pravo magmatsko kamenino.

T e l l e r j e v e m u m i š l j e n j u s t a s e u p r l a D o e l t e r (1814) in P o n t o n i (1895), ki sta zopet zagovarjala starejše avtorje in trdila, da magmatske kamenine Pohorja predstavljajo enoten masiv, ki se zaradi strukturnih razlik kaže enkrat kot normalni granit, ki je ponekod zaradi skrilavosti podoben gnajsu, drugod se pa pojavlja kot granitni porfir ali

pa kot porfirit v obliki žilnin. Pozneje je tudi Teller (1898) spoznal, da se je glede »granitnega gnajsa« zmotil in ga je zato zopet preimenoval v granit oziroma v »granit s paralelno strukturo«, vendar pa ga ni postavil v genetsko zvezo s porfirskimi kameninami zahodnega dela Pohorja, ki jim je pripisal, kot podobnim izdankom med Slovenj Gradcem in Mežico, postjursko starost.

Petrografsko sta pohorske magmatske kamenine preiskala Benesch (1917) in Heritsch (1913). Benesch se je predvsem posvetil pohorski globočnini. Imenoval jo je sicer še granitit, vendar je poudaril pri primerjavi s podobnimi kameninami v Vzhodnih Alpah, da jo moramo prištevati k tonalitni seriji. Nasprotno se je Heritsch posvetil porfirskim kameninam zahodnega dela Pohorja in pri tem ugotovil, da se pri njih ne pojavljajo kalijeve glinenci med vtrošniki in da jih potemtakem moramo imenovati dacit.

Z novimi petrografskimi preiskavami pohorskih magmatskih kamenin sta pričela Dolar-Mantuani (1935, 1938 in 1940) in Kieslinger (1935 in 1936); oba sta pohorsko globočnino imenovala tonalit. Dolar-Mantuani (1935) pa je pri tem poudarila, da pohorski tonalit lahko delno prehaja v granodiorit in v izjemnem primeru celo v kremenov monzonit. Pri primerjavi z adamelskim tonalitom je ugotovila, da predstavlja pohorska globočnina nekoliko bolj kisli in bolj levkokratni različek adamelske kamenine. Kieslinger (1935) pa je glede razmerja med pohorskim tonalitom in dacitom dejal, da sta obe kamenini sicer v genetski zvezi, vendar obstaja med njima določena časovna razlika — dacit je predrl skozi tonalit in je torej nekoliko mlajši od njega.

Pohorska globočnina je drobnozrnata do srednjezrnata kamenina z bolj ali manj izraženo paralelno teksturo. Njene glavne sestavine so glinenci, kremen in biotit, ki ga delno nadomešča klorit. V nekaterih vzorcih zapažamo tudi rogovačo, vendar le v majhni količini. Akcesorno nastopajo še magnetit, apatit, sfen, ortit in epidot.

Glinence zastopajo v pohorski globočnini plagioklazi in ortoklaz. Plagioklazi navadno močno prevladujejo nad ortoklazom, vendar razmerje med njimi močno niha. V nekaterih vzorcih ortoklaza skoraj ni, drugod pa njegova količina že tako naraste, da ga pri klasifikaciji moramo upoštevati kot eno od bistvenih sestavin.

Plagioklazi so pri pohorski globočnini conarni ali pa neconarni. Povprečna sestava conarnih plagioklazov ustreza andezinu s 35 % an; maksimalni razpon nihanja znaša od 48 % an v jedru do 25,5 % an na skrajni periferiji. Jedra conarnih plagioklazov imajo povprečno 39 % an (nihanje od 48 % do 34 % an), periferni deli pa 32 % an (nihanje od 37 % do 25,5 % an). Sestava neconarnih plagioklazov niha od 39 % do 30 % an, povprečno pa vsebujejo 35 % an. Potemtakem ustreza povprečna sestava plagioklazov pohorske globočnine kislemu andezinu s 35 % an (39 meritev). Dolar-Mantuani (1835) je navedla za povprečno vrednost plagioklazov pohorske globočnine andezin s 34 % an (105 meritev).

Alkalijske glinence pohorske globočnine je prištevala Dolar-Mantuani (1935) provizorično h kalijevemu anortoklazu, vendar je pozneje Karamata (1959) ugotovil, da kalijeve glinenci pohorske globočnine

ustrezajo nizu ortoklaz-mikropertitu oziroma ortoklaz-kriptopertitu. Ker je kot optičnih osi sorazmerno nizek, in sicer znaša po naših podatkih v povprečju $2V_x = 50,5^\circ$ (8 meritev), po navedbah Dolar-Mantuanijeve (1935) pa $55,5^\circ$ (48 meritev), sklepamo, da vsebuje ortoklaz precejšnje količine albita — po naših podatkih 20 %, po podatkih Dolar-Mantuanijeve pa 25 % $Ab_{93}An_{07}$ (Tröger, 1956).

Kremen je v pohorski globočnini vedno zdrobljen v skupek drobnih poedincev.

Klasifikacija s pomočjo modalne sestave

Mnogo podatkov o sestavi pohorske globočnine nam nudi Dolar-Mantuan (1935, str. 111) s kvantitativno modalno sestavo 22 zbruskov, povečini vzorcev iz josipdolskega kamnoloma, nekaj pa iz cezlaškega kamnoloma, okolice Sl. Bistrice, sredine Pohorja in mariborske okolice.

Po podatkih Dolar-Mantuanijeve je pohorska globočnina zelo levkokratna kamenina, saj vsota vseh femičnih mineralov ne doseže niti 10 vol. %. Nadalje so za večino primerkov značilne sorazmerno majhne količine ortoklaza. Tako npr. v dveh vzorcih sploh ni ugotovila ortoklaza, pri desetih se njegova količina giblje med 1 in 5 vol. %, pri devetih med 6 in 12 vol. % in le pri enem doseže 27 vol. %. Po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1935) ima povprečje pohorske globočnine naslednjo modalno sestavo (v vol. %):

plagioklazi	62 $\frac{1}{4}$
ortoklaz	6 $\frac{1}{4}$
kremen	22 $\frac{1}{4}$
biotit	6 $\frac{1}{2}$
rogovača	1
klorit	1 $\frac{3}{4}$

Lindgrenov klasifikacijski sistem (Johannsen, Vol. II, 1958) pri razlikovanju med kremenovim dioritom (tonalitom), granodioritom, kremenovim monzonitom (adamellitom) in granitom temelji na naslednjem razmerju med ortoklazom in celokupno količino glincev: $0 - 13 \frac{1}{4} - 33 \frac{1}{4} - 66 \frac{2}{3}$. Če upoštevamo ta sistem, lahko po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1935, str. 111) ugotovimo, da od 22 vzorcev pohorske globočnine jih 18 ustreza kremenovemu dioritu (tonalitu), 3 granodioritu in le eden kremenovemu monzonitu (adamellitu). Ker ima pri navedeni povprečni sestavi pohorske globočnine razmerje med ortoklazom in celokupno količino glincev, izračunano po formuli:

$f = 100 \times \text{ortoklaz} / (\text{ortoklaz} + \text{plagioklaz})$, vrednost $f = 9,1$, vidimo, da po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1935, str. 111) ustreza povprečna sestava pohorske globočnine kremenovemu dioritu (tonalitu).

Sami smo preiskali več vzorcev pohorske globočnine, in sicer primerek iz okolice Koče nad Šumikom, vzorca iz kamnoloma ob Črnem potoku jugozahodno od Ribnice na Pohorju in Mislinjskega jarka ter dva primerka iz cezlaškega kamnologa, med katerima je eden svetlejši, normalen, drugi pa predstavlja temnejši različek. Kvantitativno modalno sestavo naštetih vzorcev podajamo v tabeli 1. Če po zgoraj navedeni formuli tudi

pri njih izračunamo razmerje med ortoklazom in celokupno količino glinencev, dobimo za posamezne vzorce naslednje vrednosti: Koča pri Šumiku $f = 7,8$, Črni potok $f = 23,3$, Mislinjski jarek $f = 19,9$, svetlejši različek globočnine iz cezlaškega kamnoloma $f = 17,2$ in temnejši iz cezlaškega kamnoloma $f = 9,4$, kar pomeni, da po Lindgrenovi klasifikaciji ustrezata vzorca iz bližine Koče nad Šumikom in temnejši različek iz cezlaškega kamnoloma kremenovemu dioritu, ostali pa grano-dioritu.

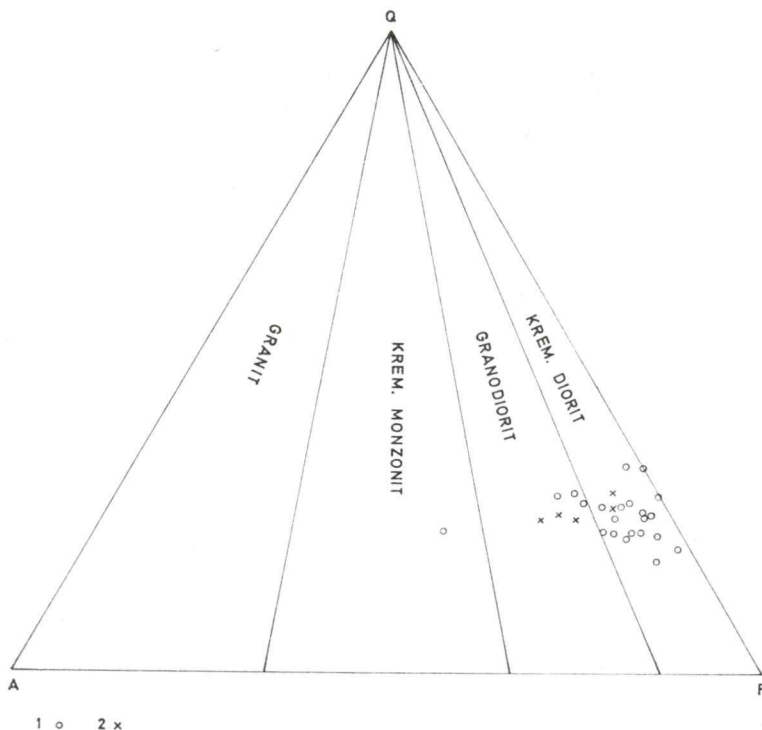
Če združimo sedaj podatke Dolar-Mantuanijeve (1935, str. 111) z našimi, dobimo za povprečje pohorske globočnine naslednjo modalno sestavo:

plagioklazi	61,1
ortoklaz	7,0
kremen	22,5
biotit	6,8
rogovača	0,9
klorit	1,7

Pri navedenem povprečju ima razmerje med ortoklazom in celotno količino glinencev vrednost $f = 10,3$; zato po Lindgrenovi klasifikaciji (Johannsen, Vol. II, 1958) pohorska globočina v povprečju ustreza kremenovemu dioritu (tonalitu), vendar moramo poudariti, da kamenina delno prehaja v granodiorit.

Položaj pohorske globočnine v Lindgrenovem klasifikacijskem sistemu najlepše vidimo na grafičnem prikazu (sl. 2) s pomočjo trikotnika QAP, kjer Q ustreza kremenu, A alkalijskim glinencem (v našem primeru ortoklazu) in P plagioklazom, vse skupaj preračunamo na $Q + A + P = 100$. Na sliki se lahko prepričamo, da od 27 vzorcev pohorske globočnine jih 20 ustreza kremenovemu dioritu (tonalitu), 6 granodioritu in 1 kremenovemu monzonitu (adamellitu). Po Lindgrenu je torej pohorska globočina kremenov diorit (tonalit) z delnimi prehodi v granodiorit.

V novejšem času se je pojavil nov predlog za klasifikacijo magmatskih kamenin (Streckeisen, 1967), ki pa ne upošteva več kremenovega monzonita (adamellita) kot posebne skupine, meje med kremenovim dioritom, granodioritom in granitom na podlagi že omenjenega razmerja med glinenci pa poenostavi na naslednje vrednosti 0 — 10 — 35 — 90. Prikaz vseh doslej preiskanih vzorcev pohorske globočnine na diagramu QAP v mejah predloga za novi klasifikacijski sistem vidimo na sliki 3: od 27 vzorcev jih 17 ustreza kremenovemu dioritu (sem štejemo tudi dva vzorca z nekoliko prenizko količino kremenca), 9 granodioritu in 1 granitu. Ker večina vzorcev pohorske globočnine ustreza kremenovemu dioritu, lahko tudi po predlogu novejšega klasifikacijskega sistema trdimo za povprečje pohorske globočnine, da je kremenov diorit, toda dodati moramo, da leži povprečna sestava pohorske globočnine že na mejnem področju med kremenovim dioritom in granodioritom. Po novejšem klasifikacijskem sistemu še bolj velja trditev, da predstavlja povprečje pohorske globočnine sicer še kremenov diorit, ki pa delno prehaja v granodiorit. Za dokončno rešitev vprašanja, ali naj pohorsko globočnino imenujemo



Sl. 2. Klasifikacija pohorske globočnine po Lindgrenu (Johannsen, 1958, Vol. 2)

Abb. 2. Klassifikation des Tiefengesteines von Pohorje nach Lindgren (Johannsen, 1958, Vol. 2)

Q kremen, A ortoklaz, P plagioklazi

Q Quarz, A Ortoklaz, P Plagioklase

1 Vzorci po Dolar-Mantuanijevi (1935, str. 111)

1 Proben nach Dolar-Mantuani (1935, S. 111)

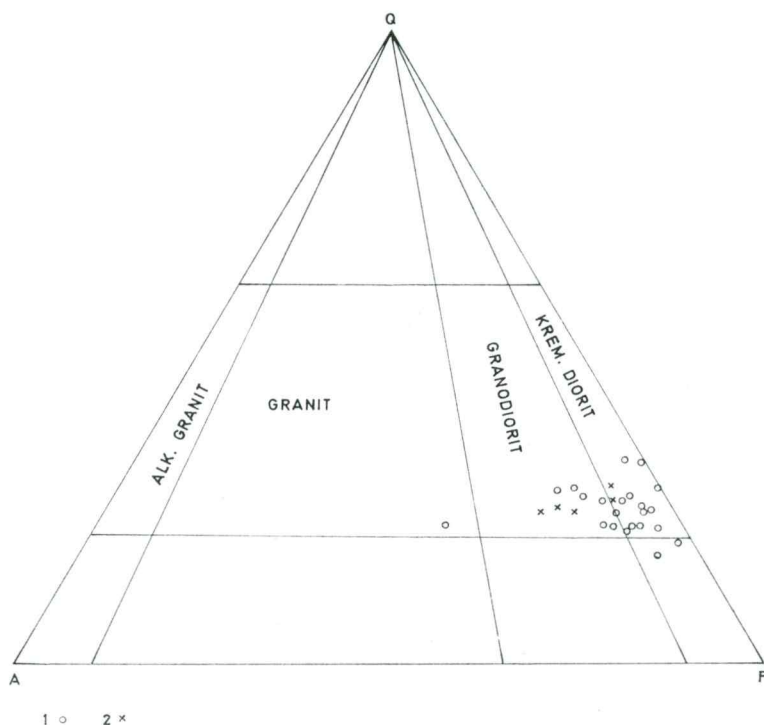
2 Vzorci, ki jih je preiskal avtor (1. tabela)

2 Von Autor untersuchten Proben (Tabelle 1)

kremenov diorit ali pa granodiorit, bodo potrebne še nadaljnje meritve njene modalne sestave predvsem po določenih profilih, da bi tako prišli do čim popolnejšega povprečja. Kot že vemo, razmerje med glinenci pri pohorski globočnini močno niha, in to celo na krajših razdaljah, zato kartografsko ni mogoče ločiti kremenovega diorita od granodiorita in pride za klasifikacijo v poštev le njeno povprečje. Čeprav je današnja slika o modalni sestavi pohorske globočnine še precej nepopolna, lahko iz razpoložljivih podatkov sklepamo, da je vzhodni in vrhnji del intruzije sorazmerno siromašen z ortoklazom, medtem ko njegova količina proti zahodnemu delu batolita narašča.

Če upoštevamo povprečno modalno sestavo pohorske globočnine in vzorce z relativno majhnimi količinami ortoklaza, se vprašamo, ali jo naj imenujemo tonalit ali kremenov diorit. Na vprašanje ne moremo jasno odgovoriti, ker si petrografi še danes niso povsem edini glede uporabe imena tonalit; enim pomeni tonalit sinonim za kremenov diorit, drugi pa označujejo z njim le tisto vrsto kremenovega diorita, kjer se pojavljata biotit in rogovača v približno enakih količinah, navadno pa naj bi bilo biotita nekoliko več kot rogovače. Ker v pohorski globočnini biotit odločno prevladuje nad rogovačo, smemo pohorsko globočnino imenovati tonalit le v širšem smislu, ko uporabljamo ime tonalit kot sinonim za kremenov diorit, sicer pa jo moramo imenovati kremenov biotitni diorit.

Kemično sestavo vzorcev pohorske globočnine, ki smo jih preiskali, vidimo na tabelah 2, 3, 4, 5 in 6. V tabeli 7 navajamo kemično sestavo



Sl. 3. Klasifikacija pohorske globočnine po Streckeisen (1967)

Abb. 3. Klassifikation des Tiefengesteines von Pohorje nach Streckeisen (1967)

Q kremen, A ortoklaz, P plagioklazi

Q Quarz, A Ortoklas, P Plagioklase

1 Vzorci po Dolar-Mantuanijevi (1935, str. 111)

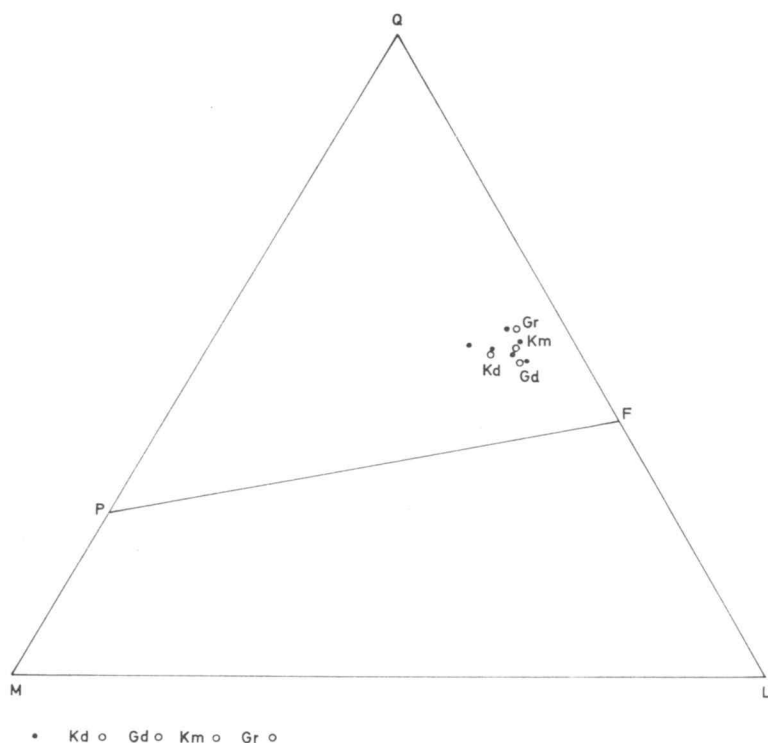
1 Proben nach Dolar-Mantuani (1935, S. 111)

2 Vzorci, ki jih je preiskal avtor (1. tabela)

2 Von Autor untersuchten Proben (Tabelle 1)

tonalita iz Josipdola na Pohorju, ki ima po podatkih D o l a r - M a n t u a - n i j e v e (1935) naslednjo modalno sestavo (v vol. %): plagioklazi 60, ortoklaz 7, kremen 20, biotit 7 in klorit 1. Pregled Nigglijevih parametrov naštetih vzorcev skupaj z vrednostmi, ki so potrebne za grafični prikaz ekvivalentne norme, vidimo na tabeli 8, grafično primerjavo vzorcev pohorske globočnine s povprečnim granitom, kremenovim monzonitom (adamellitom), granodioritom in kremenovim dioritom (tonalitom) pa na slikah 4, 5 in 6.

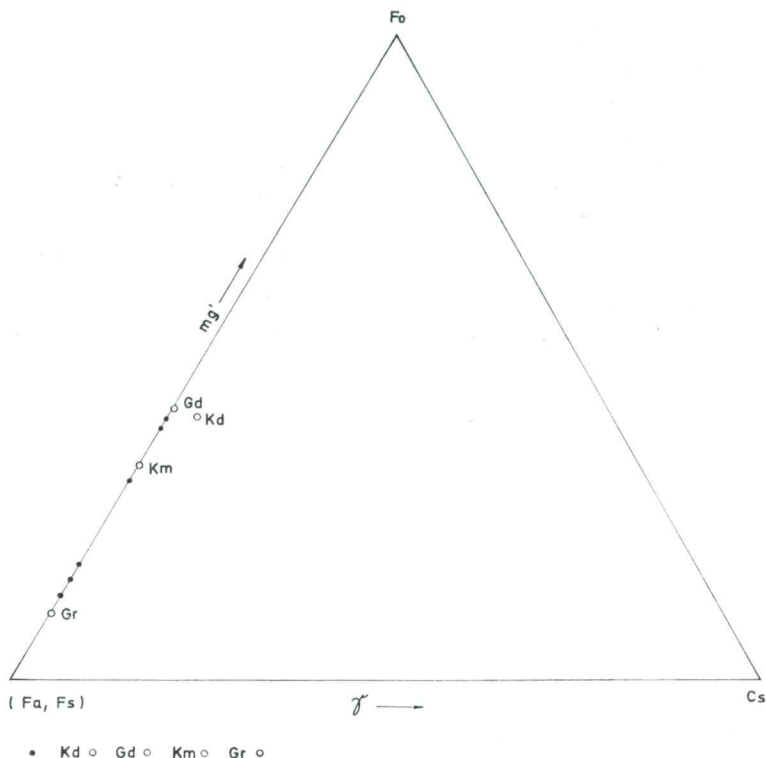
Če primerjamo najprej Nigglijeve parametre pohorske globočnine s tipičnim granitom, kremenovim monzonitom, granodioritom in kremenovim dioritom, ki jih navaja H u a n g (1962), zapazimo, da se povprečna vrednost parametra *si* pohorske globočnine (*si* $\approx$ 281) še najbolj približuje



Sl. 4. Pohorska globočnina v ekvivalentni normi, diagram QLM

Abb. 4. Tiefengestein von Pohorje in der Äquivalentnorm, Diagram QLM

- vzorci pohorske globočnine, Kd kremenov diorit (tonalit), H u a n g , 1962, str. 94, Gd granodiorit, H u a n g , 1962, str. 94, Km kremenov monzonit (adamellit), H u a n g , 1962, str. 94, Gr granit, H u a n g , 1962, str. 93
- Proben des Tiefengesteines von Pohorje, Kd Quarzdiorit (Tonalit), H u a n g , 1962, S. 94, Gd Granodiorit, H u a n g , 1962, S. 94, Km Quarzmonzonit (Adamellit), H u a n g , 1962, S. 94, Gr Granit, H u a n g , 1962, S. 93



Sl. 5. Pohorska globočina v ekvivalentni normi, diagram $(Fa, Fs)FoCs$

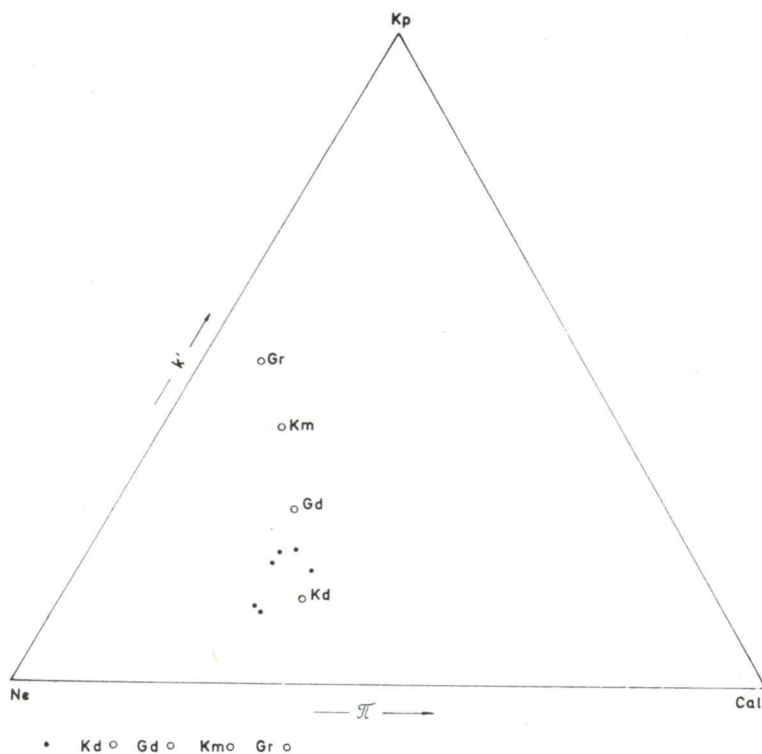
Abb. 5. Tiefengestein von Pohorje in der Äquivalentnorm,
 $(Fa, Fs)FoCs$ -Diagram

- vzorci pohorske globočnine, Kd kremenov diorit (tonalit), Huang, 1962, str. 94, Gd granodiorit, Huang, 1962, str. 94, Km kremenov monzonit (adamellit), Huang, 1962, str. 94, Gr granit, Huang, 1962, str. 93
- Proben des Tiefengesteines von Pohorje, Kd Quarzdiorit (Tonalit), Huang, 1962, S. 94, Gd Granodiorit, Huang, 1962, S. 94, Km Quarzmonzonit (Adamellit), Huang, 1962, S. 94, Gr Granit, Huang, 1962, S. 93

granodioritu oziroma leži med vrednostjo za granodiorit in kremenov monzonit, medtem ko jo povprečje parametra k ($k \approx 0,23$) pomakne bliže kremenovemu dioritu oziroma postavi med kremenov diorit in granodiorit, vendar bliže prvemu. Tudi primerjava v ekvivalentni normi ne pojasni povsem problema klasifikacije pohorske globočnine: na diagramu QLM se večina vzorcev pohorske globočnine ujema s kameninami granitno-granodioritne skupine (sl. 4), prav tako tudi na diagramu $(Fa, Fs)FoCs$ (sl. 5), kjer vse projekcijske točke vzorcev pohorske globočnine leže na stranici $(Fa, Fs) - Fo$, kamor padejo tudi graniti, kremenovi monzoniti in granodioriti, toda na diagramu $KpNeCal$ (sl. 6) se dve projekcijski točki lepše ujemata s kremenovim dioritom, druge pa zavzemajo nekaj vmesni položaj med kremenovim dioritom in granodioritom. Po izredni levko-

kratnosti in tudi sestavi normativnih femičnih mineralov se torej pohorska globočnina ujema s kameninami granitno-granodioritne skupine, medtem ko jo sestava normativnih glincev delno približuje kremenovemu dioritu, delno pa pomakne na vmesni položaj med kremenovim dioritom in granodioritom.

Tudi primerjava kemizma pohorske globočnine, preračunanega v Nigglijeve parametre, s tipi magme, ki jih je opisal Niggli (Burri, Niggli, 1945), je ne opredeli povsem jasno v petrografski klasifikaciji. Ker so vsi vzorci pohorske globočnine izredno salični ($al \gg fm$) in imajo v povprečju sorazmerno nizko vrednost parametra k ($k \approx 0,23$), je za povprečno sestavo pohorske globočnine značilen farsunditski tip granodioritske magme. Isti tip magme je značilen tudi za vzorce pohorske



Sl. 6. Pohorska globočnina v ekvivalentni normi, diagram $KpNeCal$

Abb. 6. Tiefengestein von Pohorje in der Äquivalentnorm, $KpNeCal$ -Diagramm

- vzorci pohorske globočnine, Kd kremenov diorit (tonalit), Huang, 1962, str. 94, Gd granodiorit, Huang, 1962, str. 94, Km kremenov monzonit (adamellit), Huang, 1962, str. 94, Gr granit, Huang, 1962, str. 93
- Proben des Tiefengesteines von Pohorje, Kd Quarzdiorit (Tonalit) Huang, 1962, S. 94, Gd Granodiorit, Huang, 1962, S. 94, Km Quarzmonzonit (Adamellit), Huang, 1962, S. 94, Gr Granit, Huang, 1962, S. 93

globočnine s sorazmerno majhnimi količinami ortoklaza, kjer bi prej pričakovali katerikoli tip izofalne ($al \approx fm$), kremenovo dioritne magme.

V klasifikaciji na modalni osnovi pa ne poznamo kamenine, ki bi nedvomno ustrezala farsunditskemu tipu magme. Zato je za pohorsko globočnino merodajnejša klasifikacija s pomočjo modalne sestave. Po tej jo lahko imenujemo, seveda v širšem pomenu besede, tonalit. Toda preden končamo poglavje o tonalitu, si oglejmo še adamelski tonalit in ga primerjajmo s pohorsko kamenino.

Primerjava pohorske globočnine z adamelsko

Adamelsko globočnino sestavljata v glavnem tonalit in granodiorit, nekaj je gabra, v manjših količinah pa se pojavljata še diorit in granit.

Adamelski tonalit sestavljajo v glavnem plagioklazi, kremen, biotit in rogovača, nekaj pa je tudi ortoklaza. Biotit in rogovača nastopata v približno enakih količinah, navadno pa je biotita nekoliko več kot rogovače.

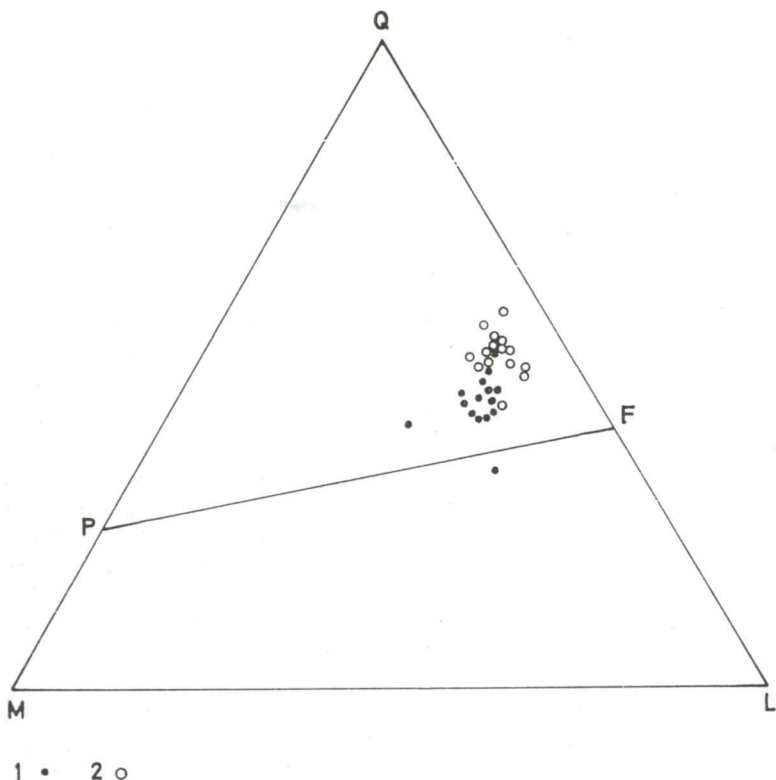
Povprečna sestava adamelskega tonalita je po Karlu (1966) naslednja (v vol. %): plagioklazi 43, ortoklaz 4, kremen 25 in femični minerali 28. Plagioklazi adamelskega tonalita so navadno sestavljeni iz zelo bazičnega korodiranega jedra, ki ga obdaja conarno zgrajen ovoj. Jedro nekako ustreza labradoritu, conarni ovoj pa menja svojo sestavo od 50 % an v notranjih delih do 30 % an na periferiji (Callegari, 1963). Povprečna sestava plagioklazov adamelskega tonalita znaša po Karlu (1966) 45 % an.

Adamelski granodiorit, ki so ga kartografsko lahko ločili od tonalita, ima po Karlu (1966) naslednjo modalno sestavo (v vol. %): plagioklazi 39, ortoklaz 13, kremen 29 in femični minerali 19. Pri femičnih mineralih biotit odločno prevladuje nad rogovačo, medtem ko zavzemajo bazična jedra pri granodioritskih plagioklazih mnogo manjši obseg kot pri tonalitnih. Povprečna sestava granodioritskih plagioklazov ustreza andezinu s 30 % anortita.

V kemičnem pogledu ustrezajo vzorci adamelskega tonalita kremenovim dioritnim magmam (Burri, Niggli, 1945), v glavnem tonalitnemu in peléitnemu, v manjšem obsegu tudi normalnemu kremenovodioritnemu tipu, za katere so v glavnem značilne izofalnost ($al \approx fm$) in nizke vrednosti parametrov *si* in *alk*. Pra adamelskem granodioritu pa se najpogosteje pojavlja normalni tip granodioritske magme, farsunditski tip pa je sorazmerno redek. Nigglijeve parametre in ustrezne vrednosti za grafični prikaz ekvivalentne norme vidimo na tabelah 9 in 10, grafični prikaz sam pa na slikah 7, 8 in 9.

Med povprečno sestavo pohorske globočnine in adamelskim tonalitom vidimo naslednje razlike:

1. Adamelski tonalit ima trikrat več femičnih mineralov kot pohorska globočnina. Tudi v sestavi femičnih mineralov je razlika: v adamelski kamenini nastopata biotit in rogovača v približno enakih količinah, v pohorskih vzorcih pa biotit odločno prevladuje nad rogovačo, ki ponekod celo manjka.



Sl. 7. Adamelski tonalit in granodiorit v ekvivalentni normi, diagram QLM
 Abb. 7. Tonalit und Granodiorit von Adamello in der Äquivalentnorm,
 QLM-Diagramm

1 Tonalit, 2 Granodiorit

2. Povprečna sestava plagioklazov adamelskega tonalita ustreza bazičnemu plagioklazu s 45 % an, povprečje plagioklazov pohorskega tonalita pa kislemu andezinu s 35 % an.

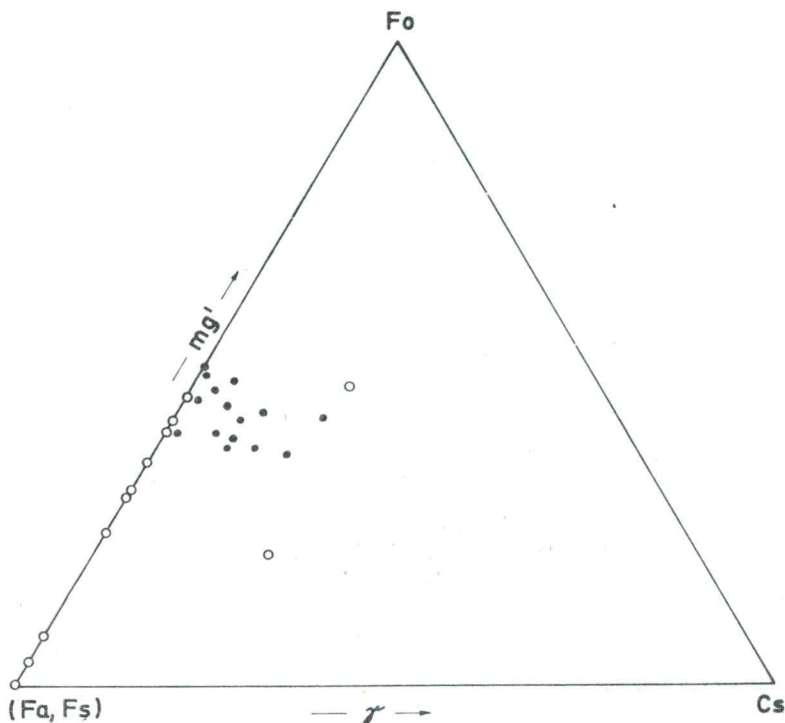
3. Povprečna modalna sestava pohorske globočnine je nekoliko bogatejša z ortoklazom kot adamelski tonalit.

4. V kemičnem pogledu je glavna razlika v tem, da so vzorci pohorske globočnine izrazito salični ($al \gg fm$), adamelskega tonalita pa izofalni ($al \approx fm$).

Napram adamelskemu granodioritu so razlike naslednje:

1. Adamelski granodiorit ima približno dvakrat več femičnih mineralov kot pohorska globočnina, vendar je razmerje med biotitom in rogovačo približno enako kot pri pohorski kamenini.

2. Glede ortoklaza zavzema pohorska globočnina nekak vmesni položaj med adamelskim tonalitom in granodioritom, vendar je mnogo bližja tonalitu kot granodioritu.



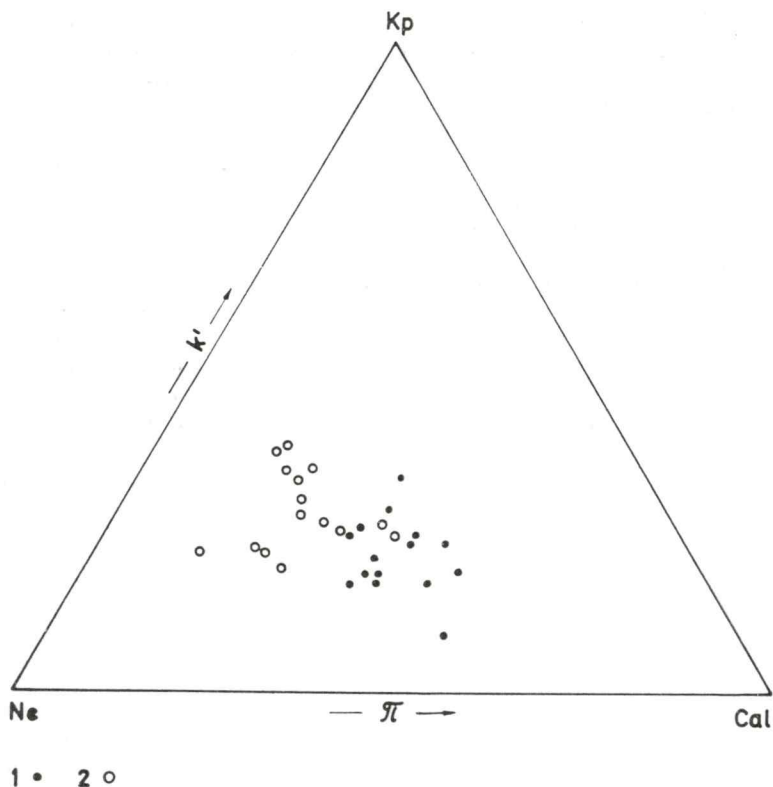
1 • 2 ○

Sl. 8. Adamelski tonalit in granodiorit v ekvivalentni normi,
diagram $(Fa, Fs) FoCs$

Abb. 8. Tonalit und Granodiorit von Adamello in der Äquivalentnorm,
 $(Fa, Fs) FoCs$ -Diagramm
1 Tonalit, 2 Granodiorit

3. Razlika med pohorsko globočnino in adamelskim granodioritom je tudi v kemični sestavi; za pohorsko globočnino je na splošno značilen farsunditski tip granodioritske magme, za adamelski granodiorit pa normalni tip granodioritske magme, farsunditski pa je pri njem izjemen.

Pohorska globočnina se ne ujema niti z adamelskim tonalitom niti s tamkajšnjim granodioritom, vendar se po modalni sestavi bolj približuje adamelskemu tonalitu. Iz navedenega razloga bomo pohorsko globočnino še naprej imenovali tonalit, vendar se bomo pri tem zavedali, da predstavlja le njegov bolj levkokratni in bolj kisli različek. Adamelski tonalit je v širšem (= sinonim za kremenov diorit) in ožjem (= sinonim za kremenov biotitno rogovačni diorit) pomenu besede tonalit, pohorski pa le v širšem smislu, pri čemer kamenina že delno prehaja v granodiorit.



Sl. 9. Adamelski tonalit in granodiorit v ekvivalentni normi, diagram $KpNeCal$
 Abb. 9. Tonalit und Granodiorit von Adamello in der Äquivalentnorm,
 $KpNeCal$ -Diagramm
 1 Tonalit, 2 Granodiorit

KISLI DIFERENCIATI POHORSKEGA TONALITA

Kisli diferenciatni pohorskega tonalita so aplitne in pegmatitne žilnine, ki prepletajo sam tonalit, ali pa segajo v sosednje kamenine. Ob robu tonalitnega masiva so ponekod aplitne žile posebno močno razvite. Tako imenovani »gnajsggranuliti« v okolici Sl. Bistrice niso nič drugega kot gost sistem aplitnih žilnin, nastalih pri diferenciaciji pohorskega tonalita, kar sta dokazala že Benesch (1917) in Dolar-Mantuani (1935).

V cezlaškem kamnolomu razlikujemo dve vrsti aplitnopegmatitnih žilnin. Prvo predstavlja dva do tri metre debela aplitna žilnina, ki v ravnih mejah preseka tonalit, drugo pa pegmatit, ki delno prehaja v zelo drobnozrnati aplit.

Aplit v cezlaškem kamnolomu ima zrnato strukturo in paralelno razporeditev femičnih mineralov. Glavne sestavine so plagioklazi, ortoklaz

in kremen, od femičnih mineralov pa so prisotni biotit, klorit, granat in majhne količine neprosojnih mineralov. Kvantitativna modalna sestava opisanega vzorca je naslednja (v vol. %): plagioklazi 39,3, ortoklaz 30,3, kremen 27,4, biotit s kloritom 2,9 in granat z neprosojnimi minerali 0,2. Sestava plagioklazov niha od 29 % do 18 % an in njihova srednja vrednost ustreza oligoklazu z 24 % an. Kot optični osi smo izmerili s pomočjo ene osi pri dveh poedincih alkalijskih glinencev in ugotovili pri tem $2V_x = 32^\circ$ oziroma 62° , kar ustreza ortoklazu z 0 oziroma 20 % albitne komponente (Tröger, 1956). Kemično sestavo vzorca vidimo na tabeli 11.

Beli, debelozrnati pegmatit, ki lokalno prehaja v nekoliko mesnato rdečkasti fino-zrnati aplit, sestavljajo v glavnem plagioklazi, ortoklaz in kremen ter majhne količine klorita, granata in neprosojnih mineralov. Sestava plagioklazov se spreminja med 17 % in 8 % an s srednjo vrednostjo 11 % an. Alkalijski glinenci ustrezajo ortoklazu; ker niha kot optičnih osi $2V_x$ med 49° in 65° , njihova srednja vrednost pa znaša $2V_x = 54^\circ$ (5 meritev), sklepamo, da vsebujejo v povprečju 25 % albitne komponente (Tröger, 1956). Kemično sestavo opisane kamenine vidimo na tabeli 12.

BAZIČNE KAMENINE, NASTALE V ZVEZI S POHORSKIM TONALITOM

Bazične kamenine, ki se pojavljajo skupaj s tonalitom, so čizlakit in številni vključki v tonalitu, dolgi nekaj dm.

Čizlakit se pojavlja pri Čezlaku v obliki leče v tonalitu, velike kakih 300 m. Kamenino je podrobno opisal že Nikitin (1937 in 1939). Glavne sestavine čizlakita so svetlo zeleni avgit, temno zelena rogovača in plagioklazi, ki vsebujejo 52 % do 35 % an; razen tega najdemo v kamenini kremen, kalijeve glinence, sfen, apatit in vključke biotita v rogovači (Nikitin, 1937). Kemično sestavo čizlakita vidimo na tabeli 13. Nikitin si je razlagal nastanek čizlakita s pomočjo zgodnje gravitacijske kristalizacijske diferenciacije v tonalitni magmi. Danes menimo, da je čizlakit nastal s pomočjo reakcije med tonalitno magmo in vključkom zelo bazične kamenine. Kot dokaz za to navajamo dejstvo, da so plagioklazi v čizlakitu le malo bolj bazični kot v tonalitu, da v čizlakitu količina rogovače narašča proti meji s tonalitom in da se v kamenini pojavljata, čeprav v majhnih količinah, tudi ortoklaz in biotit, ki v tako bazični kamenini vsekakor govorita za vpliv bolj kisle magme. Da je osnova čizlakita starejša od obdajočega tonalita, dokazujejo aplitne in delno tudi tonalitne žilnine v čizlakitu.

Melanokratni vključki v tonalitu predstavljajo nakopičenja istih femičnih mineralov, ki so značilni za sam tonalit. Meje melanokratnih vključkov napram tonalitu so zelo ostre. Kvantitativna modalna sestava melanokratnega vključka iz čezlaškega kamnoloma je naslednja (v vol. %): plagioklazi 17,0, ortoklaz 14,0, kremen 7,4, biotit 60,8, sfen 0,2, magnetit 0,4 in apatit 0,2. Plagioklazi ustrezajo v povprečju andezinu s 34 % anortita. Kemično sestavo istega vzorca vidimo v tabeli 14. Nastanek melanokratnih

vklučkov, ki se pojavljajo v vseh bolj kislih globočinah, še ni pojasnjen; verjetno gre tudi za kose starejših bolj bazičnih kamenin, predelane od tonalitne magme.

DACIT, TONALITNI PORFIRIT IN MALCHIT

V zahodnem delu Pohorja imamo namesto tonalita dacit v obliki večjih čokov in tonalitni porfirit v obliki žilnin. Skupno s tonalitnim porfiritom se ponekod pojavlja tudi malchit; med njima zasledimo številne prehode (Eigel, 1894).

Starejši avtorji so porfirske kamenine zahodnega dela Pohorja identificirali z granitom. Šele Teller (1892 in 1898), ki pa se je sam naslonil na Hussaka (1884), jih je izločil kot kremenove sljudne porfirate, kakor je imenoval svetlejšo vrsto ne glede na način pojavljanja, in kot rogovačne porfirate, h katerim je prišteval temnejše žilnine. Nadalje je Teller ugotovil, da so s pohorskim kremenovim sljudnim porfiritom identični številni izdanki magmatskih kamenin na ozemlju med Mežico in Slovenj Gradcem, ki jim je določil postjursko starost (Teller, 1898).

Doelter (1894), Pontoni (1895) in Eigel (1884) so razlikovali pri porfirskih kameninah zahodnega dela Pohorja granitni porfir, granitni porfirit in rogovačni porfirit, pri čemer se pojavlja granitni porfir kot veliki čoki, granitni porfirit in rogovačni porfirit pa kot žilnine. Pozneje je Heritsch (1913) dokazal, da granitnega porfirja na Pohorju sploh ni, saj se v njem ortoklaz ne pojavlja med vtrošniki, in ga je zato preimenoval v dacit. Dolar-Mantuani (1938) pa je preimenovala dotedanji granitni porfirit v tonalitni porfirit, rogovačni porfirit pa v malchit. Pohorskemu dacitu kot tudi delu tonalitnega porfirita sta Žurga (1926) in Winkler (1928 in 1929) dokazala spodnjemiocensko starost.

Pohorski dacit je svetlo siva kamenina s porfirsko strukturo. Kot vtrošniki v mikrokristalni do kriptokristalni osnovi nastopajo plagioklazi, kremen in femični minerali, v glavnem klorit, ponekod pa tudi biotit ali rogovača. Dacitu so podobne žilnine tonalitnega porfirita; glavna razlika, poleg načina pojavljanja, je v tem, da je pri tonalitnem porfiritu kremen sorazmerno redek med vtrošniki in da je osnova nekoliko bolj debelo-zrnata. Od izdankov pohorskega dacita smo preiskali vzorce iz Troblja in Legna pri Slovenj Gradcu, Trbonja in Vuzenice v dravski dolini ter vzorec s Sv. Bolfenka jugozahodno od Ribnice na Pohorju. Od tonalitnega porfirita smo pregledali vzorec iz Mislinjskega jarka in iz Fale v dravski dolini. Oglejmo si sedaj posamezne primerke.

Dacit s Pohorja nad Trobljami pri Slovenj Gradcu ima porfirsko strukturo. Kot vtrošniki v mikrokristalni osnovi nastopajo plagioklazi, kremen in klorit. Plagioklazovi vtrošniki ustrezajo visokotemperaturnim modifikacijam. Pri štirih zrnih smo ugotovili naslednje sestave: 36 %, 36 %, 36 % in 31 % an; povprečje plagioklazovih vtrošnikov torej ustreza andezinu s 35 % an kot pri tonalitu. Kemično sestavo dacita s Trobelj kaže tabela 15; kamenina je na prehodu med farsunditskim in normalnim tipom granodioritske magme.

Dacit z Legna pri Slovenj Gradcu je zelo podoben vzorcju iz Trobelj. Siva kamenina ima porfirsko strukturo. Kot vtrošniki v mikrokristalni osnovi nastopajo plagioklazi, kremen in klorit. Plagioklazi ustrezajo visokotemperaturnim modifikacijam, pri katerih smo izmerili naslednje sestave: 33 %, 29 %, 31 %, 31 %, 30 %, 33 % in 30 % an; njihovo povprečje ustreza potemtakem andezinu z 32 % an. Kemično sestavo opisane kame-nine vidimo na tabeli 16. Vzorec z Legna je izrazito saličen ($al \gg fm$), se pa razlikuje od farsunditskega kot tudi normalnega tipa granodioritske magme po zelo nizki količini alkalij (*alk*).

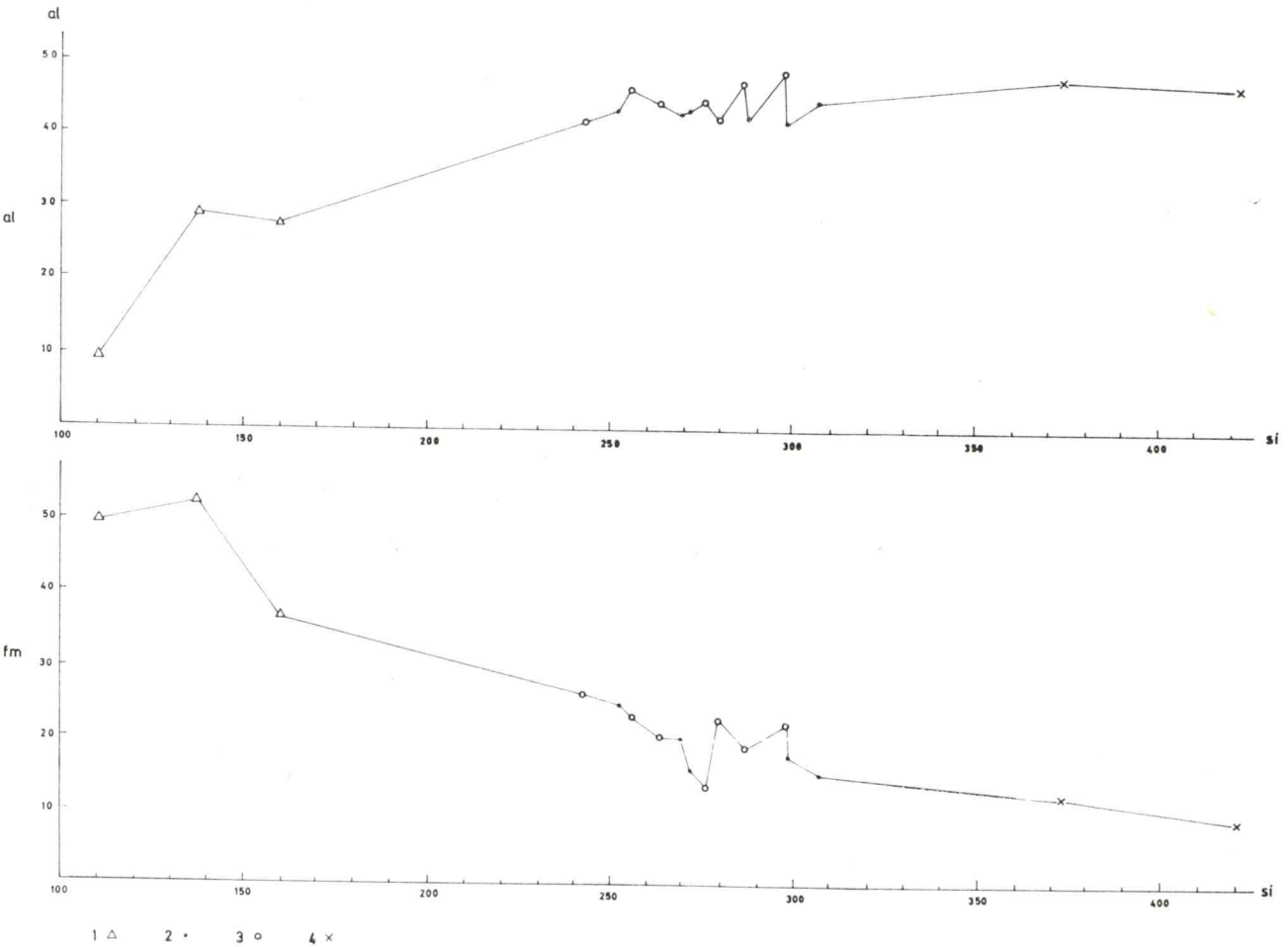
Dacit s Trbonja je zaradi delne limonitizacije femičnih mineralov nekoliko rjavkast. Kot vtrošniki v mikrokristalni osnovi nastopajo plagioklazi, kremen in biotit. Plagioklazi ustrezajo visokotemperaturnim modifikacijam. Pri neconarnih zrnih smo izmerili 35 %, 31 %, 29 % in 29 % an, pri nekem conarnem zrnju pa v jedru 36 %, na periferiji pa 33 % an; srednja vrednost plagioklazovih vtrošnikov torej ustreza andezinu z 32 % an. Kemizem kamenine vidimo na tabeli 17.

Dacit iz bližine Vuzenice, pod hribčkom, na katerem stoji cerkev Marija na Kamnu, ima prav tako porfirsko strukturo. V mikrokristalni osnovi nastopajo kot vtrošniki plagioklazi, kremen in biotit, akcesorno se jim pridruži še kalcit. Pri visokotemperaturnih modifikacijah plagioklazovih vtrošnikov smo ugotovili 30 %, 35 %, 32 %, 29 % in 36 ½ % an; srednja vrednost znaša 32 % an. Kemizem vidimo na tabeli 18; tudi vzorec iz bližine Vuzenice se odlikuje, kot vzorec dacita z Legna pri Slovenj Gradcu, po nenavadno nizki količini alkalij.

Dacit s Sv. Bolfenka jugozahodno od Ribnice na Pohorju ima porfirsko strukturo. Kot vtrošniki v mikrokristalni osnovi nastopajo plagioklazi, kremen in klorit. Plagioklazovi vtrošniki še ustrezajo visokotemperaturnim modifikacijam, pri katerih smo izmerili 27 %, 30 %, 28 %, 33 % in 34 % an; njihova srednja vrednost ustreza potemtakem plagioklazu s 30 % an. Kemično sestavo dacita s Sv. Bolfenka kaže tabela 19; kame-nina ustreza farsunditskemu tipu granodioritske magme.

Tonalitni porfirit iz Mislinjskega jarka seka metamorfne kamenine v obliki žilnin, debelih nekaj metrov. Kamenina ima porfiroidno struk-turo. Kot vtrošniki v drobnozrnatu osnovi se pojavljajo plagioklazi, biotit in sorazmerno redka zrna kremena. Večina plagioklazovih vtrošnikov ustreza visokotemperaturnim modifikacijam, nekaj je prehodnih oblik, zelo redka zrna pa ustrezajo nizkotemperaturnim oblikam; povprečje vseh plagioklazovih zrn ustreza andezinu s 37 % an. Osnovo sestavljajo glinenci, kremen, biotit in klorit. Kemizem kamenine kaže na prehod med farsunditskim in normalnim tipom granodioritske magme (tabela 20).

Po strukturi bi lahko k tonalitnemu porfiritu prištevali tudi zelenkasto porfirsko kamenino pod železniškim mostom pri Fali. Kamenina ima porfiroidno strukturo. Kot vtrošniki v drobnozrnatu osnovi nastopajo plagioklazi in biotit ter redka zrna kremena. Plagioklazovi vtrošniki ustrezajo visokotemperaturnim oblikam; v njihovi sestavi je 33 % do 28 % an s srednjo vrednostjo 31 % an. Osnovo sestavljajo glinenci, kremen in klorit. Kemizem kamenine (tabela 21) se zaradi nizkih količin alkalij lepo ujema z vzorcema dacita z Legna pri Slovenjem Gradcu in iz Vuzenice.



Sl. 10. Nigglijevi variacijski diagrami pohorskih magmatskih kamenin tonalitne faze

Abb. 10. Niggli'sche Variationsdiagramme der mit der Tonalitphase verbundenen

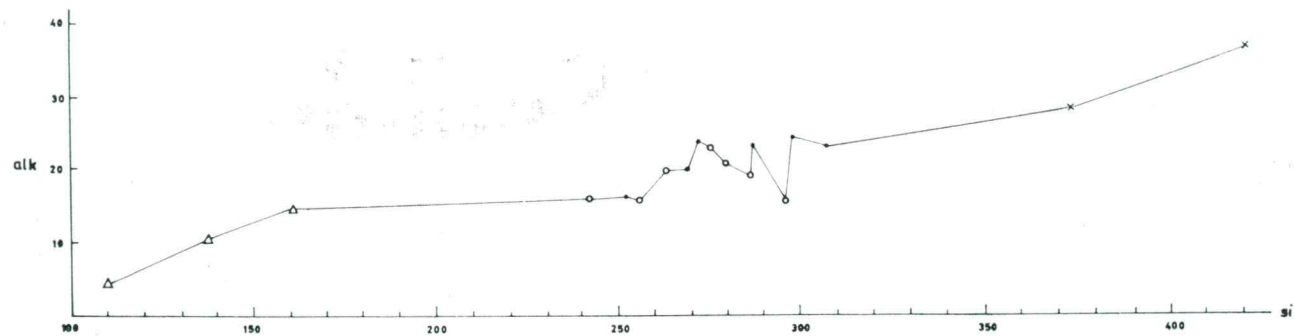
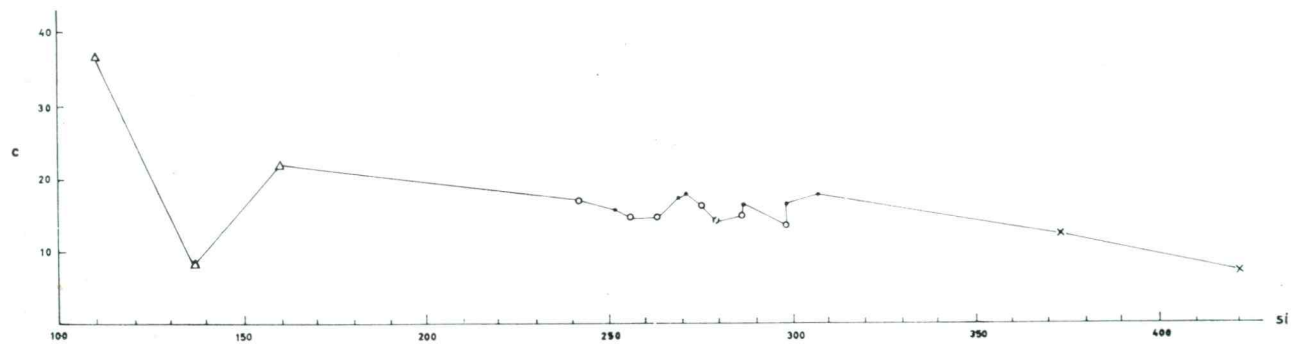
Eruptivgesteine von Pohorje

1 bazične kamenine (čizlakit, melanokrati vključki, malchit), 2 tonalit, grano-

diorit, 3 dacit, tonaltni porfirit, 4 aplit, pegmatit

1 Basische Gesteine (čizlakit, biotitriche Schlieren, Malchit), 2 Tonalit, Grano-

diorit, 3 Dacit, Tonalitporphyr, 4 Aplit, Pegmatit



1 Δ 2 • 3 ○ 4 ×

Na koncu si oglejmo še malchit iz Mislinjskega jarka, ki ima po podatkih Dolar-Mantuanijeve (1938) naslednjo modalno sestavo (v vol. %): plagioklazi 58, rogovača 38, biotit 4, kremen 3 in apatit s piritom 1. Plagioklazi ustrezajo delno labradoritu, delno bazičnemu andezinu. Kemizem podajamo v tabeli 22.

Če sedaj primerjamo pohorski dacit in tonalitni porfirit s tonalitom, opazimo, da se kamenine v glavnem ujemajo glede sestave plagioklazov. Tudi kremen lahko pričakujemo v vseh primerih v približno enakih količinah, čeprav je pri tonalitnem porfiritu sorazmerno redek med vtrošniki, zato ga je pa tem več v osnovi. Ortoklaza pri porfirskih kameninah sicer ni videti med vtrošniki, vendar iz kemičnih podatkov lahko sklepamo, da je sestavni del osnove. In če primerjamo še kemično sestavo, opazimo, da se porfirske kamenine Pohorja precej lepo ujemajo s tistimi vzorci pohorske globočnine, ki so bogatejši s kalijem. Magma porfirskih kamenin je bila torej v glavnem enaka magmi, iz katere je nastal tonalit.

Po modalni in kemični sestavi se od pravkar obravnavanih kamenin bistveno razlikuje malchit, ki vsebuje mnogo bolj bazične plagioklaze in relativno velike količine femičnih mineralov, v glavnem rogovače. Ker pa poznamo številne prehode med malchitom in tonalitim porfiritom, sklepamo, da je nastanek malchita v genetski zvezi z tonalitno fazo magmatskega delovanja.

GENEZA POHORSKIH MAGMATSKIH KAMENIN V TONALITNI FAZI

Večji del Pohorja gradita dve vrsti kamenin: metamorfne in magmatske, nastale v tonalitni fazi, v glavnem tonalit in dacit. Usedlin in starejših magmatskih kamenin je na Pohorju malo.

V terciarju je v globljih conah alpidskega orogena prišlo do taljenja kamenin in tako do anatektičnega razvoja magme, ki je po prodoru v višje dele zemeljske skorje skrepenela kot tonalit. Med ohlajevanjem sta se kot kisla diferenciatna tonalitne magme izločila še aplit in pegmatit. Magma ognjišče tonalitne magme se ni takoj umirilo, temveč je še pozneje dovajalo istovrstno magmo, iz katere je pri izlivih na zemeljsko površje nastal dacit, kot nedifirencirana žilnina pa tonalitni porfirit. Nastanek malchita v zadnjih fazah magmatskega delovanja potrjuje dejstvo, da postaja anatektična magma proti koncu vedno bolj bazična.

Dokaz za anatektični razvoj tonalitne magme je v prvi vrsti njen kemizem, kajti farsunditski tip magme ne nastaja pri diferenciaciji primarne, bazaltne magme. Nadaljnji dokaz je tudi nesorazmerje med bazičnimi kameninami v tonalitu in samim tonalitom: v pohorski globočnini sploh ni bazične kamenine, na podlagi katere bi lahko sklepali, da bi se tonalitna magma razvila kot diferenciat prvotno bolj bazične magme; čizlakita je v tonalitu zanemarljivo malo nasproti dimenzijam tonalita. Na diferenciacijskem diagramu (sl. 10), narisanim s pomočjo Nigglijevih parametrov, opazimo trojno grupacijo glede na vrednost parametra si ;

prvo predstavljajo bazične kamenine (čizlakit, melanokratni vključki v tonalitu in malchit), drugo vzorci tonalita, dacita in tonalitnega porfirita, tretjo pa kislja diferenciatna aplit in pegmatit. Kljub skokovitemu poteku diferenciacijske krivulje je na diagramu lepo vidno, da padejo projekcijske točke tonalita, dacita in tonalitnega porfirita na enotno področje, kar kaže, da je magma v vseh treh primerih istovrstna; razlika med naštetimi kameninami je le v obliki pojavljanja in delno tudi v starosti. Ni nobenega dvoma, da predstavljata aplit in pegmatit kislja diferenciatna tonalitne magme. Pri bazičnih kameninah pa diferenciacijska krivulja s smeri tonalita normalno poteka le do malchita ($si = 160$). Iz tega sklepamo, da je malchitna magma nastala v istem magmatskem ognjišču kot tonalitna. Po nenavadno skokovitem poteku diferenciacijske krivulje med malchitom in melanokratnim vključkom ($si = 137$) moremo sklepati, da izvirajo melanokratni vključki iz bolj bazične kamenine, ki jih je predelala tonalitna magma. Na nekaj podobnega lahko sklepamo iz mineralne parageneze tudi pri čizlaku.

POHORSKE MAGMATSKE KAMENINE, KI NISO V GENETSKI ZVEZI S TONALITNO FAZO

Na Pohorju se pojavljajo tudi magmatske kamenine, ki nimajo ničesar skupnega s tonalitom. Tako najdemo ponekod v filitih manjše izdanke diabazov in v serpentinitih ostanke harzburgitov (Germovšek, 1954), vendar zavzemajo največji obseg pegmatitne in aplitne žile v metamorfnih kameninah Pohorja; zanje trdi Kieslinger (1935), da nimajo ničesar skupnega s tonalitom, temveč so mnogo starejše. Germovšek (1954) jih imenuje milonitne pegmatite.

Petrografsko smo preiskali vzorec pegmatita s Pohorja nad Falo. Kamenina ima porfiroblastično strukturo. Kot porfiroblasti nastopajo kristali mikrokline, veliki do 1 cm, redkeje ortoklaza. Drobnozrnata osnova pa vsebuje glinence, kremen in muskovit. Kremen se pojavlja tudi v obliki tankih žilic. Kemično sestavo podajamo v tabeli 23.

Glavna razlika med pegmatitom tonalitne faze in opisanim vzorcem starejšega pegmatita nad Falo je v strukturi in alkalijskih glinencih; tonalitni pegmatit ima debelozrnato strukturo in vsebuje ortoklaz, starejši pa kaže porfiroblastično strukturo in vsebuje mikroklin. Starejše pegmatitne in aplitne žilnine so nastale pri metamorfozi v dobi variscijske orogeneze; zato nimajo ničesar skupnega s tonalitom.

PORFIRSKE KAMENINE MED MEŽICO IN SLOVENJ GRADCEM

Na ozemlju med Mežico in Slovenj Gradcem se na več krajih pojavljajo porfirske kamenine, ki jim je Teller (1898) dokazal pojursko starost in jih je istovetil s porfirskimi kameninami zahodnega Pohorja.

Vzorec z Leš nad Prevaljami ima porfirsko strukturo. Kot vtrošniki v mikrokristalni osnovi nastopajo plagioklazi, kremen, rogovača in ploščice že povsem spremenjenega biotita. Kamenina vsebuje tudi redka zrnca granata in muskovita. Večina plagioklazov ustreza visokotemperaturnim modifikacijam, manjši del pa nizkotemperaturnim ali pa vmesnim oblikam; povprečje vseh plagioklazov ustreza andezinu s 48 % an. Kemizem kamenine, ki jo lahko imenujemo dacit, vidimo na tabeli 24.

PERIADRIATSKE MAGMATSKE KAMENINE V KARAVANKAH

Med Železno Kaplo in Zg. Razborjem se raztezata dva pasova magmatskih kamenin, ki ju zopet loči ozko področje metamorfnih kamenin. Južni pas je iz tonalita, severnega pa grade raznovrstne magmatske kamenine, ki jih v glavnem delimo na granitni porfir, granodiorit in gabro.

Glede karavanškega tonalita danes nihče več ne dvomi, da pripada periadriatskim globočinam. Glede magmatskih kamenin severnega pasu pa se mnenja še zelo razlikujejo — eni jih imajo prav tako za periadriatske (Fritsch, 1961), Berce (1961) pa je mišljenja, da gre za granitit triadne starosti. Po lastnih raziskavah lahko s sigurnostjo trdimo le to, da so magmatske kamenine obeh pasov starejše od srednjega oligocena, kajti v srednjeoligocenskih soteških skladih južno od Hude luknje smo našli prodnike karavanškega tonalita in granitnega porfirja.

Karavanški tonalit ima debeložrnato strukturo in paralelno razporeditev femičnih mineralov. Kot je ugotovil že Teller (1896), je zelo podoben adamelskemu tonalitu.

Petrografski opis karavanškega tonalita najdemo pri Graberju (1898, 1929) in Dolar-Mantuanijevi (1935, 1939). Kamenino sestavljajo plagioklazi, kremen, biotit, rogovača, klorit in manjše količine ortoklaza. Sestava plagioklazov niha od bitovnita/labradorita v jedrih do andenzina/oligoklaza na periferijah.

Vzorec tonalita iz Bistre, ki smo ga mikroskopsko in kemično preiskali, ima naslednjo modalno sestavo (v vol. %): plagioklazi 53,10, ortoklaz 0,83, kremen 21,58, biotit 15,64, rogovača 7,88, klorit 0,94 in magnetit 0,04. Plagioklazi vsebujejo 57 % do 45 % an, povprečje pa znaša 52 % an. Kemično sestavo tonalitnega vzorca iz Bistre vidimo na tabeli 25. Ker je kamenina izofalna ($al \approx fm$), ima sorazmerno nizke vrednosti parametrov si in k , ustreza peléitnemu tipu kremenove diortitne magme, ki je poleg tonalitnega zelo značilen tudi za adamelski tonalit. Ker se tudi modalna sestava vzorca iz Bistre lepo ujema z adamelsko kamenino, lahko trdimo da sta karavanški in adamelski tonalit v petrografskem pogledu identična.

Vzorec tonalita, ki smo ga vzeli pod kmetijo Jedločnika ob poti na Smrekovec jugovzhodno od Črne na Koroškem, ima prav tako debeložrnato strukturo. Njegova kvantitativna modalna sestava je naslednja (v vol. %): plagioklazi 45,06, ortoklaz 5,45, kremen 29,58, biotit 14,26, ro-

govača 3,95, klorit 0,62, magnetit 0,99 in apatit 0,09. V sestavi plagioklazov je 56 do 36 % an; povprečje ustreza andezinu s 46 % anortita. Kemizem kamenine vidimo na tabeli 26.

Magmatske kamenine glavnega pasu delimo na granitni porfir, granodiorit in gabro. Kartografsko je posamezne tipe težko prikazati, ker se kamenine močno menjavajo. V neki globeli jugovzhodno od Črne na Koroškem smo zasledili celo magmatsko brečo, v kateri gabro nastopa kot paleosom, granitni porfir pa kot neosom.

Preidimo k petrografskemu opisu posameznih kamenin severnega pasu.

Granitni porfir v dolini Tople je svetlo siv s porfiroidno strukturo. Glavne sestavine so plagioklazi, ortoklaz, kremen in biotit, ki ga delno nadomešča klorit. Za kamenino so značilni mesnato rjavi vtrošniki ortoklaza, ki jih obrobja tanka bela plast plagioklaza; pojav je posebno značilen za tiste primerke granitnega porfirja, ki se dejansko kot žilnine pojavljajo v bolj bazičnih kameninah — gabru, oziroma granodioritu. Kvantitativna modalna sestava granitnega porfirja iz Tople je naslednja (v vol. %): plagioklazi 38,26, ortoklaz 23,09, kremen 32,17, biotit in klorit 6,04 ter magnetit 0,45. Povprečna sestava modalnih plagioklazov vsebuje 21 % an. Kemizem kamenine podajamo v tabeli 27.

Granodiorit v bližini Črne na Koroškem ima zrnato strukturo. Glavne sestavine so plagioklazi, ortoklaz, biotit in rogovača. Plagioklazova jedra so močno razkrojena in zapolnjena z nadomestno substanco, drugi deli plagioklazov pa ustrezajo v povprečju oligoklazu z 21 % an. Za kamenino so še značilne številne iglice apatita. Opisani vzorec ima naslednjo modalno sestavo (v vol. %): plagioklazi 52,66, ortoklaz 17,46, kremen 1,79, biotit 10,50, rogovača 16,23, klorit 0,62 in neprosojni minerali 0,73. Kamenina vsebuje sorazmerno velike količine femičnih mineralov, a je praktično brez kremenja; zato bi lahko ustrezala dioritu, vendar jo zaradi ortoklaza ne smemo tako imenovati. Glede razmerja med ortoklazom in celotno količino glincev bi lahko vzorec imenovali granodiorit, kar pa zopet ne ustreza, ker je premalo kremenja. Kamenina se je sigurno v določeni meri spremenila med nastajanjem, kar je imelo za posledico tako nenavadno razmerje med posameznimi sestavinami. Ker ji v sedaj veljavni klasifikaciji ne najdemo primernejšega imena, jo bomo imenovali granodiorit. Po novejšem predlogu klasifikacije (Streckeisen, 1967) bi jo morali imenovati monzodiorit. Kemizem vidimo na tabeli 27.

Skupno z granodioritom se ponekod pojavlja tudi gabro. Vzorec, ki smo ga vzeli nedaleč od pravkar opisanega granodiorita, ima naslednjo modalno sestavo (v vol. %): plagioklazi 36,87, rogovača 49,54, klorit 8,65, sfen 2,87, neprosojni minerali 1,34 in apatit 0,72. Plagioklazi vsebujejo 49,5 % do 37,5 % an; povprečje ustreza andezinu s 43,5 % an. Če upoštevamo barvni indeks, moramo kamenino prišteti v gabroidno skupino, po sestavi plagioklazov pa med diorite. Ker vsebuje opisani vzorec več femičnih mineralov kot povprečni gabro, smo se pri klasifikaciji odločili za gabro. Njegovo kemično sestavo kaže tabela 29.

POVZETEK

Naša glavna naloga je bila, ponovno klasificirati pohorsko globočnino. Po podatkih o njeni kvantitativni modalni sestavi in po Lindgrenovem klasifikacijskem sistemu ustreza tri četrtine preiskanih vzorcev kremenovemu dioritu, drugi vzorci pa se ujemajo z granodioritom, oziroma v enem izjemnem primeru celo s kremenovim monzonitom. Pohorska globočnina je torej kremenov diorit, ki delno prehaja v granodiorit. In ker v njej biotit odločno prevladuje nad rogovačo, ki je ponekod sploh ni, lahko za pohorsko globočnino uporabljamo ime tonalit le kot sinonim za kremenov diorit.

Na starost pohorskega tonalita sklepamo po njegovih prodnikih, ki so jih razni raziskovalci našli v miocenskih skladih mariborske okolice. Ti prodniki dokazujejo, da je tonalit starejši od miocena in mlajši od krede, s katero tvori pokontaktno metamorfozo pohorski dacit, ki je s tonalitom v genetski zvezi.

V zahodnem delu Pohorja tonalit nadomeščata dacit in tonalitni porfirit. Dacit in del tonalitnega porfirita sta miocenske starosti. Ker so tonalit, dacit in tonalitni porfirit v kemičnem pogledu identični in ker so porfirske kamenine ponekod predrle tonalit, sklepamo, da obstaja med pohorskim tonalitom in ustreznimi porfirskimi kameninami določena, čeprav majhna časovna razlika. Najprej je prišlo do intruzije tonalita in šele po njegovi skrepenitvi do površinskih izlivov istovrstne magme, torej do nastanka dacita. Tonalitni porfirit po vsej verjetnosti predstavlja kanale, skozi katere je dacitna magma prodirala proti površju. Ker se malchitne žilnine pojavljajo na krajih, kjer je pogosten tudi tonalitni porfirit in ker zapažamo tudi prehode med enimi in drugimi kameninami, sklepamo, da je tudi malchit nastal proti koncu magmatskega delovanja.

Glede geneze pohorskega tonalita, dacita, tonalitnega porfirita in malchita danes menimo, da je njihova magma v vseh primerih nastajala anatektično globoko v zemlji; tako nastala magma je prodrla med višje ležeče plasti zemeljske skorje in se najprej strdila v obliki tonalita, se še regenerirala naprej v istem magmatskem ognjišču in se pri predoru na zemeljsko površje strdila kot dacit, oziroma pod površjem v obliki nediferenciranih žilnin kot tonalitni porfirit. Ko je pri anateksi postala magma nekoliko bolj bazična, so še nastale malchitne žilnine.

Apliti in pegmatiti, ki jih najdemo v tonalitu in delno tudi zunaj njega, so posledica diferenciacije tonalitne magme. Pripomniti pa moramo, da niso vse pegmatitno aplitne žilnine, ki jih srečujemo v metamorfnih kameninah Pohorja, v genetski zvezi s tonalitno fazo, temveč so mnoge starejše od nje; za vse starejše pegmatitno aplitne žile je značilna porfiroblastična struktura s porfiroblasti mikrokлина.

S primerjavo pohorske globočnine z adamelskim in karavanškim tonalitom smo ugotovili, da se pohorska globočnina razlikuje od adamelskega tonalita. Adamelski in karavanški tonalit pa se lepo ujemata. O pohorski globočnini lahko trdimo, da predstavlja bolj levkokratni, bolj kisli različek adamelskega tonalita, ki je v širšem in ožjem pomenu besede tonalit.

Tabela 1.

Tabelle 1.

Kvantitativna modalna sestava pohorske globočnine
Quantitative modale Zusammensetzung des Tiefengesteines von Pohorje

Kamnina: Gestein:	1	2	3	4	5
plagioklaz Plagioklas	60,03	53,70	57,60	56,32	56,26
ortoklaz Ortoklas	4,59	16,29	14,30	11,71	5,70
kremen Quarz	25,58	22,23	23,26	21,44	21,98
biotit Biotit	4,02	6,91	4,36	7,89	14,12
rogovača Hornblende	—	—	—	0,97	2,14
klorit Chlorit	3,79*	0,88	0,47	1,59	0,74
sfen Sphen	—	—	—	0,08	0,07

1. vzorec iz bližine koče nad Šumikom

Probe aus der Nähe der Hütte Koča nad Šumikom

2. vzorec iz kamnoloma ob Črnem potoku

Probe aus dem Steinbruch an dem Bach Črni potok

3. vzorec iz Mislinjskega jarka

Probe aus der Schlucht Mislinjski zarez

4. vzorec svetlejše (normalne) globočnine iz cezlaškega kamnoloma

Probe des helleren (normalen) Tiefengesteines aus dem Steinbruch in Cezlak

5. vzorec temnejše vrste globočnine iz cezlaškega kamnoloma

Probe der dunkleren Art des Tiefengesteines aus dem Steinbruch in Cezlak

* Pri tem vzorcu so bili kloritu prišteti tudi epidot (1,88), ortit (0,08), apatit (0,04) in kalcit (0,07).

Bei dieser Probe wurden beim Chlorit auch Epidot (1,88), Ortit (0,08), Apatit (0,04) und Calcit (0,07) mitberechnet.

Tabela 2.

Tabelle 2.

Tonalit, Šumik

Tonalit, Šumik

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 66,95	Q = 20,17	Sal = 12,6
TiO ₂ 0,26	or = 8,57	Fem
Al ₂ O ₃ 18,06	ab = 43,73	
Fe ₂ O ₃ 0,56	an = 19,00	Q
FeO 1,70	C = 1,02	F = 0,28
MnO 0,09	hy(en = 3,21	
MgO 1,30	fs = 2,33	Na ₂ O' + K ₂ O' = 1,45
CaO 4,07	mt = 0,83	CaO'
Na ₂ O 5,16	il = 0,55	
K ₂ O 1,44	ap = 0,26	K ₂ O' = 0,18
P ₂ O ₅ 0,12	cc = 0,14	Na ₂ O'
H ₂ O ⁺ 0,21	Sal = 92,49	
H ₂ O ⁻ 0,20	Fem = 7,32	Formula CIPW
CO ₂ 0,07		I. 4. (2) 3. 4 (5).
S 0,00		
100,19		% an = 29,1

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 270,6	Q = 49,22	Q = 17,54
ti 0,97	Kp = 5,11	Or = 8,52
p 0,19	Ne = 27,67	Ab = 46,12
al 43,0	Cal = 11,34	An = 18,90
fm 15,5	Sp = 1,64	Cord = 3,00
c 17,5	Fs = 0,60	En = 2,45
alk 24,0	Fo = 1,84	Hy = 2,36
k 0,16	Fa = 2,07	Mt = 0,60
mg 0,50	Ru = 0,20	Ru = 0,20
qz +74,6	Cp = 0,24	Cp = 0,24
	Cc = 0,08	Cc = 0,08

Tabela 3.

Granodiorit, kamnolom ob Črnem potoku
Granodiorit, Steinbruch am Črni potok

Tabelle 3.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm	
SiO ₂	68,12	Q =	24,19
TiO ₂	0,28	or =	14,30
Al ₂ O ₃	16,89	ab =	35,60
Fe ₂ O ₃	0,99	an =	16,94
FeO	1,72	C =	1,16
MnO	0,08	hy en =	3,48
MgO	1,39	fs =	1,79
CaO	3,58	mt =	1,48
Na ₂ O	4,22	il =	0,58
K ₂ O	2,42	pr =	0,14
P ₂ O ₅	0,11	ap =	0,26
H ₂ O ⁺	0,24	Sal =	92,19
H ₂ O ⁻	0,07	Fem =	7,73
CO ₂	0,00		
S	0,08		
100,19			

$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}} =$	11,9
$\frac{\text{Q}}{\text{F}} =$	0,36
$\frac{\text{Na}_2\text{O}' + \text{K}_2\text{O}'}{\text{CaO}'} =$	1,54
$\frac{\text{K}_2\text{O}'}{\text{Na}_2\text{O}'} =$	0,38
Formula CIPW I. 4. (2) 3. 4.	
$\% \text{ an} =$	31,0

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm	
si 286,8	Q = 51,09	Q =	21,27
ti 1,01	Kp = 8,59	L =	14,32
p 0,20	Ne = 22,70	M =	37,93
al 41,9	Cal = 10,25	π =	17,08
fm 18,3	Sp = 1,84	γ =	3,37
c 16,1	Fs = 1,07	μ =	2,64
alk 23,7	Fo = 1,98	k' =	1,93
k 0,27	Fa = 1,99	mg' =	1,07
mg 0,48	Ru = 0,21		0,21
qz +92,0	Pr = 0,07		0,07
	Cp = 0,21		0,21

Tabela 4.

Granodiorit, Mislinjski jarek**Granodiorit, Mislinjski jarek**

Tabelle 4.

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm	
SiO ₂	68,67	Q = 25,45	Sal = 13,6
TiO ₂	0,21	or = 13,47	Fem = 0,38
Al ₂ O ₃	16,18	ab = 36,60	
Fe ₂ O ₃	1,54	an = 16,91	
FeO	1,74	C = 0,41	
MnO	0,06	hy = 2,30	
MgO	0,93	fs = 1,46	
CaO	3,56	mt = 2,25	
Na ₂ O	4,32	il = 0,47	
K ₂ O	2,27	ap = 0,20	
P ₂ O ₅	0,08	pr = 0,13	
H ₂ O ⁺	0,38	cc = 0,04	
H ₂ O ⁻	0,09		
CO ₂	0,02	Sal = 92,84	Formula CIPW
S	0,07	Fem = 6,85	I. 4. (2) 3. 4.
100,12			% an = 30,3

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte		Baza Basis		Standardna katanorma Standard- katanorm
si	298,4	Q = 51,81	Q = 51,81	Q = 23,24
ti	0,78	Kp = 8,14	L = 41,90	Or = 13,57
p	0,16	Ne = 23,48	M = 6,29	Ab = 39,13
al	41,5	Cal = 10,28	π = 0,25	An = 17,13
fm	17,5	Sp = 0,62	γ = 0,00	Cord = 1,14
c	16,5	Fs = 1,63	μ = 0,31	En = 2,16
alk	24,5	Fo = 1,62	k' = 0,25	Hy = 1,59
k	0,26	Fa = 2,01	mg' = 0,31	Mt = 1,63
mg	0,34	Ru = 0,17		Ru = 0,17
qz	+100,4	Pr = 0,06		Cp = 0,16
		Cp = 0,16		Pr = 0,06
		Cc = 0,02		Cc = 0,02

Tabela 5.

Granodiorit, Cezlak
Granodiorit, Cezlak

Tabelle 5.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
Chemische Analyse und das System CIPW
Analitik: dr. ing. S. Gomišček

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm	
SiO ₂	66,69	Q = 25,35	Sal = 9,04
TiO ₂	0,32	or = 12,80	Fem
Al ₂ O ₃	17,99	ab = 31,62	
Fe ₂ O ₃	0,69	an = 17,13	Q = 0,41
FeO	2,39	C = 3,21	F
MnO	0,09	hy(en = 4,08	
MgO	1,63	fs = 3,32	$\frac{Na_2O' + K_2O'}{CaO'} = 1,35$
CaO	3,95	mt = 1,00	
Na ₂ O	3,76	il = 0,64	$\frac{K_2O'}{Na_2O'} = 0,38$
K ₂ O	2,15	pr = 0,01	
P ₂ O ₅	0,12	ap = 0,26	
H ₂ O ⁺	0,30	cc = 0,62	
H ₂ O ⁻	0,02	Sal = 90,11	Formula CIPW
CO ₂	0,26	Fem = 9,93	I. 4. (2) 3. 4.
S	0,007		% an = 33,8
100,367			

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm	
si 268,9	Q = 51,32	Q = 51,32	Q = 20,71
ti 0,99	Kp = 7,71	L = 38,27	Or = 12,85
p 0,19	Ne = 20,22	M = 10,41	Ab = 33,70
al 42,7	Cal = 10,34	$\pi = 0,27$	An = 17,23
fm 20,1	Sp = 5,26	$\gamma = 0,00$	Cord = 9,64
c 17,1	Fs = 0,72	$\mu = 0,18$	En = 1,03
alk 20,2	Fo = 0,77	k' = 0,28	Hy = 3,29
k 0,28	Fa = 2,83	mg' = 0,18	Mt = 0,72
mg 0,49	Ru = 0,23		Hy = 3,29
qz +87,1	Pr = 0,01		Mt = 0,72
	Cp = 0,24		Ru = 0,23
	Cc = 0,35		Pr = 0,01
			Cp = 0,24
			Cc = 0,35

Tabela 6.

Tonalit (temnejše vrste), Cezlak
Tonalit, die dunklere Art, Cezlak

Tabelle 6.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 64,50	Q = 27,07	Sal = 7,23
TiO ₂ 0,35	or = 9,57	Fem = 0,51
Al ₂ O ₃ 18,64	ab = 27,47	
Fe ₂ O ₃ 0,95	an = 16,94	
FeO 2,53	C = 5,29	
MnO 0,03	hy(en = 6,02	
MgO 2,40	fs = 3,15	
CaO 3,73	mt = 1,39	
Na ₂ O 3,26	il = 0,68	
K ₂ O 1,63	ap = 0,56	
P ₂ O ₅ 0,23	pr = 0,14	
H ₂ O ⁺ 1,14	Sal = 86,34	
H ₂ O ⁻ 0,31	Fem = 11,94	
S 0,08		

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 252,3	Q = 51,53	Q = 20,84
ti 1,17	Kp = 5,86	Or = 9,77
p 0,40	Ne = 17,85	Ab = 29,75
al 42,8	Cal = 10,50	An = 17,50
fm 25,1	Sp = 8,81	Cord = 16,15
c 15,7	Fs = 1,02	En = 0,95
alk 16,4	Fo = 0,71	Hy = 3,23
k 0,25	Fa = 2,93	Mt = 1,02
mg 0,56	Ru = 0,26	Ru = 0,26
qz +86,7	Cp = 0,47	Cp = 0,47
	Pr = 0,07	Pr = 0,07

Tabela 7.

Tabelle 7.

Tonalit, Josipdol

Tonalit, Josipdol

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: dr. L. Dolar-Mantuani

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm		
SiO ₂ 68,73	Q = 28,68	Sal	= 15,41
TiO ₂ 0,33	or = 7,23	Fem	
Al ₂ O ₃ 16,91	ab = 37,54		
Fe ₂ O ₃ 0,96	an = 17,41	Q	= 0,46
FeO 1,44	C = 1,93	F	
MnO 0,01	hy en = 2,36		
MgO 0,95	fs = 1,24	N ₂ O + K ₂ O'	= 1,35
CaO 3,68	mt = 1,41	CaO'	
Na ₂ O 4,44	il = 0,65		
K ₂ O 1,23	ap = 0,36	K ₂ O'	= 0,18
P ₂ O ₅ 0,15		Na ₂ O'	
H ₂ O ⁺ 0,72	Sal = 92,79		
H ₂ O ⁻ 0,20	Fem = 6,02		
BaO 0,07		Formula CIPW	
99,82		I. 4. (2) 3. 4 (5).	
		% an = 30,4	

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis		Standardna katanorma Standard- katanorm
si 306,7	Q = 53,93	Q = 53,93	Q = 25,14
ti 1,07	Kp = 4,38	L = 39,27	Or = 7,30
p 0,27	Ne = 24,22	M = 6,80	Ab = 40,37
al 44,5	Cal = 10,67	π = 0,27	An = 17,78
fm 15,0	Sp = 3,12	γ = 0,00	Cord = 5,72
c 17,7	Fs = 1,03	μ = 0,13	En = 0,56
alk 22,8	Fo = 0,42	k' = 0,15	Hy = 1,56
	Fa = 1,69	mg' = 0,13	Mt = 1,03
k 0,16	Ru = 0,24		Ru = 0,24
mg 0,43	Cp = 0,30		Cp = 0,30
qz +115,5			

Primerjava kemične sestave pohorske globočnine s povprečno sestavo granita, kremenovega monzonita, granodiorita in kremenovega diorita

Vergleich der chemischen Zusammensetzung des Eruptivgesteines von Pohorje mit einer durchschnittlichen Zusammensetzung von Granit, Quarzmonzonit, Granodiorit und Quarzdiorit

Tabela 8.

Tabelle 8.

Št. kamenine															
Gesteinsnr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	Q	L	M	π	γ	μ	k'	mg'
1	270,6	43,0	15,0	17,5	24,0	0,16	0,50	49,2	44,1	6,7	0,26	0,00	0,41	0,16	0,41
2	286,8	41,9	18,3	16,1	23,7	0,27	0,48	51,1	41,5	7,4	0,25	0,00	0,39	0,27	0,39
3	298,4	41,5	17,5	16,5	24,5	0,26	0,34	51,8	41,9	6,3	0,25	0,00	0,31	0,25	0,31
4	268,9	42,7	20,1	17,1	20,2	0,28	0,49	51,3	38,3	10,4	0,27	0,00	0,18	0,28	0,18
5	252,3	42,8	25,1	15,7	16,4	0,25	0,56	51,5	34,2	14,3	0,31	0,00	0,15	0,25	0,15
6	306,7	44,5	15,0	17,7	22,8	0,16	0,43	53,9	39,3	6,8	0,27	0,00	0,13	0,15	0,13
a	381,1	43,2	15,1	7,5	34,2	0,54	0,27	54,6	40,0	5,4	0,08	0,00	0,10	0,54	0,10
b	316,5	39,3	20,3	12,1	23,3	0,48	0,34	51,4	41,6	7,0	0,16	0,00	0,33	0,47	0,33
c	275,6	38,0	22,9	15,6	23,5	0,34	0,46	49,4	41,9	8,7	0,24	0,00	0,42	0,35	0,42
d	257,7	35,7	26,6	19,4	18,3	0,19	0,42	50,0	39,1	10,9	0,32	0,03	0,41	0,19	0,42

- 1 tonalit, Koča nad Šumikom (Pohorje)
- 2 granodiorit, Črni petok (Pohorje)
- 3 granodiorit, Mislinjski jarek (Pohorje)
- 4 granodiorit, Cezlak (Pohorje)
- 5 tonalit, Cezlak (Pohorje)
- 6 tonalit, Josipdol (Dolar-Mantuani, 1935)

- a granit, Huang, 1962
- Granit, Huang, 1962
- b kremenov monzonit (adamellit), Huang, 1962
- Quarzmonzonit (Adamellit), Huang, 1962
- c granodiorit, Huang, 1962
- Granodiorit, Huang, 1962
- d kremenov diorit (tonalit), Huang, 1962
- Quarzdiorit (Tonalit), Huang, 1962

Tabela 9.

Kemizem adamellskega tonalita podan z Nigglijevimi vrednostmi
Chemismus des Adamello Tonalites dargestellt durch die Niggli-Werte

Tabelle 9.

Št. kamenine															
Gesteinsnr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	Q	L	M	π	γ	μ	k'	mg'
1	197,6	36,3	27,0	24,3	12,4	0,33	0,48	45,6	42,0	12,4	0,49	0,01	0,47	0,35	0,48
2	140,5	30,9	28,8	24,5	15,8	0,35	0,49	32,6	48,4	19,0	0,32	0,00	0,49	0,35	0,49
3	187,7	31,9	30,6	22,7	14,8	0,32	0,42	41,6	41,6	16,8	0,37	0,13	0,36	0,32	0,42
4	189,7	34,0	27,7	22,7	15,6	0,27	0,48	41,8	43,6	14,6	0,37	0,11	0,42	0,27	0,48
5	203,4	32,4	27,4	25,0	15,1	0,25	0,51	44,3	40,4	15,3	0,36	0,20	0,41	0,25	0,51
6	260,8	36,8	23,8	21,6	17,8	0,43	0,41	50,8	39,3	9,9	0,35	0,10	0,37	0,43	0,42
7	229,0	35,9	27,5	21,6	15,0	0,38	0,40	48,4	40,0	11,6	0,41	0,01	0,37	0,38	0,40
8	212,6	33,6	29,1	22,9	14,4	0,39	0,45	46,1	40,4	13,5	0,41	0,09	0,41	0,39	0,45
9	175,3	23,2	49,4	15,9	11,5	0,50	0,46	40,1	33,3	26,5	0,34	0,07	0,43	0,50	0,46
10	165,3	33,2	30,4	26,0	10,5	0,18	0,42	41,2	42,2	16,6	0,52	0,07	0,39	0,18	0,42
11	204,1	30,6	31,4	22,5	15,4	0,38	0,43	43,7	39,2	17,1	0,33	0,18	0,35	0,38	0,43
12	194,5	34,1	29,7	21,3	14,9	0,29	0,45	43,3	42,5	14,2	0,39	0,01	0,45	0,29	0,45
13	179,9	32,5	32,2	23,2	11,9	0,30	0,50	42,5	40,8	16,7	0,46	0,05	0,49	0,30	0,50
14	204,1	35,0	28,0	23,7	13,4	0,40	0,47	45,9	40,8	13,3	0,45	0,03	0,46	0,40	0,47
15	198,4	30,9	31,9	23,5	13,7	0,29	0,44	44,3	38,8	16,9	0,39	0,10	0,39	0,28	0,44

1	tonalit, Lago della Vacca, Cavinato, 1927	9	tonalit (bazični), Rifugio di Segantini, Fenoglio, 1938
2	tonalit, Bazena Alta, Cavinato, 1927	10	tonalit, Monte Coppetto, Zanettin, 1956
3	tonalit, Baitone, Schiavinato, 1951	11	tonalit, Passo Brescia, Colbertaldo, 1950
4	tonalit, Rifugio Rosa, Colbertaldo, 1940	12	tonalit, Cima Uzza, Callegari, 1963, p. 12
5	tonalit, Boazzolo, Cevalles, 1952	13	tonalit, Cima Uzza, Callegari, 1963, p. 10
6	tonalit, Malma Vallina, Fenoglio, 1938	14	tonalit, Val di Genova, Gottfried, 1932
7	tonalit, Carisolo, Fenoglio, 1938	15	tonalit, Campo Carlo Magno, Karl, 1959
8	tonalit, Rifugio Segantini, Fenoglio, 1938		

Tabela 10.

Kemizem adamellskega granodiorita podan z Nigglijevimi vrednostmi
Chemismus des Adamello Granodiorites dargestellt durch die Niggli-Werte

Tabelle 10.

Št. kamenine Gesteinsnr.	si	al	fm	c	alk	k	mg	Q	L	M	π	γ	μ	k'	mg'
1	233,9	38,5	25,6	20,0	15,8	0,38	0,43	49,0	39,2	11,8	0,38	0,00	0,34	0,38	0,34
2	286,7	37,7	27,0	12,8	22,6	0,41	0,47	51,1	38,2	10,7	0,21	0,00	0,40	0,41	0,40
3	290,0	31,1	29,0	15,9	24,0	0,25	0,26	50,2	37,0	12,9	0,13	0,23	0,20	0,25	0,26
4	282,4	40,8	20,2	18,6	20,4	0,36	0,44	52,2	40,0	7,8	0,31	0,00	0,40	0,36	0,40
5	254,1	41,0	15,9	18,0	25,1	0,43	0,37	46,5	45,6	7,9	0,22	0,00	0,29	0,43	0,29
6	288,4	41,4	18,3	17,5	22,9	0,38	0,31	51,9	39,3	8,8	0,23	0,00	0,08	0,38	0,08
7	338,8	41,7	18,3	15,1	24,9	0,43	0,19	56,0	35,4	8,6	0,16	0,00	0,00	0,43	0,00
8	313,8	41,4	18,8	14,4	25,4	0,45	0,31	53,0	38,3	8,7	0,17	0,00	0,04	0,45	0,04
9	276,7	40,1	16,1	17,8	26,0	0,28	0,45	48,7	44,6	6,7	0,21	0,00	0,45	0,28	0,45
10	299,7	40,7	18,8	16,1	24,3	0,35	0,44	51,8	41,1	7,6	0,24	0,00	0,41	0,35	0,41
11	221,5	34,6	23,6	20,0	21,7	0,27	0,59	43,0	44,5	12,5	0,23	0,21	0,47	0,27	0,59
12	255,3	39,4	23,0	17,6	20,0	0,36	0,41	49,3	40,0	10,8	0,28	0,00	0,30	0,36	0,30
13	331,8	44,2	13,5	22,0	20,3	0,40	0,38	57,4	37,4	5,3	0,35	0,00	0,24	0,40	0,24
14	272,6	40,8	20,4	15,4	23,4	0,41	0,49	49,5	41,8	8,7	0,19	0,00	0,40	0,41	0,40
15	295,1	44,4	16,1	16,3	23,1	0,26	0,40	52,6	39,9	7,5	0,26	0,00	0,08	0,25	0,08

1 granodiorit, Plano d'Aviolo, Schiavinato, 1951	9 granodiorit, Sostino, Ogniben, 1952, p. 44
2 granodiorit, Foigard, Malaroda, 1948	10 granodiorit, Malga Retorti, Cevalles, 1952
3 granodiorit, Valle Germanega, Colbertaldo, 1942	11 granodiorit, Lago Nero, Cevalles, 1952
4 granodiorit, Monte Blumone, Colbertaldo, 1940	12 granodiorit, Cima del Coppetto, Zanettin, 1956
5 granodiorit, Monte Sabion, Ogniben, 1952, p. 10	13 granodiorit, Val di Fumo, Colbertaldo, 1950
6 granodiorit, Monte Sabion, Ogniben, 1952, p. 13	14 granodiorit, Cima Uzza, Callegari, 1963
7 granodiorit, Monte Sabion, Ogniben, 1952, p. 15	15 granodiorit, Corno Alto, Ogniben, 1952
8 granodiorit, Malga Cercena, Ogniben, 1952, p. 17	

Tabela 11.

Tabelle 11.

Aplit, Cezlak

Aplit, Cezlak

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 72,74	Q = 32,60	Sal = 21,7
TiO ₂ 0,09	or = 14,52	Fem = 0,54
Al ₂ O ₃ 15,90	ab = 34,87	
Fe ₂ O ₃ 0,06	an = 10,65	
FeO 0,96	C = 2,56	
MnO 0,03	hy en = 2,48	
MgO 0,99	fs = 1,46	Na ₂ O' + K ₂ O' = 2,42
CaO 2,18	mt = 0,09	CaO' = 0,39
Na ₂ O 4,13	il = 0,14	
K ₂ O 2,46	pr = 0,18	
P ₂ O ₅ 0,01	ap = 0,03	
H ₂ O ⁺ 0,16	Sal = 95,20	
H ₂ O ⁻ 0,05	Fem = 4,38	Formula CIPW
CO ₂ 0,00		I. 4. 2. 4.
S 0,10		% an = 22,4
99,86		

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 370,3	Q = 57,03	Q = 28,22
ti 0,28	Kp = 8,76	Or = 14,60
p 0,03	Ne = 22,31	Ab = 37,18
al 47,8	Cal = 6,45	An = 10,75
fm 12,1	Sp = 4,15	Cord = 7,61
c 11,8	H _z = 0,06	Cord _{Fe} = 0,11
alk 28,3	Fs = 0,07	Mt = 0,07
k 0,28	Fa = 1,02	Hy = 1,31
mg 0,63	Ru = 0,05	Ru = 0,05
qz +166,2	Pr = 0,08	Pr = 0,08
	Cp = 0,02	Cp = 0,02

Tabela 12.

Tabelle 12.

Pegmatit, Cezlak

Pegmatit, Cezlak

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: ing. M. Treppo

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm			
SiO ₂	74,32	Q	= 32,24	Sal	
TiO ₂	0,08	or	= 21,59	Fem	= 30,9
Al ₂ O ₃	14,15	ab	= 36,75		
Fe ₂ O ₃	0,31	an	= 4,23	Q	
Feo	0,42	C	= 1,52	F	= 0,52
MnO	sl.	mt	= 0,46		
MgO	0,65	hy(en	= 1,61	Na ₂ O' + K ₂ O'	
CaO	1,13	fs	= 0,11	Na ₂ O'	= 7,16
Na ₂ O	4,34	il	= 0,12		
K ₂ O	3,65	pr	= 0,31	K ₂ O'	
P ₂ O ₅	0,055	cc	= 0,38	Na ₂ O'	= 0,55
H ₂ O ⁺	0,30	ap	= 0,13		
H ₂ O ⁻	0,00			Formula CIPW	
CO ₂	0,16	Sal	= 96,33	I. 4. 1 (2). (3) 4.	
S	0,17	Fem	= 3,12		
99,735				% an	= 9,8

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm		
si 420,7	Q = 56,99	Q = 56,58	Q = 28,86	
ti 0,34	Kp = 13,05	L = 39,24	Or = 21,75	
p 0,14	Ne = 23,61	M = 4,18	Ab = 39,35	
al 47,3	Cal = 2,58	π = 0,07	Cord = 4,58	
fm 8,8	Sp = 2,50	γ = 0,00	Mt = 0,35	
c 6,8	Fs = 0,35	μ = 0,68	En = 0,13	
alk 37,1	Fo = 0,10	k' = 0,36	Hy = 0,16	
k 0,36	Fa = 0,30	mg' = 0,68	Ru = 0,04	
mg 0,62	Ru = 0,04		Pr = 0,15	
	Cp = 0,11		Cp = 0,11	
qz +172,3	Cc = 0,21		Cc = 0,21	
	Pr = 0,15			

Tabela 13.

Čizlakit, Cezlak

Čizlakit, Cezlak

Tabelle 13.

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: R. Klemen

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm			
SiO ₂	53,82	or	= 4,01	Sal	= 0,44
TiO ₂	0,51	ab	= 15,41	Fem	= 26,48
Al ₂ O ₃	7,71	an	= 10,99	P+O	= 12,54
Fe ₂ O ₃	1,09	di	wo = 29,37	n	= 1,50
FeO	4,48		en = 22,92	MgO	= 6,89
MnO	0,07	hy	fs = 3,24	FeO	
MgO	13,78		en = 5,29	Formula CIPW	
CaO	16,81	ol	fs = 0,74	IV. 1. 1s (2) 3. (1) 2.	
Na ₂ O	1,82		fo = 4,26	% an = 40,2	
K ₂ O	0,68		fa = 0,65		
P ₂ O ₅	0,08		mt = 1,57		
H ₂ O ⁺	0,22		il = 0,94		
H ₂ O ⁻	0,11		ap = 0,20		
CO ₂	0,25		cc = 0,57		
100,43		Sal	= 30,41		
		Fem	= 69,75		

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm	
si 109,5	Q = 26,93	Q = 26,93	Or = 3,93
ti 0,73	Kp = 2,36	L = 18,44	Ab = 16,03
p 0,07	Ne = 9,62	M = 54,63	An = 10,77
al 9,3	Cal = 6,46	π = 0,35	Wo = 27,60
fm 49,6	Cs = 20,70	γ = 0,38	En = 29,52
c 36,7	Fs = 1,12	μ = 0,51	Hy = 3,68
alk 4,4	Fo = 27,94	k' = 0,20	Fo = 5,81
k 0,19	Fa = 4,06	mg' = 0,84	Fa = 0,73
mg 0,84	Ru = 0,34		Mt = 1,12
qz -8,1	Cp = 0,31		Ru = 0,34
	Cc = 0,16		Cp = 0,31
			Cc = 0,16

Tabela 14.

Melanokratni vključek v tonalitu, Cezlak
Melanokrater Einschluss im Tonalit, Cezlak

Tabelle 14.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm		
SiO ₂	51,70	Q	= 8,81	Sal
TiO ₂	1,38	or	= 16,42	Fem
Al ₂ O ₃	18,66	ab	= 18,56	= 1,78
Fe ₂ O ₃	3,25	an	= 10,21	
FeO	8,96	C	= 8,31	Q
MnO	0,35	hy(en	= 16,12	F
MgO	6,48	fs	= 11,99	= 1,93
CaO	2,80	mt	= 4,70	Na ₂ O' + K ₂ O'
Na ₂ O	2,19	il	= 2,67	Na ₂ O' = 1,77
K ₂ O	2,78	pr	= 0,10	
P ₂ O ₅	0,60	ap	= 1,31	K ₂ O'
H ₂ O ⁺	0,44			Na ₂ O' = 0,83
H ₂ O ⁻	0,15	Sal	= 62,31	
S	0,05	Fem	= 36,89	Formula CIPW
				II (III). 2 (3). 2 (3). 4.
	99,79			% an = 34,1

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis			Standardna katanorma Standard- katanorm
si 136,9	Q = 34,39	Q = 34,39	Q = 0,35	
ti 2,86	Kp = 10,04	L = 28,54	Or = 16,73	
p 0,64	Ne = 12,03	M = 37,07	Ab = 20,05	
al 29,1	Cal = 6,47	π = 0,23	An = 10,78	
fm 52,6	Sp = 13,66	γ = 0,00	Cord = 25,04	
c 7,9	Fs = 3,44	μ = 0,32	En = 9,11	
alk 10,3	Fo = 6,83	k' = 0,45	Hy = 12,32	
k 0,45	Fa = 10,96	mg' = 0,32	Mt = 3,44	
mg 0,49	Ru = 1,00		Ru = 1,00	
qz -4,3	Pr = 0,05		Pr = 0,05	
	Cp = 1,13		Cp = 1,13	

Tabela 15.

Tabelle 15.

Dacit, Troblje pri Slovenj Gradcu
Dacit, Troblje bei Slovenj Gradec

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm		
SiO ₂	65,95	Q	= 25,25	Sal = 8,25
TiO ₂	0,35	or	= 14,75	Fem = 0,43
Al ₂ O ₃	16,89	ab	= 30,09	
Fe ₂ O ₃	0,42	an	= 13,71	$\frac{Na_2O' + K_2O'}{CaO'} = 0,43$
FeO	2,73	C	= 3,33	
MnO	0,07	hy en	= 4,52	$\frac{Q}{F} = 1,70$
MgO	1,80	fs	= 4,04	
CaO	3,10	mt	= 0,63	$\frac{K_2O'}{Na_2O'} = 0,46$
Na ₂ O	3,56	il	= 0,68	
K ₂ O	2,50	pr	= 0,14	
P ₂ O ₅	0,24	ap	= 0,55	
H ₂ O ⁺	1,80	Sal	= 87,13	Formula CIPW
H ₂ O ⁻	0,35	Fem	= 10,56	I. 4. (2) 3. 4.
S	0,08			% an = 30,0
	99,84			

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis			Standardna katanorma Standard- katanorm
si 278,5	Q = 51,55	Q = 51,55	Q = 20,94	
ti 1,27	Kp = 9,09	L = 37,33	Or = 15,15	
p 0,43	Ne = 19,68	M = 11,13	Ab = 32,80	
al 42,1	Cal = 8,56	π = 0,30	An = 14,27	
fm 22,7	Sp = 5,50	γ = 0,00	Cord = 10,08	
c 14,0	Fs = 0,46	μ = 0,23	En = 1,48	
alk 21,3	Fo = 1,11	k' = 0,32	Hy = 4,01	
k 0,32	Fa = 3,24	mg' = 0,23	Mt = 0,46	
mg 0,20	Ru = 0,26		Ru = 0,26	
qz +93,3	Pr = 0,07		Pr = 0,07	
	Cp = 0,49		Cp = 0,49	

Tabela 17.

Tabelle 17.

Dacit, Trbonje

Dacit, Trbonje

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm		
SiO ₂ 63,72	Q = 25,60	Sal	= 10,48
TiO ₂ 0,35	or = 13,91	Fem	
Al ₂ O ₃ 18,34	ab = 29,57		
Fe ₂ O ₃ 2,29	an = 14,60	$\frac{Q}{F}$	= 0,44
FeO 0,91	C = 4,69		
MnO 0,04	en = 4,18	$\frac{Na_2O' + K_2O'}{CaO'}$	= 1,55
MgO 1,68	mt = 1,94		
CaO 3,29	he = 0,94	$\frac{K_2O'}{Na_2O'}$	= 0,44
Na ₂ O 3,48	il = 0,68		
K ₂ O 2,35	pr = 0,07	Formula CIPW	
P ₂ O ₅ 0,29	ap = 0,62	I. 4. (2) 3. 4.	
H ₂ O ⁺ 1,93	Sal = 88,37		
H ₂ O ⁻ 1,34	Fem = 3,43		
S 0,04			
100,11		% an = 31,8	

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis			Standardna katanorma Standard- katanorm
si 263,3	Q = 50,71	Q = 50,71	Q = 20,36	
ti 1,24	Kp = 8,65	L = 37,29	Or = 14,42	
p 0,47	Ne = 19,49	M = 11,98	Ab = 32,48	
al 44,7	Cal = 9,15	π = 0,25	An = 15,25	
fm 20,6	Sp = 7,19	γ = 0,00	Cord = 13,18	
c 14,6	Hz = 0,70	μ = 0,00	Cord _{Fe} = 1,28	
alk 20,1	Fs = 2,48	mg' = 0,00	Mt = 1,52	
k 0,31	Fa = 0,76		Hm = 0,64	
mg 0,51	Ru = 0,26		Ru = 0,26	
qz +82,9	Pr = 0,03		Pr = 0,03	
	Cp = 0,56		Cp = 0,56	

Tabela 18.

Tabelle 18.

Dacit, Vuzenica**Dacit, Vuzenica**

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 63,88	Q = 31,08	Sal = 8,02
TiO ₂ 0,46	or = 10,41	Fem = 0,64
Al ₂ O ₃ 19,57	ab = 25,59	
Fe ₂ O ₃ 1,90	an = 12,21	
FeO 1,54	C = 8,24	
MnO 0,04	hy(en = 5,08	
MgO 2,03	fs = 0,38	
CaO 3,38	mt = 2,78	
Na ₂ O 3,02	il = 0,85	
K ₂ O 1,77	pr = 0,17	
P ₂ O ₅ 0,23	cc = 1,10	
H ₂ O ⁺ 0,04	ap = 0,56	
H ₂ O ⁻ 1,36	Sal = 87,53	
CO ₂ 0,50	Fem = 10,92	
S 0,09		
99,81		

% an = 31

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 254,5	Q = 52,41	Q = 21,89
ti 1,44	Kp = 6,42	Or = 10,70
p 0,41	Ne = 16,74	Ab = 27,90
al 45,9	Cal = 7,65	An = 12,75
fm 23,2	C = 1,04	Cord = 15,91
c 14,6	Sp = 8,68	Cord _{Fe} = 6,42
alk 16,2	Hz = 3,50	Sil = 1,56
k 0,28	Fs = 2,06	Hm = 1,37
mg 0,53	Cp = 0,47	Cp = 0,47
qz +89,7	Pr = 0,08	Pr = 0,08
	Ru = 0,32	Ru = 0,32
	Cc = 0,63	Cc = 0,63

Tabela 19.

Dacit, Sv. Bolfenk pri Ribnici na Pohorju
Dacit, Sv. Bolfenk pri Ribnici na Pohorju

Tabelle 19.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm			
SiO ₂	66,58	Q	= 22,22	Sal	
TiO ₂	0,31	or	= 12,30	Fem	= 12,13
Al ₂ O ₃	18,22	ab	= 37,38		
Fe ₂ O ₃	0,29	an	= 17,22	Q	
FeO	1,52	C	= 2,38	F	= 0,33
MnO	0,03	hy	en = 3,99	$\frac{\text{Na}_2\text{O}' + \text{K}_2\text{O}'}{\text{CaO}'} = 1,51$	
MgO	1,59		fs = 1,95		
CaO	3,67		mt = 0,46		
Na ₂ O	4,42	il	= 0,62	K ₂ O'	
K ₂ O	2,07	ap	= 0,26	Na ₂ O'	= 0,31
P ₂ O ₅	0,11	pr	= 0,07		
H ₂ O ⁺	0,92	cc	= 0,08		
H ₂ O ⁻	0,23	Sal	= 91,50	Formula CIPW I. 4. (2) 3. 4.	
CO ₂	0,04	Fem	= 7,43		
S	0,04				
100,04				% an = 30,3	

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis			Standardna katanorma Standard- katanorm
si 275,3	Q = 50,38	Q = 50,38	Q = 18,49	
ti 1,02	Kp = 7,40	L = 41,76	Or = 12,33	
p 0,20	Ne = 23,92	M = 7,86	Ab = 39,87	
	Cal = 10,44	π = 0,25	An = 17,40	
al 44,4	Sp = 3,87	γ = 0,00	Cord = 7,10	
fm 16,2	Fs = 0,33	μ = 0,40	En = 1,85	
c 16,2	Fo = 1,39	k' = 0,24	Hy = 2,11	
alk 23,2	Fa = 1,75	mg' = 0,40	Mt = 0,33	
	Ru = 0,23		Ru = 0,23	
k 0,24	Cp = 0,21		Cp = 0,21	
mg 0,61	Pr = 0,03		Pr = 0,03	
qz +82,5	Cc = 0,05		Cc = 0,05	

Tabela 21.

Tonalitni porfirit, Fala
Tonalitporphyrit, Fala

Tabelle 21.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 62,56	Q = 25,30	Sal = 7,10
TiO ₂ 0,43	or = 12,52	Fem
Al ₂ O ₃ 18,29	ab = 25,22	
Fe ₂ O ₃ 1,28	an = 18,44	Q = 0,45
FeO 2,73	C = 4,33	F
MnO 0,02	hy(en = 5,68	
MgO 2,28	fs = 3,10	Na ₂ O' + K ₂ O' = 1,06
CaO 4,00	mt = 1,83	CaO'
Na ₂ O 2,97	il = 0,80	
K ₂ O 2,10	pr = 0,22	K ₂ O' = 0,47
P ₂ O ₅ 0,19	ap = 0,46	Na ₂ O'
H ₂ O ⁺ 2,25	Sal = 85,81	Formula CIPW
H ₂ O ⁻ 0,65	Fem = 12,09	I (II). 4. 3. 4.
S 0,12		% an = 40,8
99,87		

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 241,8	Q = 50,07	Q = 19,42
ti 1,16	Kp = 7,80	Or = 13,00
p 0,32	Ne = 16,65	Ab = 27,75
al 41,5	Cal = 11,57	An = 19,28
fm 25,8	Sp = 7,29	Cord = 13,37
c 16,5	Fs = 1,37	En = 1,68
alk 16,2	Fo = 1,26	Hy = 3,32
k 0,31	Fa = 3,18	Mt = 1,37
mg 0,51	Ru = 0,31	Ru = 0,31
qz +77,0	Pr = 0,10	Pr = 0,10
	Cp = 0,40	Cp = 0,40

Tabela 22.

Tabelle 22.

Malchit, Mislinjski jarek**Malchit, Mislinjski jarek**

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: dr. L. Dolar-Mantuani

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 56,44	Q = 3,81	Sal = 2,52
TiO ₂ 0,89	or = 10,91	Fem = 0,07
Al ₂ O ₃ 16,72	ab = 33,87	
Fe ₂ O ₃ 1,28	an = 22,25	
FeO 4,44	wo = 3,84	
MnO 0,11	di { en = 2,50	
MgO 5,47	fs = 1,08	
CaO 7,07	hy { en = 11,07	
Na ₂ O 4,01	fs = 4,58	
K ₂ O 1,86	mt = 1,92	
P ₂ O ₅ 0,57	il = 1,66	
H ₂ O ⁺ 0,63	pr = 0,14	
H ₂ O ⁻ 0,26	ap = 1,31	
S 0,08	Sal = 70,84	
99,83	Fem = 28,10	

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 159,6	Q = 36,01	Q = 2,85
ti 1,87	Kp = 6,54	Or = 10,90
p 0,68	Ne = 21,57	Ab = 35,95
al 27,9	Cal = 13,35	An = 22,25
fm 36,3	Cs = 2,87	Wo = 3,83
c 21,4	Fs = 1,39	En = 15,05
alk 14,4	Fo = 11,29	Hy = 5,99
k 0,24	Fa = 5,19	Mt = 1,39
mg 0,63	Ru = 0,61	Ru = 0,61
qz +2,0	Pr = 0,07	Pr = 0,07
	Cp = 1,11	Cp = 1,11

Tabela 23.

Tabelle 23.

Pegmatit, Pohorje nad Falo
Pegmatit, Pohorje über der Ortschaft Fala

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm		
SiO ₂ 72,55	Q = 27,96	Sal	
TiO ₂ 0,08	or = 18,59	Fem	= 34,8
Al ₂ O ₃ 15,68	ab = 43,04		
Fe ₂ O ₃ 0,88	an = 5,23	Q	
FeO 0,58	C = 1,99	F	= 0,42
MnO 0,02	hy/en = 1,04		
MgO 0,42	fs = 0,12	Na ₂ O' + K ₂ O'	
CaO 1,11	mt = 1,27	CaO'	= 6,14
Na ₂ O 5,08	il = 0,12		
K ₂ O 3,14	pr = 0,10	K ₂ O'	
P ₂ O ₅ 0,06	ap = 0,13	Na ₂ O'	= 0,41
H ₂ O ⁺ 0,28	Sal = 96,81		
H ₂ O ⁻ 0,05	Fem = 2,78	Formula CIPW	
S 0,05		I. 4. (1) 2. 4.	
99,96		% an = 10,3	

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis		Standardna katanorma Standard- katanorm
si 337,0	Q = 54,04	Q = 54,04	Q = 23,99
ti 0,22	Kp = 11,15	L = 41,71	Or = 18,58
p 0,11	Ne = 27,41	M = 4,25	Ab = 45,68
al 42,9	Cal = 3,15	π = 0,08	An = 5,25
fm 8,1	Sp = 1,74	γ = 0,00	Cord = 3,19
c 5,6	H _z = 1,20	μ = 0,00	Cord _{Fe} = 2,20
alk 43,4	C = 0,20	k' = 0,29	Sil = 0,30
k 0,29	Fa = 0,90	mg' = 0,00	Hm = 0,60
mg 0,34	Ru = 0,05		Ru = 0,05
qz +63,4	Pr = 0,05		Pr = 0,05
	Cp = 0,11		Cp = 0,11

Tabela 24.

Tabelle 24.

Dacit, Leše

Dacit, Leše

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 64,32	Q = 29,63	Sal
TiO ₂ 0,32	or = 9,57	Fem = 8,03
Al ₂ O ₃ 19,16	ab = 22,18	
Fe ₂ O ₃ 0,74	an = 20,33	Q
FeO 2,36	C = 5,66	F = 0,57
MnO 0,03	en = 5,22	
MgO 2,10	fs = 2,99	Na ₂ O' + K ₂ O'
CaO 4,27	mt = 1,07	CaO' = 0,82
Na ₂ O 2,62	il = 0,64	
K ₂ O 1,62	pr = 0,17	K ₂ O'
P ₂ O ₅ 0,15	ap = 0,33	Na ₂ O' = 0,41
H ₂ O ⁺ 1,16	Sal = 87,37	
H ₂ O ⁻ 0,84	Fem = 10,42	Formula CIPW
S 0,09		I. (3) 4. 3. 4.
99,78		% an = 46,4

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 256,2	Q = 53,54	Q = 23,27
ti 0,96	Kp = 5,92	Or = 9,87
p 0,24	Ne = 14,56	Ab = 24,27
al 45,0	Cal = 12,62	An = 21,03
fm 22,5	Sp = 8,95	Cord = 16,41
c 18,3	H _z = 0,55	Cord _{F_e} = 1,01
alk 14,2	Fs = 0,80	Hy = 2,72
k 0,29	Fa = 2,44	Mt = 0,80
mg 0,55	Ru = 0,24	Ru = 0,24
qz +99,4	Pr = 0,08	Pr = 0,08
	Cp = 0,29	Cp = 0,29

Tabela 25.

Tabelle 25.

Tonalit, Bistra

Tonalit, Bistra

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: dr. ing. L. Guzelj

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm			
SiO ₂	61,21	Q	= 14,72	Sal	= 4,24
TiO ₂	0,90	or	= 8,40	Fem	= 0,22
Al ₂ O ₃	16,95	ab	= 33,46		
Fe ₂ O ₃	2,20	an	= 24,36	Q	= 0,22
FeO	4,08	wo	= 2,67	F	= 0,90
MnO	0,12	di	en = 1,57		
MgO	2,81	fs	= 0,98	Na ₂ O' + K ₂ O'	= 0,24
CaO	6,42	hy	en = 5,39	CaO'	
Na ₂ O	3,94	fs	= 3,40		
K ₂ O	1,41	mt	= 3,24	K ₂ O'	= 0,24
P ₂ O ₅	0,00	il	= 1,67	Na ₂ O'	
H ₂ O ⁺	0,46	cc	= 0,38		
H ₂ O ⁻	0,13	Sal	= 80,94	Formula CIPW	
S	0,00	Fem	= 19,02	II. 4. 3. 4.	
CO ₂	0,16			% an = 40,7	
100,79					

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm	
si 197,9	Q = 43,11	Q = 43,11	Q = 13,07
ti 2,1	Kp = 5,06	L = 41,11	Or = 8,43
p 0,0	Ne = 21,37	M = 15,78	Ab = 35,62
al 32,4	Cal = 14,68	π = 0,36	An = 24,47
fm 30,1	Cs = 1,92	γ = 0,13	Wo = 2,56
c 22,1	Fs = 2,35	μ = 0,39	En = 7,75
alk 15,3	Fo = 5,81	k' = 0,19	Hy = 4,93
k 0,19	Fa = 4,88	mg' = 0,45	Mt = 2,35
mg 0,45	Ru = 0,61		Ru = 0,61
qz +36,7	Cc = 0,21		Cp = 0,00
			Cc = 0,21

Tabela 26.

Tabelle 26.

Tonalit, vzhodno od Črne

Tonalit, östlich von Črna

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
 Chemische Analyse und das System CIPW
 Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 63,25	Q = 25,33	Sal = 6,13
TiO ₂ 0,36	or = 11,69	Fem = 0,45
Al ₂ O ₃ 18,55	ab = 21,55	
Fe ₂ O ₃ 1,46	an = 23,11	
FeO 3,36	C = 3,55	
MnO 0,05	hy en = 6,10	
MgO 2,44	fs = 4,18	
CaO 4,99	mt = 2,22	
Na ₂ O 2,54	il = 0,70	
K ₂ O 2,00	pr = 0,14	
P ₂ O ₅ 0,23	ap = 0,56	
H ₂ O ⁺ 0,38	Sal = 85,23	
H ₂ O ⁻ 0,38	Fem = 13,90	
S 0,08		
99,87		

Formula CIPW
 II. 4. (3) 4. 4.
 % an = 50,3

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
 Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 230,4	Q = 50,17	Q = 20,69
ti 1,09	Kp = 7,16	Or = 11,93
p 0,37	Ne = 14,01	Ab = 23,35
al 39,4	Cal = 14,28	An = 23,80
fm 27,6	Sp = 5,81	Cord = 10,65
c 19,5	Fs = 1,58	En = 3,04
alk 13,6	Fo = 2,28	Hy = 4,16
k 0,34	Fa = 3,91	Mt = 1,58
mg 0,48	Ru = 0,26	Ru = 0,26
qz +76,1	Pr = 0,07	Pr = 0,07
	Cp = 0,47	Cp = 0,47

Tabela 27.

Granitni porfir, Topla
Granitporphyr, Topla

Tabelle 27.

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
Chemische Analyse und das System CIPW
Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm			
SiO ₂	71,86	Q	= 35,25	Sal	= 13,03
TiO ₂	0,37	or	= 20,53	Fem	
Al ₂ O ₃	16,00	ab	= 27,16		
Fe ₂ O ₃	0,23	an	= 4,14	$\frac{Q}{F}$	= 0,68
FeO	2,36	C	= 5,44		
MnO	0,03	hy(en	= 2,11	$\frac{Na_2O' + K_2O'}{CaO'}$	= 5,95
MgO	0,85	fs	= 3,47		
CaO	1,06	mt	= 0,32	$\frac{K_2O'}{Na_2O'}$	= 0,71
Na ₂ O	3,21	il	= 0,71		
K ₂ O	3,49	pr	= 0,06		
P ₂ O ₅	0,19	ap	= 0,43		
H ₂ O ⁺	0,07	Sal	= 92,52	Formula CIPW	
H ₂ O ⁻	0,55	Fem	= 7,10	I. 3 (4). (1) 2. 3.	
S	0,03			% an	= 12,6
100,30					

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis			Standardna katanorma Standard- katanorm
si 371,7	Q = 57,44	Q = 57,44	Q = 28,28	
ti 1,55	Kp = 12,50	L = 32,61	Or = 20,83	
p 0,40	Ne = 17,55	M = 9,96	Ab = 29,25	
al 48,8	Cal = 2,56	π = 0,08	An = 4,27	
fm 17,7	Sp = 3,56	γ = 0,00	Cord = 6,53	
c 5,9	H _z = 5,45	μ = 0,00	Cord _{Fe} = 9,99	
alk 27,7	Fs = 0,25	k' = 0,42	Mt = 0,04	
k 0,42	Fa = 0,02	mg' = 0,00	H _m = 0,14	
mg 0,37	Ru = 0,27		Ru = 0,27	
qz +160,9	Pr = 0,03		Cp = 0,38	
	Cp = 0,38		Pr = 0,03	

Tabela 28.

Tabelle 28.

Granodiorit, Črna
Granodiorit, Črna

- a) Kemična analiza in sistem CIPW
Chemische Analyse und das System CIPW
Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.	Norm. sestava Norm	
SiO ₂ 57,67	Q = 14,09	Sal = 4,69
TiO ₂ 0,87	or = 15,97	Fem = 0,24
Al ₂ O ₃ 22,40	ab = 31,51	
Fe ₂ O ₃ 0,40	an = 10,85	
FeO 6,00	C = 9,35	
MnO 0,03	hy/en = 4,72	
MgO 1,90	fs = 8,98	
CaO 2,85	mt = 0,58	
Na ₂ O 3,73	il = 1,63	
K ₂ O 2,70	pr = 0,36	
P ₂ O ₅ 0,52	ap = 1,18	
H ₂ O ⁺ 0,83	Sal = 81,77	
H ₂ O ⁻ 0,36	Fem = 17,45	
S 0,20		
100,46		

- b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma
Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis	Standardna katanorma Standard- katanorm
si 193,5	Q = 42,73	Q = 4,82
ti 2,22	Kp = 9,66	Or = 16,10
p 0,73	Ne = 20,23	Ab = 33,72
al 44,4	Cal = 6,77	An = 11,28
fm 27,4	Sp = 7,91	Cord = 14,50
c 10,3	H _z = 7,32	Cord _{Fe} = 13,42
alk 17,9	Fs = 0,42	Hy = 3,96
k 0,32	Fa = 3,18	Mt = 0,42
mg 0,35	Ru = 0,60	Ru = 0,60
qz +21,9	Pr = 0,17	Pr = 0,17
	Cp = 1,01	Cp = 1,01

Tabela 29.

Tabelle 29.

Gabro, Črna
Gabbro, Črna

a) Kemična analiza in sistem CIPW

Chemische Analyse und das System CIPW

Analitik: ing. N. Čerk

Utež. % Gewichtsproz.		Norm. sestava Norm			
SiO ₂	41,82	or	= 5,18	Sal	
TiO ₂	1,57	ab	= 17,67	Fem	= 1,41
Al ₂ O ₃	16,96	an	= 34,38		
Fe ₂ O ₃	4,83	di	wo = 3,68	Q	
FeO	8,37		en = 2,47	F	= 0,00
MnO	0,03		fs = 0,91		
MgO	7,80	hy	en = 3,18	Na ₂ O' + K ₂ O'	
CaO	10,95		fs = 1,15	CaO'	= 0,35
Na ₂ O	2,08	ol	fo = 9,65		
K ₂ O	0,88		fa = 3,88	K ₂ O'	
P ₂ O ₅	0,24		mt = 6,99	Na ₂ O'	= 0,28
H ₂ O ⁺	1,45		ap = 0,56		
H ₂ O ⁻	0,40		pr = 1,61	Formula CIPW	
S	0,86		cc = 3,40	(II) (III). 5. 4. 4.	
CO ₂	1,50		il = 2,99	% an = 64,7	
	99,74	Sal	= 57,23		
		Fem	= 40,47		

b) Nigglijevi parametri in ekvivalentna norma

Niggli-Werte und die Äquivalentnorm

Parametri Niggli-Werte	Baza Basis			Standardna katanorma Standard- katanorm
si 89,8	Q = 24,37	Q = 24,37	Or = 5,48	
ti 2,58	Kp = 3,29	L = 36,90	Ab = 19,77	
p 0,22	Ne = 11,86	M = 38,74	An = 36,25	
al 21,5	Cal = 21,75	π = 0,59	Wo = 3,80	
fm 47,7	Cs = 2,85	γ = 0,08	En = 4,31	
c 25,1	Fs = 5,31	μ = 0,50	Hy = 1,63	
alk 5,5	Fo = 17,02	k' = 0,22	Fo = 13,79	
k 0,21	Fa = 9,12	mg' = 0,54	Fa = 5,23	
mg 0,52	Pr = 0,79		Mt = 5,31	
qz -32,2	Ru = 1,16		Pr = 0,79	
	Cp = 0,50		Ru = 1,16	
	Cc = 1,99		Cp = 0,50	
			Cc = 1,99	

TONALIT VON POHORJE UND SEINE DIFFERENTIATE

Ernest Faninger

Mit 10 Textabbildungen und 29 Tabellen

EINLEITUNG

Den Gegenstand unserer Betrachtungen bilden die jüngeren Eruptivgesteine von Pohorje (Bachergebirge), hauptsächlich das mächtige von kristallinen Schiefern umgebene Tiefenstein, das erst als Granit bezeichnet, später aber in Tonalit umbenannt worden ist. Es werden noch weitere mit derselben magmatischen Phase im Zusammenhang entstandene Gesteine wie etwa die Aplit- und Pegmatitgänge, Dacite und biotitreiche Schlieren im Tonalit beschrieben und außerdem auch einige Pegmatitgänge, die weit älter als der dortige Tonalit sind und mit ihm gar nichts zu tun haben. Wegen des Vergleiches mit dem Tonalit von Pohorje werden auch einige in den Karawanken vorkommende Eruptivgesteine in unsere Untersuchungen miteinbezogen.

TONALIT VON POHORJE

Das mächtige heute als Tonalit bezeichnete Eruptivgestein von Pohorje gehört nach *Salamon* (1897) zu der langgestreckten Kette der periadriatischen Intrusionen, die in Adamello beginnend sich über Monte Ivigna (Iffinger), Vedrette di Ries (Rieserferner) und Karawanken bis zu Pohorje erstreckt.

Wann genau die periadriatischen Intrusionen entstanden sind, konnte es bisher mit den geologischen Mitteln nirgends festgestellt werden, denn überall traten nur mehr oder weniger breite Interwalle in Erscheinung. So konnte es beim Tonalit von Adamello nur festgestellt werden, daß die dortige Intrusion im Zeitraum zwischen der Oberkreide bis Mitte des Tertiärs stattgefunden hat (*Cornelius*, 1928). Was des Tonalites von Pohorje anbelangt, steht es nur sicher fest, daß er jünger ist als die ihn umgebenden höchstwahrscheinlich zur Zeit der variscischen Orogenese entstandenen metamorphen Gesteine und älter als Miozän, denn in miozänen Schichten der Umgebung von Maribor sind Gerölle des von Pohorje stammenden Tonalites gefunden worden (*Dolar-Mantuani*, 1935). Daß aber trotz eines so großen vom Paläozoikum bis Mitte des Tertiärs reichenden für die Intrusion in Frage kommenden Zeitraumes der Tonalit von Pohorje als relativ jung angesehen wird, geht daraus hervor, daß er mit den ihn im westlichen Teilen des Pohorje vertretenden Daciten, die sicher im unteren Miozän entstanden sind (*Žurga*, 1926 und *Winkler*, 1928, 1929), eng verwandt ist und mit ihnen in derselben magmatischen Phase entstanden ist. Und da der Tonalit am Pohorje von Daciten und Tonalitporphyritgängen, von denen auch ein Teil miozänen Alters ist (*Winkler*, 1929), durchbrochen wird (*Kies-*

linger, 1935, 1936), kann geschlossen werden, daß die magmatische Tätigkeit zuerst mit der Tonalitintrusion begonnen hat; als der Tonalit schon erstarrt ist, folgten bis zum unteren Miozän immer noch Nachschübe desselben Magmas, aus dem als Ganggestein Tonalitporphyrit, als Ergußgestein aber Dacit entstanden sind. Jedenfalls wird das genaue Alter der Tonalitintrusion von Pohorje erst nach den absoluten Altersbestimmungen bekannt werden; bisher sind solche Bestimmungen nur beim Adamello-Tonalit angewendet worden, für welchen ein Alter von 33 bis 45 Millionen Jahren mit einer Toleranz von 1,4 bis 1,6 Millionen Jahren angegeben wird (Ferrara, 1962 — zitiert nach Morteani). Dasselbe Alter, was dem Eozän und teilweise Oligozän entspricht, kann auch bei anderen periadriatischen Intrusionen erwartet werden.

Das Tiefengestein von Pohorje wurde von älteren Autoren (Anker, 1835; Morlot, 1848 und Rolle, 1857) zuerst Granit genannt, zu dem auch die porphyrtartigen Gesteine des westlichen Teiles von Pohorje mitgezählt worden sind. Später erfolgte von Teller (1893) auf Grund der Strukturmerkmale die Trennung des bis dorthin als Granit bezeichneten Gesteines in Granitgneis, der einen alten Gewölbekern darstellen sollte, und Quarzglimmerporphyrit, der allein ein Eruptivgestein sein sollte.

Den Behauptungen von Teller widersetzten sich Doelter (1894) und Pontoni (1895), die wieder die Ansicht der älteren Autoren bestätigt haben. Später hat auch Teller (1898) eingesehen, daß er sich bezüglich des »Granitgneises« geirrt hat, doch er vertrat immer noch die Meinung, daß die porphyrtartigen Eruptivgesteine des westlichen Pohorje mit dem dortigen Granit nichts Gemeinsames haben. Benesch (1917) nennt das Tiefengestein von Pohorje noch Granitit, rechnet es aber schon zur tonalitischen Serie. Der Name Tonalit tritt beim Eruptivgestein von Pohorje zugleich bei Dolar-Mantuvani (1935) und Kieslinger (1935, 1936) auf.

Das Tiefengestein des Massives von Pohorje besteht hauptsächlich aus Plagioklasen, Ortoklas, Quarz und Biotit, der teilweise von Chlorit ersetzt wird. In geringen Mengen kommt in einigen Fällen auch Hornblende vor, doch sie kann auch gänzlich fehlen. Accessorisch sind Apatit, Magnetit, Sphen, Ortit und Epidot festgestellt worden.

Das Verhältnis zwischen Ortoklas und Plagioklasen unterliegt im Tiefengestein von Pohorje großen Schwankungen; es kommen Fälle vor, wo Ortoklas fast gänzlich fehlt, woanders ist dagegen seine Menge schon so angewachsen, daß er unbedingt zu den Hauptbestandteilen gerechnet werden muß.

Die Plagioklase des Tiefengesteines von Pohorje entsprechen im Durchschnitt einem sauren Andesin mit 35 % Anortitgehalt. In Fällen von zonaren Plagioklasen wurde in deren Zusammensetzung eine Schwankung von 48 % An im Kern bis 25,5 % An an der Peripherie festgestellt und zwar weisen die Plagioklaskerne im Mittel 39 % An (Schwankungen in den Grenzen zwischen 48 und 34 % An), die peripheren Teile dagegen einen mittleren Gehalt von 32 % An (Schwankungen in den Grenzen von 37 bis 25,5 % An) auf. Die mittlere Zusammensetzung der nichtzonaren Plagioklase entspricht genau so wie auch die mittlere Zusammensetzung

der zonaren Plagioklase einem sauren Andesin mit 35 % An, wobei sich die Schwankungen der nichtzonaren Körner bewegen zwischen 39 und 31 % An. Nach Messungen von Dolar-Mantuani (1935) enthält die mittlere Zusammensetzung der Plagioklase des Tonalites von Pohorje 34 % An.

Die Alkalifeldspäte des Tiefengesteines von Pohorje wurden provisorisch von Dolar-Mantuani (1935) als Kali-Anortoklas bezeichnet, doch später stellte Karamata (1959) fest, daß es sich hier um Ortoklas-Kryptopertit bzw. Ortoklas-Mikropertit handelt. Da der Winkel der optischen Achsen niedere Werte aufweist — nach unseren Messungen beträgt $2V_x$ im Mittel $50,5^\circ$, nach Angaben von Dolar-Mantuani (1935) $55,5^\circ$ — so kann es auf einen verhältnismäßig hohen Albitgehalt in den Alkalifeldspäten — nach unseren Messungen 20 % $Ab_{93}An_{07}$ bzw. 25 % $Ab_{93}An_{07}$ nach Dolar-Mantuani — geschlossen werden (Tröger, 1956).

Quarz weist im Tiefengestein von Pohorje eine Mörtelstruktur auf.

Über die quantitative modale Zusammensetzung des Eruptivgesteines von Pohorje gibt uns wertvolle Angaben Dolar-Mantuani (1935, S. 111, Tabelle XIII), wo es deutlich ersichtlich ist, daß das Eruptivgestein von Pohorje relativ arm an Kalifeldspat ist: von 22 Proben wurde bei zwei überhaupt kein Ortoklas festgestellt, bei 10 Proben schwankt dessen Gehalt zwischen 1 und 5 Vol. %, bei 9 Proben zwischen 6 und 12 Vol. % und in einem Ausnahmefall erreicht die Ortoklasmenge 27 Vol. %. Nach der Klassifikation von Lindgren, wo die Grenzen zwischen Quarzdiorit (Tonalit), Granodiorit, Quarzmonzonit (Adamellit) und Granit auf Grund des Feldspatverhältnisses $0 - 13 \frac{1}{3} - 33 \frac{1}{3}$ bestimmt werden (Johannsen, 1958, Vol. 2), und dieses Verhältnis nach der Formel $f = 100 \cdot \text{Ortoklas} / (\text{Ortoklas} + \text{Plagioklas})$ errechnet wird, entsprechen von 22 Proben 18 dem Quarzdiorit, 3 dem Granodiorit und eine dem Quarzmonzonit. Auch die folgende von Dolar-Mantuani (1935, S. 111) errechnete mittlere Zusammensetzung des Tiefengesteines von Pohorje (in Vol. %)

Plagioklas	62 $\frac{1}{4}$
Ortoklas	6 $\frac{1}{4}$
Quarz	22 $\frac{1}{4}$
Biotit	6 $\frac{1}{2}$
Hornblende	1
Chlorit	1 $\frac{3}{4}$

muß wegen des Feldspatverhältnisses $f = 9,1$ zum Quarzdiorit (Tonalit) gerechnet werden. Nach Dolar-Mantuani (1935) ist also das Eruptivgestein von Pohorje im Mittel Quarzdiorit (Tonalit), der teilweise in Granodiorit übergeht.

Bei unseren Untersuchungen errechneten wir die quantitative modale Zusammensetzung von 5 Proben des Tiefengesteines von Pohorje, was in der Tabelle 1 ersichtlich ist. Nach dem oben angegebenen Feldspatverhältnisse und nach der Klassifikation von Lindgren entsprechen die Proben von Koča pri Šumiku ($f = 7,8$) und die dunklere Art des Tiefen-

gesteines aus dem Steinbruch von Cezlak ($f = 9,4$) dem Quarzdiorit (Tonalit), während die hellere (normale) Art des Tiefengesteines von Cezlak ($f = 17,2$), ferner noch die Proben vom Steinbruch Črni potok ($f = 23,3$) und aus Schlucht Mislinjski jarek ($f = 19,9$) schon zum Granodiorit gezählt werden müssen.

Werden jetzt unsere Messungen mit denen von Dolar-Mantuan (1935, S. 111) vereinigt, so kommt man zum folgenden Ergebnis: Von 27 der nach quantitativer modaler Zusammensetzung untersuchten Proben des Tiefengesteines von Pohorje entsprechen nach der Klassifikation von Lindgren 20 dem Quarzdiorit (Tonalit), 6 dem Granodiorit und nur eine Probe dem Quarzmonzonit (Adamellit), was auf der Abb. 2 deutlich ersichtlich ist (Auf dem Diagramm entspricht Q dem modalen Quarzgehalt, A dem Alkalifeldspatgehalt — in unserem Falle der Ortoklasmenge, und der Buchstabe P dem Plagioklasgehalt, alles selbstverständlich umgerechnet auf die Summe 100). Auch die jetzt errechnete mittlere Zusammensetzung aller Proben

Plagioklas	61,1
Ortoklas	7,0
Quarz	22,5
Biotit	6,8
Hornblende	0,9
Chlorit	1,7

ergibt wegen des Feldspatverhältnisses $f = 10,3$ nach der Klassifikation von Lindgren einen Quarzdiorit (Tonalit). Das Tiefengestein von Pohorje stellt also einen Quarzdiorit (Tonalit) vor, der teilweise Übergänge in Granodiorit aufweist.

Zu etwas verändertem Schluß kommen wir bei der Berücksichtigung des neuesten Klassifikationsvorschlages, wo die Tiefengesteine nach dem Feldspatverhältnisse (f wie oben berechnet!) 0 — 10 — 35 — 90 in Quarzdiorit, Granodiorit und Granit unterteilt werden (Streckeisen, 1967). In dieser Klassifikation entsprechen 17 von 27 Proben des Eruptivgesteines von Pohorje dem Quarzdiorit (zwei Proben wurden trotz etwas zu geringen Quarzgehaltes zum Quarzdiorit gezählt), 9 dem Granodiorit und 1 dem Granit, was auf der Abb. 3 ersichtlich ist. Obwohl die Mehrzahl der Proben des Tiefengesteines von Pohorje in der neuesten Klassifikation dem Quarzdiorit entspricht, ist es auf der Abbildung zugleich deutlich ersichtlich, daß sich die meisten Projektionspunkte an der Grenze zwischen Quarzdiorit und Granodiorit häufen, was bedeutet, daß das Eruptivgestein von Pohorje einen Übergang zwischen Quarzdiorit und Granodiorit darstellt. Um noch zu entscheiden, ob man am Pohorje mit Quarzdiorit oder Granodiorit zu tun hat, müssen in der Zukunft noch weitere Modalbestimmungen ausgeführt werden, besonders entlang zu diesem Zweck ausgesuchten Profilen, da wegen großen Schwankungen des Feldspatverhältnisses nur eine sinngemäß ausgeführte Bestimmung der mittleren Zusammensetzung zu einem guten Ergebnis führen kann. Nach den heute zur Verfügung stehenden Angaben könnte man jedoch schließen, daß obwohl Schwankungen im Feldspatverhältnisse überall vorkommen, sind doch orto-

klasärmere Proben mehr im Osten und in den höheren Lagen des Eruptivmassives konzentriert, während dessen westlicher und unterer Teil verhältnismaßig ortoklasreich ist.

Was der Bezeichnung Tonalit bzw. Quarzdiorit anbelangt, soll es hier bemerkt werden, daß der Name Tonalit verschiedene Bedeutung haben kann — einmal kann er als Synonym für Quarzdiorit verwendet werden, woanders tritt er aber wieder als Synonym für nur diejenige Art des Quarzdiorites auf, bei der Biotit und Hornblende in ungefähr gleich großen Mengen vorkommen, gewöhnlich aber überwiegt Biotit die Hornblende. Und da beim Tiefengestein von Pohorje die Hornblende nur in äußerst geringen Mengen, oder überhaupt nicht, vorkommt, so kann der Name Tonalit nur im Sinne als Synonym für Quarzdiorit gebraucht werden, sonst muß aber das Tiefengestein von Pohorje als Quarzbiotitdiorit bezeichnet werden.

Alle von uns auf modalen Bestand untersuchten und in der Tabelle 1 angeführten Proben sind auch chemisch untersucht worden; ihre Zusammensetzungen befinden sich in den Tabellen 2 bis 6, während in der Tabelle 7 noch die chemische Zusammensetzung der von Dolar-Mantuan (1935, S. 111, Tabelle XIII, Probe 40a) untersuchten Probe des Tiefengesteines von Pohorje hinzugefügt ist. Der Vergleich mit typischen Granit, Quarzmonzonit, Granodiorit und Quarzdiorit befindet sich in der Tabelle 8, die entsprechenden graphischen Darstellungen in der Äquivalentnorm aber auf den Abb. 4, 5 und 6.

Werden in der Tabelle 8 zunächst die Niggli-Werte miteinander verglichen, so ist es gleich ersichtlich, daß sich das Mittel des *si*-Wertes des Eruptivgesteines von Pohorje ($si \approx 281$) noch am meisten dem Granodiorit nähert bzw. nimmt eine Zwischenstellung zwischen Granodiorit und Quarzmonzonit ein, die aber näher dem erstgenannten als dem zweitgenannten liegt. Was des Wertes *fm* anbelagt, entspricht sogar dessen Mittel ($fm \approx 18,5$) dem Quarzmonzonit, doch der Mittelwert von *k* ($k = 0,23$) rückt das Eruptivgestein von Pohorje noch am nächsten zum Quarzdiorit. Auch auf den entsprechenden Abbildungen ist es deutlich ersichtlich, daß sich der femischen Komponente nach die Mehrzahl der Projektionspunkte der granitisch-granodioritischen Gesteinsgruppe nähert (QLM-Diagramm, Abb. 4), während sich die Projektionspunkte auf dem den normativen Feldspäten entsprechenden Diagramm (Abb. 6) um dem Quarzdiorit häufen oder eine Zwischenstellung zwischen Quarzdiorit und Granodiorit einnehmen. Der Vergleich der chemischen Zusammensetzungen bringt also für das Eruptivgestein von Pohorje keine deutliche Entscheidung; der femischen Komponente nach ist das Mittel eher ein Granit als ein Quarzdiorit, den normativen Feldspäten nach liegt es aber zwischen Quarzdiorit und Granodiorit, doch näher dem Quarzdiorit als dem Granodiorit.

Der Vergleich der Niggli-Werte mit den von Niggli (Burri, Niggli, 1945) aufgestellten Magmatypen bringt uns eine neue Überraschung; man möchte glauben, die an Ortoklas armen Proben des Eruptivgesteines von Pohorje sollten den quarzdioritischen Magmen entsprechen, was aber nicht der Fall ist — alle bisher analysierten Gesteins-

proben nähern sich noch am meisten dem farsunditischen Typus der granodioritischen Magmen, welcher ausgesprochen saalisch ($al \gg fm$) ist und einen verhältnismäßig niederen k -Werte ($k = 0,25$) besitzt. Der Chemismus des Eruptivgesteines von Pohorje entspricht also im Durchschnitt den granodioritischen Magmen, aber wohlgeordnet nicht dem normalen, sondern dem farsunditischen Typus der granodioritischen Magmen. Man wird sich jetzt wohl fragen, ob man noch berechtigt ist, das Eruptivgestein von Pohorje zum Quarzdiorit (Tonalit) zu zählen. Die entsprechende Antwort sei folgende: Weil bisher noch kein Gestein bekannt ist, das der modalen Zusammensetzung nach eindeutig dem farsunditischen Typus der granodioritischen Magmen zugeordnet werden kann, ist für die Klassifikation der in Frage kommenden Gesteine ihre modale Zusammensetzung immer noch die entscheidende, und dieser nach entspricht das Mittel des Eruptivgesteines von Pohorje nach dem Klassifikationsprinzip von Lindgren noch eindeutig dem Quarzdiorit (Tonalit).

Der Vergleich des Eruptivgesteines von Pohorje mit dem Mittel der modalen Zusammensetzung des Tonalites vom Adamello (Karl, 1966) bringt einige Unterschiede zu Tage; es hat erstens der Tonalit von Adamello dreimal mehr femische Bestandteile als das Gestein von Pohorje und zweitens weist auch das Mittel der Plagioklase des Tonalites von Adamello einen um ungefähr 10 % höheren Anortitgehalt auf. Ferner sieht man noch einen Unterschied in der Menge der Kalifeldspäte, die bei dem Adamello-Tonalit zweimal kleiner ist und zuletzt ist auch noch ein Unterschied bei der Zusammensetzung der femischen Bestandteile wahrnehmbar, denn im Adamello-Tonalit sind Biotit und Hornblende ungefähr gleich stark vertreten, während im Tonalit von Pohorje die Hornblende auch gänzlich fehlen kann. Auch chemisch stimmen die beiden Tonalitarten nicht überein: In Niggli-Werten ist der Adamello-Tonalit ausgesprochen isophal ($al \approx fm$) und seine Proben entsprechen zum großen Teil (Tabelle 9) dem tonalitischen oder peléitischen Typus der quarzdioritischen Magmen, während der Chemismus des Eruptivgesteines von Pohorje einem farsunditischen Magma gleicht. Werden jetzt die mittleren modalen Zusammensetzungen des Gesteines von Pohorje und des Granodiorites von Adamello (Karl, 1966) miteinander verglichen, so bemerkt man gleich, daß der Granodiorit von Adamello eine zweimal größere Menge an Kalifeldspat aufweist und auch beim Magmatypus besteht ein Unterschied, denn der Granodiorit von Adamello entspricht einem normalen Typus der granodioritischen Magmen (Tabelle 10). Man kommt also beim Vergleich mit den Eruptivgesteinen von Adamello zum Schluß, daß das Eruptivgestein von Pohorje in petrographischer Hinsicht weder mit dem Tonalit von Adamello noch mit dem dortigen Granodiorit identisch ist, daß aber das Eruptivgestein von Pohorje eine mehr leukokrate und saure Abart des Tonalites von Adamello darstellt, wobei beim Eruptivgestein von Pohorje der Name Tonalit nur im Sinne als Synonym für die Quarzdioritgruppe gebraucht werden darf, wogegen der Tonalit von Adamello im weiteren (als Synonym für Quarzdiorit) und im engeren Sinne des Wortes (als Synonym für Quarzbiotithornblendediorit) ein Tonalit ist. Die chemischen Eigenschaften der Tonalit- und Granodiorit-

proben von Adamello in der äquivalenten Norm werden in den Abb. 7, 8 und 9 gezeigt.

DIE SAUREN DIFFERENTIATE DES POHORJE-TONALITES

Zu den sauren Differentiaten des Tonalites werden viele Aplit- und Pegmatitgänge gezählt, doch muß man gleich mit Kieslinger (1935, 1936) übereinstimmen, daß nicht alle im Altkristallin vorkommenden Aplite und Pegmatite als Differentiationsprodukte des Tonalites zu betrachten sind, sondern daß sie viel älter als dieser sind.

In diesem Abschnitt betrachten wir zwei Gänge, die im Tonalit von Cezlak vorkommen, also als Abspaltungsprodukte des Tonalitmagmas zu betrachten sind. Es handelt sich um einen Aplit- und einen Pegmatitgang. Der Aplit hat folgende modale Zusammensetzung (in Vol. %): Plagioklas 39,3, Ortoklas 30,3, Quarz 27,4, Biotit mit Chlorit 2,9 und Granat zusammen mit Erzen 0,2. Die mittlere Zusammensetzung der Plagioklase enthält 24 % An, die Schwankungen finden aber zwischen 29 und 18 % An statt. Die chemische Zusammensetzung ist in der Tabelle 11 gegeben.

Der dickkörnige Pegmatitgang, der auch äußerst feinkörnige Apliteinschlüsse enthält, besteht auch hauptsächlich aus Plagioklas, Ortoklas und Quarz, daneben treten noch in kleinen Mengen Granat, Chlorit und Erze auf. Die mittlere Zusammensetzung der Plagioklase, bei denen Schwankungen zwischen 17 und 8 % An festgestellt worden sind, entspricht einem Oligoklas mit 11 % An. Die chemische Zusammensetzung ist in der Tabelle 12 angeführt.

BASISCHE GESTEINE, DIE MIT DER TONALITINTRUSION IN ZUSAMMENHANG STEHEN

Es handelt sich hier um den von Benesch (1917) entdeckten »Hornblende-Augit-Diorit«, der später von Nikitin (1937, 1939) in Diorit-Pyroxenit bzw. Čizlakit umbenannt worden ist, und zweitens noch um viele kleine biotitreiche Schlieren, die überall im Tonalit verteilt vorkommen.

Die genaue Beschreibung des Čizlakits von Pohorje befindet sich, wie schon erwähnt, bei Nikitin (1937). Das Gestein besteht hauptsächlich aus grünem Augit, dunkler Hornblende und Plagioklas, wessen Zusammensetzung nach Angaben von Nikitin zwischen 52 und 35 % An schwankt. Die chemische Zusammensetzung des Čizlakits befindet sich in der Tabelle 13. Das Gestein kann als Reaktionsprodukt zwischen einem vorherbestehenden pyroxenreichen Gestein und dem Tonalitmagma betrachtet werden.

Die dunklen Schlieren haben nach unseren Untersuchungen folgende modale Zusammensetzung (in Vol. %): Plagioklas 17,0, Ortoklas 14,0, Quarz 7,4, Biotit 60,8, Sphen 0,2, Magnetit 0,4 und Apatit 0,2. Die mittlere Zusammensetzung der Plagioklase enthält 34 % An. Die chemische Zusammensetzung ist in der Tabelle 14 angegeben.

DACIT, TONALITPORPHYRIT UND MALCHIT

Im westlichen Teil des Pohorje-Gebirges wird der Tonalit durch Dacit und vielen Tonalitporphyritgängen, denen sich hie und da noch Malchitgänge anschließen, ersetzt. Für den Dacit und auch für einen großen Teil der Tonalitporphyritgänge wurde eindeutig das untere miozäne Alter festgestellt (Žurga, 1926 und Winkler, 1928, 1929), doch weil in den miozänen Schichten der Umgebung von Maribor neben Tonalitgeröllen auch schon Tonalitporphyritgerölle (Dolar-Mantvani, 1935) vorkommen, kann daraus geschlossen werden, daß ein Teil der Tonalitporphyritgängen älteren Ursprungs ist und sich zugleich mit dem Tonalit gebildet habe. Und weil viele der jüngeren Tonalitporphyritgängen als Zufuhrkanälen des Magmas für die miozänen Dacitergüssen betrachtet werden können und da Übergänge zwischen den Tonalitporphyriten und dem vorher als Hornblendeporphyrit bezeichneten Malchit (Eigel, 1894) vorhanden sind, kann daraus geschlossen werden, daß auch der Malchit jüngeren Alters ist.

Die Dacite und Tonalitporphyrite des Pohorje-Gebirges sind meist hellgraue, manchmal etwas bräunliche oder grünliche und eine porphyrische Struktur aufweisende Gesteine. Als Einsprenglinge kommen bei den Daciten Plagioklase, Quarz und femische Mineralien vor, wogegen bei den Tonalitporphyriten Quarz als Einsprengling in geringeren Mengen auftritt. Von den femischen Mineralien sind meist Chlorit, Biotit oder hie und da auch Hornblende anwesend. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den Daciten und Tonalitporphyriten ist außer der Art ihres geologischen Auftretens auch der Krystallisationsgrad der Grundmasse — während die Dacite eine noch kaum krystalline bis mikrokristalline Grundmasse aufweisen, ist sie bei den Tonalitporphyriten schon feinkörnig; selbstverständlich gibt es dabei viele Übergänge.

Die Plagioklase der Dacite treten noch in ihren Hochtemperaturformen auf und ihre Zusammensetzung entspricht im Mittel einem Andesin mit 32 % Anortitkomponente, was im Wesentlichen dasselbe ist als bei den Tonalitplagioklasen. Die chemischen Zusammensetzungen einiger Dacitproben von Pohorje-Gebirge sind in den Tabellen 15 bis 19 angegeben. Ihre Magmen stimmen teilweise mit den an Ortoklas reicheren Proben des Tiefengesteines von Pohorje überein, teilweise zeigen sie einen Übergangscharakter zwischen dem farsunditischen und normalen Typus der granodioritischen Magmen, zum Teil ist aber wegen einer spürbaren Erniedrigung des niggischen *si*-Wertes eine Abweichung von beiden der genannten Typen feststellbar.

Auch bei den Tonalitporphyritgängen überwiegen die Hochtemperaturformen der Plagioklase, obwohl hier auch Übergangs- und Niedertemperaturformen auftreten können. Bei einem typischen Tonalitporphyritgang aus dem Mislinja-Tal, dessen chemische Zusammensetzung in der Tabelle 20 angegeben ist, treten Plagioklase mit einer durchschnittlicher Zusammensetzung von 37 % An auf, während im Tonalitporphyrit von Fala, dessen chemische Zusammensetzung in der Tabelle 21 zu sehen ist, Plagioklase mit einem Durchschnittsgehalt von 31 % An auftreten.

Ein Malchitgang aus dem Mislinja-Tal ist schon von Dolar-Mantua ni (1938) beschrieben worden. Ihren Angaben nach ist die modale Zusammensetzung (in Vol. %) folgende: Plagioklas 58, Biotit 4, Hornblende 38, Quarz 3 und Apatit mit Pyrit 1. Dem Anortitgehalt nach schwankt die Zusammensetzung der Plagioklase zwischen Labradorit und basischen Andesin. Die chemischen Angaben befinden sich in der Tabelle 22.

DIE GENESE DER ERUPTIVGESTEINE VON POHORJE

Der Differentiationsdiagramm in Niggli-Werten aller bisher behandelten Gesteine befindet sich auf der Abb. 10, wo zuerst eine dreifache Gruppierung zu sehen ist — die erste entspricht den basischeren bzw. *si*-ärmeren Typen (Čizlakit, biotitreicher Schlieren und Malchit), die zweite den Tonalit-, Dacit- und Tonalitporphyritproben, und die dritte den Aplit- und Pegmatitgängen.

Da die Projektionspunkte der Tonalit-, Dacit- und Tonalitporphyritproben im wesentlichen auf einem und demselben Feld liegen, kann daraus geschlossen werden, daß ihnen allen dieselbe Magmaart zu Grunde liegt. Aus dem weiteren Umstand, daß nirgends im Tonalitmassiv von Pohorje ein entsprechend größeres Massiv eines basischeren Eruptivgesteines, aus dessen Magma sich das Tonalitmagma abspalten könnte, zu finden ist, kann geschlossen werden, daß Tonalitmagma des Pohorje-Gebirges nicht durch Differentiation eines primären, basaltischen Magma entstanden ist, sondern durch die Anatexis der tief liegenden Gesteine. Ein weiterer Beweis für die anatexische Entstehung des Tonalitmagma von Pohorje ist sein farsunditischer Charakter, denn bei der Differentiation eines primären, basaltischen Magmas entsteht in der Regel kein farsunditischer, sondern immer nur einer von den normalen Typen von Magmen. Die Entstehung der mit der Tonalitphase verbundenen Eruptivgesteine des Pohorje-Gebirges kann nun nach dem heutigen Standpunkt auf folgende Weise gedeutet werden: Zur Zeit der alpidischen Orogenese, höchstwahrscheinlich im Zusammenhang mit deren laramischen Phase, kam es in den tiefen Erdschichten zur Aufschmelzung (Anatexis) der dort liegenden Gesteine, wonach das so gebildete Magma zwischen höher liegende Schichten intrudiert hat und dort als Tonalit erstarrt ist bzw. beim Abkühlungsvorgang noch saure Abspaltungprodukte, die Aplit- und Pegmatitgänge, lieferte. Der Magmaherd, in dem zuerst das Tonalitmagma entstanden ist, blieb noch längere Zeit in Tätigkeit und so wurden noch weitere Mengen vom gleichartigen Magma für die Entstehung der Tonalitporphyritgängen und für das Zustandekommen von Dacitabbrüchen noch zum Zeitpunkt geliefert, als der Tonalit schon längst erstarrt war. Die Malchitgänge sind geologisch an die zum größten Teil aus dem Miozän stammenden Tonalitporphyritgängen gebunden und daneben gibt es Übergänge zwischen dem Malchit und Tonalitporphyrit. Diese Tatsache spricht dafür, daß der Malchit jünger ist als Tonalit von Pohorje, was im Einklang mit der Beobachtung steht, daß das durch die Anatexis entste-

hende Magma gegen Ende der magmatischen Tätigkeit immer basischer wird (Barth, 1962). Die Entstehung des Čizlakits und der biotitreichen Schlieren muß durch Einwirkung des tonalitischen Magmas auf fremdartige Magmaeinschlüsse gedeutet werden.

ERUPTIVGESTEINE VON POHORJE, DIE VOR DER TONALITPHASE ENTSTANDEN SIND

Außer einigen Diabasvorkommen und kleineren Überreste von basischen Eruptivgesteinen in Serpentinien kommen hier besonders einige den Altkristallin durchtränkenden Aplit- und Pegmatitgänge in Betracht, für dene Kieslinger (1935, 1936) hervorhebt, daß sie viel älter als der Tonalit sind und mit ihm gar nichts zu tun haben. Die hier in Frage kommenden Pegmatitgängen weisen im Unterschied zu den mit der Tonalitphase im Zusammenhang stehenden Pegmatiten eine porphyroblastische Struktur auf, wobei als Porphyroblaste schön gegitterte Mikrokline auftauchen. Die chemische Zusammensetzung eines solchen Pegmatites ist in der Tabelle 23 gegeben.

ERUPTIVGESTEINE ZWISCHEN MEŽICA UND SLOVENJ GRADEC

Zwischen Mežica und Slovenj Gradec westlich des Pohorje-Gebirges kommen mehrere kleinere Vorkommen von Eruptivgesteinen vor, die von Teller (1898) zu den Quarzglimmerporphyriten gezählt und als identisch mit den porphyrischen Gesteinen des westlichen Teiles des Pohorje gehalten worden sind. Ferner bewies Teller, daß die betrachteten Gesteine jünger als Jura sein müssen. Heute werden alle zwischen Mežica und Slovenj Gradec auftretenden Ergußgesteine als Dacit betrachtet.

Die von uns untersuchte Probe von Leše oberhalb Prevalje weist eine porphyrische Struktur auf. Als Einsprenglinge treten Plagioklase, die im Mittel 46 % An aufweisen, ferner Quarz, Hornblende und schon sehr zersetzter Biotit auf. Vereinzelt kommen auch Muskovit und Granat vor. Die chemische Analyse ist in der Tabelle 24 gegeben.

PERIADRIATISCHE ERUPTIVGESTEINE IN DEN KARAWANKEN

Auch in den Karawanken treten periadriatische Eruptivgesteine auf und zwar in Form von zwei längsgestreckten Zügen, die wiederum von einem sehr schmalen aus metamorphen Gesteinen bestehenden Streifen getrennt werden (Abb. 1). Während der südliche nur aus Tonalit bestehende Zug von Eruptivgesteinen heute wohl von allen Forschern als periadriatisch angenommen wird, bestehen bezüglich der nördlichen aus Granitporphyr, Granodiorit und Gabbro zusammengesetzten Streifen immer noch Meinungsunterschiedenheiten — einige betrachten die dort vorhandenen Gesteine ebenso als periadriatisch (Fritsch, 1961), wo-

gegen das von Berce (1961) als Granitit bezeichnete Gestein als triadisch bestimmt worden ist. Von uns wurde es nur sichergestellt, daß alle hier besprochene Gesteine älter als Mitteloligozän sein müssen, denn in mittel-oligozänen Sotzkaschichten südlich von Huda Luknja konnten aus dem Karawanken stammende Tonalit- und Granitporphyrgerölle gefunden werden.

Der Karawankentonalit hat eine grobkörnige Struktur und ein wenig schiefriges Aussehen. Teller (1896) bezeichnete ihn schon im allen Anfang als Tonalit und betonte zugleich seine große Ähnlichkeit mit dem Tonalit von Adamello. Petrographisch wurde das Gestein bereits schon von Graber (1898, 1929) und Dolar-Mantuani (1935, 1939) der Untersuchung unterzogen, während wir uns nur auf zwei Proben beschränkten — die eine nahmen wir aus dem Tonalitstreifen im Tal der Bistra, die andere unter dem Bauernhof Jedločnik südöstlich von Črna.

Der Tonalit aus Bistra besteht (in Vol. %) aus Plagioklas 53,10, Ortoklas 0,83, Quarz 21,58, Biotit 15,64, Hornblende 7,88, Chlorit 0,94 und Magnetit 0,04. Die mittlere Zusammensetzung der Plagioklase enthält 52 % An. Die chemische Zusammensetzung des Gesteines befindet sich in der Tabelle 25. Der Vergleich mit dem schon vorher besprochenen Adamello-Tonalit zeigt uns, daß die beiden Gesteine der modalen und chemischen Zusammensetzung nach vollständig identisch sind.

Die andere östlich von Črna stammende Probe des Karawanken-Tonalits besteht (in Vol. %) aus Plagioklas 45,06, Ortoklas 5,45, Quarz 29,58, Biotit 14,26, Hornblende 3,95, Chlorit 0,62, Magnetit 0,99 und Apatit 0,09. Die mittlere Zusammensetzung der Plagioklase enthält 46 % An, die chemischen Angaben befinden sich aber in der Tabelle 26. Das Gestein ist etwas mehr leukokrat als die vorherige Probe und weist auch einen höheren Ortoklasgehalt auf.

Die im nördlichen Zug auftretenden Eruptivgesteine können auf Granitporphyr, Granodiorit und Gabbro aufgeteilt werden.

Der Granitporphyr aus Topla in den Karawanken weist eine porphyroide Struktur auf. Die großen fleischfarbigen Ortoklase werden öfters von einem schmalen weißen Plagioklasrand umsäumt. Die modale Zusammensetzung des Granitporphyrs von Topla besteht (in Vol. %) aus Plagioklas 38,26, Ortoklas 23,09, Quarz 32,17, Biotit zusammen mit Chlorit 6,04, und Magnetit 0,45. Die Plagioklase enthalten im Durchschnitt 21 % An. Die chemischen Angaben des Gesteines befinden sich in der Tabelle 27.

Der Granodiorit aus der Umgebung von Črna hat eine körnige Struktur. Die modale Zusammensetzung (in Vol. %) des Gesteines besteht aus Plagioklas 52,66, Ortoklas 17,46, Quarz 1,79, Biotit 10,50, Hornblende 16,23, Chlorit 0,62 und undurchsichtige Minerale 0,73. Die Plagioklase sind im Inneren vollständig zersetzt, während ihre frisch aussehende Teile im Durchschnitt eine Zusammensetzung von 21 % An aufweisen. Auffällig sind noch zahlreiche Apatitnadeln. Nach der relativ hohen Menge der femischen Bestandteile und der vernachlässig kleinen Quarzmenge könnte das Gestein im ersten Augenblick als Diorit betrachtet werden, wogegen aber der relativ hohe Ortoklasgehalt spricht. Dem Verhältnis zwischen

Ortoklas und der Gesamtmenge der Feldspäte nach sollte unseres Gestein dem Granodiorit entsprechen, was aber wieder die geringe Quarzmenge nicht zuläßt, doch weil kein besser entsprechender Name in der heutigen Klassifikation gefunden werden kann, werden wir vorläufig das hier besprochene Gestein als Granodiorit bezeichnen. In der jetzt neu vorgeschlagenen Klassifikation (Streckeisen, 1967) ist es als Monzodiorit zu bezeichnen. Die chemische Zusammensetzung des Gesteines befindet sich in der Tabelle 28.

Zusammen mit dem Granodiorit kommt es in der Umgebung von Črna auch Gabbro vor. Die modale Zusammensetzung (in Vol.%) besteht aus Plagioklas 36,87, Hornblende 49,54, Chlorit 8,65, Sphen 2,87, Apatit 0,72 und undurchscheinenden Mineralen 1,34. Makroskopisch sind Pyritkristalle sichtbar. Die Zusammensetzung der Plagioklase schwankt in Intervall zwischen 49,5 und 37,5 % An, wobei das Mittel einen Anortitgehalt von 43,5 % aufweist. Die chemische Zusammensetzung befindet sich in der Tabelle 29.

Was die Beziehungen der im nördlichen Eruptivgesteinsstreifen auftretender Gesteine anbelangt, konnte in der Umgebung von Črna festgestellt werden, daß es dort magmatische Breccien gibt, wo das Gabbro als Paleosom, der Granitporphyr dagegen als Neosom auftreten.

ERGEBNISSE DER BISHERIGEN UNTERSUCHUNGEN

Unsere Hauptaufmerksamkeit wurde an das Tiefengestein des Pohorje-Gebirges gerichtet, das erst als Granit bezeichnet, später aber in Tonalit umbenannt wurde. Nach allen zur Verfügung stehenden Angaben über dessen modalen und chemischen Zusammensetzung konnte es festgestellt werden, daß die mittlere Zusammensetzung des Eruptivgesteines von Pohorje nach dem Klassifikationsprinzip von Lindgren dem Quarzdiorit bzw. Tonalit entspricht, daß aber auch zahlreiche Übergänge in Granodiorit vorhanden sind. Im Vergleich zum Tonalit von Adamello stellt der Tonalit von Pohorje dessen mehr leukokrate und saure Abart dar, wobei beim Eruptivgestein von Pohorje der Name Tonalit nur im weiteren Sinne des Wortes als Synonym für Quarzdiorit verwendet werden darf, während beim Tonalit von Adamello diese Bezeichnung im weiteren wie auch im engeren Sinne des Wortes — als Synonym für Quarzbiotithornblendediorit angewendet werden darf. Die Untersuchung des in den Karawanken auftretenden Tonalites hat ergeben, daß dieses Eruptivgestein im petrographischen Sinne mit dem Tonalit von Adamello identisch ist.

Was der Genese der periadriatischen Eruptivgesteine des Pohorje-Gebirges anbelangt, kam man zu der Überzeugung, daß die mit der alpidischen Orogenese — höchstwahrscheinlich mit dessen laramischen Phase — im Zusammenhang stehende magmatische Tätigkeit erst mit der Tonalitintrusion begonnen habe und daß sich dessen Magma, bevor es emporgehoben wurde, durch die Aufschmelzung der in großen Tiefen liegenden Gesteinsschichten (Anatexis) gebildet habe. Nach der Differentiation entstanden noch zahlreiche Aplit- und Pegmatitgänge. Der Magma-

herd, in dem das Tonalitmagma entstanden ist, befand sich noch längere Zeit in Tätigkeit und so wurde es noch genügend Magma für die Tonalitporphyritgänge und Dacitausbrüche geliefert. Da die Malchitgänge neben den Tonalitporphyritgängen vorkommen und zwischen ihnen zahlreiche Übergänge vorhanden sind, kann daraus geschlossen werden, daß der Malchit nicht ein Differentionsprodukt des Tonalitmagmas darstellt, sondern aus einer am Schluß der magmatischen Tätigkeit bei erhöhter Temperatur durch Anatexis mehr basisch gewordener Magma entstanden ist.

Zwischen dem Tonalit der Karawanken und des Pohorje besteht in petrographischer Hinsicht ein genau solcher Unterschied wie zwischen dem Tonalit von Pohorje und von Adamello; man kann daraus schließen, daß beide Tonalitarten in verschiedenen Magmaherden entstanden sind. Und was der Beziehung zwischen dem Karawankentalit und der nördlich von ihm auftretenden Eruptivgesteine anbelangt, ist man wegen ihrer so verschiedenen petrographischen Ausprägung zu der Überzeugung gekommen, daß es sich hier um zwei ganz verschiedene magmatische Phasen handelt.

LITERATURA

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

Barth, T. 1962, Theoretical Petrology, New York.

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

Berce, B. 1961, Nekateri problemi nastanka rudišča v Mežici, Geologija, 6. knjiga, Ljubljana.

Burri, C. u. Niggli, P. 1945, Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens, Teil I, Zürich.

Callegari, E. 1963, La Cima Uzza, parte II, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XXIV, Padova.

Cavinato, A. 1927, Studio petrografico di alcune rocce dell'Adamello, Studi trentini di Science naturali, anno VIII, fasc. II, Trento.

Cevales, G. 1952, Studio petrografico del Gruppo del Bruffione nell'Adamello meridionale, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XXIII, Padova.

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

Colbertaldo, D. 1940, Petrografia del Monte Blumone (Adamello meridionale), Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XIV, Padova.

Colbertaldo, D. 1942, Ricerche geologico-petrografiche sul settore orientale dell'Adamello fra Val di Genova e Val di Breguzzo, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XIV, Padova.

Colbertaldo, D. 1950, Ricerche petrografiche nell'alto bacino del Chiese, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XVI, Padova.

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

Doelter, C. 1894, 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, Tonaliti na Pohorju, takozvani pohorski graniti, Tehnika in gospodarstvo, Ljubljana.

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

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

Duhovnik, J. 1956, Pregled magmatskih in metamorfni kamenin Slovenije, Prvi jugoslovanski geološki kongres, Ljubljana.

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

Fenoglio, M. 1938, Studi geologico-petrografici sulla Valle Nambro (Massiccio dell'Adamello), Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XIII, Padova.

Ferrara, G. 1962, Primi risultati e considerazioni sulla datazione assoluta delle rocce intrusive del massiccio dell'Adamello, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Serie A.

Fritsch, W. 1962, Erläuterungen zu einer neuen geologischen Übersichtskarte von Kärnten (1:500 000), Carinthia II, Klagenfurt.

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

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

Graber, H. V. 1898, Die Aufbruchzone von Eruptiv- und Schiefergesteinen in Süd-Kärnten, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Bd. XLVII, Heft 2, Wien.

Graber, H. V. 1929, Neue Beiträge zur Petrographie und Tektonik des Kristallins von Eisenkappel in Südkärnten, Mitt. d. geol. Ges. in Wien, Wien.

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

Huang, W. T. Petrology, New York.

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

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

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. Geol. Bundesanstalt, Bd. 102, Wien.

Karl, F. 1966, Über die Zusammensetzung, Entstehung und gesteinsystematische Stellung tonalit-granitische Gesteine, Tscherma's mineralogische und petrographische Mitteilungen, Band XI, Wien.

Kieslinger, A. 1935, Geologie und Petrographie des Bachers, Verhandlungen der geol. Bundesanstalt, Nr. 7, Wien.

Kieslinger, 1936, Zur Geologie des südöstlichen Bachers, Akademie der Wissenschaften in Wien, Wien.

Malaroda, R. 1948, Studi petrografici nell'Adamello-Orientale, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XVI, Padova.

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

Morteani, G. Petrographisch-geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Cima d'Asta-Kristallin, Veröffentlichung aus dem Mineralogischen Institut der Bergakademie Clausthal/Technische Hochschule und dem Mineralogisch-Petrographischen Institut und Museum der Universität Kiel.

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

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

Ogniben, G. 1952, Studio chimico-petrografico sul Monte Sabion, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XVII, Padova.

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

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

Rosenbusch, H. 1923, Elemente der Gesteinslehre, Stuttgart.

Salamon, W. 1897, Über Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitischen Massen, Tscherm. min. u. petr. Mitt., Vol XVII, Wien.

Schiavinato, G. 1951, Relazione sul rilevamento geologico-petrografico del gruppo del Baitone (Adamello nord-occidentale), Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, Anno VII, Pavia.

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.

Teller, F. 1898, Erläuterungen zur geologischen Karte SW-Gruppe Nr. 84, Prassberg, Wien.

Tröger, E. 1956, Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1, Stuttgart.

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

Zanettin, B. 1956, Il gruppo del Marsèr (Adamello Occidentale), Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, vol. XIX, Padova.

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

Winkler, A. 1928, Über das Alter der Eruptivgesteine im Draudurchbruche, Verh. d. Geol. Bundesanstalt, Wien.

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