

# Neobvyklý P-, Li- a Sn-bohatý pegmatit z Vernéřova u Aše, Česká republika

## Unusual P-, Li- and Sn-rich pegmatite from Vernéřov near Aš, Czech Republic

KAREL BREITER<sup>1)</sup>, RADEK ŠKODA<sup>2)</sup> A FRANTIŠEK VESELOVSKÝ<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Geologický ústav AV ČR v.v.i., Rozvojevá 257, 165 00 Praha 6

<sup>2)</sup>Ústav geologických věd, Masarykova Univerzita, Kottlářská 2, 611 37 Brno

<sup>3)</sup>Česká geologická služba, Geologická 2, 152 00 Praha 5

BREITER K., ŠKODA R., VESELOVSKÝ F. (2009): Neobvyklý P-, Li- a Sn-bohatý pegmatit z Vernéřova u Aše, Česká republika. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 17/1, 41-59. ISSN: 1211-0329.

### Abstract

Pegmatite from Vernéřov near Aš (W Bohemia) forms a steeply dipping, about 1 m thick, more than 1 km long dyke, examined to the depth more than 200 m. The pegmatite is homogeneous, without any type of zonality. The major pegmatite dyke is accompanied by a swarm of thin (up to 10 cm thick) veins. The minerals in dyke and veins originated in several episodes: (1) intrusion of granitic melt and crystallization of the main pegmatite dyke quartz+orthoclase+montebrasite, (2) origin of hydrothermal quartz-feldspar veins with common cassiterite and contemporary crystallization of cassiterite in the main pegmatite dyke, (3) crystallization of Sn-Zn-Fe-Cu-sulfides, namely stannite with admixtures of kesterite, (4) crystallization of Ag-Bi-Pb-sulfides, intensive replacement of primary silicates with fine-grained muscovite, replacement of stannite with young cassiterite, replacement of montebrasite by hydrous Al-phosphates, (5) crystallization of strongly hydrated Al- and Fe-phosphates. The pegmatite is rich in P, Li, and Sn, but poor in F. Minerals of B or Be were not found. The only primary Li-mineral and substantial P-host is montebrasite.

**Key words:** pegmatite, mineralogy, chemical composition, phosphates, montebrasite, sulfides, genesis, Vernéřov near Aš, Western Bohemia

### Úvod

Malé cínové ložisko Vernéřov u Aše je známé mezi mineralogy jako zdroj vzorků amblygonitu a kesteritu, v obou případech jde však o omyl - ve skutečnosti je místo amblygonitu přítomen montebrasit, a kesterit tvoří jen lokální odmišleniny v naprosto převládajícím staninu.

Historická těžba cínu ve Vernéřově byla nepatrná a byla později zcela zapomenuta. Ložisko tak bylo v roce 1954 objeveno na základě prospekce podruhé, bez vazby na starší informace (Chrt, Malásek 1954; Chrt 1955). V letech 1954 - 1958 bylo báňsky otevřeno na dvou horizontech (-35 a -85 m) v délce 600 m (Kušníř 1958). Později byl průběh žil vrtně ověřen do hloubky 300 m (Janečka, Komárek 1969; Janečka et al. 1973).

Výplň žíly je obecně považována za nezonální pegmatit, později hydrotermálně alterovaný (Bernard 1981; Novák 2005). Primární minerální složení pegmatitu bylo jednoduché, ale pozdější hydrotermální alterace způsobily dnešní minerální pestrost lokality s potvrzeným výskytem cca 45 minerálů. Vernéřov tak představuje vysoce zajímavý výskyt neobvyklého typu fosfátového pegmatitu, nesrovnatelného s ostatními pegmatity bavorsko-západočeské oblasti.

Vernéřov je dlouhodobě oblíbenou lokalitou sběratelů minerálů, moderní revize zdejších minerálů dosud chyběla. Předkládaná studie vznikla zejména na základě dlouholetých sběrů z haldového materiálu, který z největší části pochází z báňských prací na úrovni -85 m. Z haldového materiálu nejspíše pochází i několik blíže neložiskových vzorků ze sbírek Národního muzea v Pra-

ze. Poslední část použitého materiálu pochází z vrtného průzkumu v 60. letech, který dokladuje vývoj žilné výplně v hloubce 200 - 300 m.

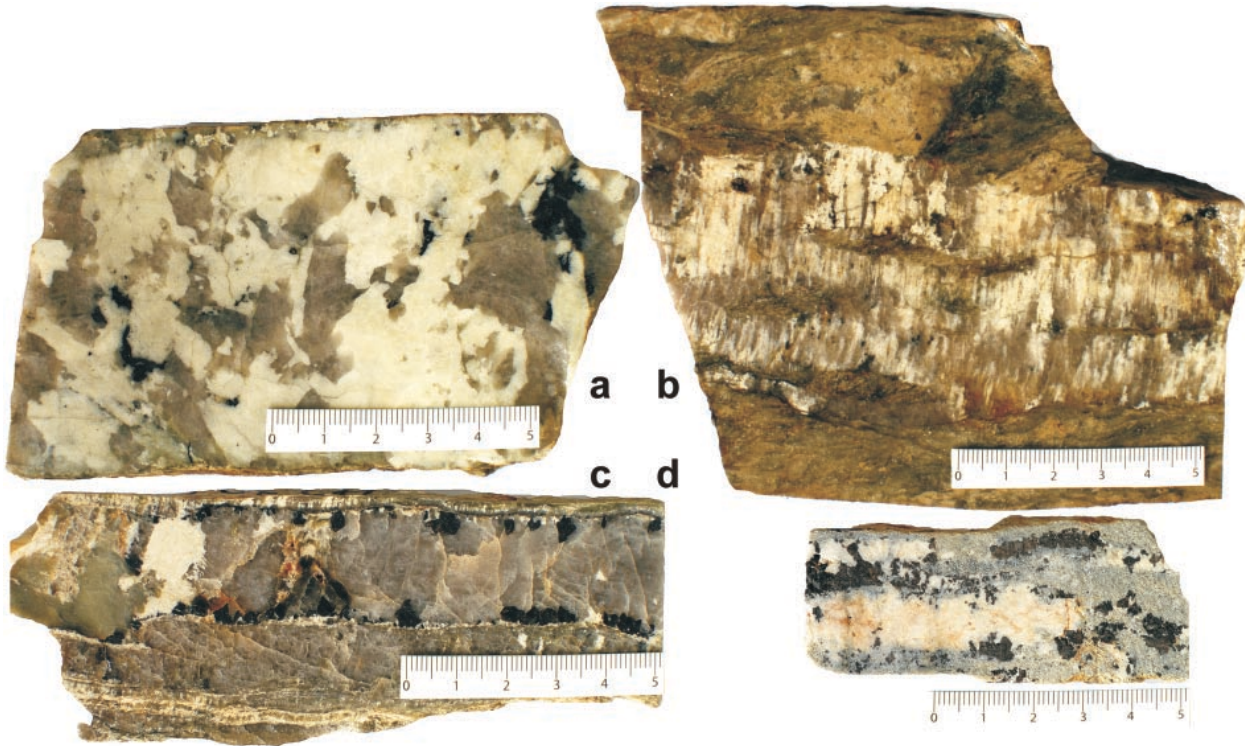
### Geologie

Ložisko leží na jz. svahu koty „Na pískách“ (německy Zinnberg, tedy přece nějaká vzpomínka na báňskou minulost!), asi 0.5 km v. od osady Vernéřov. K lokalitě se lze nejlépe dostat tak, že z křižovatky v centru obce půjdeme silnicí 400 m v. směrem až k výletní restauraci na jejím konci. Dále pokračovat ještě 150 m lesní cestou úzkým údolím stále východním směrem. Halda je vlevo od cesty a je z cesty viditelná.

Veškeré geologické a báňské poznatky z ložiska Vernéřov shrnul Janečka a Komárek (1969). Ložisko leží v severní části smrčinské klenby, severně od smrčinského granitového masívu. Okolí tvoří varisky metamorfované pararuly, směr břidličnatosti je generálně JZ - SV s úklonem 25 - 45° k SZ.

Pegmatitový žilník má směr 55° s úklonem 75 - 85° k JV, tedy protiklonně k břidličnatosti okolní horniny. Hlavní žíla má mocnost 50 - 70 cm, celková mocnost žilníku dosahuje 32 m. Délka žilníku je zhruba 1 km, hlavní žíla byla báňsky ověřena na úrovni -85 m v délce 430 m. Jednotlivé žíly žilníku vyplňují tahové struktury rovnoběžné s osou smrčinské klenby. Mladší tektonické poruchy podélné i příčné jsou velmi hojné, někdy jsou vyhojeny křemenem, ale bez jiné mineralizace.

Podle materiálu z haldy a vrtů, ale i podle popisu poměrů v dole (Janečka, Komárek 1969), se zde vyskytu-



**Obr. 1** Makrotextury (foto J. Brožek): **a.** odžilek pegmatitové žíly zachován v celé mocnosti 7 cm s texturou typickou pro celý verněřovský pegmatit. Montebrasit (lehce nazelenalý) je zastoupen zhruba ve stejném množství jako ortoklas (téměř bílý). Šedý je křemen, černé shluky drobných zrn jsou sulfidy s převažujícím staninem a sfaleritem; **b.** 4 - 5 cm mocná křemen-živcová žíla s „zebríkovitou“ texturou v biotitické rule. Křemen i ortoklas tvoří palisádovité krystaly narůstající kolmo na oba okraje žíly; **c.** 4.5 cm mocná převážně křemenná žíla s hojným kasiteritem. Žílná výplň vznikla v několika epizodách oddělených tektonickými pohyby. Nejstarší fází výplně žíly jsou cca 2 mm mocné polohy s zebríkovitou texturou podél obou kontaktů. Následoval drobněji zrnitý křemen ve spodní části obrázku. V další etapě, po opětovném otevření struktury, krystalizoval na obou oddalujících se plochách kasiterit a posléze byl zbylý prostor vyplněn hrubě zrnitým křemenem s K-živcem (bílý) a jemnozrnným muskovitem (nazelenalý, celistvý); **d.** 3 cm mocná bohatě kasiteritem zrudněná žilka tvořená K-živcem (narůžovělý) a drobně zrnitým agregátem křemene+muskovitu (šedý).

jí dva typy žilných výplní (obr. 1):

1. „pegmatit“: hrubozrnný agregát křemene, ortoklasu a montebrasitu (obr. 1a), místy proniknutý mladším hydrotermálním zrudněním o mocnosti od 10 do 50 - 100 cm. Žíla nemá zřetelnou zonálnost a v celém svém objemu je poměrně homogenní s velikostí zrn hlavních součástí mezi 2 a 10 cm. Kasiterit tvoří až 1 cm velká zrna a krystaly zejména při okraji žil. Molybdenit je přítomen často přímo na kontaktní ploše mezi žílou a okolní horninou nebo v její těsné blízkosti. Ostatní sulfidy jsou vždy uvnitř žíly a krystalizovaly na úkor primárních minerálů.
2. „křemenné žíly“: většina z nich má zebríkovitou texturu se složením křemen-draselný živec (obr. 1b-d) a vznikla v několika periodách otvírání žilné struktury a krystalizace křemene. Mocnost křemenných žil je většinou do 5 cm, ojediněle do 20 cm. Často jsou silně zrudněné. Na kontaktních plochách, ale i na rozhraních uvnitř žíly, mohou narůstat orientované krystaly draselného živce a kasiteritu. Sulfidy i zde jako následný produkt zatlačují silikáty.

Podle chemických analýz ložiskových vzorků (Janečka, Komárek 1969), ubývá směrem do hloubky obsah Li a roste obsah Sn, tedy ubývá montebrasit a přibývá křemen a kasiterit.

### Přehled starších mineralogických výzkumů

První mineralogický popis ložiska pochází z doby báňské otvírky v polovině 50. let. Pokorný (1955, 1957a,b) v žilné výplni identifikoval a stručně popsal asi 20 minerálů (tab. 1). Vedle hlavních silikátů (křemen, K-živec, plagioklas, muskovit) a kasiteritu zaznamenal i fosfáty (amblygonit, augelit) a sulfidy (stanin, pyrit, markazit, matildit, emplektit, bismutin, chalkosin). Minerály byly identifikovány na základě optických vlastností, případně rentgenograficky. Proto určení zejména některých sulfidů, jejichž výskyt nebyl ověřen žádným dalším výzkumem, není zcela jisté. Zřejmý omyl při stanovení fluoru v přítomném montebrasitu vedl k popisu amblygonitu, který byl potom po 50 let nekriticky přebírán ve všech přehledných pojednáních o mineralogii Československa (Kratochvíl 1962; Bernard et al. 1981; Novák 2005).

O něco později se Čech (1962) podrobně věnoval zdejšímu fosfátům. Identifikoval apatit, crandallit, lazulit a trifylin. Z dalších minerálů našel albit, adular, fluorit a karbonáty Fe-Mn-Mg. Záměnu montebrasitu za amblygonit neodhalil.

K verněřovským sulfidům se Čech krátce vrátil popisem křesteritu (Čech, Hak 1982), který podle jejich názoru zde převládá nad staninem.

**Tabulka 1** Přehled všech z Vernéřova popsaných minerálů (tučně druhy ověřené touto studií)

Minerál	poprvé popsal	poznámka
adular	Čech 1962	hydrotermální
<b>albit</b>	Čech 1962	drobné hydrotermální krystalky, žilky
amblygonit		v jediné publikované analýze Pokorný (1955) udává 12.59 % F, který byl stanoven po vytavení vzorku titrací s $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ jako $\text{PbClF}$ metodikou dr. Doležala. Již Mrňa a Pácal (1962) tento údaj zpochybnili, hromadně byl přesto dál přebírán
<b>= montebrasit</b>	Pokorný 1955	
<b>augelit</b>	Pokorný 1957, Čech 1962	3 typy, vždy druhotný
<b>bismut ryzí</b>	Chrt 1955	vzácně
<b>bismutin</b>	Pokorný 1957	vzácně
<b>brazilianit</b>		ojedinělé krystalky v montebrasitu
<b>crandallit</b>	Čech 1962	zatlačuje montebrasit
emplektit	Pokorný 1955	
<b>ferristrunzit</b>		
<b>ferrocolumbit</b>		
<b>ferrohagendorfit</b>		
<b>fluorit</b>	Čech 1962	mladý hydrotermální
<b>fluorapatit</b>	Chrt 1955, Čech 1962	pozdní minerál v různých asociacích, + varieta bohatá karbonátovou komponentou
<b>galenit</b>		
<b>gatumbait</b>		vzniká zatlačováním montebrasitu
<b>gorceixit</b>		spolu s crandallitem v produktech rozkladu montebrasitu
<b>goyazit</b>		spolu s crandallitem a gorceyxitem v produktech rozkladu montebrasitu
<b>gustavit</b>		vzácně spolu s dalšími Ag-Bi-Pb sulfidy
<b>hagendorfit</b>		
<b>chalkopyrit</b>	Chrt, Malásek 1954	
chalkosin	Pokorný 1957	
jílové minerály	Čech 1962	
<b>joséit</b>		vzácně spolu s dalšími Ag-Bi-Pb sulfidy
<b>karbonáty Fe-Mn-Mg</b>	Čech 1962	pozdní žilky
<b>kasiterit</b>	historicky těžen	hojný, ve dvou generacích
<b>kěsterit</b>	Čech, Hak 1982	pouze odmíšeniny ve staninu
<b>křemen</b>		
<b>kulanit</b>		vzniká rozpadem montebrasitu
K-živce ( <b>ortoklas</b> , ojediněle <b>mikroklin</b> )		ortoklas obsahuje 0.7 - 0.9 hm. % $\text{P}_2\text{O}_5$
<b>lacroixit</b>		vzniká zatlačováním montebrasitu
<b>lazulit</b>	Čech 1962	vzácný, modrý, zatlačuje montebrasit
<b>limonit</b>	Pokorný 1955	
<b>ludlamit</b>		ojediněle po trifylinu
markasit	Pokorný 1957	
<b>matildit</b>	Pokorný 1957	vzácný
<b>metavariscit</b>		vzniká rozpadem montebrasitu
<b>molybdenit</b>	Chrt, Malásek 1954	jemné impregnace v blízkosti okrajů žíly
<b>muskovit</b>		+ variety Li-fengit a velmi jemnozrnný „hydromuskovit“
<b>perhamit</b>		varieta bohatá F
plagioklas	Pokorný 1955	
pyrit	Pokorný 1957	
<b>rutil</b>		vzácný, + varieta Nb-rutil
<b>scorzalit</b>		vzniká rozpadem montebrasitu
<b>sfalerit</b>	Chrt, Malásek 1954	hojný
<b>stanin</b>	Pokorný 1955	nejhojnější sulfid
<b>trifylin</b>	Čech 1962	vzácně po montebrasitu
varlamoffit	Novák et al. 2004	po kasiteritu
<b>viitaniemiit</b>		vzniká rozpadem montebrasitu
<b>vivianit</b>	Janečka, Komárek 1969	vzniká větráním trifylinu nebo větráním fosfátů+karbonátů Fe
<b>whiteit</b>		Fe-bohatá varieta
<b>whitmoreit</b>		alterační produkt

## Metodika

Mikrochemické analýzy minerálů byly provedeny na mikrosondě Cameca SX100 na společném pracovišti MU a ČGS v Brně a to z leštěných výbrusů či nábrusů, na které byla nanášena grafitová vrstva. Všechny analýzy byly provedeny ve vlnově-disperzním režimu. Pro silikáty a fosfáty bylo použito urychlovací napětí 15 kV a pro sulfidy a ryzí kovy 25 kV. Proud a průměr svazku byly nastaveny tak, aby bylo minimalizováno lokální poškození minerálů nestabilních pod elektronovým svazkem, ale zároveň, aby byl detekovaný signál dostatečně intenzivní. Pro silikáty bylo použito 10 nA a 5 μm, pro stabilní fosfáty 10 nA a 5 μm, pro montebrasit a další nestabilní fosfáty 8 nA a 10 μm a pro sulfidy 20 nA a < 1 μm. V případě velikosti zrn sekundárních fosfátů pod 10 μm byly použity proud 4 nA a průměr svazku 5 μm. Jako standardy byly použity dobře definované homogenní syntenické a přírodní fáze. Výběr

analytických čar příslušných prvků a monochromátorů byl volen tak, aby byly vyloučeny možné koincidence. Zvláštní pozornost byla věnována stanovení F v montebrasitu, analytický postup byl prověřován na syntetickém Mg<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>F.

U minerálů nestabilních pod elektronovým svazkem dochází v průběhu analýzy k úniku vody, Na a Li. Tento jev se projevuje i přes „měkké“ podmínky analýz a je s ním třeba při následné interpretaci analytických výsledků počítat.

Empirické vzorce byly pro každou skupinu minerálu vypočítány optimálním reálným způsobem. Vzhledem k tomu, že řada minerálů obsahuje mikrosondou nestanovitelné prvky či skupiny prvků (Li, OH), nebo mohou obsahovat zároveň Fe<sup>2+</sup> i Fe<sup>3+</sup>, bylo za základ výpočtu vzato ideální obsazení té strukturní pozice, pro níž byla analytická data nejkompletnější a nejméně nejvýhodnější. Konkrétní použitý základ výpočtu je uveden v každé tabulce.

**Tabulka 2** Charakteristika analyzovaných vzorků

Vzorek	lokalizace	popis
Ver	halda	okraj žíly, u kontaktu 1 cm Qtz+Kfs, pak blokový Kfs a kasiterit+sulfidy
610	halda	montebrasit, brazilianit, augelit, karbonátový apatit
611	halda	montebrasit, viitaniemit, apatit
2999	halda	pegmatit, Qtz+Mtb+sulfidy
3000	halda	Qtz+Mtb+kasiterit, okraj pegmatitové žíly
3002	halda	pegmatit, Qtz+Mtb+cihlově červený mikroklin
3010	halda	3 - 4 cm mocná žilka, agregát Qtz+Mtb, Ap
3012	halda	1 cm žilka Kfs+fosfáty
3015	halda	Kfs+kasiterit, okraj větší žíly
4411	halda	2 cm mocná žilka, Q+Kfs+ kasiterit
4412	halda	okraj pegmatitové žíly, Mtb+Kfs, kasiterit na kontaktu, Ap
4413	halda	okraj pegmatitové žíly, Kfs+Mtb lemovaný apatitem, kasiterit, sulfidy
4414	halda	kompletní Qtz-žilka, kasiterit+sulfidy, trochu Kfs
4419	halda	vnitřní část pegmatitové žíly Q+Kfs+Mtb, sulfidy
4420	halda	okraj pegmatitové žíly, Kfs, Qtz, Ap, sulfidy, albitizace
4462	vrt Ve-4, 230m	1 cm mocná slídková žilka s kasiteritem
4463	vrt Ve-3a, 88m	žilka Kfs+Msc
4464	vrt Ve-4, 232m	jemnozrný křemen + Msc, Ap, kasiterit, sulfidy
4465	vrt Ve-3a, 143m	Mtb+Msc+Ap
4488	halda	hrudka modravých fosfátů
4530	halda	4 cm mocná křemenná žilka s dvěma tektonicky oddělenými etapami výplně: 1. fáze- pouze křemen, 2. fáze- souměrná výplň Qtz+hydromuskovit+kasiterit+Kfs
4572	halda	2.5 cm mocná křemenná žilka s Kfs na okrajích a hrubě lupenitou slídkou v centru
4574	halda	5 cm mocná křemenná žilka s Kfs na okrajích a celistvým „hydromuskovitem“ v centru, fosfáty
4575	halda	valounek fosfátové žiloviny, navětralý montebrasit s žilkami lacroixitu s metavariscitem a apatitem
4632	halda	6 cm mocná křemenná žilka se zrny K-živce při okraji, trifylin, vivianit, ludlamit, tenké pozdní žilky sericitu
4633	halda	pegmatitová žilovina, montebrasit s lemem apatitu, perhamit
4634	halda	pegmatitová žilovina, apatit, perhamit
4635	halda	1 cm mocná křemen-živcová žilka, ve vyloužené dutince trifylin, siderit, vivianit, ludlamit
4636	halda	pegmatitová žilovina, Qtz+Kfs+Mtb, trifylin, vivianit
4637	halda	okraj pegmatitové žíly, trifylin, sulfidy, siderit, apatit, lazulit, karbonát Mn, karbonátový apatit
67832	NM	fosfáty
81257	NM	fosfáty, kasiterit, chalkopyrit

## Revidované minerály

Stručný popis studovaných vzorků je obsažen v tabulce 2.

### Primární silikáty a fosfáty

#### Křemen

Skelně lesklý bílý křemen je kvantitativně nejdůležitějším minerálem žilných výplní. Téměř vždy je hrubě zrnitý s agregáty 1 - 20 cm v průměru. Náznaky krystalů jsou ojedinělé. Křemen tvoří podstatnou část pegmatitu (30 - 40 %) a převažující část výplně křemenných žil (80 - 95 %). Zatímco výplň hlavní pegmatitové žíly vznikla během jedné krystalizační události, v křemenných žilách jsou často rozlišitelné 2 - 3 etapy přínosu křemene oddělené tektonickými pohyby (obr. 1d).

## Živce (tab. 3)

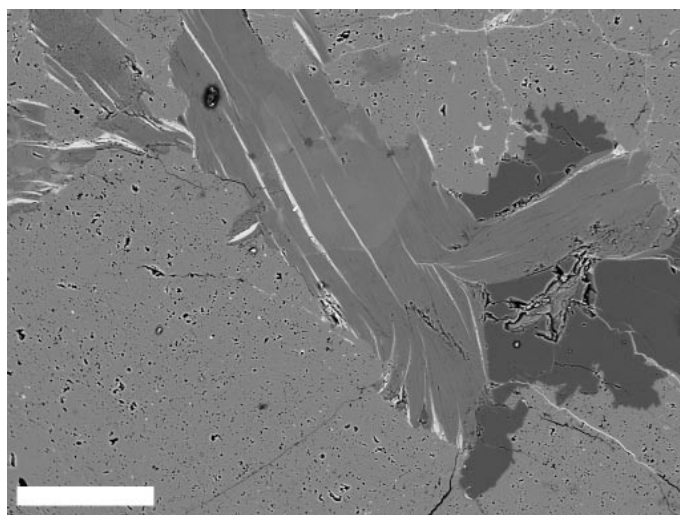
Primární nažloutlý či narůžovělý draselný živec je vždy **ortoklas** se stupněm triklinity 0.05 - 0.3 (určeno pomocí rtg-difrakce). Jenom silně hydrotermálně alterované vzorky obsahují cihlově červený **mikroklin** (triklinita > 0.6, obr. 2). Primární ortoklas v hlavní pegmatitové žíle i v křemenných žilách obsahuje 0.6 - 1,0 hm. %  $P_2O_5$ , 0.8 - 0.9 hm. %  $Na_2O$  a 0.5 - 0.6 hm. %  $Rb_2O$ . Při alteraci unikalo nejdříve Rb, a potom i Na a P, vše až k nulovým hodnotám. Při alteraci se lokálně objevuje přínos Ba. V vrtu Ve-3a bylo ale zjištěno až 0.4 % BaO spolu s vysokým obsahem fosforu bez znatelné alterace.

**Albit** tvoří jednak odmíšeniny v ortoklasu, jednak kvantitativně nevýznamná samostatná zrna a žilky. Je zcela čistý, výhradně pozdní, téměř jistě hydrotermální.

**Tabulka 3** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce (na 8 atomů kyslíku) živců. Obsahy Fe, Mn, Mg, Cs a F byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Minerál	ver	ortoklas				mikroklin	albit	
		3010	4463	4530A	4572		3010	4420
$P_2O_5$	0.60	0.70	0.89	0.09	0.64	0.04	0.08	0.15
$SiO_2$	63.89	62.87	63.07	64.00	63.12	64.69	68.72	68.47
$Al_2O_3$	18.74	18.51	18.89	18.44	18.60	18.14	19.14	19.43
FeO	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03
BaO	0.00	0.24	0.42	0.41	0.10	0.01	0.00	0.00
SrO	0.06	0.07	0.09	0.05	0.07	0.03	0.00	0.04
CaO	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
$Na_2O$	0.85	0.78	0.95	0.27	0.83	0.15	11.42	11.32
$K_2O$	15.17	15.40	15.34	15.94	15.10	16.71	0.16	0.10
$Rb_2O$	0.58	0.02	0.23	0.11	0.52	0.00	0.00	0.00
Suma	99.89	98.61	99.97	99.37	99.07	99.80	99.55	99.56
P	0.024	0.028	0.035	0.004	0.025	0.001	0.003	0.005
Si	2.956	2.947	2.926	2.986	2.950	3.002	3.010	2.998
Al	1.022	1.022	1.033	1.014	1.025	0.992	0.988	1.003
Fe	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Ba	0.000	0.004	0.008	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000
Sr	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001
Ca	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Na	0.076	0.071	0.085	0.024	0.075	0.013	0.970	0.961
K	0.895	0.920	0.908	0.949	0.900	0.989	0.009	0.006
Rb	0.017	0.001	0.007	0.003	0.016	0.000	0.000	0.000

Pozn.: Údaj 0.00 značí obsah daného oxidu pod mezí stanovitelnosti, která se v jednotlivých případech pohybuje v intervalu 0.01 - 0.05 hm. %.



**Obr. 2** Pórovitý mikroklin vzniklý alterací primárního ortoklasu za současného odnosu fosforu z živcové mřížky je protínán pozdní žilkou světlé slídy blízké se svým složením Li-fengitu. Podél štěpnosti slídy a místy i v mikroklinu později vznikl apatit (bílý) (vz. 3002). Měřítka 100  $\mu$ m. Všechna foto v odražených elektronech. Foto R. Škoda.

## Slídy (tab. 4)

V obou typech žil naprosto převažuje **muskovit** se zanedbatelným množstvím Li a obsahem fluoru kolem 1.5 hm. % (0.5 - 0.8 *apfu*). Jednotlivé vzorky se liší pouze různým obsahem  $M^{2+}$ . Pro vernéfovský muskovit je typický poměrně vysoký poměr Mg/Fe. Vyšší obsahy  $M^{2+}$  jsou převážně v alterovaných vzorcích z hlavní pegmatitové žíly. Vzorky z hlubší části žíly z vrtů jsou spíše blízké čistému muskovitu.

Pouze ve dvou vzorcích byl zachycen **Li-fengit** (=slída fengitové řady s podstatným obsahem Li) a to jako relativně hruběji lupenité pozdní žilky v alterovaných partiích hlavní žíly. Je bohatý Rb (0.6 - 0.8 hm. %  $Rb_2O$ ) a zejména mimořádně bohatý F (7 - 8.5 hm. %, 3.4 - 3.9 *apfu*). Obsah Li ve fengitu nebyl stanoven, protože nebylo možno vyseparovat dostatečné množství čistého minerálu pro chemickou analýzu. Na základě stechiometrie (tab. 4) však velmi pravděpodobně obsahuje 2 - 3 hm. %  $Li_2O$ . S Li-fengitem je v asociaci alterovaný montebrasit, což

**Tabulka 4** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce (vyčísleno na 22 atomů kyslíku) slíd. Obsahy Cr, Sc a Cl byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Minerál	drz	Mschrz	Msc	„hydromuskovit“	Li-fengit	
Vzorek	4463	4462	4530A	4574	3002	4412
SiO <sub>2</sub>	45.96	45.56	46.15	46.99	57.47	51.67
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.24	0.20	0.27	0.00	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.97	30.32	36.07	36.38	17.69	18.99
FeO	1.19	3.16	0.54	0.35	1.46	5.54
MnO	0.03	0.15	0.04	0.02	0.00	0.09
MgO	0.85	1.21	0.10	0.25	0.65	1.90
BaO	0.08	0.01	0.04	0.02	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.31	0.32	0.17	0.20	0.01	0.08
K <sub>2</sub> O	10.96	10.06	10.83	10.57	10.14	10.47
Rb <sub>2</sub> O	0.25	0.41	0.09	0.09	0.79	0.61
Cs <sub>2</sub> O	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
F	1.24	1.86	0.15	0.23	7.93	8.66
F=O	-0.52	-0.79	-0.06	-0.10	-3.35	-3.65
Li <sub>2</sub> O*					3.00	2.00
Suma	94.80	92.58	94.54	95.43	95.85	94.44
Si	6.230	6.403	6.186	6.214	7.846	7.310
Ti	0.043	0.026	0.020	0.027	0.000	0.005
Al	5.427	5.022	5.698	5.670	2.846	3.166
Fe	0.134	0.371	0.061	0.039	0.167	0.655
Mn	0.004	0.018	0.005	0.002	0.000	0.011
Mg	0.171	0.254	0.020	0.049	0.132	0.401
Ba	0.004	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000
Na	0.081	0.087	0.044	0.052	0.003	0.021
K	1.896	1.804	1.852	1.784	1.766	1.890
Rb	0.021	0.037	0.008	0.007	0.069	0.055
Cs	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002
Li*					1.640	1.133
F	0.532	0.825	0.063	0.094	3.424	3.873
Mg/ Mg+Fe +Mn	0.55	0.40	0.24	0.55	0.44	0.38
Si/Al	1.15	1.27	1.09	1.10	2.76	2.31

Pozn.: Obsah  $Li_2O$  je odhadnut na základě obsahu  $SiO_2$ . Skutečný obsah se může lišit o několik desetín hm. %. Prázdné políčko značí, že daný prvek nebyl analyzován (platí i pro další tabulky).

nasvědčuje pozdnímu vzniku Li-slíd během alterací právě na úkor montebrasitu.

Tzv. *hydromuskovit* (Bernard et al. 1981) tvoří makroskopicky celistvé závalky v pegmatitu i křemenných žilách o velikosti až několik  $cm^3$ . Ve skutečnosti jde o velmi jemnozrnný agregát téměř ideálního muskovitu (0.1 hm. %  $Rb_2O$ , 0.2 hm. % F) intenzivně zatlačující živec i křemen.

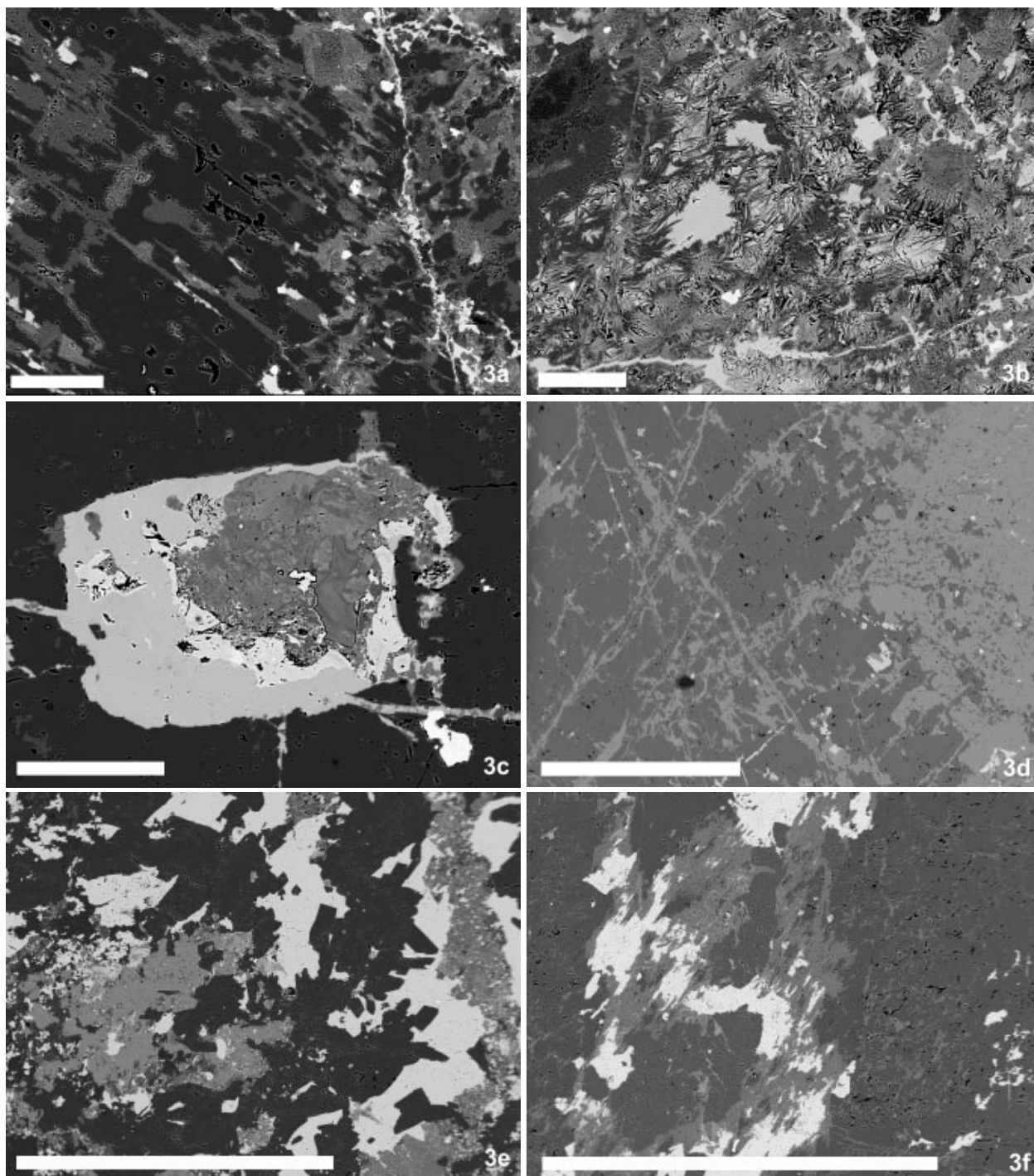
Montebrasit  $LiAlPO_4(OH)$  (tab. 5, obr. 3)

Montebrasit je po křemeni a ortoklasu třetím nejhojnějším minerálem žilné výplně. Dříve popsány (Pokorný 1957a,b) a poté mnohokrát citovaný *amblygonit* se ve Vernéfově nevyskytuje. Fluor byl v tomto minerálu analyzován pouze jednou, chybný výsledek byl pak nadále bez revize přebírán, ačkoliv byl zpochybněn již počátkem 60. let (Mrňa, Pácal 1962). Montebrasit tvoří až 5 - 10 cm velká izometrická xenomorfní zrna masného lesku s lehce žlutozeleným nádechem. Nikdy nebyly pozorovány makroskopické krystaly. V hlavní žíle může tvořit až 30 % objemu. Ve výbrusu je obvykle zdvojitý. Pozdějšími fluidy byl zatlačován za tvorby lacroaxitu, apatitu, augelitu lazulitu, gatumbaitu a dalších Al-fosfátů. Nástupnické fosfáty jsou často bohatší fluorem než původní montebrasit.

Vernéfovský montebrasit je blízký ideálnímu Li-OH koncovému členu. Obsah Na je obvykle pod mezí detekce EMPA (pouze ojediněle 0.07 *apfu*). Obsah F je převážně 0.1 - 0.2 *apfu* (ojediněle 0.4 *apfu*). Montebrasit ve vzorcích z vrtů Ve-3a a Ve-4 obsahuje méně než 0.1 *apfu* F. Obsah Rb je vždy pod mezí detekce. Zajímavá je stabilní přítomnost 0.2 - 0.4 hm. %  $TiO_2$ .

**Tabulka 5** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce (vyčísleno na 1 atom fosforu) montebrasitu. Obsahy Cl byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Vzorek	2999	4413	3000	4465	611	611
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	49.03	48.94	48.53	50.01	53.39	52.67
SiO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.24	0.31	0.21	0.02	0.34	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.17	34.39	35.21	34.48	37.24	36.96
MnO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
FeO	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02
BaO	0.02	0.00	0.00	0.00		
SrO	0.00	0.02	0.00	0.00		
CaO	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
K <sub>2</sub> O	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Rb <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
F	2.55	1.77	2.57	0.00	5.73	4.70
F=O	-1.08	-0.75	-1.08	0	-2.42	-1.98
Suma	85.11	84.75	85.58	84.59	94.36	92.65
P	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Si	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.006	0.004	0.000	0.006	0.004
Al	0.970	0.978	1.010	0.960	0.971	0.977
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Na	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
F	0.194	0.135	0.198	0.000	0.401	0.333



**Obr. 3** Montebasit a různé typy jeho alterace: **a.** počínající zatlačování montebasitu podél štěpnosti crandallitem (vz. 3012); **b.** závěrečné stadium alterace montebasitu (tmavě šedý) - agregáty perhamitu (jehlicovité krystaly), crandallitu (světle šedý) a apatitu (bílý), (vz. 3012); **c.** jiný způsob zatlačování montebasitu (tmavě šedý na okrajích snímku): agregáty Fe-whiteitu (šedý v centru) lemované apatitem (téměř bílý) a Fe-hydroxidem (světlý) (vz. 4413); **d.** přeměna montebasitu (tmavě šedý) na lacroixit (světle šedý) a apatit (bílý, vz. 4575); **e.** zatlačování montebasitu (tmavě šedý) viitaniemiitem (světle šedý) a apatitem (bílý), (vz. 611); **f.** rekrystalizovaný montebasit (tmavě šedý) s crandallitem (světle šedý) a pozdním apatitem (bílý), (vz. 4575). Obr. a, b, c měřítko 100  $\mu\text{m}$ , ostatní měřítko 1000  $\mu\text{m}$ . Všechna foto v odražených elektronech. Foto R. Škoda.

#### Brazilianit $\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$ (tab. 13)

Makroskopicky tvoří bílé až čiré sloupcovité krystalky v montebasitu. Mikroskopicky je zrnitý a podle textur současný s montebasitem. Později byl lehce zatlačován augelitem a apatitem. Chemická analýza udává oproti ideálnímu složení poněkud nižší obsahy Al, Na a vody

(teoretický obsah je cca 10 hm. %  $\text{H}_2\text{O}$ ), anebo nadbytek P (?), ale vzhledem k současnému potvrzení pomocí rtg - práškové difrakce lze považovat přítomnost brazilianitu ve Verněřově za potvrzenou. Obsah fluoru je minimální (0.5 hm. %, < 0.1 apfu F).

**Tabulka 6** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce (vyčísleno na 2 atomy kyslíku) kasiteritu. Obsahy Si, Zr, As, Al, Sc, In, Bi, Sb, Y a Ca byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Vzorek	3015	3015	4462	4464	4464	ver	4413
Pozn.	krystaly	krystaly	krystaly	krystaly	krystaly	pozdní jehlice	pozdní se sulfidy
WO <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	1.34	1.36	0.07	0.18	0.00	0.00
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.15	2.10	0.05	0.45	0.00	0.00
SnO <sub>2</sub>	99.83	98.11	95.01	99.87	99.05	99.16	99.23
TiO <sub>2</sub>	0.22	0.25	0.18	0.09	0.13	0.00	0.00
FeO	0.04	0.32	0.64	0.04	0.08	1.51	0.75
MnO	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
Suma	100.16	100.21	99.42	100.16	99.90	100.75	99.98
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb	0.000	0.015	0.015	0.001	0.002	0.000	0.000
Ta	0.000	0.001	0.014	0.000	0.003	0.000	0.000
Sn	0.995	0.972	0.953	0.996	0.990	0.984	0.992
Ti	0.004	0.005	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000
Fe	0.001	0.007	0.014	0.001	0.002	0.031	0.016
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000

**Tabulka 7** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce columbitu a rutilu (vyčísleno na odpovídající počet atomů kyslíku). Obsahy Ca, Al, Bi, U, Th, Si, Hf, P, Sb, As byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Minerál	columbit		rutil		
Vzorek	4411	4411	4411	4411	4488
WO <sub>3</sub>	0.91	1.17	0.16	0.09	0.00
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	71.43	60.34	5.66	14.92	0.31
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.64	14.86	0.22	3.65	0.00
SnO <sub>2</sub>	0.89	1.03	2.27	1.26	0.41
ZrO <sub>2</sub>	0.10	0.46	0.02	0.02	0.00
TiO <sub>2</sub>	3.32	3.11	89.17	73.84	97.52
SiO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.01	0.02	0.04
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.11	0.00	0.02	0.00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.05	0.01	0.01	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.19	0.24	0.05
FeO	18.18	17.86	1.57	4.87	0.55
MnO	1.67	0.97	0.01	0.01	0.01
MgO	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00
PbO	0.26	0.22	0.00	0.04	0.00
Suma	101.70	100.31	99.37	99.07	99.66
W	0.013	0.018	0.001	0.000	0.000
Nb	1.806	1.617	0.035	0.099	0.002
Ta	0.071	0.240	0.001	0.015	0.000
Sn	0.020	0.024	0.013	0.007	0.002
Zr	0.003	0.013	0.000	0.000	0.000
Ti	0.140	0.139	0.929	0.816	0.991
Si	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Y	0.005	0.004	0.000	0.000	0.000
Sc	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.003	0.004	0.001
Fe	0.850	0.886	0.018	0.060	0.006
Mn	0.079	0.049	0.000	0.000	0.000
Mg	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
Pb	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000

### Trifylin LiFePO<sub>4</sub> (tab. 15, obr. 8e)

Byl nalezen pouze jako drobné relikt v mase vodnatých produktů alterace v níž převažuje vivianit, ludlamit a hydratované oxidy Fe. Poměr Mn/(Mn+Fe) je cca 0.17 u trifylinu z pegmatitu a 0.07 u trifylinu z křemenných žil.

### Oxidy

#### Kasiterit SnO<sub>2</sub> (tab. 6, obr. 4)

Je přítomen ve dvou generacích. Starší, vysokoteplotní, tvoří jednotlivé zonální krystaly až závalky nepravidelných zrn v pegmatitu i křemenných žilách. Většinou narůstá na kontaktní plochu žíly nebo na výrazné rozhraní v žilné výplni. Je obohacen o Nb (do 1.5 hm. % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a Ta (do 0.6 hm. % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), které však spolu nekorelují. Vstup Nb a Ta do kasiteritové mřížky je ideální podle columbitové substituce (obr. 5).

Mladší a kvantitativně podstatně méně zastoupená generace kasiteritu je současná se sulfidy, někdy dokonce i mladší než sulfidy. Tvoří jehlice či beztvare agregáty. Ze stopových prvků obsahuje pouze Fe (až 1.7 hm. % FeO).

Starší kasiterit je zatlačován staninem, z něhož jinde ale pozdní kasiterit zase vzniká.

#### Ferrocolumbit (Fe>Mn)(Nb>Ta)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (tab. 7)

Byl nalezen pouze jednou jako drobné zonální krystalky (50 μm) na puklinách primárního kasiteritu v pegmatitu. Obsah Ta i Mn je nízký (max. 0.23 resp. 0.08 apfu). Je přítomen Ti (do 3 hm. % TiO<sub>2</sub>) a Sn a W (do 1 hm. % SnO<sub>2</sub>, resp. WO<sub>3</sub>).

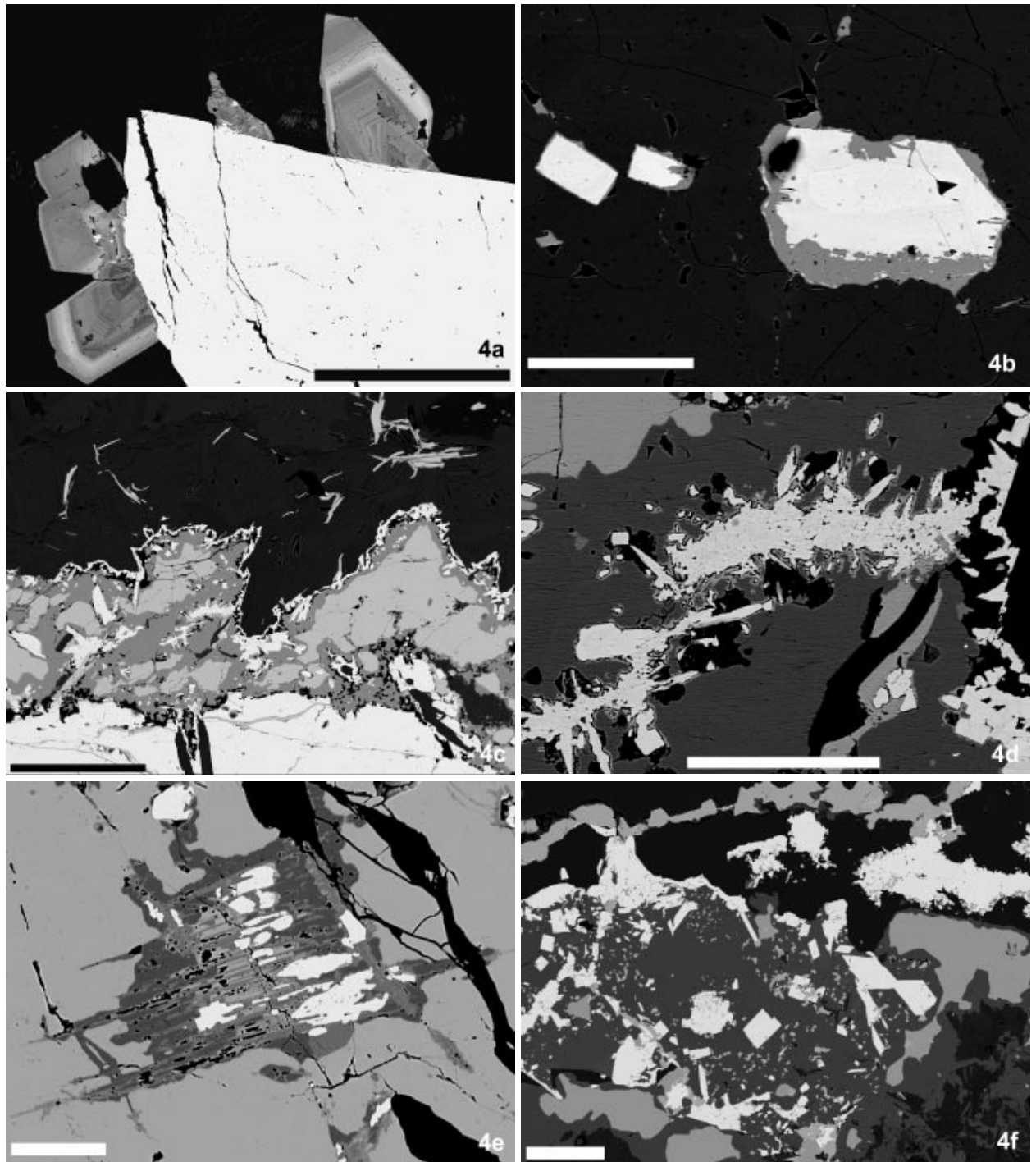
#### Nb-rutil (Ti,Nb,Fe)O<sub>2</sub> (tab. 7)

Tvoří výrazně zonální krystalky narůstající na primární kasiterit (obr. 4). Obsahuje až 15 hm. % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.1 apfu Nb), 3.6 hm. % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.015 apfu Ta) a až 4.8 hm. % FeO (0.06 apfu Fe). Fe, Nb a Ta vstupují do mřížky rutilu podle columbitové substituce (Nb,Ta)<sub>2</sub>FeTi<sub>3</sub> (obr. 6). Obsah Mn je zanedbatelný. Kromě toho byl nalezen ještě pozdní intersticiální rutil, Nb-chudý, zarostlý v agregátech jemnozrnného muskovitu.

#### Sulfidy (tab. 8, 9, obr. 4, 7)

Starší, výše temperované společenství sulfidů tvoří zejména stanin s malým množstvím sfaleritu a chalkopyritu v pegmatitu. Stanin Cu<sub>2</sub>Sn(Fe>Zn)S<sub>4</sub> je na lokalitě velmi rozšířený v nepravidelných agregátech velkých až několik cm<sup>3</sup>, vedle kasiteritu byl druhou cínovou rudou. Čech a Hak (1982) určili verněřovský stanin jako kěsterit Cu<sub>2</sub>Sn(Zn>Fe)S<sub>4</sub> a s tímto jménem vstoupily verněřovské vzorky do mnoha sbírek. Po analyzování řady vzorků z hlavní žíly (z haldy) i z vrtů nemůžeme běžný výskyt kěsteritu potvrdit. Všechny analyzované vzorky jsou staniny. Kěsterit byl nalezen pouze jednou jako odmišlené lamely





**Obr. 4** Asociace kasiteritu, rutilu a sulfidů: **a.** krystaly staršího kasiteritu s vysokým obsahem Nb (bílý) obrostlé zonárními krystaly Nb-rutilu (šedý) v křemeni (černý), (vz. 4411); **b.** krystaly staršího kasiteritu (bílý) zatlačované staninem (šedý) v silikátech (černé) (vz. 4413); **c.** krystaly staršího kasiteritu (bílý dole) jsou porostlé staninem (světle šedý). Později byl stanin částečně zatlačen chalkopyritem (tmavě šedý). Cín uvolněný ze staninu vytvořil pozdní kasiterit, tentokrát již bez obsahu Nb (tenké bílé útvary v horní části snímku) (vz. Ver); **d.** agregáty pozdního kasiteritu (bílý) ve sfaleritu (tmavě šedý). Světle šedý je chalkopyrit, černý je křemen (detail předchozího snímku); **e.** rozklad staninu (světle šedý) na pozdní kasiterit (bílý) a sfalerit (tmavě šedý) (vz. 4466); **f.** krystalky i nepravidelné agregáty pozdního kasiteritu (bílý) a zrna chalkopyritu (světle šedý) v apatitu (tmavě šedý). Velmi tmavě šedé až černé jsou silikáty (vz. NM 81257). Obr. c měřítko 500  $\mu\text{m}$ , ostatní měřítko 100  $\mu\text{m}$ . Všechna foto v odražených elektronech. Foto R. Škoda.

v masivním staninu (obr. 7b). Publikované analýzy kęsteritu (Čech, Hak 1982) asi nelze jednoznačně zamítnout, je ale jisté, že pokud se kęsterit ve Verněřově vyskytuje, tak jde jen o lokální překročení hranice stanin-kęsterit a dochází k tomu vzácně. Obsahy Fe kolísají převážně

mezi 0.65 - 0.85 *apfu* a Zn 0.2 - 0.4 *apfu*. Cu je většinou mírně pod 1 *apfu* a Sn se jen nepatrně odchyluje od 1 *apfu*. Obsahy Se, As, Bi a Sb jsou pod mezí detekce EMPA, Cd okolo 0.2 hm. %, Ag okolo 0.1 hm. %. Odmíšené lamely kęsteritu obsahují až 0.65 *apfu* Zn a 0.5 hm. %

**Tabulka 8** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce sulfidů Sn, Cu a Zn (vyčísleno na základě ideálního počtu kationtů).

Minerál	kěsterit	stanin	chalkopyrit		sfalerit
Vzorek	4414	4414	4413	4413	4414
S	29.46	29.69	29.70	34.94	33.00
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sn	27.11	27.28	27.66		
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cd	0.04	0.27	0.00	0.04	0.57
Pb	0.00	0.10	0.06	0.00	
Cu	28.97	29.28	29.52	35.42	0.25
Fe	4.68	7.69	11.91	29.48	1.13
Zn	9.75	6.21	1.28	0.11	66.02
Mn					0.02
Ag	0.58	0.14	0.00	0.06	0.02
Suma	100.58	100.67	100.13	100.06	101.02
S	3.983	3.994	3.981	2.004	1.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn	0.990	0.991	1.002		
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cd	0.002	0.011	0.000	0.001	0.005
Pb	0.000	0.002	0.001	0.000	
Cu	1.976	1.987	1.996	1.025	0.004
Fe	0.363	0.593	0.916	0.971	0.019
Zn	0.646	0.409	0.084	0.003	0.971
Mn					0.000
Ag	0.023	0.006	0.000	0.001	0.000
Suma kat.	4.000	4.000	4.000	2.000	1.000

**Tabulka 9** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce sulfidů Ag, Bi a Pb (vyčísleno na základě ideálního počtu kationtů).

Minerál	bismutin	matildit	gustavit ?		AgBiPb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	joséit	
Vzorek	4414	2999	2999	2999	2999	4419	
S	18.98	16.77	17.11	17.43	17.37	14.91	6.44
Te	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.15	11.82
As	0.00	0.07	0.16	0.00	0.00	0.10	0.00
Sb	0.04	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	0.00
Bi	80.20	52.77	53.43	58.81	55.67	24.28	80.25
Cd	0.12	0.00	0.00	0.84	0.33	0.00	0.22
Pb	0.00	0.00	0.00	6.67	10.19	45.34	0.00
Cu	0.19	0.05	0.01	0.04	0.04	0.00	0.02
Fe	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
Zn	0.06	2.39	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Tl	0.00	0.04	0.04	0.13	0.14	0.13	0.05
Ag	0.00	28.31	29.04	14.92	15.56	11.57	0.00
Suma	99.68	100.44	99.84	98.99	99.43	96.63	98.81
S	3.042	1.892	2.033	5.890	5.837	4.193	2.076
Te	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.010	0.958
As	0.000	0.003	0.008	0.000	0.000	0.012	0.000
Sb	0.002	0.000	0.000	0.000	0.009	0.006	0.000
Bi	1.972	0.913	0.974	3.049	2.871	1.048	3.971
Cd	0.006	0.000	0.000	0.081	0.031	0.000	0.020
Pb	0.000	0.000	0.000	0.349	0.530	1.973	0.000
Cu	0.016	0.003	0.001	0.006	0.007	0.000	0.002
Fe	0.000	0.002	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000
Zn	0.005	0.132	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004
Tl	0.000	0.001	0.001	0.007	0.007	0.006	0.002
Ag	0.000	0.949	1.025	1.498	1.554	0.967	0.000
Suma kat.	2.000	2.000	2.000	5.000	5.000	4.000	4.000

Ag. Ve vzorcích z vrtů je poněkud méně Zn než ve vzorcích z haldy, to naznačuje vzrůst obsahu kësteritové komponenty směrem vzhůru.

Stanin zatlačuje kasiterit od hranice s křemenem, ale sám je později sfaleritem, chalkopyritem a druhou generací kasiteritu také zatlačován (obr. 4 c,d,e).

**Sfalerit ZnS a chalkopyrit CuFeS<sub>2</sub>** se vyskytují v malém množství v agregátech se staninem. Chalkopyrit je blízký ideálnímu složení, sfalerit obsahuje 0.6 - 0.9 hm. % Cd a 1 - 5 hm. % Fe.

Druhá epizoda vzniku sulfidů je níže temperovaná a podstatně méně objemově významná. Obsahuje zejména minerály Bi a Ag s příměsí Pb a Te: **galenit, ryzí bismut, bismutin Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, matildit AgBiS<sub>2</sub>, gustavit (Pb,Ag)<sub>2</sub>Bi<sub>3</sub>S<sub>6</sub>, joséit Bi<sub>4</sub>TeS<sub>2</sub>** a neznámou **Ag-Bi-Pb-S** fázi s empirickým vzorcem AgBiPb<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (tab. 9). Všechny tyto minerály tvoří v pegmatitu malé nepravidelné pozdní agregáty mezi silikáty a fosfáty.

**Molybdenit MoS<sub>2</sub>** tvoří malé lupínky (do 10 μm délky) většinou blízko kontaktů žíly, často v blízkosti kasiteritu. Má vždy samostatné postavení, není vázán na společenství jiných sulfidů.

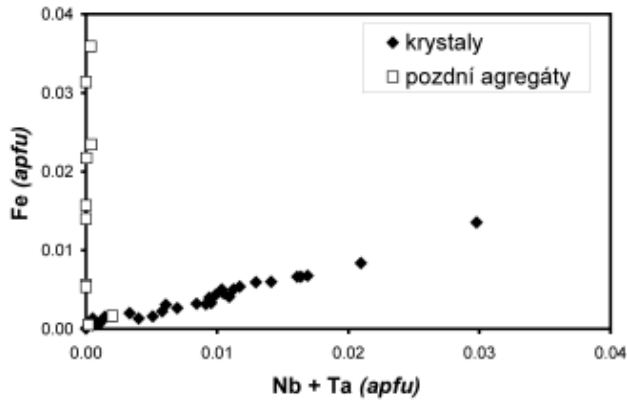
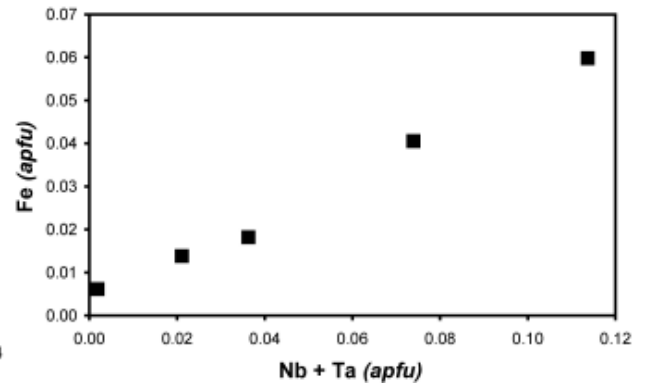
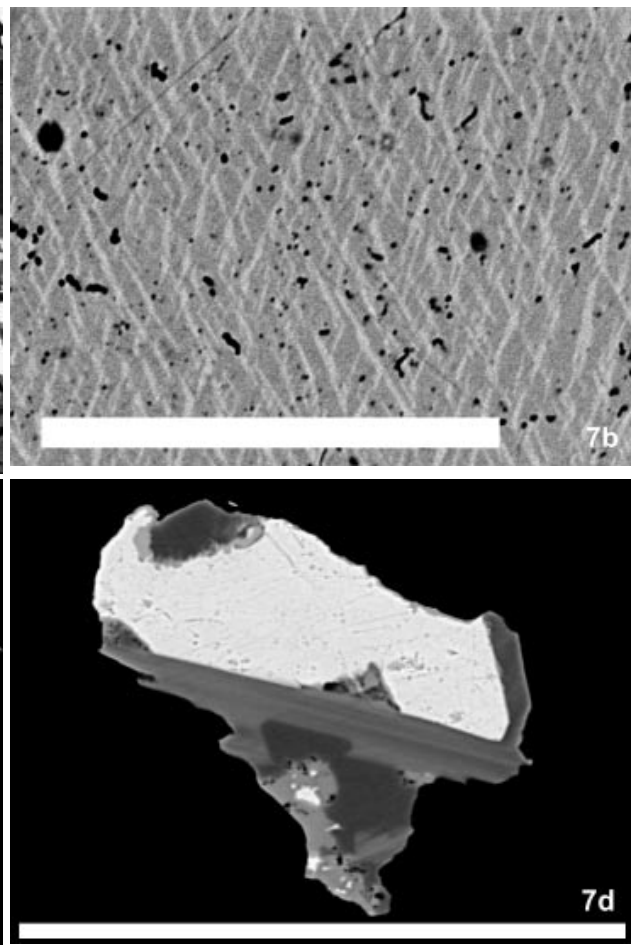
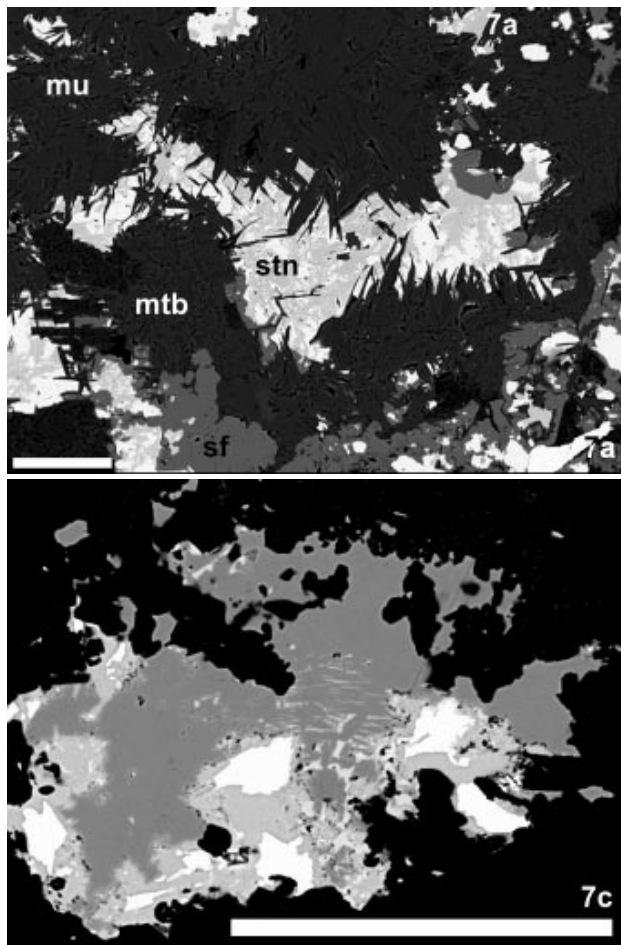
**Druhotné fosfáty** (obr. 8)

Za „druhotné“ považujeme všechny fosfáty mimo montebrasitu, brazilianitu a trifylinu. Podle studia textur tyto minerály vznikly redistribucí fosforu na úkor montebrasitu, nikoliv novým přínosem fosforu z vnějšího zdroje.

**Apatit Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(F,Cl,OH,CO<sub>3</sub>)** (tab. 10)

**Fluorapatit** je ve Vernéřově běžný, ale vždy jde o pozdní minerál zatlačující starší fosfáty. Z doby těžby jsou uváděny až 2 cm velké krystaly apatitu různých barev v dutinách a zarostlé v jílových minerálech (Čech 1962). Nově byl apatit nalezen pouze jako výplně žilek (obr. 8a), jako hnědé lemy kolem alterovaného montebrasitu (obr. 3c) nebo výplně dutinek mezi krystalky perhamitu (obr. 8f). Nikdy netvoří větší agregáty. Chemicky je homogenní, obsahy FeO a MnO ve vzorcích apatitu z haldy nedosahují ani 1 hm. %, obsahy REE jsou pod mezí detekce EMPA. Obsah Mn do hloubky roste, v hloubce 230 m bylo zjištěno až 4 hm. % MnO. Zajímavé jsou zvýšené obsahy Sr (0.5 - 1 hm. % SrO). V jednom případě obsahuje apatit tvořící lem okolo alterovaného montebrasitu až 0.2 hm. % Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Apatit běžně obrůstá K-živce i Lisídu. V komplikovaných agregátech s perhamitem, crandallitem a goyazitem je apatit nejmladší a vyplňuje dutinky v předchozích fosfátech. Stejně tak v agregátech s lacroaxitem a augelitem. Apatit také spolu s muskovitem prostu-

Obr. 5 Substituce  $2(\text{Nb}+\text{Ta})+\text{Fe}\leftrightarrow 3\text{Sn}$  v kasiteritu.Obr. 6 Substituce  $2(\text{Nb}+\text{Ta})+\text{Fe}\leftrightarrow 3\text{Ti}$  v rutilu.

Obr. 7 Sulfidy: **a.** stanin (*stn*) a sfalerit (*sf*) vyplňují dutinky mezi krystaly muskovitu (černý). Montebrasit (*mtb*) je nejstarším minerálem tohoto společenství. Na něj nasedající agregát muskovitu s ním barevně splývá. (vz. 4413); **b.** světlé lamely kassiteritu v staninu (vz. 4412); **c.** agregáty matilditu (šedý), bismutinu (světle šedý) a ryzího bismutu (bílý) v křemenu (černý) (vz. 2999); **d.** krystal ryzího bismutu (bílý) lemovaný neurčenou Ag, Bi, Pb-fází (světle šedá) a matilditem (tmavě šedý). Měřítka vždy odpovídá 100  $\mu\text{m}$ . Všechna foto v odražených elektronech. Foto R. Škoda.

puje rulu v těsném exokontaktu žil. Tento apatit by však mohl být relativně starý, protože v rulu byl dostatečný zdroj vápníku (plagioklasy).

Ojedinele byl apatit potvrzen v asociaci s Mn-karbonátem. Tento apatit má podle rtg - práškové difrakce výrazně zastoupenou karbonátovou komponentu.

**Crandallit-goyazit-gorceixit** (tab. 11, obr. 3a,b,f, 8a,b,d)

Minerály isomorfní skupiny  $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{F})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  jsou v haldovém materiálu běžné, netvoří však

nikdy větší akumulace. Často obsahují příměs až 0.5 *apfu* Si, přitom ale celková stechiometrie odpovídá crandallitové skupině. Wardit, který je uváděn jako produkt alterace amblygonitu v pegmatitech (Na na pozici Ca) není ve Verněřově přítomen a obsahy Na ve fosfátech jsou celkově nepatrné. Živce zůstávaly v době růstu a vzájemného zatlačování fosfátů stabilní. Obsah fluoru se pohybuje mezi 0.1 až 3 hm. % (do 0.8 *apfu* F).

**Lacroixit NaAl(PO<sub>4</sub>)F** (tab. 12, obr. 3d)

Byl nalezen v jediném vzorku silně alterovaného makroskopicky bělavého a jakoby moučnatého montebrasitu, v něm byl ale hojný. Vzniká zatlačováním montebrasitu podle štěpnosti. Složení je cca Na<sub>0,7</sub>AlPO<sub>4</sub>F<sub>0,7</sub>(OH)<sub>0,3</sub>, k jeho vzniku je tedy třeba přírůstek Na a F.

Podobný nedostatek Na v mikrosondové analýze našli i Lahti a Pajunen (1985) při revizi materiálu z typové lokality Greifenstein v Německu. Je možné, že

část atomů Na je ve struktuře nahrazena atomy Li, které ovšem nelze mikrosondou detekovat.

**Viitaniemiit NaCaAl(PO<sub>4</sub>)(F,OH)<sub>3</sub>** (tab. 12, obr. 3e)

Makroskopicky jde o bělavý produkt na povrchu montebrasitu, mikroskopicky intenzivně zatlačuje montebrasit, zpočátku podle štěpnosti, později v celém objemu. Vyskytuje v pozdní asociaci s apatitem. Potvrzen rtg-práškovou difrakcí i chemicky. Obsah fluoru dosahuje 18 - 19 hm. % F (2.0 - 2.1 apfu F). Oproti viitaniemitu z typové lokality

**Tabulka 10** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce apatitu (vyčísleno na základě obsazení Ca-pozice pěti atomy). Vzorky s nízkou sumou P+Si+S obsahují karbonátovou komponentu.

Pozn.	fluorapatit			lemy Ap		hydroxil apatit
	3010	4412	4462	4633	4413	
Vzorek	3010	4412	4462	4633	4413	4637
SO <sub>3</sub>				0.99		0.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41.94	41.31	41.83	37.68	39.84	40.49
SiO <sub>2</sub>	0.00	0.03	0.00	0.05	0.28	0.00
ThO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00		0.00	
UO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00		0.01	
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.02		0.28	
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.06	0.05		0.21	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0.27		0.03
CaO	54.10	54.07	51.91	53.73	53.73	49.94
FeO	0.25	0.16	0.42	0.11	0.06	1.31
MnO	0.85	0.72	1.51	0.02	0.06	3.91
MgO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.07
SrO	0.70	0.43	0.40	0.16	0.08	0.27
BaO	0.00	0.15	0.00	0.13	0.04	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.05	0.05	0.62	0.48	0.24
F	3.49	3.81	3.69	3.76	4.37	0.86
Cl	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	1.04
F=O	-1.47	-1.61	-1.56	-1.59	-1.84	-0.36
Suma	99.13	99.17	98.34	96.08	97.68	97.96
S				0.060		0.007
P	2.993	2.981	3.074	2.683	2.862	2.921
Si	0.000	0.003	0.000	0.004	0.024	0.000
S+P+Si	2.993	2.984	3.074	2.747	2.887	2.928
Th	0.000	0.000	0.000		0.000	
U	0.000	0.000	0.000		0.000	
Y	0.000	0.000	0.001		0.013	
Ce	0.001	0.002	0.001		0.007	
Al				0.036		0.004
Ca	4.886	4.937	4.828	4.841	4.886	4.558
Fe	0.018	0.011	0.030	0.007	0.004	0.093
Mn	0.061	0.052	0.111	0.001	0.004	0.283
Mg	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.009
Sr	0.034	0.021	0.020	0.007	0.004	0.014
Ba	0.000	0.005	0.000	0.004	0.001	0.000
Na	0.000	0.007	0.009	0.101	0.079	0.039
Suma kat.	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
F	0.930	1.025	1.013	1.001	1.174	0.232
Cl	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000	0.150

**Tabulka 11** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce minerálů skupiny crandallitu (na základě P+As+S+Si=2 apfu). Obsahy Cl a TiO<sub>2</sub> byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

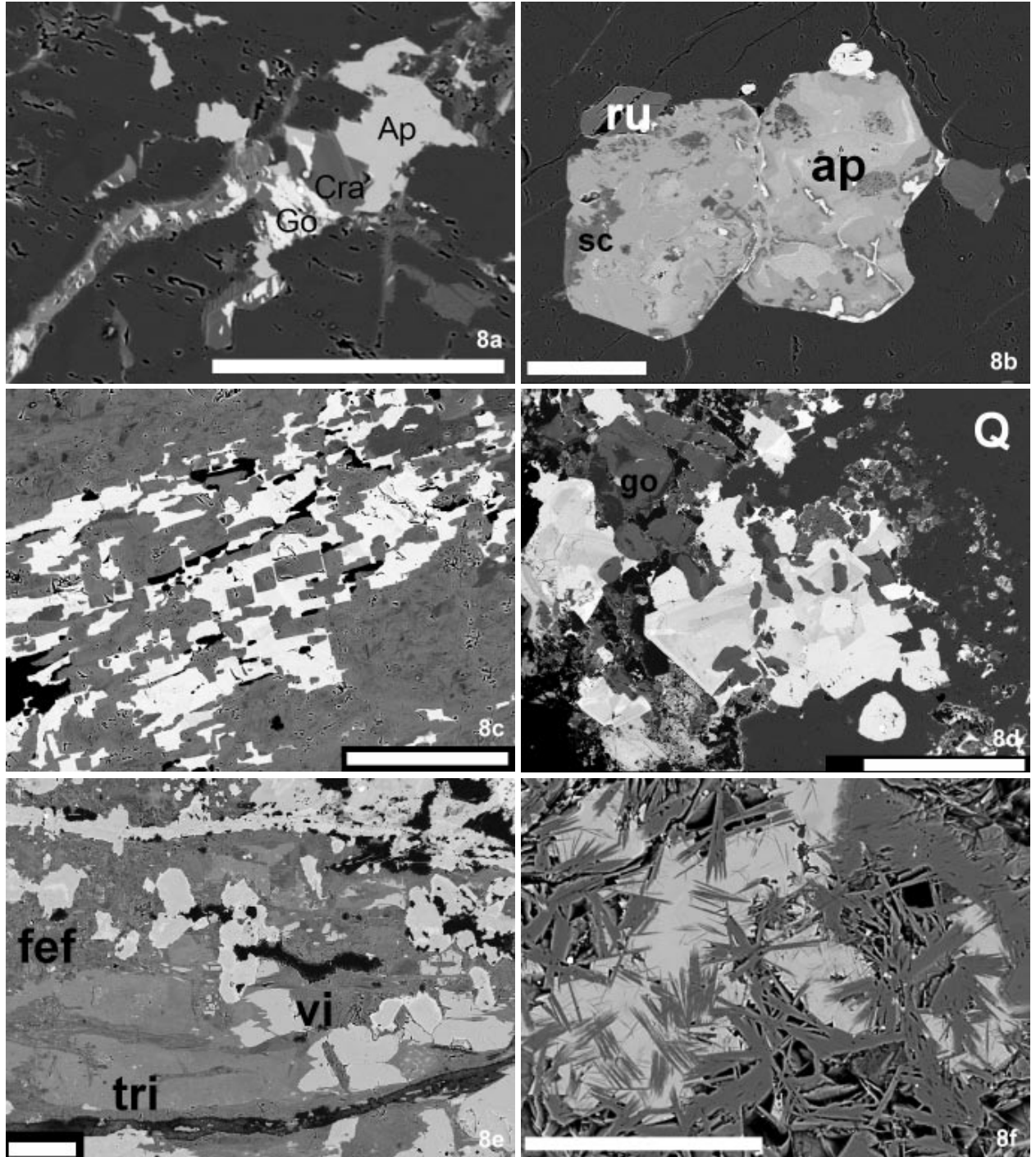
Minerál	crandallit		gorceixit		goyazit		substituovaný goyazit?	
	81257	3012	4575	4413	4413	3012	81257	81257
Vzorek	81257	3012	4575	4413	4413	3012	81257	81257
SO <sub>3</sub>	0.07	0.85	0.08	0.70	0.96	0.00	0.06	0.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30.10	24.70	32.40	27.04	28.04	28.82	32.56	32.17
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.01	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO <sub>2</sub>	3.17	5.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.28	29.89	33.73	29.61	30.58	30.36	31.35	30.42
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.01		0.51	0.61	0.49	0.00	0.23
FeO	0.08	0.10	0.10	0.00	0.04	0.08	0.08	0.01
MnO	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	0.02
CaO	12.24	8.54	9.77	0.28	1.46	0.08	0.54	0.29
SrO	1.28	6.65	4.95	2.73	3.15	7.43	18.48	18.68
BaO	0.10	0.79	0.36	23.34	18.67	18.33	0.71	2.04
ZnO	0.10	0.02	0.03	0.00	0.03	0.07	0.03	0.06
PbO	0.07	0.00	0.18	0.00	0.15	0.06	0.05	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
F	1.48	1.77	2.56	3.04	2.61	3.00	0.12	0.31
F=O	-0.62	-0.75	-1.08	-1.28	-1.10	-1.27	-0.05	-0.13
Suma	81.44	77.89	83.23	86.13	85.20	87.59	84.04	84.31
S	0.004	0.048	0.004	0.045	0.059	0.000	0.003	0.011
P	1.775	1.570	1.993	1.950	1.941	2.000	1.997	1.989
As	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.221	0.382	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
S+P+As+Si	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al	2.733	2.644	2.888	2.973	2.948	2.933	2.677	2.619
Ce	0.000	0.000	0.000	0.016	0.018	0.015	0.000	0.006
Fe	0.005	0.006	0.006	0.000	0.003	0.005	0.005	0.000
Mn	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.005	0.004	0.001	0.001	0.000	0.001	0.004	0.002
Ca	0.915	0.688	0.762	0.025	0.128	0.007	0.042	0.023
Sr	0.088	0.492	0.354	0.229	0.253	0.600	1.319	1.344
Ba	0.003	0.023	0.010	0.780	0.599	0.589	0.020	0.058
Zn	0.005	0.001	0.002	0.000	0.002	0.004	0.001	0.003
Pb	0.001	0.000	0.003	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.003	0.009	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Suma kat.	3.768	3.867	4.033	4.024	3.961	4.156	4.070	4.065
F	0.326	0.419	0.589	0.820	0.676	0.777	0.028	0.071

(Lahti 1981) chybí v analyzovaném vzorku Mn (tab. 12), podobně jako na lokalitě Francon quarry, Québec (Ramik et al. 1983). Nedostatek Na v analýzách může znamenat, že Na je částečně zastupován Li.

**Augelit**  $\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_3$  (tab. 12, obr. 8b)

Lokálně byly nalezeny zrnité agregáty bílé barvy

vzniklé rozkladem montebrasitu (vz. 4575). Dále jako světle modré zrnité agregáty se scorzalitem a krystalky apatitu (vz. 4488) nebo společně s lazulitem (vzorek NM 81257). Obvykle je chemicky blízký ideálnímu složení, byla zjištěna pouze příměs max. 0.2 hm. % FeO, ostatní prvky pod mezí detekce EMPA.



**Obr. 8** Pozdní fosfáty: **a.** přeměna montebrasitu na crandallit (Cra), gorceixit (Go) a apatit (Ap, vz. 4413); **b.** krystaly augelitu (šedý) s inkluzemi nehomogenního apatitu s obsahem hliníku (světle šedý, zrnitý) je lemován pozdním Ba-gorceixitem (bílý), scorzalitem (sc, tmavě šedý) a rutilem (tmavě šedé krystaly, ru) (vz. 4488); **c.** whitmoreit (tmavý) a ferrohagendorfit (světlý) (vz. NM 67832); **d.** goyazit (světle šedý, go) a apatit (bílý) v křemeni (šedý, Q) s drobnými agregáty neurčených Al,Mg,Fe-fosfátů (šedé) (vz. NM 81257); **e.** relikty trifylinu (tri, světle šedý) zatlačované vivianitem (vi, středně šedý) a jemnozrnnou směsí dalších Fe-fosfátů (fef, tmavě šedé). Nejsvětější zrna jsou hydratované oxidy železa (vz. 4632); **f.** dutinky mezi jehlicovitými až tabulkovitými krystalky perhamitu (tmavý) jsou vyplněny apatitem (světlý) (vz. 4634). Obr. d měřítko 500  $\mu\text{m}$ , ostatní měřítko 100  $\mu\text{m}$ . Všechna foto v odražených elektronech. Foto R. Škoda.

**Metavariscit  $\text{Al}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**  (tab. 12)

Byl zjištěn ojediněle jako alterační produkt montebrasitu spolu s lacroixitem a apatitem. Obsahuje kolem 2 hm. % fluoru (0.17 *apfu* F).

**Lazulit  $(\text{Mg} > \text{Fe})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$**  (tab. 13)

Vzniká z montebrasitu. Na lokalitě je poměrně vzácný, byl potvrzen pouze jednou (vzorek NM 81257) spolu s augelitem a goyazitem.

**Scorzalit  $(\text{Fe} > \text{Mg})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$**  (tab. 13)

Vzniká ojediněle rozpadem montebrasitu spolu s asociovanými augelitem, kulanitem a apatitem.

**Gatumbait  $\text{CaAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$**  (tab. 13)

Vzniká alterací montebrasitu spolu s F-lacroixitem, augelitem, F-crandallitem, metavariscitem a apatitem.

**Fe-analog whiteitu  $(\text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mn}, \text{Mg})_2\text{Al}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$**  (tab. 13, obr. 3c)

Je produktem rozpadu montebrasitu spolu s Fe-fosfáty hagendorfitem, ludlamitem a vivianitem. Tvoří nehomogenní ledvinový agregát vrstviček s různým obsahem Fe obklopený Fe-oxidy a apatitem. Fe mezi dvojmocnými kationty převládá.

**F-analog perhamitu  $\text{Ca}_3\text{Al}_7(\text{PO}_4)_4(\text{SiO}_4)_3(\text{F}, \text{OH})_3 \cdot 16.5\text{H}_2\text{O}$**  (tab. 14, obr. 3b, 8f)

Tvoří makroskopicky jemně zrnité moučně bílé povlaky až závalky, mikroskopicky jehlicovité až tenké tabulkovité krystalky o velikosti desítek  $\mu\text{m}$ . Dutinky mezi krystalky perhamitu často vyplňuje celistvý pozdní apatit. Chemické složení je blízké ideálnímu vzorci s 2.8 - 3.3 *apfu* Si. Obsah fluoru se pohybuje kolem 2.3 - 2.5 hm. % (okolo 1.7 *apfu* F), což teoreticky znamená převahu F nad OH a příslušnost analyzovaných vzorků k dosud nepopsanému F-analogu perhamitu.

**Kulanit  $\text{Ba}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Mg})_2\text{Al}_2(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3$**  (tab. 14)

Byl nalezen pouze jednou jako produkt rozkladu montebrasitu spolu s augelitem, scorzalitem, a fluorapatitem. Toto společenství kromě apatitu neobsahuje žádný fluor.

**Vivianit  $\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$**  (tab. 15, obr. 8e) a **Ludlamit  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$**  (tab. 15)

Byly ojediněle nalezeny jako alterační produkty trifylinu. Jejich přítomnost byla potvrzena rtg-difrakcí a chemicky.

**Hagendorfit  $(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{MnFe}_2(\text{PO}_4)_3$**  (tab. 15)

Obsahuje 0.5 - 1.2 hm. % F (0.1 - 0.3 *apfu* F). Byl jednou nalezen v křemenné žilce s kasiteritem a potom v pestrém společenství s ferrohagendorfitem a vodnatými fosfáty železa.

**Ferristrunzit  $\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , whitmoreit  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{2+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a ferrohagendorfit  $(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_2(\text{PO}_4)_3$**  se vyskytly se společně pouze jednou ve vzorku NM 67832, jako alterační produkty v karbonátech. Tento malý vzorek (cca 2 x 3 cm) neumožňuje zařadit tyto minerály do širšího kontextu.

**Ostatní pozdní minerály**

„Hydromuskovit“ - viz muskovit

**Fluorit  $\text{CaF}_2$** 

Fluorit je jako pozdní minerál zmiňován již Čechem (1962). Tvoří drob-

**Tabulka 12** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce fosfátů hliníku s jedním atomem fosforu na vzorcovou jednotku (na základě  $\text{P} + \text{As} + \text{Si} = 1$  *apfu*). Obsahy Cl a S byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Minerál	augelit		lacroixit		metavariscit		viitaniemit	
Vzorek	4575	4575	4575	4575	4575	4575	611	611
SO <sub>3</sub>	0.02	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	33.86	34.57	43.09	43.84	46.15	45.90	33.01	33.58
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.11	0.00	0.06	0.01	0.00		
SiO <sub>2</sub>	0.22	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.08	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.00	0.15	0.21	0.18	0.21	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48.13	47.45	31.65	31.59	32.13	31.78	24.20	23.58
FeO	0.00	0.00	0.06	0.04	0.02	0.03	0.40	0.98
MnO	0.09	0.06	0.00	0.04	0.01	0.07	0.30	0.28
MgO	0.00	0.00	0.14	0.18	0.00	0.00	0.64	1.37
CaO	0.00	0.00	0.67	0.26	0.05	0.03	23.63	22.04
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00		
BaO	0.06	0.28	0.09	0.05	0.00	0.21		
PbO	0.12	0.00	0.10	0.00	0.00	0.06		
ZnO	0.03	0.01	0.00	0.11	0.00	0.03		
Na <sub>2</sub> O	0.05	0.04	16.49	17.43	0.18	0.02	11.35	13.01
K <sub>2</sub> O	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
F	0.00	0.00	8.92	9.44	2.16	2.04	18.45	18.09
F=O	0	0	-3.76	-3.98	-0.91	-0.86	-7.78	-7.63
Total	82.65	82.64	91.71	99.29	80.31	79.64	104.29	105.30
P	0.992	0.998	1.000	0.999	1.000	1.000	0.997	1.000
As	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000		
Si	0.008	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000
P+As+Si	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ti	0.00	0.00	0.003	0.004	0.003	0.004		
Al	1.964	1.911	1.023	1.003	0.969	0.964	1.002	0.978
Fe	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.012	0.029
Mn	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.009	0.008
Mg	0.000	0.000	0.006	0.007	0.000	0.000	0.034	0.072
Ca	0.000	0.000	0.020	0.008	0.001	0.001	0.895	0.832
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000		
Ba	0.001	0.004	0.001	0.000	0.000	0.002		
Zn	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001		
Pb	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
Na	0.003	0.002	0.697	0.724	0.007	0.001	0.626	0.705
K	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Suma kat.	1.974	1.920	1.752	1.750	0.982	0.975	2.578	2.653
F	0.000	0.000	0.774	0.805	0.174	0.166	2.089	2.013

né závalky světle zelené barvy v hlavní pegmatitové žíle. Je zřetelně mladší než ortoklas a montebrasit s nimiž je v asociaci. Chemicky jde o téměř ideální  $\text{CaF}_2$ , obsahy všech dalších analyzovaných prvků jsou na hraně detekce.

**Karbonáty** s převahou Mn a Mg tvoří tenké žilky protínající starší pegmatitové parageneze. Samy jsou ale zatlačovány pozdními hydratovanými fosfáty železa. Karbonáty nebyly blíže zkoumány.

## Diskuse a závěr

### Sukcese minerálů

Primární magmatickou výplň hlavní „pegmatitové“ žíly tvořily křemen, ortoklas a montebrasit s malým podílem muskovitu a vzácným brazilianitem a trifylínem. Všechny

ostatní minerály vznikly v hydrotermálním procesu, který měl nepochybně několik různě temperovaných stádií. Patrně v těsné návaznosti na magmatickou krystalizaci vznikly z relativně vysoce temperovaných fluid minerály Sn, Nb a Ta: kasiterit, Nb-rutil a columbit, následovány staninem, sfaleritem a chalkopyritem.

V dalším stádiu na úkor montebrasitu vznikaly další, převážně vodnaté fosfáty. Druhově je asociace druhotných fosfátů velmi bohatá, kvantitativně však v porovnání s primárním obsahem montebrasitu nepatrná. Montebrasit zůstal z velké většiny zachován a pouze od povrchu zrn a podél štěpnosti byl zatlačován za přínosu zejména Ca a Fe, méně Na, Mn a Mg. Pozdní fosfáty obsahují i Sr a Ba. Apatit je v této sekvenci jeden z nejmladších. Nabohacení pozdních fluid o Ba a Sr se v pegmatitech objevuje poměrně často, jde o výskyty goyazitu - např. v

**Tabulka 13** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce fosfátů hliníku s dvěma atomy fosforu na vzorcovou jednotku (na základě  $P+As+S+Si=2$  apfu). Obsahy Cl, PbO a  $\text{TiO}_2$  byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Minerál	F-analog gatumbaitu		lazulit		scorzalit		Fe-analog whiteitu		brazilianit	
Vzorek	4575	4575	81257	81257	4488	4488	67832	4413	610	610
$\text{SO}_3$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00		
$\text{P}_2\text{O}_5$	43.61	43.64	46.11	44.27	44.73	44.91	35.92	34.76	43.05	44.07
$\text{As}_2\text{O}_5$	0.00	0.00	0.16	0.09	0.07	0.06	0.11	0.04		
$\text{SiO}_2$	0.03	0.05	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.42	0.44
$\text{Al}_2\text{O}_3$	30.82	31.33	33.25	32.05	31.52	31.66	13.58	12.83	42.29	42.98
FeO	0.00	0.11	0.95	8.88	11.96	11.97	15.11	18.32	0.24	0.07
MnO	0.05	0.00	0.01	0.02	0.05	0.01	3.24	3.21	0.06	0.06
MgO	0.03	0.00	12.76	7.86	5.79	5.84	8.10	4.78	0.18	0.05
CaO	16.69	16.28	0.15	0.01	0.08	0.00	2.22	2.89	0.07	0.07
SrO	0.67	1.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		
ZnO	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		
PbO	0.11	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00		
$\text{Na}_2\text{O}$	0.67	0.89	0.03	0.00	0.00	0.03	1.84	1.45	7.89	8.12
$\text{K}_2\text{O}$	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.07
F	10.04	10.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	1.07	0.48	0.43
F=O	-4.24	-4.26	0	0	0	0	-0.30	-0.45	-0.20	-0.18
Total	98.67	99.25	93.54	93.31	94.35	94.59	80.59	79.08	94.51	96.13
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000		
P	1.999	1.997	1.994	1.996	1.997	1.997	1.996	1.997	1.977	1.977
As	0.000	0.000	0.004	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002		
Si	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.023	0.023
S+P+As+Si	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Al	1.966	1.996	2.002	2.011	1.959	1.959	1.051	1.026	2.731	2.711
Fe	0.000	0.005	0.041	0.396	0.528	0.526	0.830	1.041	0.011	0.003
Mn	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.180	0.185	0.003	0.000
Mg	0.003	0.000	0.972	0.624	0.455	0.457	0.793	0.484	0.015	0.004
Ca	0.970	0.944	0.008	0.001	0.005	0.000	0.156	0.210	0.004	0.000
Sr	0.036	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Zn	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		
Pb	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
Na	0.056	0.074	0.002	0.000	0.000	0.002	0.186	0.152	0.666	0.670
K	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.004
Suma kat.	3.037	3.077	3.027	3.034	2.949	2.945	3.198	3.099	3.43	3.392
F	1.720	1.725	0.000	0.000	0.000	0.000	0.147	0.230	0.084	0.073

**Tabulka 14** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce fosfátů hliníku s třemi a více atomy fosforu na vzorcovou jednotku (na základě  $P+As+S+Si=2$  apfu). Obsahy Cl byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Minerál	perhamit			kulanit	
	4413	4413	4634	4488	4488
Vzorek	4413	4413	4634	4488	4488
SO <sub>3</sub>	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21.55	26.31	19.87	34.01	32.93
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
SiO <sub>2</sub>	12.90	7.88	13.43	0.05	0.00
TiO <sub>2</sub>			0.04	0.31	0.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.85	30.95	28.25	14.61	13.60
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.10			
FeO	0.03	0.06	0.05	14.14	15.63
MnO			0.00	10.02	10.13
MgO	0.10	0.07	0.06	0.13	0.09
CaO	11.85	12.90	12.60	0.37	0.11
SrO	0.78	0.42	0.18	1.01	0.42
BaO	0.35	0.07	0.02	22.57	23.23
ZnO	0.03	0.05	0.00	0.06	0.00
PbO	0.00	0.02	0.13	0.03	0.21
Na <sub>2</sub> O			0.33	0.04	0.05
K <sub>2</sub> O	0.31	0.33	0.05	0.01	0.00
F	2.46	2.30	1.35	0.00	0.00
F=O	-1.04	-0.97	-0.57	0	0
Total	79.32	80.50	75.81	97.38	96.65
S	0.007	0.004	0.006	0.000	0.000
P	4.091	5.166	3.885	2.994	2.997
As	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
Si	2.899	1.830	3.106	0.005	0.000
S+P+As+Si	7.000	7.000	7.000	3.000	3.000
Al	7.891	8.459	7.689	1.791	1.723
Ce	0.006	0.008	0.000	0.000	0.000
M <sup>3+</sup>	7.896	8.467	7.689	1.791	1.723
Fe	0.005	0.012	0.009	1.231	1.407
Mn	0.000	0.000	0.000	0.884	0.923
Mg	0.034	0.024	0.019	0.021	0.014
Ca	2.852	3.212	3.123	0.042	0.013
Sr	0.172	0.095	0.041	0.103	0.044
Ba	0.030	0.006	0.002	0.920	0.979
Zn	0.005	0.008	0.000	0.004	0.000
Pb	0.000	0.001	0.008	0.001	0.006
M <sup>2+</sup>	3.098	3.359	3.202	3.205	3.386
Na	0.000	0.000	0.117	0.006	0.008
K	0.075	0.082	0.013	0.002	0.000
F	1.744	1.684	0.989	0.000	0.000

**Tabulka 15** Chemické složení (hm. %) a empirické vzorce fosfátů železa (na základě ideální sumy aniontů  $P+As+S+Si$ ). Obsahy Cl a TiO<sub>2</sub> byly vždy pod mezí stanovitelnosti.

Vzorek	trifylin		vivianit		ludlamit		hagendorfit	
	4632	4636	4635	4636	4632	4635	67832	67832
SO <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46.09	46.06	29.28	28.67	32.90	32.62	40.65	39.81
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.03	0.06	0.01	0.03	0.07	0.02	0.06
SiO <sub>2</sub>	0.05	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	2.91	2.62
FeO	38.46	34.48	34.75	38.47	45.18	42.26	36.67	33.90
MnO	2.98	7.36	3.51	3.02	2.56	5.36	5.34	7.41
MgO	3.23	2.46	3.33	0.62	0.82	1.14	3.69	2.35
CaO	0.00	0.00	0.00	0.06	0.34	0.00	0.08	1.28
ZnO	0.00	0.04	0.07	0.10	0.00	0.10	0.00	0.06
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34
BaO	0.00	0.01	0.13	0.00	0.09	0.06	0.08	6.31
PbO	0.00	0.01	0.00	0.06	0.02	0.00	0.11	0.07
Na <sub>2</sub> O	0.05	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	7.68	5.54
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	0.15
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	0.50
F=O	0	0	0	0	0	0	-0.50	-0.21
Suma	90.98	90.55	71.18	71.07	81.97	81.64	99.66	100.26
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
P	0.998	1.000	1.997	1.998	1.998	1.995	2.998	2.996
As	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.003	0.001	0.003
Si	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000
S+P+As+Si	1.000	1.000	2.000	2.000	2.000	2.000	3.000	3.000
Al	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.299	0.275
Fe	0.824	0.740	2.343	2.654	2.713	2.558	2.675	2.523
Mn	0.065	0.160	0.240	0.211	0.156	0.329	0.395	0.558
Mg	0.123	0.094	0.400	0.076	0.088	0.123	0.479	0.311
Ca	0.000	0.000	0.000	0.005	0.026	0.000	0.008	0.123
Zn	0.000	0.001	0.004	0.006	0.000	0.005	0.000	0.004
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
Ba	0.000	0.000	0.004	0.000	0.003	0.002	0.003	0.220
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002
Na	0.002	0.000	0.003	0.003	0.002	0.000	1.031	0.759
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165	0.015
Suma kat.	1.013	0.995	2.996	2.956	2.988	3.017	5.057	4.830
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.324	0.140

**Tabulka 16** Srovnání fosforem bohatých pegmatitů západní části Českého masívu

Oblast	Stáří	Tvar těles	Poměr volatilií	Vztah Be a Li	Hlavní nositel Li	Další charakt. prvky
Domažlice-Poběžovice	~480	velké množství čočkovitých žil	P>>F,B	Be>Li	trifylin	
Hagendorf a okolí	~310	několik kopulí	P>F>B		trifylin	
Kynžvart	~320-290	nepravidelný peň	P>F>B	Be>>>Li	montebrasit	Zr, Y, U, Mn
Vernéřov	?	žíla	P>F (B chybí)	Li>>>Be	montebrasit	Sn



**Tabulka 17** Složení některých P, Li-bohatých pegmatitů (hm. %)

	Tanco	Red Cross	Beauvoir	Podlesí	Vernéřov odhad	Tavenin. inkl. E-dorf
SiO <sub>2</sub>	76	72	68.5	70.7	66	62.0±1.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.6	16.4	17.6	15.9	13.5	11.7±0.5
Li <sub>2</sub> O	0.74	1.05	1.0	0.4	2.5	0.09
Na <sub>2</sub> O	3.8	4.4	5.1	4.1		3.2-4.4
K <sub>2</sub> O	3	2.2	3.5	3.0	4	4.2-4.5
Rb <sub>2</sub> O	0.57	1.3	0.45	0.23	0.1	0.5
Cs <sub>2</sub> O	0.28	0.95	0.07	0.02		0.09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.86	0.4	1.5	0.9	12	3.9-4.3
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.3				
F	0.12	0.63	1.8	1.8	0.7	3.5-3.8

*Vysvětlivky: Tanco - průměrné složení pegmatitu Tanco, Kanada (Černý et al. 1985); Red Cross - průměrné složení pegmatitu Red Cross, Kanada (Černý et al. 1985); Beauvoir - průměrné složení nejvíce frakcionované svrchní části granitového systému Beauvoir, Francie (Cuney et al. 1992); Podlesí - typické složení pozdních plochých žil granitu z Podlesí, Krušné hory (data autora K. B.); Vernéřov - odhad složení pegmatitu ve Vernéřově při poměru křemen : K-živce : montebrasit = 2 : 1 : 1; Tavenin. inkl. E-dorf - složení inkluzí P-bohaté taveniny v křemenu z pegmatitu uvnitř cínonosného granitu v Ehrenfriedersdorfu, Německo (Webster et al. 1997)*

Rožné (Němec 1998) a v Dolních Borech (Staněk 1980) - nebo se objevují i další Ba,Sr-fáze (např. Cempírek, Novák 2006).

Ve Vernéřově bylo zjištěno pět asociací pozdních fosfátů. Tři z nich jsou obohaceny fluorem:

1. viitaniemit, augelit a apatit (vzorek 611)
2. perhamit, crandallit, goyazit-gorceixit a apatit (vzorek 4013),
3. F-lacroixit, augelit, F-crandallit, metavariscit, F-gatumbait a apatit (vzorek 4475), další dvě asociace jsou téměř či úplně prosty fluoru:
4. augelit, scorzalit, kulanit a apatit (vzorek 4488),
5. ferristrunzit, whitmoreit a ferrohagendorfit (vzorek NM 67832).

Na vzniku druhotných fosfátů obsahujících fluor a fluoritu, který je s nimi v asociaci, se mohl zčásti podílet fluor uvolněný při alteraci montebrasitu. Nelze však vyloučit ani externí zdroj fluoru. Drobných indicií F-Ba mineralizace je ve Smrčinách a přilehlém Vogtlandu řada (Hösel, Breiter 1995) a tektonická struktura pegmatitového žilníku mohla takováto fluida snadno kanalizovat. Na základě dnes známých dat nelze žádnou z obou možností odmítnout ani jednoznačně podpořit. Stejně tak je otevřen původ a relativní stáří Ag,Bi-sulfidů. Ač sulfidy v malém množství jsou v pegmatitech často přítomny (Novák 2005), ve Vernéřově mohly být i produktem již mesozoické hydrotermální etapy, kvalitativně srovnatelné např. se sulfidickou mineralizací následující F,Ba-mineralizaci na ložisku Moldava (Novák, Jansa 1981).

Vznik Al- a Fe-fosfátů bez obsahu fluoru, většinou hydratovaných, se zdá být ještě mladší a níže temperovaný.

Sled mineralizačních dějů ve Vernéřově byl pravděpodobně následující:

1. intruze taveniny a krystalizace hlavní pegmatitové žíly křemen+ortoklas+montebrasit.
2. vznik hydrotermálních (?) křemen-živcových žil

s žebříkovitou texturou a hojným kasiteritem. Většina žil vznikla v několika epizodách postupného otvírání. Někdy ale křemen-živcový agregát přechází do montebrasitu, což komplikuje interpretaci časové posloupnosti. Současně krystalizace kasiteritu v hlavní pegmatitové žíle, do níž cínonosná fluida pronikla zejména podél kontaktů s okolní horninou.

3. přínos výše temperovaných sulfidů Sn-Zn-Fe-Cu zejména do pegmatitu, méně do křemenných žil. Stanin se sfaleritem a chalkopyritem tvoří závalky mezi K-živcem a montebrasitem bez výraznější alterace okolí.
4. přínos níže temperovaných sulfidů Ag-Bi-Pb, intenzivní zatlačování silikátů jemnozrnným muskovitem (tzv. hydromuskovitem), zatlačování staninu mladým kasiteritem, zatlačování montebrasitu vodnatými fosfáty obohacenými Ba a Sr. Vzájemná časová pozice těchto procesů není zřejmá. Objevují se i vysoce fluorované fosfáty a fluorit.
5. vznik silně hydratovaných Al- a Fe-fosfátů provázených hydratovanými oxidy Fe v oxidačním prostředí, patrně již blízko zemského povrchu.

### Srovnání s jinými fosfátovými pegmatity západočeské oblasti

V západní části Českého masívu je známo několik pegmatitů či pegmatitových rojů s podstatným obsahem minerálů fosforu. Jejich nejnovější přehled podal Novák (2005). Jde zejména o variský pegmatit v Kynžvartu, variské pegmatity v Bavorsku u Hagendorfu (tělesa „Nord“ a „Süd“), Pleysteinu a Waidhausu (Strunz et al. 1975; Breiter et al. 1998) a prevariské pegmatity domažlicko-poběžovické oblasti (~ 480 Ma, Novák 2005). Tento výskyt řady fosforem bohatých pegmatitů na poměrně malém území svádí k představě o jakési provincii či oblasti fosfátových pegmatitů. Při bližším pohledu však každý z jmenovaných pegmatitů či skupin pegmatitů má specifické chemické, mineralogické a strukturní rysy, takže jejich shrnutí do jedné skupiny není možné.

Pegmatity domažlicko-poběžovické (Vejnar 1965) jako jediné ze jmenovaných pegmatitů v oblasti odpovídají třídě beryl-fosfátových pegmatitů. Tvoří žilná tělesa v metamorfitech, jsou bohaté na P a Be, a zároveň chudé na F, B a Li. Lithium, pokud je v malém množství přítomno, buduje Li-Mn-Fe fosfáty.

Bavorské pegmatity z okolí Hagendorfu tvoří kopulovitá tělesa spjatá s apikálními výběžky intruzí P,F,Li-bohatých pozdně variských granitů (310 Ma, Breiter, Siebel 1995; Siebel et al. 1999). Jsou řazeny do třídy beryl-columbit-fosfátových pegmatitů. I zde P převládá nad F a B. Li je však hojně přítomno a bylo těženo. Beryl je zde běžný. V mateřském granitu je Li přítomno ve formě zinnwalditu.

V Kynžvartu tvoří pegmatit nepravidelně sloupovité těleso uvnitř dvojslídového granitu. Z primárních fosfátů jsou nejhojnější triplit a apatit, Li je přítomno ve velmi vzácném montebrasitu. Všechny kynžvarské fosfáty jsou bohaté fluorem, velmi blízké čistým koncovým F-členu. Všechny typy slíd přítomné v pegmatitu odpovídají výhradně muskovitu a v malém množství biotitu. Beryl je

i zde poměrně běžný a relativně hojný je i Zr (v zirkonu) a U (v uraninitu).

Pegmatit ve Vernéřově tvoří dlouhou (~ 1 km) a tenkou (< 1 m) žílu se značným hloubkovým dosahem (ověřeno > 200 m) a homogenní velkozrnnou až drobně blokovitou výplní. P vysoce převládá nad F, a Be zcela chybí. Li ve formě montebrasitu je silně obohacené. Vysoký obsah Sn je dalším zcela specifickým rysem. Všechny tyto rysy činí z vernéřovského pegmatitu v rámci celého Českého masívu pegmatit zcela ojedinělý.

### Genetické úvahy

Průměrné chemické složení velkých vzácnoprvkových pegmatitů, pokud je v ojedinělých případech známo, se příliš neliší od složení silně frakcionovaných granitů (tab. 17). To je jedním z důvodů, proč je představa o magmatického původu vzácnoprvkových pegmatitů dnes obecně akceptována (Černý 2004; Breaks et al. 2004; London 2004). Magmatický původ má nepochybně i hlavní křemen-ortoklas-montebrasitová žíla ve Vernéřově. Složitější je situace v případě křemenných žil, které vedle vysoce převažujícího křemene obsahují lokálně i malé množství K-živce a montebrasitu a hojný kasiterit. Tyto žíly vznikaly v několika etapách krystalizace oddělených tektonickými pohyby. Naproti tomu v hlavní pegmatitové žíle žádné známky tektonického neklidu během krystalizace pozorovány nebyly a kasiterit je zde oproti horninotvorným minerálům zřetelně mladší. To svědčí o relativně mladším stáří křemenných žil, i když časový rozdíl může být, z geologického hlediska, nepatrný. Křemen-živcové žíly jsou známy i z jiných lokalit Krušných hor, např. z Preiselbergu a Knöthlu v Krupce ve v. Krušných horách, kde byly v báňských dílech dobře přístupny studiu. I tam však byly interpretovány různým způsobem (Štemprok et al. 1994; Eisenreich, Breiter 1993). Při zvážení všech okolností považujeme vznik vernéřovských křemenných žil spíše za vysokoteplotně hydrotermální. Současně je třeba upozornit na některé výsledky studia taveninových inkluzí ze saských granitů (Thomas et al. 2000), které přináší významné argumenty pro plynulost přechodu silikátové taveniny do vysoce koncentrovaného nadkritického fluida, které smysl celé diskuse o hranici „magmatického“ a „hydrotermálního“ stádia ve frakcionovaných granitech a pegmatitech zpochybňují.

Kvantitativní zastoupení montebrasitu ve Vernéřově nemá v jiných známých pegmatitech ekvivalent. V P,Li-bohatých pegmatitech obvykle vysoce převažují Mn,Fe,Li-fosfáty nad Al,Li-fosfáty a obvyklé je podstatné zastoupení primárního apatitu (Lahti 1981). Vernéřovský pegmatit má jako celek neobvykle nízké obsahy Fe, Mn i Ca. Podobně leukokratické Li-bohaté aplit-pegmatity severního Portugalska obsahují jako hlavní nositele Li-silikáty spodumen a petalit, obsah montebrasitu je zcela podružný. Současně jsou tyto pegmatity bohaté albitem, který ve Vernéřově chybí (Lima, Robles 2007).

O látkovém původu vernéřovského pegmatitu lze v současné době vyslovit pouze vysoce spekulativní hypotézy. V širokém okolí není znám výskyt granitu s nimž by pegmatit mohl být geneticky spojován. Nejbližší granitový výchoz leží 4 km j. od Vernéřova a jde o biotitický granit nejstarší fáze smrčinského masívu, tedy granit geochemicky velmi primitivní. Ještě větší problém pro interpretaci však činí nezvyklé chemické složení pegmatitu. Dnes, kdy je přístupný studiu pouze materiál z haldy, nelze samozřejmě analyzovat žádný „průměrný“ vzorek, ani chemické složení odvodit od kvalifikovaného odhadu poměru hlavních minerálů. Jediný „průměrný“ vzorek, který byl kdy ve

Vernéřově analyzován, byl vzorek pro zkoušku upravitelnosti rudy v době průzkumu ložiska (Pokorný 1957b). Ten však obsahoval značné množství okolní ruly a pro pegmatit jako horninu tedy není reprezentativní (Pokorný 1957b). Náš odhad chemického složení může vyjít pouze z dobových charakteristik, že v hlavní žíle byly křemen, K-živce a montebrasit zastoupeny přibližně rovným dílem. Pokud budeme uvažovat v principu magmatický původ i u křemenných žil, a použijeme poměr zastoupení křemene, K-živce a montebrasitu rovný 2 : 1 : 1, dostaneme chemické složení označené v tabulce 17 jako „Vernéřov odhad“. V tabulce 17 jsou pro porovnání s tímto odhadem uvedena průměrná složení některých Li,P-bohatých pegmatitů kanadského štítu a charakteristická složení Li,P-bohatých granitů evropských variscid.

Při srovnání průměrného složení kanadských pegmatitů se specializovanými granity je patrné, že s výjimkou fluoru si oba typy hornin jsou poměrně blízké. Pegmatity sice obsahují zóny s extrémním nahromaděním jednotlivých prvků, ale průměrné složení celých těles se od specializovaných granitů příliš neliší. Ani složení P-bohatých tavenin z inkluzí v křemeni v saském Ehrenfriedersdorfu se principiálně neliší. Průměrné složení fosfátových pegmatitů z Hagendorfu není známo, ale vzhledem k poměru objemu zony s fosfáty k objemu celého pegmatitu není důvod očekávat složení výrazně P- nebo Li-bohatší než jsou pegmatity kanadské. Též ve „fosfátovém“ pegmatitu u Kynžvartu tvoří fosfáty pouze nepatrnou část objemu pegmatitu. Vernéřovský pegmatit, minimálně jeho z báňských prací známá část, díky absenci zonálnosti, svým průměrným obsahem P a Li všechny jmenované horniny vysoce překonává. Obsah Li<sub>2</sub>O okolo 2 hm. % uvádí Černý (1985) jako maximum pro interní Li-nejbohatší zony velkých pegmatitů. Obsah kolem 2 hm. % Li<sub>2</sub>O je však výsledkem pozdní frakcionace *in situ* v jádře pegmatitu. Ve Vernéřově má takový obsah Li celý známý pegmatit.

I v případě, že by podíl křemene v pegmatitu byl ještě vyšší než 50 % uvažovaných v odhadu, a tedy obsah P a Li adekvátně nižší, zůstává významným problematickým znakem vernéřovského pegmatitu téměř naprostá absence Na. Naproti tomu všechny frakcionované granity a specializované pegmatity v tabulce 17 obsahují vždy více Na než K! Vernéřovský pegmatit nemá v okolí známky albitizace ani jiné metasomatózy, která by mohla být výsledkem migrace Na či jiných prvků do exokontaktu během krystalizace pegmatitu *in situ*. Tedy již primární tavenina pegmatitu, která se odpojila od hypotetického zdroje v hloubce, musela mít složení podobné dnešnímu. Pro frakcionaci granitické taveniny směrem k vysokému obsahu P a Li a zároveň absenci Na však dosud není k dispozici žádný model. Vernéřovský pegmatit tedy nadále zůstává výzvou pro nová genetická studia.

### Poděkování

Práce byla podpořena výzkumným záměrem Geologického ústavu AV ČR, v.v.i. číslo Z 3013\_0516 „Zemský systém v průsečíku geologických procesů, vývoje života, klimatických a antropogenních vlivů“ a grantem GA AV č. IAA300130801 „Vývoj kontrastních typů frakcionované silikátové taveniny na základě studia taveninových inkluzí“. J. Cempírkovi děkujeme za detailní recenzi a náměty do diskuse.

## Literatura

- Bernard J. H. et al. (1981): Mineralogie Československa. - Academia Praha.
- Breaks F. W., Selway J. B., Tindle A. C. (2004): Fertile peraluminous granites and related rare-element pegmatites, Superior province, Ontario. - In: Rare-element geochemistry and mineral deposits (edit. R. L. Linnen, I. A. Samson), GAC Short course notes 17. 87-126. Vyd. Geol. Assoc. Canada.
- Breiter K. et al. (1998): Genetic significance of phosphorus in fractionated granites - Excursion guide. 170 s. ČGS Praha.
- Breiter K., Siebel W. (1995): Granitoids in the Rozvadov Pluton, Western Bohemia and Oberpfalz Evolution of the Variscan (Hercynian) and Comparable Orogenic Belts. - *Geol. Rundschau* **84**, 506-519.
- Cempírek J., Novák M. (2006): Hydroxylherderit a sdružené berylofosfáty z pegmatitu Rožná - Borovina. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.* **91**, 79-88.
- Cuney M., Marignac C., Weisbrod A. (1992): The Beauvoir topaz-lepidolite albite granite (Massif Central France). A highly specialised granite with disseminated Sn-Li-Ta-Nb-Be mineralization of magmatic origin. - *Econ. Geol.* **87**, 1766-1794.
- Čech F. (1962): Fosforečnanová minerální asociace z Vernéřova. - *Čas. Mineral. Geol.* **7**, 399-403.
- Čech F., Hak Z. (1982): Ferroan křesterite from Vernéřov, near Aš, western Bohemia, Czechoslovakia. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 1-2, 45-51.
- Černý P. (2004): The Tanco rare-element pegmatite deposit, Manitoba: regional context, internal anatomy, and global comparisons. - In: Rare-element geochemistry and mineral deposits (edit. R. L. Linnen, I. A. Samson), GAC Short course notes 17, 127-158. - Geol. Assoc. Canada.
- Černý P., Meintzner R. F., Anderson A. J. (1985): Extreme fractionation in rare element granite pegmatites: selected examples of data and mechanisms. - *Can. Mineral.* **23**, 381-421.
- Eisenreich M., Breiter K. (1993): Krupka, deposit of Sn-W-Mo ores in the eastern Krušné hory Mts. - *Věst. Čes. geol. Úst.* **68**, 15-22.
- Hösel G., Breiter K. (eds. 1995): Mineral resources Erzgebirge-Vogtland/Krušné hory. Map 2: Metals, Fluorite/Barite - occurrences and environmental impact 1:100 000. - Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg.
- Janečka J., Komárek M. (1969): Sn-Li mineralisace v prostoru Aš-Vernéřov. - MS, archiv ČGS Praha.
- Janečka J. et al. (1973): Závěrečná zpráva o geologicko-ložiskovém výzkumu Sn-W ložisek Českého masivu, příloha č. 37. - MS, archiv ČGS Praha.
- Chrt J. (1955): Výroční zpráva za rok 1955 Aš - Vernéřov. - MS, archiv ČGS Geofond, P007346.
- Chrt J., Malásek J. (1954): Zpráva o orientačním geologickém průzkumu v ašském výběžku v prostoru Hazlov - Aš. - MS, archiv ČGS Geofond, P005702.
- Kratochvíl J. (1962): Topografická mineralogie Čech. Díl V. - NČSAV Praha.
- Kušnír I. (1958): Závěrečná zpráva o geologickém průzkumu Vernéřov u Aše. Surovina Sn, Li. Stav ke dni 31. III. 1958. - MS, archiv ČGS Geofond, FZ002908.
- Lahti S. I. (1981): On the granitic pegmatites of the Arajärvi area in Orivesi, southern Finland. - *Geol. Survey Finland Bulletin*, 314, Espoo.
- Lahti S. I., Pajunen A. (1985): New data of iacroxite, NaAlF(PO<sub>4</sub>). - *Am. Mineral.* **70**, 849-855.
- Lima A., Robles E. R. (2007): Granitic pegmatites. The state of art. Field trip guidebook. - *Mimórias n. 9*, Universidade do Porto-Faculdade de ciencias. Porto.
- London D. (2004): Geochemistry of alkali and alkaline earth elements in ore-forming granites, pegmatites, and rhyolites. - In: Rare-element geochemistry and mineral deposits (edit. R. L. Linnen, I. A. Samson), GAC Short course notes 17, 17-44. Geol. Assoc. Canada.
- Mrňa F., Pácal Z. (1962): Rubidium v draselném živci z ambygonitového ložiska Vernéřov u Aše. - MS, archiv ČGS Geofond, P014384.
- Němec D. (1998): The Rožná Pegmatite Field, Western Moravia (Czech Republic). - *Chem. Erde* **58**, 233-246.
- Novák M. (2005): Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika): Mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.* **90**, 3-74.
- Novák F., Jansa J. (1981): Minerogenetický výzkum fluoritových ložisek Moldava a Harrachov. - *Nerost. Sur.*, 3, 1-88. Kutná Hora.
- Novák F., Pauliš P., Ševců J. (2004): Varlamoffit z Vernéřova u Aše. - *Zpr. geol. Výzk. v R.* 2003, 117-119.
- Pokorný J. (1955): Mineralogicko - petrografický rozbor rudního materiálu z lokality Vernéřov u Aše. - MS, archiv ČGS Geofond, P007323.
- Pokorný J. (1957a): Mineralogický rozbor rudního materiálu z Vernéřova u Aše. - MS, archiv ČGS Geofond, P006164.
- Pokorný J. (1957b): Výzkum upravitelnosti rudniny z Vernéřova u Aše. - MS, archiv ČGS Geofond, P006167.
- Ramik R. A., Sturman B. D., Roberts A. C., Dunn P. J. (1983): Viitanemite from the Francon quarry, Montreal, Quebec. - *Can. Mineral.* **21**, 499-502.
- Siebel W., Breiter K., Wendt I., Höhndorf A., Henjes-Kunst F., René M. (1999): Petrogenesis of contrasting granitoid plutons in western Bohemia (Czech Republic). - *Mineral. Petrol.* **65**, 207-235.
- Staněk J. (1980): Goyazit z lithného pegmatitu od dolních Borů na západní Moravě. - *Acta Mus. Moraviae* **65**, 211-212.
- Strunz H., Forster A., Tennyson Ch. (1975): Die pegmatite in den nördlichen Oberpfalz. - *Aufschluss* **26**, 117-189.
- Štemprok M., Ďurišová J., Halls C. (1994): Observations on a molybdenite-bearing vein-dike from the Krupka Sn-W-Mo district in the eastern Krušné hory (Erzgebirge), Czech republic. - In: Metallogeny of collisional orogens (edit. R. Seltmann, H. Kämpf, P. Möller), 207-217. Vyd. ČGS Praha.
- Thomas R., Webster J. D., Heinrich W. (2000): Melt inclusions in pegmatite quartz: complete miscibility between silicate melts and hydrous fluids at low pressure. - *Contrib. Mineral. Petrol.* **139**, 394-401.
- Vejnar Z. (1965): Pegmatity poběžoviccko-domažlické oblasti. - *Sbor. geol. Věd, Lož. Geol., Mineral.* **4**, 7-84.
- Webster J. D., Thomas R., Rhede D., Förster H.-J., Seltmann R. (1997): Melt inclusions in quartz from an evolved peraluminous pegmatite: Geochemical evidence for strong tin enrichment in fluorine-rich and phosphorus-rich residual liquids. - *Geochim. Cosmochim. Acta* **61**, 2589-2604.