



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Mineralogicko-petrografická charakteristika vzorků tatranské žuly**

Breiter, Karel  
2015

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-202373>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 17.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://www.nusl.cz) .

Geologický ústav AV ČR, v.v.i.



# **Mineralogicko-petrografická charakteristika vzorků tatranské žuly**

**Geologický ústav AV ČR, v.v.i.  
Rozvojová 269, 165 00 Praha 6**

**Mineralogicko-petrografická charakteristika  
vzorků tatranské žuly**

Praha  
prosinec 2015

**Geologický ústav AV ČR, v.v.i.**  
Rozvojová 269, 165 00 Praha-Lysolaje

## **Mineralogicko-petrografická charakteristika vzorků tatranské žuly**

č. úkolu GLÚ AV ČR: 7130



.....  
Prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc.\*  
Ředitel GLÚ AV ČR



.....  
RNDr. Karel Breiter, DSc.  
Hlavní řešitel

**Geologický ústav AV ČR, v.v.i.**  
Rozvojová 269  
165 00 Praha 6  
(ředitel)

GLÚ AV ČR zřízen na základě usnesení 3. zasedání prezidia ČSAV ze dne 7. 2. 1990 s účinností od 1. 3. 1990.

Organizace je zapsána v rejstříku veřejných výzkumných institucí vedeném MŠMT ČR.

Živnostenské oprávnění k IČ 67985831 vydala Městská část Praha 6 pod čj. MCP6 058113/2011.

\*Pavel Bosák. Osvědčení o odborné způsobilosti č. 1845/2004 projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech ložisková geologie a zkoumání geologické stavby podle zákona č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky MŽP č. 206/2001Sb.

**Geologický ústav AV ČR, v.v.i.**  
**Rozvojová 269**  
**165 00 Praha 6-Lysolaje**

## **Mineralogicko-petrografická charakteristika vzorků tatranské žuly**

### **Zprávu připravil:**

Karel Breiter

**Odběratel:** Biologické centrum AV ČR, v.v.i.  
**Název firmy:** Biologické centrum AV ČR, v.v.i.  
**Sídlo:** Branišovská 1160/31, 37005 České Budějovice

**Zpráva je volně šiřitelná.**

### **Anotace/abstrakt:**

Tato zpráva popisuje petrografický, mineralogický a geochemický charakter tří vzorků granitoidů z Vysokých Tater. Ve vzorcích byly chemicky charakterizovány všechny přítomné horninotvorné minerály. Vzorky byly určeny jako alpínsky postižený biotiticko-amfibolický granodiorit (vzorky č. 1 a 2) a alpínsky postižený dvojslídny leukogranit (vzorek č. 3). Příčinou snadného vyluhování vápníku ze vzorků č. 1 a 3 v kyselém prostředí je pravděpodobně přítomnost karbonátů na puklinách.

© Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Praha

## Obsah

1. Úvod.....	6
2. Metodika.....	6
3. Výsledky.....	7
4. Diskuse výsledků.....	9
5. Závěry a doporučení.....	10
Literatura.....	10
Obrázky a tabulky.....	11

# 1. Úvod

Na objednávku dr. Jiřího Kopáčka (Biologické centrum AV ČR, v.v.i., České Budějovice) ze dne 10. listopadu 2015 byla zpracována petrograficko-mineralogická charakteristika tří vzorků tatarských granitů odebraných ze sutí v blízkosti vysokohorského jezera.

Cílem posudku mělo být zhodnocení rozdílů mezi předloženými vzorky v procesu zvětrávání a uvolňování některých chemických prvků do perkolující vody.

Vzorky byly dodány v rozdrčeném stavu ve velikosti úlomků do 1 cm. To omezuje reálné možnosti komplexního posouzení hornin. Např. nemohla být zachycena přítomnost eventuálních vyrostlic nebo povlaků druhotných minerálů na puklinách. Jako podpůrné údaje pro posudek byly zadavatelem dány k dispozici chemické analýzy těchto vzorků (silikátové analýzy) provedené v laboratoři České geologické služby v Praze (Tab. 8).

## 2. Použité metody

Ze všech tří vzorků byly obvyklým způsobem zhotoveny leštěné nábrusy s maximálním množstvím horninových úlomků. Z každého vzorku byly připraveny dva kotoučky o standardním průměru 25 mm. Před pozorováním v elektronovém mikroskopu byl povrch nábrusů pokryt vodivou vrstvou uhlíku.

Nejprve byly vzorky studovány na elektronovém mikroskopu VEGA3 firmy TESCAN v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). Byly pořízeny přehledné fotografie všech vzorků (Obr. 1) a detailní fotografie minerálů a jejich textur (Obr. 2, 3, 4). Pomocí energiově dispersního analyzátoru firmy BRUKER byly určeny jednotlivé minerály.

Kvantitativní analýzy minerálů byly provedeny na mikrosondě CAMECA SX100 za těchto podmínek: urychlovací napětí 15 kV, napětí 10 nA, průměr elektronového svazku 2  $\mu$ m. Byly použity tyto standardy: Na, Al – jadeit, Mg, Si, Ca – diopsid, K – leucit, Ti – rutil, P – apatit, Mn –  $MnCr_2O_4$ , Fe – magnetit, F – fluorit, Rb – RbCl. Naměřený signál byl korigován metodou X-Phi (Merlet). Výsledky chemických analýz byly přepočítány na empirické vzorce minerálů na základě ideálního obsahu atomů kyslíku.

### 3. Výsledky

#### Vzorek č. 1

Podle makroskopického vzhledu jde o drobně až středně zrnitou světle šedou horninu (obr. 2). Podle chemické analýzy a minerálního složení ji možno s vysokou pravděpodobností klasifikovat jako alterovaný biotiticko-amfibolický granodiorit. Textura horniny, pokud ji lze z drobných úlomků určit, je panxenomorfní, víceméně rovnoměrně zrnitá. Velikost zrn horninotvorných silikátů dosahuje 1–2 mm. Primárně byla hornina složena z plagioklasu, křemene, biotitu a amfibolu, s malou příměsí apatitu, magnetitu, zirkonu a monazitu. Hornina prošla intenzivní alpínskou metamorfozou při níž plagioklas, slídy a amfibol rekrystalovaly. Křemen tvoří izometrická zrna o velikosti kolem 1 mm. Sporadický K-živec možná původně tvořil drobné vyrostlice; po alpínském přepracování tvoří ojedinělá zrná velká až 2,5x1 mm. K-živec obsahuje 1,4–1,8 váh% BaO, což z něj činí hlavního nositele Ba v hornině (Tab. 1, anal. 9, 10). Původní Ca-obohacený plagioklas (pravděpodobně oligoklas, Obr. 2c) byl během alpínské metamorfozy do značné míry rozložen na albit (čistý Na-živec, Tab. 1, anal. 7, 12), sericit (druhotný jemně krystalický muskovit, Tab. 2, anal. 8) a směs druhotných minerálů s obsahem Ca (např. klinozoisit). Pro velmi malé rozměry krystalků nelze tyto produkty přeměny analyzovat. Pouze lokálně se zachovaly relikty plagioklasu s vyšším obsahem Ca odpovídající oligoklasu (Tab. 1, anal. 5, 6, 11).

Z původních slíd se zachoval řídký hrubě lupenitý muskovit (Obr. 2c, Tab. 2, anal. 3, 4). Původní Fe-Mn minerály nebyly nalezeny vůbec. Předpokládané agregáty biotitu+amfibolu byly přeměněny na agregáty chloritu (Obr. 2d, Tab. 3, anal. 14, 16, 17), fengitického muskovitu (muskovit s obsahem Fe, Tab. 2, anal. 18) a Fe-dominantního členu epidotové skupiny (Tab. 4, anal. 13, 15). Při této přeměně byl z původního biotitu uvolněn draslík, který mohl přispět k dorůstání zrn K-živce. Současně došlo k částečnému oddělení železa a hořčíku za vzniku Mg-bohatého chloritu a Mg-chudého epidotu.

Náhodně byl ve vzorku zachycen úlomek kumulátu magnetitu s apatitem, zirkonem a monazitem (Obr. 2b). Magnetit s vysokým obsahem Ti (titanomagnetit, Tab. 7) byl během metamorfozy částečně zatlačen Fe-silikáty, kdežto další akcesorické minerály přečkaly alpínský event bez patrných změn. Apatit (Tab. 6, anal. 2) je naprosto převažujícím nositelem fosforu v hornině, monazit je nositelem prvků REE a podřízeně i U a Th.

#### Vzorek č. 2

Makroskopicky jde o horninu identickou se vzorkem č. 1, což potvrzuje i chemická analýza (Tab. 8) a výsledky mineralogického pozorování (Obr. 3).



Zrna K-živce a plagiokladu dosahují velikosti 2 mm, zrna křemene 1 mm a reliktů po primárních slídách a amfibolech kolem 1,5 mm. Xenomorfní zrna K-živce (Tab. 1, anal. 21, 22) obsahují inkluze albitu (Obr. 3b), což dokládá jejich původně pertitický charakter. Drobná zrnka K-živce (kolem 50  $\mu\text{m}$ , Obr. 3d, Tab. 1, anal. 43) jsou pravděpodobně sekundární, vzniklá během alpínské metamorfosy. Plagioklas je silně rozložený, plošně přeměněný na agregát albitu + sekundární Ca-minerály (Obr. 3c, 3d, Tab. 1, anal. 29, 30, 42). Pouze lokálně je zachován původní oligoklas (Obr. 3b, Tab. 1, anal. 23, 24).

Na rozdíl od vzorku č. 1 zde byly malezeny alespoň reliktů původního biotitu (Obr. 3b, Tab. 2, anal. 19). Jde skutečně jenom o reliktů, neboť naprostá většina původního biotitu a amfibolu byla i zde přeměněna na intimně prorůstající agregáty fengitu, chloritu a epidotu (Obr. 3b, 3c, 3d, Tab. 2, anal. 31, 32, 38, 39, Tab. 3, anal. 28, 33, 36, 37, 40, 62, Tab. 5, anal. 20, 26, 27, 34, 35, 41).

Hojný apatit (Obr. 3b, Tab. 6, anal. 25) původně zarostlý v biotitu je nyní obklopen produkty jeho rozpadu. Akcesoricky jsou i v tomto vzorku přítomny zirkon a monazit.

### **Vzorek č. 3**

Makroskopicky bělošedá jemnozrná hornina s průměrnou velikostí zrna pod 1 mm (Obr. 4). Lze ji označit jako dvojslídny leukogranit. S tím koresponduje i celkově velmi nízký obsah železa ( $\text{FeO}_{\text{tot}} < 1$  váh%).

Křemen tvoří převážně mírně protáhle xenomorfní zrna o velikosti do 1 mm. Plagioklas, původně oligoklas (Obr. 4c, Tab. 1, anal. 55, 61) byl během alpínské metamorfosy rozložen na albit (Tab. 1, anal. 54, 60) a jemnou směs druhotných minerálů vápníku. K-živce tvoří podstatně menší homogenní xenomorfní zrna (Tab. 1, anal. 48, 52, 53, 58, 59). Zrna K-živce jsou místy aranžovaná do pásků (Obr. 4c), což dává hornině výrazně usměrněný vzhled (Obr. 4a). Obsah BaO je nižší než ve vzorcích č. 1 a 2 ( $< 0,5$  váh% BaO), což je v souladu s vyšším stupněm frakcionace tohoto typu granitu. Muskovit převažuje výrazně nad produkty rozpadu biotitu. Muskovit tvoří až 1 mm dlouhá zrna s typickou výbornou štěpností (Obr. 4b, Tab. 4, anal. 45, 46, 47, 56, 57). Biotit byl přeměněn na chlorit (Obr. 4b, Tab. 4, anal. 49, 50, 51) s příměsí Ti-magnetitu.

Z akcesorických minerálů je přítomen apatit (Obr. 4b, Tab. 6, anal. 44), zirkon a monazit. Zvýšený obsah manganu v apatitu (1,19 váh% Mn) stejně jako výše zmíněný nízký obsah Ba v K-živci indikují poměrně vysoký stupeň magmatické frakcionace této horniny.

## 4. Diskuse výsledků

Zadavatel zakázky zmínil rozdílné výsledky v louhování vzorků č. 1 a 3 (intenzivní přechod Ca do roztoku) a vzorku č. 2 (minimální přechod Ca do roztoku) v kyselém prostředí. Z materiálu, který nám byl k dispozici, žádný důvod k přednostnímu uvolňování Ca ze vzorku č. 1 a 3 nevyplývá. Lze pouze spekulovat, že materiál dodaný k mineralogické analýze není úplně reprezentativní pro materiál použitý pro výluhy.

V případě rozdílné schopnosti louhování u petrologicky shodných vzorků č. 1 a 2 (granodiorit) se mohu domnívat, že vzorek č. 1 odebraný v přírodě obsahoval tenké povlaky karbonátů na puklinách, jak je v alpínsky postižených granitoidech běžné. Nasvědčuje tomu zvýšený obsah 0,28 váh% CO<sub>2</sub> v celohorninové analýze (Tab. 8). Při drcení vzorku patrně křehký karbonát přednostně přešel do jemné frakce použité pro chemickou analýzu a výluh, kdežto hrubé úlomky pro mineralogický rozbor představují pouze čerstvou horninu bez výplní puklin.

V případě petrologicky rozdílného vzorku č. 3 (leukogranit) jde pravděpodobně též o efekt přítomnosti karbonátů na puklinách, neboť i tento vzorek má zvýšený obsah CO<sub>2</sub> v celohorninové analýze (0,20 váh% CO<sub>2</sub>).

Výsledky provedených analýz tedy nasvědčují, že pro uvolňování vápníku do perkolující vody a tedy ovlivnění pH vody v jezeru není důležitý petrologický charakter převažujících granitoidních hornin, ale přítomnost povlaků snadno rozpustných karbonátů na jemných puklinách v horninách.

Obsahy 69–70 váh% SiO<sub>2</sub> a 0,11–0,13 váh% BaO v granodioritech č. 1 a 2 (Tab. 8) jsou v souladu s nízkým stupněm frakcionace tatranských granitoidů. Vzorek č. 3 reprezentuje leukogranit až možná aplitickou žílu, tedy poslední produkt *in situ* frakcionace granitového magmatu, již chudý na všechny stopové prvky.

Přítomnost magnetitu, nepatrný obsah fosforu v živcích a pokles obsahů P od granodioritu (vzorky 1 a 2) k leukogranitu (vzorek 3) by nasvědčoval příslušnosti všech vzorků k I-typovým magmatům. Naproti tomu nepřítomnost alanitu a přítomnost monazitu spíše pro příslušnost ke granitoidům S-typu.

Více na základě existujících dat nelze dovodit a přesnější klasifikace dodaných hornin v rámci karpatských granitoidů (Kohút a Janák 1994, Broska a Uher 2001, Gaveda et al. 2015) je bez znalosti přesného původu vzorku a znalosti obsahů alespoň základních stopových prvků nemožná.

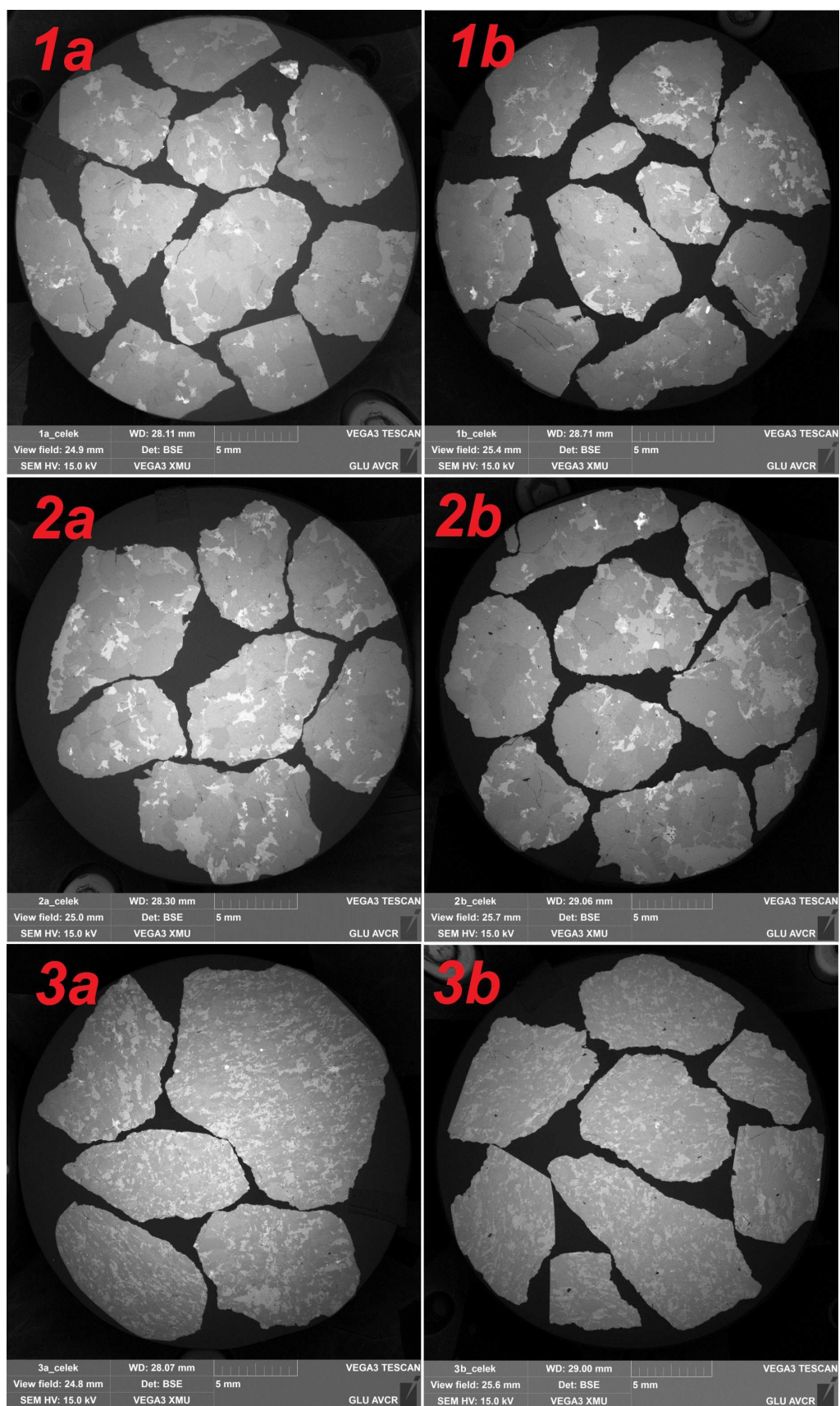
## 5. Závěr a doporučení

Tři studované vzorky tatranských granitoidů (2x granodiorit, 1x leukogranit) představují čerstvé nezvětralé horniny, které svým minerálním složením nenasvědčují schopnosti uvolňovat některé chemické prvky ve větším množství do protékající vody. Zvýšené množství Ca ve výluhu ze vzorků č. 1 a 3 bylo nejspíše způsobeno přítomností tenkých povlaků karbonátů na puklinách.

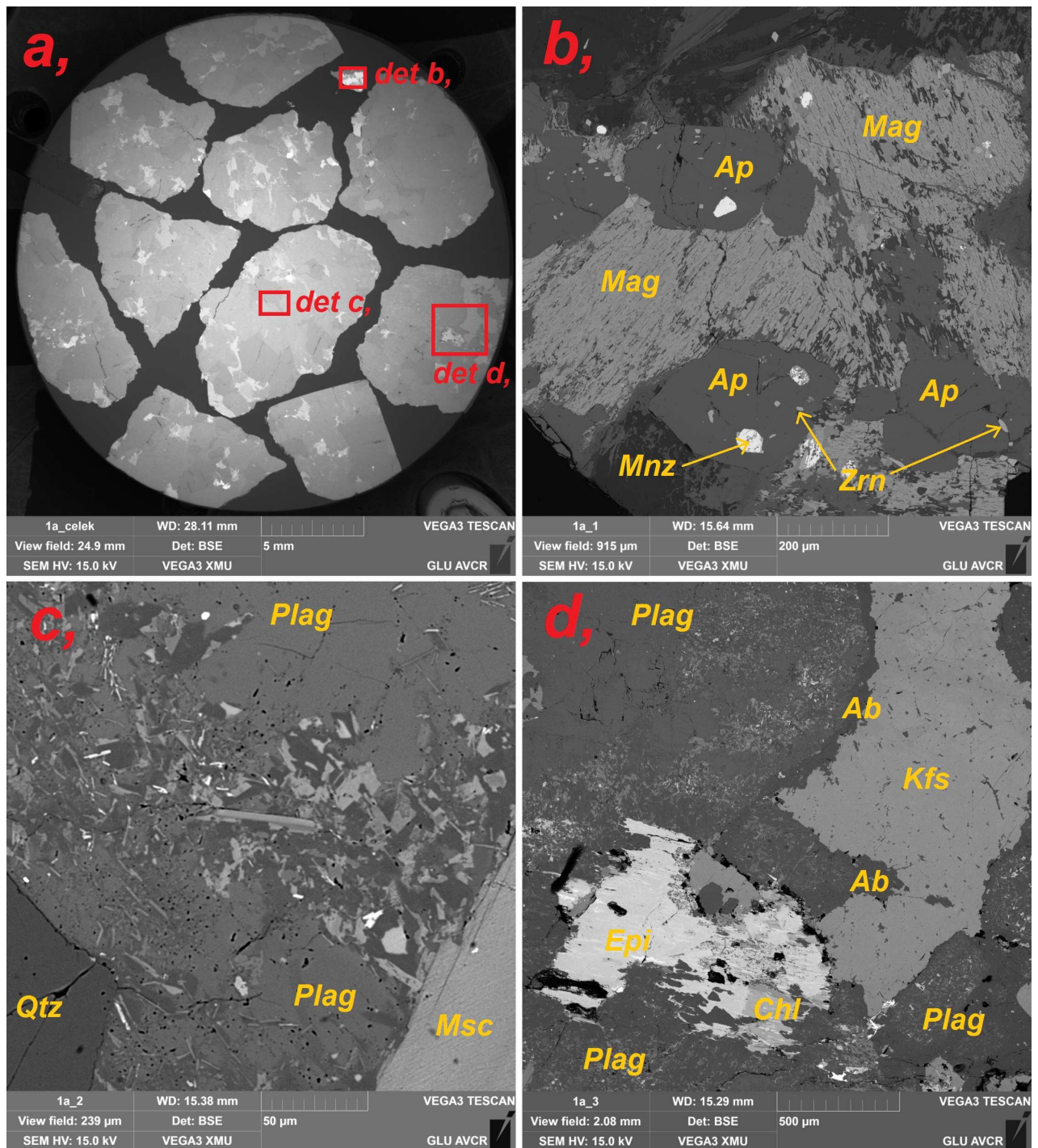
Při odběru případných dalších vzorků pro podobné účely doporučuji přítomnost geologa, který by horniny v zájmové oblasti všestranně posoudil.

## Literatura

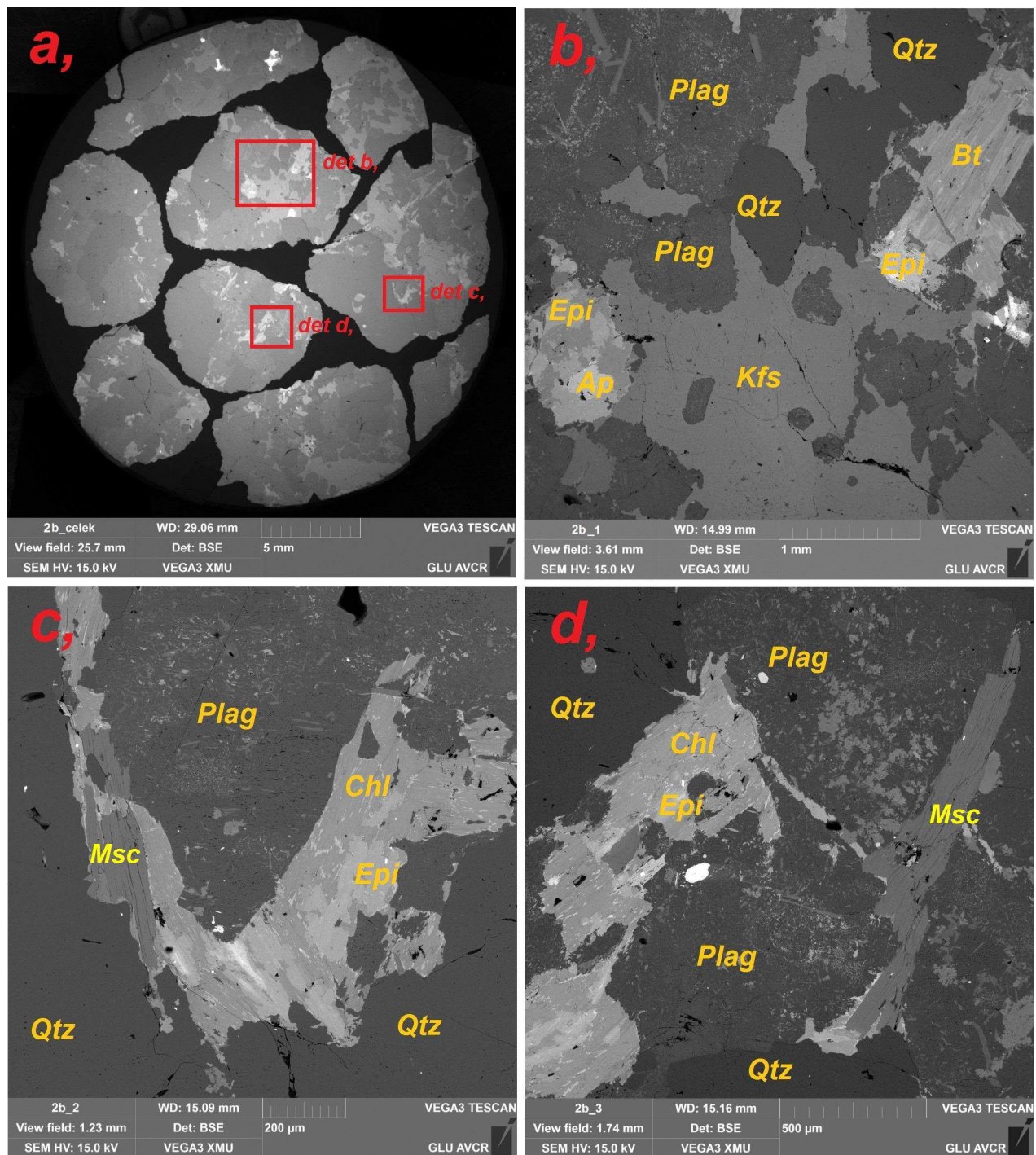
- Broska I., Uher P. (2001) Whole-rock chemistry and genetic typology of the West-Carpathian Variscan granites. *Geologica Carpathica* 52, 79–90.
- Gaveda A., Burda J., Klotzli U., Golonka J. (2015) Episodic construction of the Tatra granitoid intrusion (Central Western Carpathians, Poland/Slovakia): consequences for the geodynamics of Variscan collision and Rheic Ocean closure. *International Journal of Earth Sciences*, published online, DOI 10.1007/s00531-015-1239-2.
- Kohút M., Janák M. (1994): Granitoids of the Tatra Mts.. Western Carpathians: field relations and petrogenetic implications. *Geologica Carpathica* 45, 301–311.



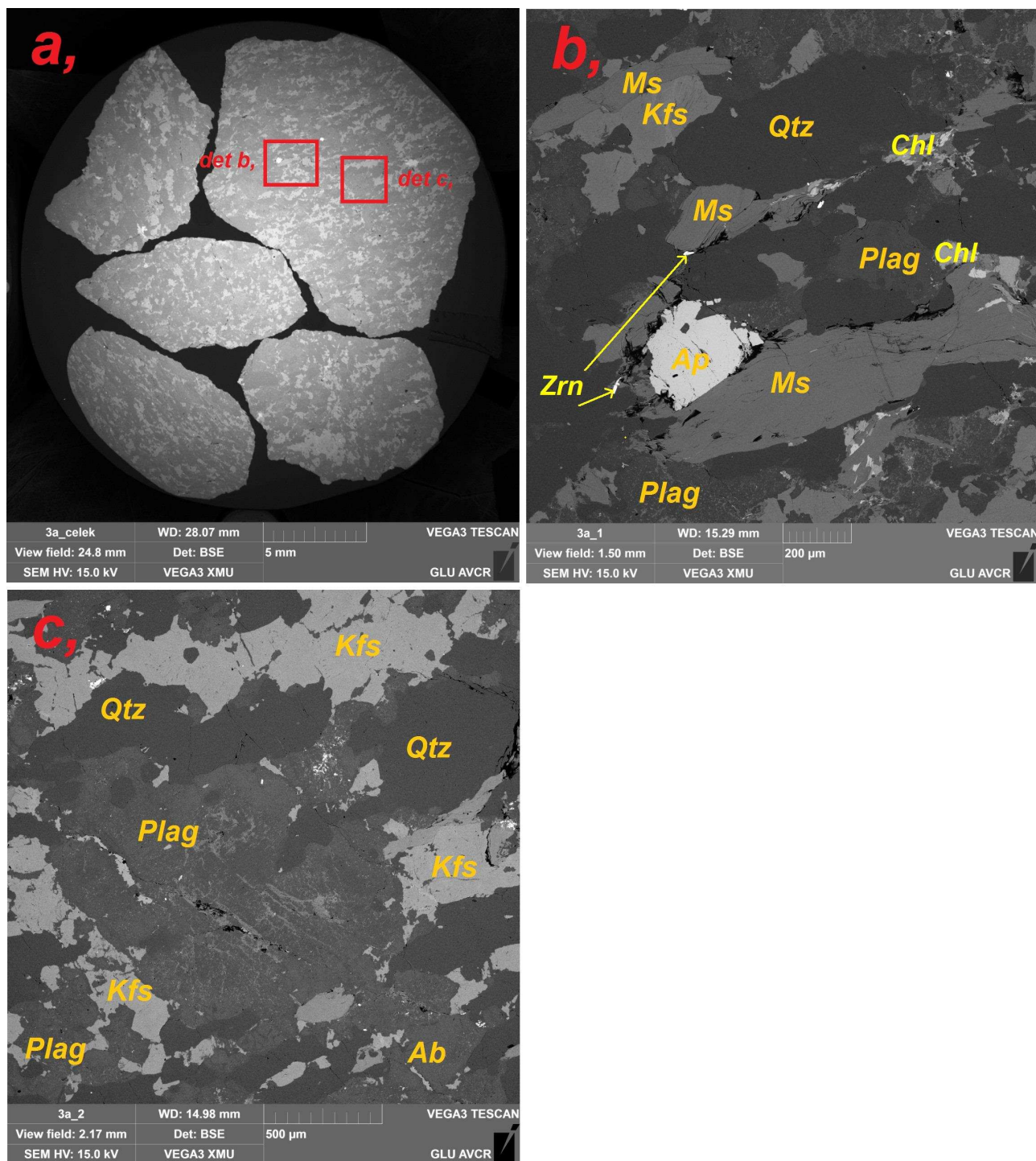
**Obr. 1** Zalité a vyleštěné vzorky připravené na analýzu (průměr preparátů je 25 mm)  
(zpětně odražené elektrony)



**Obr. 2** Celková (a) a detailní (b, c, d) fotografie vzorku #1 (zpětně odražené elektrony).  
Pozn.: Qtz- křemen, Kfs- draselný živec, Plag- plagioklas, Ab- albit, Msc- muskovit, Epi- epidot,  
Chl- chlorit, Ap- apatit, Mag- Ti-magnetit, Mnz- Monazit, Zrn- zirkon.



**Obr. 3** Celková (a) a detailní (b, c, d) fotografie vzorku #2 (zpětně odražené elektrony).  
Pozn.: Qtz- křemen, Kfs- draselný živec, Plag- plagioklas, Ab- albit, Epi- epidot, Chl- chlorit, Ap- apatit.



**Obr. 4** Celková (a) a detailní (b, c) fotografie vzorku #3 (zpětně odražené elektrony).  
Pozn.: Qtz- křemen, Kfs- draselný živec, Plag- plagioklas, Ab- albit, Msc- muskovit.

**Tab. 1** Chemické složení (váh%) a empirické vzorce (apfu) plagioklasu a K-živce ve vzorku #1

Minerál	plagioklas					K-živec	
	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Vzorek	5	6	7	11	12	9	10
Anal.	5	6	7	11	12	9	10
SiO <sub>2</sub>	62,67	61,08	68,27	62,82	68,06	64,03	63,09
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,01	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,29	22,82	19,00	20,98	18,03	17,12	17,53
FeO	0,08	0,08	0,00	0,05	0,01	0,06	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
MnO	0,06	0,00	0,04	0,04	0,00	0,03	0,01
CaO	4,49	5,95	0,46	4,04	0,36	0,05	0,03
BaO	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	1,37	1,84
Na <sub>2</sub> O	8,90	8,20	11,42	9,04	11,64	1,17	1,36
K <sub>2</sub> O	0,26	0,23	0,05	0,48	0,04	14,94	13,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,04
Total	97,82	98,40	99,24	97,53	98,16	98,80	97,85
Si	2,835	2,759	3,005	2,850	3,030	3,019	3,000
Ti	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Al	1,135	1,215	0,986	1,122	0,946	0,951	0,982
Fe	0,003	0,003	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mn	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
Ca	0,218	0,288	0,022	0,196	0,017	0,003	0,002
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,034
Na	0,780	0,718	0,974	0,795	1,005	0,107	0,125
K	0,015	0,013	0,003	0,028	0,002	0,898	0,846
P	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002



**Tab 1** pokrač. Chemické složení (váh%) a empirické vzorce (apfu) plagioklasu a K-živce ve vzorku #2

Minerál	plagioklas					K-živec		
	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b
Vzorek	23	24	29	30	42	21	22	43
Anal.	23	24	29	30	42	21	22	43
SiO <sub>2</sub>	61,45	61,69	66,97	66,19	65,01	62,05	63,00	63,64
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,24	21,43	20,97	20,89	21,81	17,35	17,23	17,99
FeO	0,06	0,04	0,00	0,03	0,07	0,06	0,00	0,01
MgO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,02	0,05	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
CaO	4,92	4,71	0,06	1,07	1,40	0,05	0,04	0,00
BaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,95	1,16	0,26
Na <sub>2</sub> O	8,24	8,42	12,09	11,79	11,31	1,41	1,43	0,44
K <sub>2</sub> O	0,20	0,25	0,06	0,07	0,15	13,73	14,14	15,81
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,04	0,03	0,00	0,00	0,06	0,09	0,04
Total	96,19	96,63	100,21	100,08	99,76	96,71	97,10	98,17
Si	2,825	2,823	2,929	2,909	2,870	2,992	3,008	2,999
Ti	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Al	1,151	1,156	1,081	1,082	1,135	0,986	0,969	0,999
Fe	0,002	0,001	0,000	0,001	0,003	0,002	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Ca	0,243	0,231	0,003	0,050	0,066	0,002	0,002	0,000
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,022	0,005
Na	0,734	0,747	1,025	1,005	0,968	0,131	0,132	0,040
K	0,012	0,014	0,003	0,004	0,008	0,844	0,861	0,950
P	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,003	0,003	0,001

**Tab. 1** pokrač. Chemické složení (váh%) a empirické vzorce (apfu) plagioklasu a K-živce ve vzorku #3

Minerál	plagioklas				K-živec				
	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a
Vzorek	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a
Anal.	54	55	60	61	48	52	53	58	59
SiO <sub>2</sub>	67,25	64,63	67,15	64,58	63,46	64,39	63,36	63,02	62,71
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,83	22,46	20,54	22,45	18,67	18,21	18,33	18,51	18,59
FeO	0,10	0,07	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02
CaO	0,53	3,33	0,39	2,66	0,01	0,00	0,10	0,07	0,01
BaO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,50	0,34	0,39	0,27	0,46
Na <sub>2</sub> O	11,92	10,28	11,94	10,37	0,85	0,54	0,51	0,62	0,52
K <sub>2</sub> O	0,08	0,27	0,25	0,11	15,63	15,75	15,68	15,21	15,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03
Total	100,74	101,10	100,28	100,23	99,20	99,34	98,45	97,81	97,99
Si	2,930	2,827	2,939	2,841	2,968	2,998	2,981	2,975	2,968
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Al	1,070	1,158	1,059	1,164	1,029	0,999	1,016	1,030	1,037
Fe	0,003	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Ca	0,025	0,156	0,018	0,125	0,001	0,000	0,005	0,004	0,001
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,006	0,007	0,005	0,009
Na	1,007	0,872	1,013	0,884	0,077	0,049	0,046	0,056	0,048
K	0,005	0,015	0,014	0,006	0,932	0,935	0,941	0,916	0,942
P	0,000	0,003	0,000	0,000	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001

**Tab. 2** Chemické složení slíd (váh%) ze vzorků 1 a 2 a jejich empirické vzorce (apfu)

Minerál	fengitický muskovit				biotit	fengitický muskovit			
	1a	1a	1a	1a		2b	2b	2b	2b
Vzorek	1a	1a	1a	1a	2b	2b	2b	2b	2b
Anal.	3	4	8	18	19	31	32	38	39
SiO <sub>2</sub>	46,61	46,40	46,91	46,24	34,01	44,78	44,43	44,96	44,36
TiO <sub>2</sub>	0,35	0,79	0,10	1,18	2,85	1,22	1,24	0,80	0,89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,78	30,08	33,10	29,97	15,10	33,02	32,85	33,31	33,12
FeO	4,81	5,13	3,80	5,35	25,45	4,94	5,14	4,91	5,12
MgO	0,82	0,99	0,60	1,13	7,21	1,02	1,06	1,01	0,87
MnO	0,00	0,00	0,02	0,07	0,36	0,00	0,11	0,01	0,00
CaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,01	0,00	0,00
BaO	0,16	0,24	0,18	0,27	0,32	0,25	0,22	0,28	0,32
Na <sub>2</sub> O	0,51	0,31	0,29	0,32	0,04	0,47	0,39	0,45	0,36
K <sub>2</sub> O	10,66	10,56	10,44	9,59	8,68	10,54	10,41	10,33	10,48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	94,71	94,51	95,45	94,13	94,18	96,24	95,85	96,06	95,52
Si	6,377	6,376	6,308	6,359	5,454	6,055	6,039	6,077	6,048
Ti	0,036	0,082	0,010	0,122	0,343	0,124	0,126	0,081	0,091
Al	4,963	4,872	5,245	4,857	2,853	5,262	5,261	5,307	5,321
Fe	0,550	0,590	0,427	0,615	3,413	0,558	0,584	0,555	0,584
Mg	0,167	0,204	0,120	0,231	1,724	0,206	0,215	0,204	0,176
Mn	0,000	0,000	0,003	0,009	0,049	0,000	0,012	0,001	0,000
Ca	0,001	0,000	0,000	0,001	0,026	0,000	0,002	0,000	0,000
Ba	0,008	0,013	0,010	0,015	0,020	0,013	0,012	0,015	0,017
Na	0,135	0,084	0,075	0,085	0,014	0,124	0,101	0,118	0,095
K	1,861	1,851	1,791	1,683	1,774	1,818	1,805	1,781	1,823
P	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
Mg/Mg+Fe	0,23	0,26	0,22	0,27	0,34	0,27	0,27	0,27	0,23

**Tab. 3** Chemické složení chloritu (váh%) ze vzorků 1 a 2 a jeho empirické vzorce (apfu)

Minerál	chlorit								
	Vzorek	1a	1a	1a	2b	2b	2b	2b	2b
Anal.	14	16	17	28.	33	36	37	40	62
SiO <sub>2</sub>	26,97	26,50	26,47	26,30	25,32	25,71	25,33	25,18	25,74
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,07	0,10	5,31	0,08	0,13	0,08	0,10	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,28	17,05	17,14	17,29	21,06	20,35	19,81	20,82	19,62
FeO	29,74	34,54	34,94	23,10	29,77	31,00	30,29	30,80	27,73
MgO	14,02	11,29	10,97	13,31	13,00	13,06	13,37	13,25	14,97
MnO	0,68	0,44	0,39	0,55	0,55	0,54	0,52	0,44	0,67
CaO	0,11	0,04	0,06	4,20	0,06	0,00	0,03	0,00	0,07
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
K <sub>2</sub> O	0,01	0,02	0,12	0,01	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Total	88,84	89,96	90,22	90,06	89,90	90,84	89,44	90,66	88,83
Si	2,882	2,867	2,862	2,722	2,668	2,697	2,696	2,645	2,723
Ti	0,002	0,005	0,008	0,413	0,006	0,010	0,006	0,008	0,002
Al	2,176	2,174	2,184	2,108	2,616	2,516	2,485	2,578	2,446
Fe	2,657	3,124	3,159	1,999	2,624	2,719	2,696	2,706	2,453
Mg	2,234	1,821	1,768	2,053	2,042	2,042	2,121	2,076	2,361
Mn	0,062	0,040	0,036	0,048	0,049	0,048	0,047	0,039	0,060
Ca	0,012	0,004	0,007	0,465	0,007	0,000	0,003	0,000	0,008
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Na	0,000	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,001	0,002	0,000
K	0,001	0,002	0,016	0,001	0,006	0,002	0,001	0,005	0,002
P	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Mg/(Mg+Fe)	0,46	0,37	0,36	0,51	0,44	0,43	0,44	0,43	0,49

**Tab. 4** Chemické složení slíd a chloritu (váh%) ze vzorku 3 a jejich empirické vzorce (apfu)

Minerál	Fengitický muskovit					chlorit		
	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a
Vzorek	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a	3a
Anal.	45	46	47	56.	57	49	50	51
SiO <sub>2</sub>	45,19	45,65	45,68	45,42	45,82	25,60	26,03	25,50
TiO <sub>2</sub>	0,50	0,75	0,63	0,84	0,72	0,03	0,11	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,92	32,96	33,31	33,38	32,60	21,85	20,02	19,61
FeO	4,88	5,01	5,36	4,93	5,31	27,60	29,58	29,63
MgO	0,75	1,02	0,83	0,90	0,90	14,29	13,48	13,84
MnO	0,12	0,07	0,01	0,03	0,09	0,51	1,00	0,79
CaO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,07	0,05	0,03
BaO	0,08	0,10	0,04	0,07	0,07	0,00	0,01	0,03
Na <sub>2</sub> O	0,59	0,58	0,41	0,55	0,57	0,01	0,02	0,00
K <sub>2</sub> O	10,51	10,51	10,78	10,55	10,59	0,02	0,11	0,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
Total	97,56	96,65	97,06	96,65	96,67	89,97	90,43	89,50
Si	6,006	6,133	6,120	6,097	6,163	2,659	2,730	2,707
Ti	0,050	0,075	0,064	0,084	0,073	0,003	0,008	0,002
Al	5,471	5,218	5,258	5,282	5,168	2,675	2,474	2,454
Fe	0,542	0,563	0,600	0,553	0,598	2,397	2,594	2,631
Mg	0,148	0,205	0,167	0,180	0,180	2,213	2,107	2,190
Mn	0,013	0,008	0,001	0,003	0,010	0,045	0,088	0,071
Ca	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,008	0,006	0,004
Ba	0,004	0,005	0,002	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001
Na	0,151	0,151	0,107	0,142	0,148	0,002	0,004	0,000
K	1,782	1,801	1,842	1,806	1,817	0,002	0,015	0,005
P	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001
Mg/Mg+Fe	0,21	0,27	0,22	0,25	0,23	0,48	0,45	0,45

**Tab. 5** Chemické složení epidotu (váh%) ze vzorků 1 a 2 a jeho empirické vzorce (apfu)

Minerál	epidot							
	1a	1a	2b	2b	2b	2b	2b	2b
Vzorek	13	15	20	26	27	34	35	41
Anal.	13	15	20	26	27	34	35	41
SiO <sub>2</sub>	37,07	37,40	36,80	37,25	37,08	36,49	37,22	37,30
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,01	0,11	0,13	0,11	0,01	0,12	0,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,90	19,99	20,52	20,00	20,12	20,48	22,06	23,38
FeO	14,39	15,61	15,23	14,68	15,39	16,26	14,87	13,21
MgO	0,00	0,01	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
MnO	0,37	0,14	0,27	0,14	0,14	0,09	0,12	0,11
CaO	22,09	22,27	21,56	22,10	22,08	21,50	22,12	22,17
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00
Total	94,85	95,46	94,62	94,35	94,97	94,84	96,53	96,27
Si	3,023	3,048	3,019	3,057	3,035	3,001	2,980	2,965
Ti	0,002	0,001	0,007	0,008	0,006	0,001	0,007	0,005
Al	2,009	1,920	1,984	1,935	1,941	1,985	2,082	2,191
Fe	0,981	1,064	1,045	1,007	1,053	1,118	0,995	0,878
Mg	0,000	0,002	0,008	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000
Mn	0,025	0,010	0,019	0,010	0,010	0,006	0,008	0,007
Ca	1,930	1,944	1,895	1,943	1,936	1,895	1,897	1,888
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,000	0,004	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
P	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000
Mg/(Mg+Fe)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tab. 6** Chemické složení apatitu (váh%) a jeho empirické vzorce (apfu)

Vzorek	1a	2b	3a
Anal.	2	25	44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	44,28	43,76	44,38
CaO	54,70	53,29	53,08
MnO	0,20	0,19	1,19
FeO	0,00	0,06	0,08
MgO	0,00	0,00	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,11	0,08	0,15
SiO <sub>2</sub>	0,01	0,01	0,01
Total	99,32	97,40	98,93
P	3,070	3,087	3,089
Ca	4,800	4,757	4,676
Mn	0,014	0,014	0,083
Fe	0,000	0,004	0,006
Mg	0,000	0,000	0,000
Na	0,018	0,013	0,024
Si	0,001	0,001	0,001

**Tab. 7** Chemické složení Ti-magnetitu (váh%)

Vzorek	1a
Anal.	1
SiO <sub>2</sub>	0,02
TiO <sub>2</sub>	15,81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06
FeO	81,35
MgO	0,00
MnO	1,50
Total	98,77

**Tab. 8** Chemické složení granitoidů (váh%, analýzy ČGS Praha)

Vzorek	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	69,70	69,56	73,77
TiO <sub>2</sub>	0,35	0,34	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,35	15,64	14,36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,89	0,78	0,39
FeO	1,41	1,52	0,60
MgO	0,84	0,84	0,35
MnO	0,04	0,04	0,04
CaO	2,44	2,54	0,95
SrO	0,07	0,07	0,03
BaO	0,11	0,13	0,09
Li <sub>2</sub> O	0,00	0,01	0,00
Na <sub>2</sub> O	4,51	4,48	3,84
K <sub>2</sub> O	2,05	2,05	3,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,09	0,05
F	0,05	0,05	0,04
CO <sub>2</sub>	0,28	< 0,01	0,20
C(ost.)	0,03	0,04	0,03
S(tot.)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
H <sub>2</sub> O(+)	1,28	1,10	0,85
H <sub>2</sub> O(-)	0,11	0,10	0,07
F(ekv)	-0,02	-0,02	-0,02
S(ekv)	0,00	0,00	0,00
Total	99,63	99,37	99,31