

Mineralogie a geneze horninových úlomků s pegmatitovou texturou z eluvia serpentinitu u Nové Vsi u Oslavan

Mineralogy and genesis of rock fragments with pegmatite texture from serpentinite eluvium at Nová Ves near Oslavany

JIŘÍ PROKOP¹⁾, ZDENĚK LOSOS^{1)*}, RENATA ČOPJAKOVÁ¹⁾ A JAROMÍR KARÁSEK²⁾

¹⁾ Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kottlářská 2, 611 37 Brno;

*e-mail: losos@sci.muni.cz

²⁾ Lieberzeitova 12, 614 00 Brno - Husovice

PROKOP J., LOSOS Z., ČOPJAKOVÁ R., KARÁSEK J. (2013) Mineralogie a geneze horninových úlomků s pegmatitovou texturou z eluvia serpentinitu u Nové Vsi u Oslavan. *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha) 21, 2, 210-222. ISSN 1211-0329.*

Abstract

The studied locality belongs to peridotite body in the Gföhl Unit (Moldanubian Zone). These peridotites underwent high degree of serpentinisation and are locally penetrated by pegmatites. Rock fragments with pegmatite texture were found in eluvia of isolated serpentinite body situated at Nová Ves. Three groups of samples (NV1, NV2 and NV3) distinct in their internal structure, mineral assemblages and chemical composition of minerals were distinguished:

- i. NV1 Kfs + Qtz + Plg ± Tur ± Chl ± Sme ± Tit ± (Zrn, Xtm, Mon)
- ii. NV2 Plg ± Amf ± Preh ± Chl ± Czo ± Kfs ± Zrn ± (Ab, Ser, Tur)
- iii. NV3 Plg + Tur ± Preh ± Chl ± Pmp ± Zeo ± Ba-Fsp ± Ap ± Zrn ± (Mol)

These three assemblages can be clearly distinguished by the basicity of plagioclase. Plagioclase varies from almost pure albite (NV1, An₂₋₉), which is associated with quartz, through andesine (NV2, An₃₈₋₄₂) to labradorite-bytownite (NV3, An₆₉₋₈₂). The chemical composition of tourmalines and compositional trends from 3 distinct parageneses described above are also different. Tourmalines from NV1 samples are enriched in Al and exhibit dravitic composition. The composition of NV3 tourmalines corresponds to strongly magnesian dravite-uvite solid solution. On the other hand tourmalines from NV2 samples, which are very rare, represent the transitional composition between tourmalines from the NV1 and NV3 samples.

The original melt was enriched in Mg and Ca derived from the wall rocks during the contamination process, which led both to increased Mg and Ca contents in tourmaline as well as higher Ca contents in plagioclase. Hydrothermal fluids gave rise to abundant quartz dissolution and widespread plagioclase and frequent tourmaline replacement. Typical hydrothermal minerals include prehnite, chlorite and secondary K-feldspar.

The characteristics of rock fragments from Nová Ves are unique in several aspects, which are similar to the features observed at other localities of contaminated pegmatites hosted by serpentinite rocks such as Drahonín u Tišnova, Věžná I and II, Smrček, Věchnov, Heřmanov, Mohelno, Hrubšice.

Key words: *tourmaline, plagioclase, prehnite, pegmatite, contamination, serpentinite, Moldanubian Zone, Moravia, Czech Republic*

Obdrženo: 17. 10. 2013; přijato: 19.11. 2013

Úvod

Předložená studie detailně zpracovává nový výskyt úlomků pegmatitového charakteru z eluvia serpentinitu u Nové Vsi u Oslavan. Příspěvek navazuje na práce z padesátých let minulého století (Novotný 1958, 1962; Černý 1958 aj.), které charakterizovaly tehdy známé výskyty pegmatitů v serpentinitech západomoravského moldanubika. Topograficko-mineralogická inventarizace jednoho z plošně nejrozsáhlejších výskytů serpentinizovaného peridotitu na Moravě (Hrubšice - Nová Ves - Biskoupky - Templštejn) byla doplněna řadou pozoruhodných nálezů v doprovodných desilikovaných pegmatitech (např. harmotom z Hrubšic - Černý, Povondra 1965) a nově též puklinovou asociací Mg-hydrokarbonátů v serpentinitu

s unikátními ukázkami artinitu (Kovář, Losos 2005; Losos et al. 2013).

Při pokusu určit přesnější lokalizaci dílčích nalezišť proslulých novoveských opálů zmapoval jeden z autorů (J. Karásek) ostrůvek serpentinitu situovaný na SV od hlavního hadcového tělesa, který je obklopen granulitovými horninami téže petrotektonické proveniencí v jeho tektonickém podloží. Během terénních prací se podařilo nalézt na sz. okraji ostrůvku úlomky světlé granitoidní horniny s metakrystaly turmalínu a pegmatitovou texturou (Karásek 1996). Z podrobné mineralogické a chemické analýzy však vyplývá, že chemismus zdejších těles (žil či čoček) pegmatitů je složitý s různou mírou kontaminace hostitelským serpentinitem.

Geologická situace

Generelní geologická charakteristika širšího okolí nálezu je nejvýstižněji podána v kompilacích Kalášek et al. (1963) a Dudek a Weiss (1963), dílčí podrobnosti jsou dále uvedeny ve studiích Karáska (1996, 1997, 1998). Serpentin byl tektonicky přesunut přes granulitové horniny v době, kdy tyto granulity již měly vyvinutou foliaci typu krystalizační břidličnatosti. Svědčí o tom nejen ostré styky obou typů hornin bez reakčních lemů a exfoliační ohlazení granulitu, ale místy i drčení obou hornin v čelní (západní) části násunu a následný vznik tektonické brekcie (magnezitové třísky tmelené opálem). Popisovaný ostrůvek serpentinu je na poměrně malé ploše silně diferencován do pestré škály petrografických typů od světlého dunitu s chryzotilem přes černošedý lherzolit s mírně kelyfítizovanými granáty k tmavému wehrlitu s vyrostlými romboického pyroxenu.

Metodika

Analýzy minerálů byly provedeny na elektronové mikroskopové Cameca SX100 na společném pracovišti Přírodovědecké fakulty MU v Brně a České geologické služby. Měření probíhalo ve WDX módu za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 kV, průměr elektronového svazku 5 - 10 μm , proud 10 - 20 nA, načítací čas 10 - 20 s (hlavní prvky) a 20 - 40 s (stopové prvky). Jako standardů pro analýzu silikátů bylo užito: andradit (Ca, Fe), almandin (Fe), spessartin (Si, Mn), sanidin (Si, Al, K), albit (Na), amfibol (Ti), spinel (Mg), gahnit (Zn), chromit (Cr), fluorapatit (P), topaz (F), zirkon (Zr), SrSO_4 (Sr) a BaSO_4 (Ba). Krystalochemický vzorec žlvců byl přepočten na 8 atomů kyslíku, zeolitů na 20 O, amfibolů na 23 O, chloritů na 14 atomů O, prehnitu na 22 O, pumpellyitu na 24,5 O, minerálů epidotové skupiny na 12,5 O, minerálů smektitové skupiny na 11 atomů O, titanitu na 5 kyslíků, apatitu na 13 O. Krystalochemický vzorec turmalínů byl vypočítán na základě 6 Si za následujících předpokladů: (i) $^{\text{w}}\text{O}^{2-}$ byl spočten z vrstevního náboje, (ii) veškeré Fe je uvažováno jako dvojmocné, (iii) B = 3, (iv) OH = 4 - Cl - F - $^{\text{w}}\text{O}$. Použité zkratky minerálů jsou podle Whitney a Evans (2010).

Výsledky

Terénním průzkumem na polní lokalitě u Nové Vsi, zmíněné v úvodu práce, bylo vysbíráno několik kg úlomků světlé horniny s turmalínem. Dále bylo zjištěno, že úlomky hornin obsahující turmalín lze rozdělit do tří skupin (NV1, NV2 a NV3), které se od sebe liší jak v minerálním složení, tak v texturních znacích. Není ale jasné, zda pocházejí z jedné nebo více samostatných žil.

Mineralogické složení vzorků s označením NV1 odpovídá zejména draselnému žlvcí, plagioklasu (albit) a křemeni s vedlejším až akcesorickým podílem turmalínu a chloritu (obr. 1a-c). Typickým akcesorickým minerálem je zde titanit, vzácnými akcesoriemi jsou naopak zirkon, monazit a xenotim. Tato asociace je doprovázena místy hojným sekundárním trioktaedrickým smektitem. Charakteristickým rysem je výskyt pegmatitových textur, které zahrnují především grafické prorůstání žlvice s křemenem a přítomnost velkých individuálních minerálů. Poměr K-žlvice, plagioklasu a křemene značně kolísá.

Hlavní složkou vzorků NV2, pro něž je charakteristická absence křemene a primárního K-žlvice, je plagioklas (andezín). K běžným vedlejším minerálům náleží amfibol (lemující okraje vzorků) a prehnit, který se objevuje

jako typický produkt zatlačování plagioklasu. Vedlejší až akcesorickou součástí je chlorit vznikající jak na úkor původního plagioklasu, tak i amfibolu. Místy běžným akcesorickým minerálem je rovněž klinozoisit a sekundární K-živec, pronikající po puklinách (obr. 1d-e). V některých případech jsou plagioklasy přeměněny v jemnozrnnou směs sericitu a albitu. V akcesorickém množství se rovněž objevuje mikroskopický turmalín a zirkon.

Úlomky s označením NV3 jsou složeny především z turmalínu a bazického plagioklasu (labradorit-bytownit), jež se vzájemně prorůstají. Charakteristická je pro tuto minerální asociaci nepřítomnost křemene a K-žlvice. Jako hojný vedlejší minerál byl zjištěn prehnit, který tvoří pseudomorfózy po plagioklasu a vyplňuje trhliny v kataklazovaném turmalínu. K méně zastoupeným vedlejším minerálům náleží chlorit, dále jsou přítomné zeolity (thomsonit-Ca), pumpellyit-Al a Ba-živec (hyalofan-celsian) (obr. 1f-h). Akcesoricky se objevují zirkon, fluorapatit a vzácně byl zaznamenán rovněž molybdenit.

Charakteristika jednotlivých minerálů

Plagioklasy

Šedý až bílý plagioklas (do velikosti 8 mm) je přítomen ve všech studovaných vzorcích, kde obvykle představuje hlavní minerál. Na základě morfologie, chemického složení a minerální asociace lze rozlišit 3 typy plagioklasů (obr. 2; tab. 1):

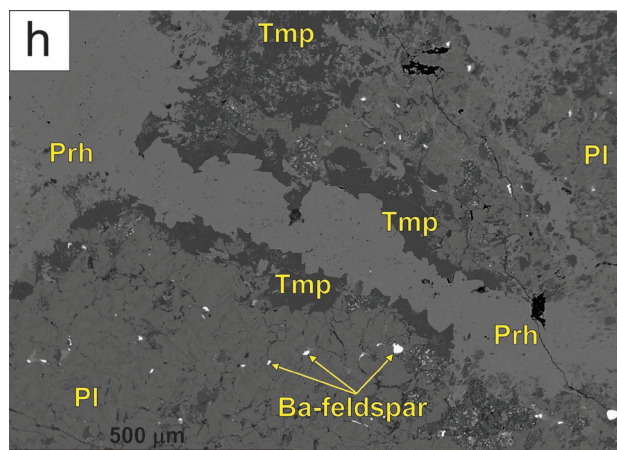
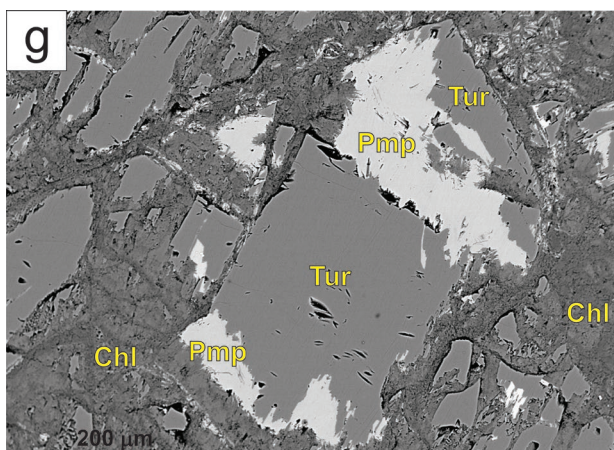
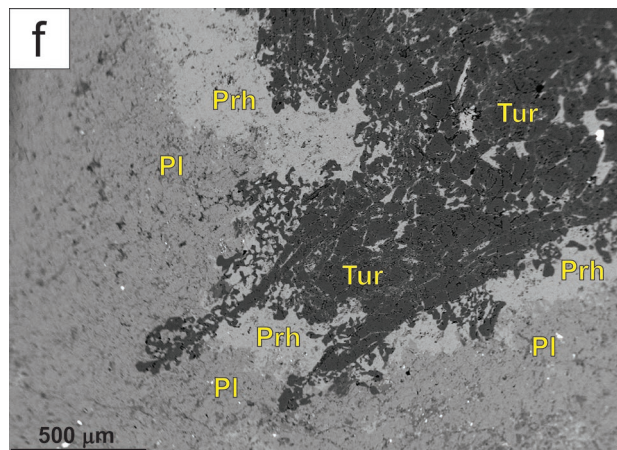
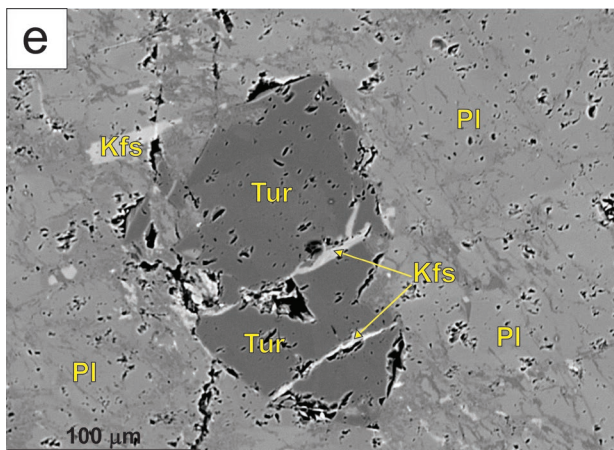
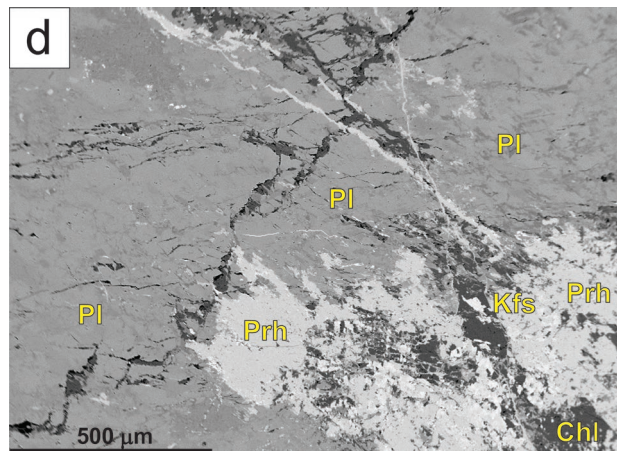
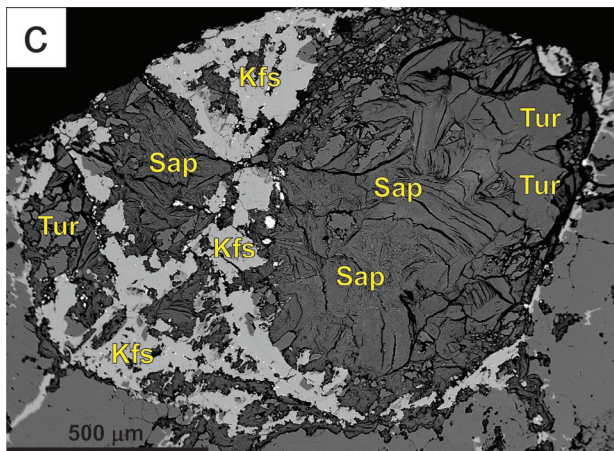
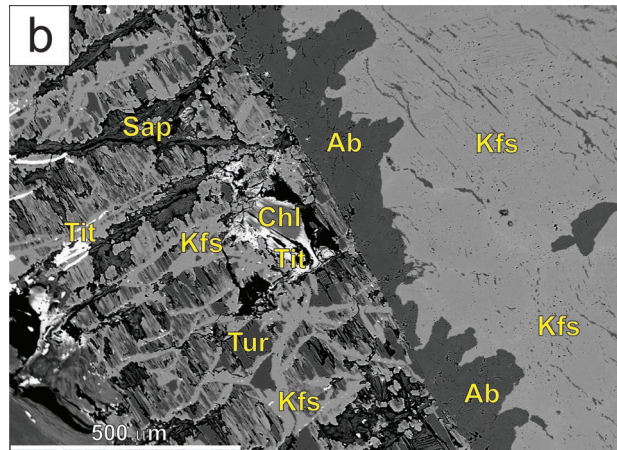
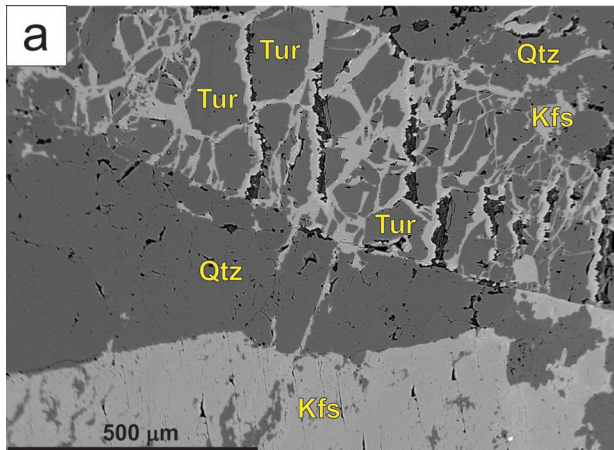
a) Bílá, hypautomorfně až xenomorfně omezená zrna se vyskytují spolu s křemenem a K-žlvcem ve vzorcích NV1. Plagioklasy svým složením odpovídají albitu (An_{2-9}). Zonalita je nezřetelná, pouze v některých případech lze pozorovat nárůst albitové složky směrem k okrajům krystalu. Podíl K komponenty je malý (Or_{1-2}). Zrna draselného žlvice bývají často zatlačována mladším albitem, jehož chemické složení se však nikterak neliší od složení primárních albitů.

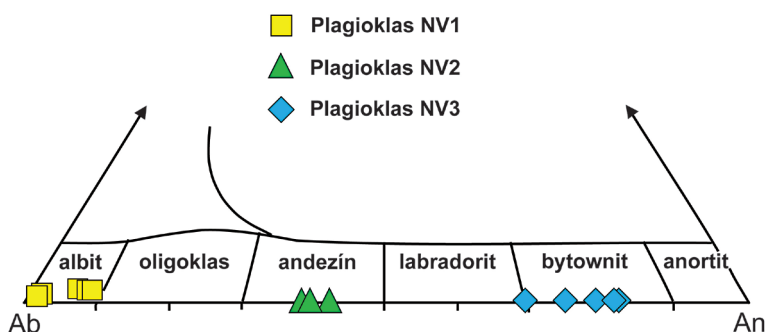
b) Xenomorfní, hnědý až hnědošedý plagioklas, vyskytující se v asociaci s amfibolem, představuje dominantní minerál vzorků s označením NV2. Tento plagioklas má vyšší podíl anortitové komponenty (An_{38-42}) a odpovídá andezínu. Podíly K, Sr a Ba jsou pod mezí detekce. Plagioklas je hojně zatlačován prehnitem, méně chloritem, klinozoisitem (agregáty až 20 μm), jemnozrnnou směsí sericitu a albitu a místy hojnými žilkami K-žlvice.

c) Tmavohnědý až hnědošedý plagioklas, dominující spolu s turmalínem ve vzorcích NV3, tvoří hypautomorfní až xenomorfní krystaly. U tohoto plagioklasu Ca-složka kolísá v rozmezí An_{69-82} a odpovídá tedy labradoritu až bytownitu. Zóny s nižší a vyšší bazicitou jsou rozmístěny nepravidelně. Obsahy K, Ba a Sr jsou pod hranicí detekce. Plagioklas bývá často zatlačován mladším prehnitem. Někdy je plagioklas zatlačován thomsonitem-Ca (tab. 3), který tvoří 20 - 100 μm široké lemy podél hranice styku plagioklasu s prehnitem.

K-živec

K-živec je hlavní minerál vzorků NV1, v nichž je v asociaci s křemenem a plagioklasem (albit). Tvoří hypautomorfní až xenomorfní krystaly (do velikosti 10 mm), které obsahují hojně peritické odmišleniny plagioklasu. Ve vzorcích NV1 a NV2 se rovněž vyskytuje mladší, sekundární K-živec, který vyplňuje mezizrnné prostory či proniká podél trhlin v minerálech. V rámci minerální asociace NV1 rovněž často zatlačuje turmalín. Starší krystaly draselného žlvice mají oproti mladšímu K-žlvcí zvýšený podíl albitové komponenty Ab_{12-16} (tab. 3).





Obr. 2 Chemické složení živců ve vzorcích NV1, NV2 a NV3.

Tabulka 1 Reprezentativní chemické analýzy plagioklasů NV1, NV2 a NV3. Obsahy v hm. %; FeO a BaO vždy b.d.

TYP	NV1	NV1	NV1	NV2	NV2	NV2	NV3	NV3	NV3	NV3	NV3
Číslo	12/5A	39/3B	15/3	21/5B	22/5B	23/5B	30/4b	25/4b	19/4	18/4	29/4b
P ₂ O ₅	b.d.	0.17	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
SiO ₂	68.85	67.51	67.08	59.42	58.01	58.74	50.96	49.97	47.88	47.60	47.44
Al ₂ O ₃	19.78	20.79	20.97	26.13	26.59	26.50	31.32	32.09	32.95	33.15	33.49
CaO	0.36	1.23	1.87	8.15	8.85	8.37	14.43	15.59	16.40	16.91	16.96
SrO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.13	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Na ₂ O	11.90	11.07	10.74	7.28	6.73	7.08	3.58	2.94	2.44	2.06	2.16
K ₂ O	0.12	0.20	0.31	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Total	101.01	100.98	100.97	100.97	100.30	100.69	100.29	100.59	99.67	99.73	100.04
P <i>apfu</i>	b.d.	0.006	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Si	2.983	2.930	2.919	2.629	2.591	2.608	2.313	2.269	2.202	2.190	2.177
Al	1.010	1.063	1.075	1.363	1.400	1.387	1.676	1.717	1.786	1.797	1.811
Ca	0.017	0.057	0.087	0.386	0.423	0.398	0.702	0.758	0.808	0.833	0.834
Sr	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,003	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Na	1.000	0.932	0.906	0.624	0.582	0.610	0.315	0.259	0.217	0.184	0.192
K	0.007	0.011	0.017	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
O	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Suma kat.	5.016	5.000	5.005	5.002	5.000	5.003	5.006	5.003	5.014	5.004	5.013
An mol.%	1.6	5.7	8.6	38.2	42.1	39.5	69.0	74.5	78.8	82.0	81.3
Ab	97.7	93.2	89.7	61.8	57.9	60.5	31.0	25.5	21.2	18.0	18.7
Or	0.6	1.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cs	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

b.d. - pod mezí detekce

Turmalín

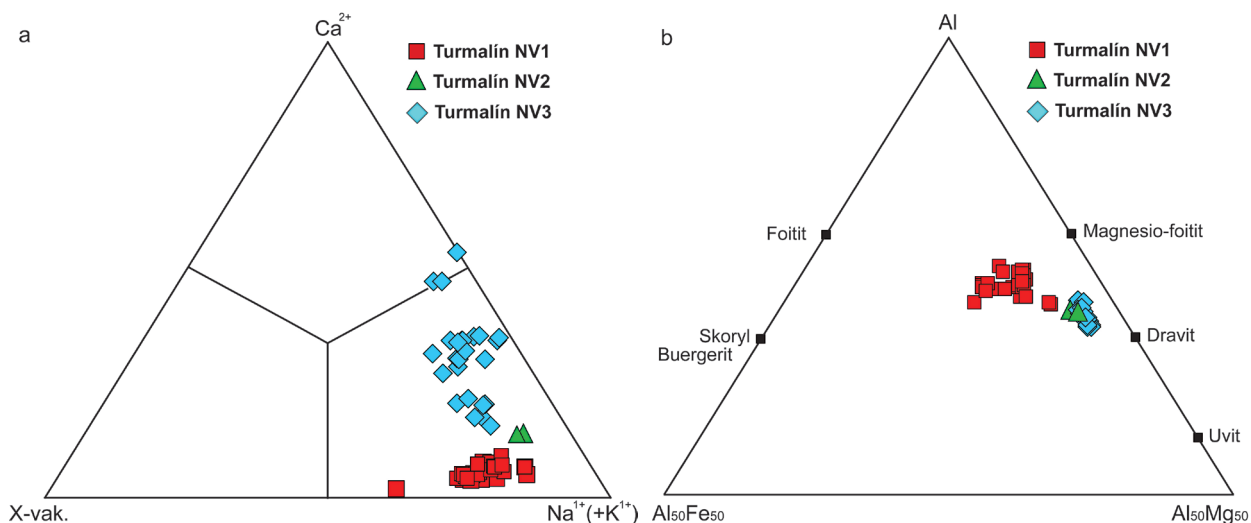
Turmalín tvoří sloupcovité krystaly, zrna a agregáty. Dle morfologie, barvy, chemického složení a minerální asociace lze rozlišit 3 hlavní typy turmalínu, odpovídající vyčleněným asociačním typům vzorků (obr. 3):

a) Nepravidelně omezené, až 10 mm dlouhé sloupce a rozpraskaná zrna do průměru 4 mm, částečně zatlačovaná sekundárním K-živcem se vyskytují v asociaci s

primárním K-živcem, křemenem a albitem (NV1). Vedle K-živce jsou tyto turmalíny rovněž pseudomorfovány minerálem ze skupiny smektitů, jehož složení je blízké teoretickému vzorci saponitu. Turmalíny odpovídají Al-bohatému dravitu. V pozici X tak vždy převládá Na (0.60 - 0.82 *apfu*) nad Ca (0.02 - 0.09 *apfu*) a značnou proměnlivost vykazuje hodnota vakance (0.12 - 0.37 *apfu*). Mezi jednotlivými krystaly lze pozorovat kolísání obsahů Mg a Fe



Obr. 1 BSE mikrosnímky vybraných minerálů. a) Silně rozpraskaný turmalín (*Tur*) zatlačovaný sekundárním K-živcem v asociaci s křemenem (*Qtz*) a primárním K-živcem (*Kfs*), (NV1); b) Primární K-živce (*Kfs*) v asociaci s plagioklasem (albit) (*Ab*). Silně alterovaný turmalín (*Tur*) je intenzivně zatlačován sekundárním K-živcem (*Kfs*) a dalšími minerály, (NV1); c) Zrno turmalínu (*Tur*) v křemeni, které je alterováno sekundárním K-živcem (*Kfs*) a minerálem ze skupiny smektitů, odpovídajícím svým složením saponitu (*Sap*), (NV1); d) Plagioklas (andezín) (*Pl*) zatlačovaný prehnitem (*Prh*), sekundárním K-živcem (*Kfs*) a chloritem (*Chl*), (NV2); e) Zrno turmalínu (*Tur*) v plagioklasu (andezín) (*Pl*). Trhliny jsou vyplněny sekundárním K-živcem (*Kfs*), (NV2); f) Plagioklas (labradorit-bytownit) (*Pl*) zatlačovaný prehnitem (*Prh*) na styku s turmalínem (*Tur*), (NV3); g) Turmalín (*Tur*), který je nahrazován pumpellyitem (*Pmp*) a chloritem (*Chl*) (NV3); h) Plagioklas (labradorit-bytownit) (*Pl*) se zrny Ba-živců, který je zatlačován prehnitem (*Prh*) a v menší míře i Ca-thomsonitem (*Tmp*), (NV3). Foto R. Čopjaková.



Obr. 3 Chemické složení turmalínu ve vzorcích NV1, NV2 a NV3.

Tabulka 2 Reprezentativní chemické analýzy turmalínů (NV1). Obsahy v hm. %.

TYP	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1
Číslo	46/3B	47/3B	1/3	11/3	2/5A	3/5A	48/3B	49/3B	50/3B	9/3
SiO ₂	37.30	37.06	37.28	37.01	36.64	37.14	36.81	37.36	36.53	37.43
TiO ₂	0.39	0.30	0.59	0.48	0.36	0.24	0.38	0.34	0.67	0.18
Al ₂ O ₃	33.32	33.44	33.94	33.23	34.78	35.19	34.91	34.98	32.61	35.01
Cr ₂ O ₃	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
B ₂ O ₃ *	10.80	10.73	10.80	10.72	10.61	10.76	10.66	10.82	10.58	10.84
FeO _{tot}	4.95	5.81	7.03	5.22	4.31	4.15	4.53	4.58	8.05	5.41
MgO	7.86	6.99	6.16	7.60	7.30	7.39	7.16	7.18	6.21	6.33
NiO	-	-	b.d.	b.d.	-	-	-	-	-	b.d.
CaO	0.38	0.24	0.32	0.44	0.37	0.24	0.30	0.31	0.29	0.11
Na ₂ O	2.59	2.31	2.37	2.31	2.35	2.26	2.40	2.32	2.57	1.94
K ₂ O	0.05	b.d.	b.d.	0.05	b.d.	b.d.	b.d.	0.05	0.05	0.05
F	0.11	0.07	0.11	0.11	0.12	0.06	0.09	0.11	0.09	0.08
H ₂ O*	3.50	3.63	3.40	3.41	2.75	3.05	2.82	3.18	3.20	3.65
O=F	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.02	-0.04	-0.05	-0.04	-0.03
Total	101.19	100.55	101.94	100.52	99.54	100.46	100.03	101.19	100.81	101.01
(apfu)										
T-Si	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Z-Al	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-Al	0.317	0.381	0.438	0.349	0.712	0.699	0.707	0.621	0.312	0.614
Ti	0.047	0.037	0.071	0.058	0.044	0.030	0.046	0.041	0.082	0.021
Cr	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Ni	-	-	b.d.	b.d.	-	-	-	-	-	b.d.
Fe	0.666	0.787	0.946	0.707	0.591	0.561	0.617	0.616	1.106	0.726
Mg	1.884	1.686	1.477	1.838	1.783	1.779	1.740	1.719	1.521	1.512
Σ Y	2.913	2.891	2.933	2.952	3.131	3.068	3.110	2.997	3.020	2.874
X-Ca	0.066	0.042	0.056	0.076	0.065	0.042	0.053	0.052	0.051	0.020
Na	0.806	0.726	0.739	0.727	0.746	0.707	0.758	0.723	0.817	0.601
K	0.011	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	0.011
X _{vak.}	0.117	0.232	0.205	0.186	0.189	0.251	0.189	0.214	0.122	0.368
V-OH	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
W-OH	0.760	0.918	0.646	0.683	0.000	0.286	0.069	0.408	0.508	0.903
F	0.055	0.036	0.058	0.058	0.060	0.029	0.047	0.058	0.046	0.040
O	0.085	0.046	0.296	0.259	0.939	0.685	0.884	0.534	0.446	0.056

* vypočteno ze stechiometrie, b.d. = pod mezí detekce

Tabulka 2 (pokračování) *Reprezentativní chemické analýzy turmalínů (NV2 a NV3). Obsahy v hm. %.*

TYP	NV2	NV2	NV3	NV3	NV3	NV3	NV3	NV3	NV3	NV3	NV3
Číslo	26/5B	27/5B	43/4b	2/1	8/1	9/1	16/4	16/4b	33/4b	32/4b	42/4b
SiO ₂	37.10	37.23	37.19	36.78	37.39	37.27	36.87	37.70	37.67	37.75	36.79
TiO ₂	0.05	0.00	0.20	0.00	0.05	0.04	0.17	0.24	0.28	0.24	0.20
Al ₂ O ₃	32.62	32.64	32.57	33.44	32.49	32.48	32.60	32.42	33.69	32.61	31.96
Cr ₂ O ₃	b.d.	b.d.	0.09	b.d.	b.d.	b.d.	0.06	0.08	0.10	0.12	0.10
B ₂ O ₃ *	10.75	10.79	10.77	10.65	10.83	10.79	10.68	10.92	10.91	10.94	10.66
FeO _{tot}	2.80	2.37	2.12	2.51	2.25	2,16	2.35	2.33	2.03	2.19	2.32
MgO	9.42	9.78	9.91	10.12	10.59	10.56	10.58	10.45	9.68	10.15	10.14
NiO	-	-	0.14	-	-	-	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.15
CaO	0.80	0.80	2.00	0.89	1.26	1.19	1.98	2.09	1.85	2.80	3.21
Na ₂ O	2.49	2.46	1.81	2.26	2.07	2.17	1.80	1.92	1.71	1.51	1.51
K ₂ O	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
F	b.d.	b.d.	0.09	b.d.	b.d.	b.d.	0.09	0.10	b.d.	0.09	0.10
H ₂ O*	3.68	3.74	3.36	2.83	3.55	3,49	2.83	3.46	3.35	3.45	2.92
O=F	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.04	0.00	-0.04	-0.04
Total	99.70	99.81	100.20	99.48	100.48	100.17	99.96	101.67	101.28	101.81	100.03
<i>(apfu)</i>											
T-Si	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Z-Al	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-Al	0.216	0.198	0.193	0.430	0.144	0.164	0.251	0.082	0.325	0.108	0.143
Ti	0.007	0.000	0.024	0.000	0.006	0.005	0.021	0.029	0.033	0.028	0.025
Cr	b.d.	b.d.	0.011	b.d.	b.d.	b.d.	0.007	0.010	0.012	0.015	0.013
Ni	-	-	0.018	-	-	-	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.020
Fe	0.378	0.320	0.286	0.343	0.302	0.291	0.320	0.310	0.271	0.291	0.316
Mg	2.270	2.350	2.383	2.461	2.533	2.534	2.566	2.479	2.298	2.405	2.464
Σ Y	2.871	2.867	2.915	3.234	2.985	2.995	3.165	2.911	2.940	2.847	2.980
X-Ca	0.138	0.138	0.346	0.156	0.216	0.205	0.345	0.356	0.316	0.477	0.561
Na	0.780	0.770	0.567	0.714	0.643	0.678	0.568	0.593	0.529	0.465	0.478
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X _{vak.}	0.082	0.093	0.087	0.131	0.141	0.117	0.087	0.052	0.155	0.058	-0.039
V-OH	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
W-OH	0.971	1.022	0.611	0.076	0.800	0.749	0.067	0.677	0.556	0.663	0.181
F	0.000	0.000	0.047	0.000	0.000	0.000	0.044	0.048	0.000	0.043	0.054
O	0.029	-0.022	0.342	0.924	0.200	0.251	0.888	0.276	0.444	0.294	0.766

* vypočteno ze stechiometrie, b.d. = pod mezí detekce

(X_{Mg} 0.58 - 0.80). Pozice Z jsou vždy plně obsazeny Al (6.20 - 6.71 *apfu*), jehož přebytek se rovněž významněji podílí na obsazování pozice Y. Obsah F je velmi nízký (0.03 - 0.07 *apfu*) (tab. 2).

b) Akcesorický turmalín (o průměru do 150 μ m) v asociaci s plagioklasem a amfibolem (NV2) svým chemismem odpovídá dravitu. Rozdíl v obsazení pozice X je mezi středem a okrajem zrna zanedbatelný (0.77 - 0.78 Na *apfu*, 0.14 Ca *apfu*, 0.08 - 0.09 X-vak.). Zonálnost se více projevuje v obsazování pozice Y, kdy směrem k okrajům zrna roste Mg (2.27 - 2.35 *apfu*) na úkor Fe (0.32 - 0.38 *apfu*). Poměr X_{Mg} (0.86 - 0.88) tak mírně narůstá směrem k okrajům. Obsah F je na hranici detekce (tab. 2).

c) Turmalín ve vzorcích NV3 tvoří automorfní až hypautomorfní zrna a sloupce uskupené do zrnitých agregátů, nebo vytváří masivní až xenomorfní agregáty dosahující velikosti až 5 cm, které srůstají s plagioklasem. Chemické složení turmalínů je značně variabilní a odpovídá dravit-uvitové řadě (tab. 2). Většina analýz spadá do pole

dravitu, při styku turmalínu s plagioklasem či prehnitem dochází k obohacení turmalínu o Ca a některé analýzy spadají až do pole uvitu. Typické je kolísání obsahů Na (0.46 - 0.71 *apfu*) a Ca (0.16 - 0.56), doprovázené nízkou hodnotou vakance v pozici X (0.00 - 0.17 *apfu*). Charakteristický je vysoký obsah Mg, který se pohybuje mezi 2.30 - 2.66 *apfu* a nízké zastoupení Fe (0.23 - 0.34 *apfu*), přičemž poměr X_{Mg} (0.88 - 0.91) je značně konstantní. Obsah Al kolísá mezi 6.08 - 6.47 *apfu* a podíl F je velmi nízký (0.00 - 0.07 *apfu*).

Prehnit

Prehnit je běžný vedlejší až hlavní horninotvorný minerál ve vzorcích obsahujících plagioklas s vyšším zastoupením Ca-složky (NV2 a NV3). Nejčastěji zatlačuje od okraje bazický plagioklas a někdy vyplňuje trhliny katalyzovaných turmalínů. Chemicky odpovídá čistému prehnitu s minimálními obsahy minoritních prvků (tab. 5).

Tabulka 3 Reprezentativní chemické analýzy K-živců (NV1, NV2), Ba-živců (NV3) a thomsonitu-Ca (NV3). Obsahy v hm. %.

TYP	K-živce					Ba-živce			thomsonit-Ca	
	NV1	NV1	NV1	NV1	NV1	NV2	NV3	NV3	NV3	NV3
Číslo	13/3	8/5A	4/3	12/3	13/5A	28/5B	21/4	22/4	18/4	19/4
P ₂ O ₅	b.d.	b.d.	0,23	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	-	-
SiO ₂	64.40	65.18	65.39	64.26	64.63	63.69	39.60	31.67	38.52	37.24
Al ₂ O ₃	18.34	18.60	18.59	17.95	18.27	18.90	24.69	26.54	30.77	30.27
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.34	13.24	13.21
FeO	b.d.	b.d.	b.d.	0.09	0.14	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.04
SrO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	1.14	b.d.	b.d.	0.69	0.54
BaO	b.d.	b.d.	0.17	0.11	0.13	0.12	31.47	40.82	0.01	0.06
Na ₂ O	1.84	1.48	1.34	0.13	0.13	0.25	1.52	0.14	4.15	3.48
K ₂ O	14.35	14.67	15.01	16.52	16.34	15.86	1.80	0.12	0.02	0.02
Total	98.92	99.92	100.74	99.07	99.64	99.96	99.35	99.64	87.39	84.86
	O = 8					O = 20				
P (apfu)	b.d.	b.d.	0,009	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	-	-
Si	2.993	2.996	2.988	3.006	3.001	2.965	2.294	1.998	5.134	5.104
Al	1.004	1.008	1.001	0.989	1.000	1.037	1.686	1.973	4.833	4.890
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.023	1.891	1.940
Fe	b.d.	b.d.	b.d.	0.003	0.006	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.004
Sr	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.031	b.d.	b.d.	0.053	0.043
Ba	b.d.	b.d.	0.003	0.002	0.002	0.002	0.715	1.009	0.001	0.003
Na	0.166	0.132	0.119	0.012	0.011	0.023	0.170	0.017	1.072	0.925
K	0.851	0.860	0.875	0.986	0.968	0.942	0.133	0.009	0.003	0.004
Suma kat.	5.013	4.996	4.995	4.999	4.988	4.999	5.015	5.029	12.987	12.915
An mol.%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.2		
Ab	16.3	13.3	11.9	1.2	1.1	2.4	16.5	1.6		
Or	83.7	86.7	87.7	98.6	98.6	97.4	12.9	0.9		
Cs	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.2	69.0	95.3		

b.d. - pod mezí detekce

Amfibol

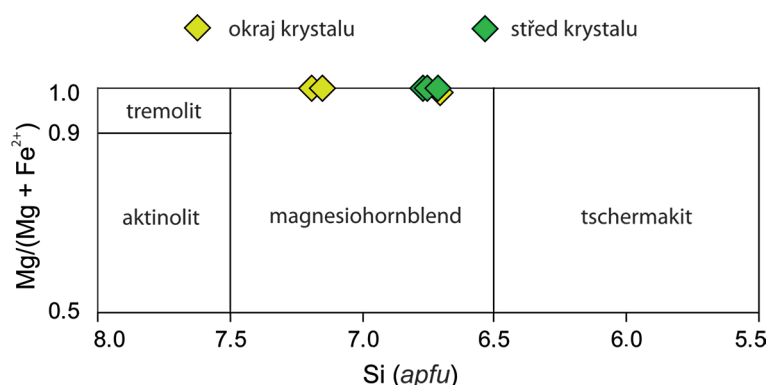
Amfibol ve vzorcích NV2 tvoří černé až zelenočerné agregáty hypautomorfních zrn (až 8 mm) v okrajových partiích vzorků. Všechny analyzované amfiboly lze dle Leakeho et al. (1997) klasifikovat jako vápenaté amfiboly (obr. 4), které svým chemickým složením odpovídají magnesiohornblendu ($Mg/(Mg+Fe^{2+}) = 0.99 - 1.00$; $Si = 6.71 - 7.2$ apfu) (tab. 4). Častá je zonálnost zrn, od jadra k okraji roste obsah Si a Mg na úkor Fe, Al a alkálií. Centrální partie odpovídají magnesiohornblendu obohacenému tschermakitovou složkou, směrem k okraji je magnesiohornblend obohacený o tremolitovou komponentu.

Chlorit

Chlority, které byly prokázány ve všech zkoumaných asociacích, tvoří šupinky a drobné agregáty. Chlority, vyskytující se spolu s prehnitem a bazickým plagioklasem (NV2 a NV3), mají poměrně jednotný chemismus. Jsou výrazně hořečnaté ($X_{Mg} = 0.86 - 0.87$) a podle klasifikace (Zane, Weiss 1998) spadají do pole klinochloru. Chlorit vyskytující se spolu s K-živcem, křemenem a albitem (NV1) patří rovněž klinochloru (Zane, Weiss 1998), avšak podíl chamositové komponenty je zvýšený (tab. 4).

Pumpellyit

Pumpellyit společně s chloritem zatlačuje turmalín

**Obr. 4** Chemické složení studovaných amfibolů (NV2) v klasifikačním diagramu pro vápenaté amfiboly (parametry: $Ca_A < 0,50$; $Ca_B \geq 1,50$; $(Na+K)_A < 0,50$) podle Leake et al. (1997).

Tabulka 4 Reprezentativní chemické analýzy amfibolů NV2 a chloritů (NV1, NV2 a NV3). Obsahy v hm. %.

TYP	amfiboly					chlority			
	NV 2	NV 2	NV 2	NV 2	NV 2	NV3	NV3	NV2	NV1
Číslo	31/5B	32/5B	34/5B	35/5B	37/5B	12/1	22/4B	33/5B	17/5A
SiO ₂	48.70	48.76	49.08	52.56	52.16	31.02	30.90	30.23	31.46
TiO ₂	0.17	0.19	0.18	0.12	0.16	0.07	0.09	0.05	0.06
Al ₂ O ₃	11.90	11.98	11.55	7.30	7.81	20.05	19.36	20.67	19.35
Cr ₂ O ₃	0.05	0.04	b.d.	0.06	0.13	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Fe ₂ O ₃ *	6.23	5.88	5.99	5.70	5.56	1.27	1.05	1.27	3.26
FeO	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	5.89	7.05	6.78	10.20
MnO	0.11	0.12	0.12	0.16	b.d.	b.d.	b.d.	0.11	b.d.
MgO	18.08	17.93	18.18	19.91	19.55	27.66	28.46	27.68	22.77
NiO	0.11	b.d.	b.d.	b.d.	0.12	0.16	0.17	0.15	b.d.
CaO	11.25	11.73	11.60	11.49	11.75	0.06	0.13	0.05	0.11
Na ₂ O	1.93	1.91	1.89	1.26	1.22	b.d.	b.d.	b.d.	0.00
K ₂ O	0.15	0.14	0.18	0.06	0.08	0.64	b.d.	b.d.	b.d.
F	0.11	0.08	0.11	0.11	0.08	b.d.	b.d.	b.d.	0.17
Cl	0.03	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
H ₂ O*	2.12	2.14	2.13	2.14	2.15	12.45	12.47	12.44	12.03
O=F,Cl	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07
Total	100.88	101.10	100.96	100.79	100.73	99.27	99.66	99.42	99.33
			O = 23				O = 14		
Si (<i>apfu</i>)	6.710	6.708	6.752	7.192	7.147	2.970	2.964	2.905	3.058
Al ^{IV}	1.290	1.292	1.248	0.808	0.853	1.030	1.036	1.095	0.942
Al ^{VI}	0.642	0.650	0.625	0.369	0.408	1.247	1.159	1.253	1.299
Ti	0.017	0.020	0.019	0.013	0.016	0.005	0.006	0.004	0.004
Cr	0.006	0.005	b.d.	0.006	0.014	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Fe ³⁺	0.646	0.609	0.620	0.587	0.573	0.092	0.076	0.092	0.239
Fe ²⁺	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000	0.472	0.566	0.544	0.829
Mn	0.013	0.014	0.014	0.019	b.d.	b.d.	b.d.	0.009	b.d.
Mg	3.714	3.676	3.728	4.061	3.993	3.948	4.070	3.965	3.299
Ni	0.012	b.d.	b.d.	b.d.	0.014	0.012	0.013	0.012	b.d.
Ca	1.661	1.728	1.710	1.684	1.726	0.007	0.013	0.005	0.011
Na	0.515	0.508	0.504	0.333	0.324	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
K	0.027	0.025	0.031	0.010	0.014	0.157	b.d.	b.d.	b.d.
F	0.048	0.037	0.048	0.048	0.033	b.d.	b.d.	b.d.	0.104
Cl	0.007	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
OH*	1.944	1.963	1.952	1.952	1.967	8.000	8.000	8.000	7.896
Suma kat.	15.251	15.262	15.250	15.082	15.082	9.940	9.903	9.883	9.681
Tepl. °C	-	-	-	-	-	269.7	271.6	290.8	241.3

* vypočteno ze stechiometrie, b.d. = pod mezí detekce

v rámci mineralizace NV3. Chemické složení pumpellyitu je poměrně stálé a podle klasifikace (Passaglia, Gottardi 1973) odpovídá pumpellyitu-Al (tab. 5).

Ostatní akcesorické minerály

Běžnou akcesorií ve vzorcích NV1 je titanit, který se vyskytuje ve dvou generacích. Starší titanit (titanit I) tvoří světlé hnědé automorfní krystalky o velikosti kolem 100 μm, mladší titanit (titanit II) vystupuje v podobě drobných xenomorfních zrn a agregátů o velikosti až 200 μm v úzkém sepjetí s alterovaným turmalínem. Chemické složení staršího titanitu se blíží teoretickému vzorci, pouze s určitým podílem Al (0.18 *apfu*). Titanit II se liší vyšším obsahem F (0.15 *apfu*) a s výjimkou Al (0.21 *apfu*) je zastoupení dalších prvků substituujících Ti nízké. Významněji se zde uplatňuje substituce Al₁(F)₁Ti₁₋₁O₋₁. Vstup prvků

vzácných zemin na místo Ca je rovněž zanedbatelný. Mírně zvýšený je obsah Sc (titanit I 0.03 *apfu*, titanit II 0.02 *apfu*).

Apatit tvoří xenomorfní mikroskopické inkluze (50 - 100 μm) v turmalínu ve vzorcích NV3. Chemické složení odpovídá fluorapatitu. Charakteristické jsou velmi nízké obsahy Mn, Fe, Si, REE a dalších prvků. Zvýšený je pouze obsah Na (0.02 *apfu*) a Cl (0.25 *apfu*).

K méně běžným akcesorickým minerálům patří až 100 μm velká hypautomorfní zrna zirkonu, která byla popsána ve všech minerálních asociacích. Vzácně byly pozorovány protáhlé lišty molybdenitu, dosahující délky až 200 μm (NV3) a rovněž zrna xenotimu a monazitu (NV1).

Akcesoricky se ve vzorcích NV3, tvořených bazickým plagioklasem (labradorit-bytownit), objevují barnaté živce (hodnota celsianové složky je (Cn) 69 a 95 mol. %), jež

Tabulka 5 Reprezentativní chemické analýzy prehnitu (NV3, NV2), pumpellyitu NV3 a minerálu epidotové skupiny NV2. Obsahy v hm. %.

TYP Číslo	prehnit						pumpellyit		ep. sk.	
	NV3 11/1	NV3 13/1	NV3 14/1	NV3 14/4	NV3 15/4	NV3 23/4b	NV2 24/5B	NV3 4/1	NV3 5/1	NV2 30/5B
SiO ₂	43.23	43.57	43.75	43.47	43.63	43.28	44.02	36.16	36.65	39.43
TiO ₂	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,04	b.d.	b.d.
Al ₂ O ₃	23.50	23.56	23.30	23.70	23.96	24.26	24.55	26.57	26.59	31.44
Fe ₂ O ₃ *	0.11	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.40	0.44	2.05
MnO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.15	0.12	b.d.
MgO	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	3.39	3.46	0.66
CaO	27.14	27.63	27.02	26.92	26.78	27.14	27.65	24.43	24.13	24.43
Na ₂ O	0.14	b.d.	0.09	0.05	b.d.	0.05	0.10	0.06	b.d.	b.d.
F	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.11	0.14	b.d.	b.d.	0.12
H ₂ O *	4.29	4.32	4.30	4.30	4.31	4.27	4.33	3.70	3.71	1.90
O=F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.00	0.00	0.05
Total	98.40	99.07	98.45	98.45	98.68	99.00	100.64	94.90	95.10	99.91
				O = 22				O = 24.5		O=12.5
(apfu)										
Si	6.045	6.051	6.102	6.063	6.063	6.004	6.009	5.863	5.916	3.018
Al total	3.873	3.857	3.830	3.896	3.924	3.967	3.950	5.078	5.058	2.836
Ti	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.005	b.d.	b.d.
Fe ³⁺	0,013	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.054	0.059	0.131
Mn	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.021	0.016	b.d.
Mg	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.820	0.832	0.075
Ca	4.067	4.112	4.038	4.023	3.988	4.034	4.044	4.244	4.174	2.004
Na	0.038	b.d.	0.024	0.014	b.d.	0.015	0.027	0.018	b.d.	b.d.
OH *	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	3.952	3.942	4.000	4.000	0.970
F	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0.048	0.058	b.d.	b.d.	0.030
Suma kat.	14.037	14.020	13.994	13.996	13.975	14.020	14.030	16.102	16.055	8.064

* vypočteno ze stechiometrie, b.d. = pod mezí detekce

tvorí řádově 10 µm velká xenomorfní zrna. V případě zrna s vyšším obsahem Cn komponenty (tab. 3) se chemické složení blíží ideálnímu vzorci BaAl₂Si₂O₈ a lze jej dle klasifikace (Deer et al. 2001) označit jako celsian. Ve složení zrna s podílem celsianové komponenty 69 mol. % se již více uplatňuje zastupování K⁺(Na⁺)Si⁴⁺ za Ba⁺²Al⁺³ a jedná se tedy o hyalofan.

Diskuse a závěr

Minerální asociace

Ze studia minerálních asociací nalezených horninových úlomků vyplývá, že nesou známky komplikovaného geologického vývoje. Na základě studia morfologie a chemického složení hlavních a vedlejších minerálů byly vylíčeny 3 základní skupiny minerálních asociací (obr. 1).

- NV1: Kfs + Qtz + Plg ± Tur ± Chl ± Sme ± Tit ± (Zrn, Xtm, Mon)
- NV2: Plg ± Amf ± Preh ± Chl ± Czo ± Kfs ± Zrn ± (Ab, Ser, Tur)
- NV3: Plg + Tur ± Preh ± Chl ± Pmp ± Zeo ± Ba-Fsp ± Ap ± Zrn ± (Mol)

U vzorků s označením NV1 se zřejmě jedná o fragmenty původní pegmatitové žíly nebo čočky, která protínala těleso serpentinitu, o čemž svědčí např. charakter přítomných minerálů, hrubozrnnost krystalových individuí či grafické srůsty křemene a živců (London 2008). Za-

stoupení primárních magmatických minerálů (K-živce, křemene, albitu a turmalínu) nepravidelně kolísá. Z mladších sekundárních fází je zastoupen zejména K-živce, klinochlor a smektit.

Na vzorcích NV3 lze významněji pozorovat procesy interakce s okolní horninou a fluidy. Původní magmatická minerální asociace je reprezentována bazickým plagioklasem (labradorit-bytownit) a turmalínem (NV3). O současné krystalizaci turmalínu a bazického plagioklasu svědčí jejich vzájemné prorůstání vedoucí k tvorbě symplektických struktur na hranici mezi oběma minerály. Mladší hydrotermální minerály jsou v tomto případě reprezentovány prehnitem, klinochlorem, pumpellyitem-Al, thomsonitem-Ca a Ba-živcem.

Minerální asociaci NV2 lze interpretovat jako reakční lem vznikající na kontaktu mezi okolním serpentinitem a pegmatitem, který je na mnoha podobných lokalitách popisován (Novák 2005). Přínos boru a vznik akcesorického turmalínu je zde patrně spjat s fluidy generovanými z pegmatitu (Morgan, London 1987; Henry, Dutrow 1990).

Tyto tři minerální asociace lze zřetelně rozeznat i dle bazicity plagioklasu. Chemické složení plagioklasu kolísá od téměř čistého albitu (NV1, An₂₋₉), který se vyskytuje spolu s křemenem a K-živcem, přes andezín (NV2, An₃₈₋₄₂), až po labradorit-bytownit (NV3, An₆₉₋₈₂). Právě tak chemické složení turmalínů a jejich kompoziční zonalita tyto tři paragenetické jednotky jasně odlišuje.

Chemické složení turmalínu a jeho vývoj

Turmalíny ze vzorků NV1 odpovídají dravitu až hliníkem bohatému dravitu. Obecně jsou důležité zejména obsahy Al a hodnoty vakance v pozici X, jež vykazují pozitivní korelaci. Méně zřetelná je negativní korelace mezi obsahem Al a Na. Negativní korelace Al versus Ca a F je patrná, avšak vzhledem k nízkým obsahům těchto prvků ve struktuře turmalínů je méně nápadná. Důležitou roli tak hrají především heterovalentní substituce, v nichž dochází k nárůstu Al a X-vak. spolu s úbytkem Na, Mg a Fe (obr. 5a-d). Pravděpodobnými substitučními mechanismy, které mají vliv na kompoziční variabilitu studovaných turmalínů, jsou $\square\text{Al}_2\text{ONa}_{-1}\text{R}^{2+}_{-2}(\text{OH})_{-1}$.

Na základě chemického složení lze ve vzorcích NV3 rozlišit převládající dravit. Do struktury turmalínu vstupuje rovněž značné množství Ca, což se projevuje výskytem uvitů a to především v okolí hranice styku turmalínu s bazickým plagioklasem (labradorit-bytownit) a prehnitem. Vstup Ca do struktury turmalínu běžně probíhá prostřednictvím uvitové substituce $\text{CaMg}(\text{NaAl})_{-1}$ (Henry, Dutrow 1990). Studovaný turmalín vykazuje poměrně dobrou pozitivní korelaci obsahu Mg s obsahem Ca. Ze vztahu mezi obsahy Fe a Mg vyplývá, že substituce FeMg_{-1} nemá výrazný vliv na obsah Mg a Fe v turmalínech. Dále lze konstatovat negativní korelaci obsahu Ca s hodnotami Al, méně zřejmá je tato korelace u hodnoty vakance v pozici X (obr. 5e-h). Možným mechanismem vstupu Ca do struktury se jeví substituce $\text{CaR}^{+2}\text{Na}_{-1}\text{Al}_{-1}$. Do substituce Ca do struktury turmalínu se může zapojovat i některý z neanalyzovaných prvků (např. O^{2-} , OH) a nelze vyloučit ani přítomnost substitučního vektoru $\text{CaONa}_{-1}(\text{OH})_{-1}$. Pozitivní korelace mezi obsahem Ti a Ca indikuje i přítomnost substituce $\text{CaTiO}_2\text{Na}_{-1}\text{Al}_{-1}(\text{OH})_2$ v turmalínech ze vzorků NV3. A právě tato substituce představuje patrně dominantní mechanismus vstupu Ca do struktury turmalínu v asociaci NV1. Turmalín ze vzorku NV2 se svým chemickým složením blíží turmalínu ze vzorků NV3, avšak vzhledem k malému počtu analýz zde nebyly substituční trendy řešeny (obr. 5e-h).

Tyto magmatické turmalíny vykazují velmi vysoké obsahy Mg (u vzorků NV3 i Ca), což odráží kontaminaci původní pegmatitové taveniny okolním serpentinitem. Srovnatelné obohacení turmalínu o Mg (popř. Ca) bylo v rámci Českého masivu pozorováno i na jiných lokalitách pegmatitů, které byly kontaminovány okolní horninou - např. Bližná I (Novák et al. 1999), Věžná I (Novák et al. 2003) apod.

Zastoupení O^{2-} (tab. 2), jež bylo kalkulováno z vrstevního náboje, je v magmatických turmalínech ze vzorků NV1 a NV3 významné a poukazuje na možnou přítomnost oxy-dravitu. K mírnému navýšení $^{\text{w}}\text{O}^{2-}$ může docházet prostřednictvím zvolené metody kalkulace krystalochemického vzorce turmalínů na základě 6 Si, avšak kontrolní přepočítání na základě $15 Y + Z + T$ kationtů zvýšené obsahy $^{\text{w}}\text{O}^{2-}$ rovněž potvrdil. I v jiných granitických pegmatitech moldanubika jsou oxy-turmalíny (oxy-skoryly, méně oxy-dravity) běžnější než hydroxy-turmalíny (Novák et al. 2004).

Turmalín představuje minerál stabilní v širokém rozmezí P-T podmínek (Henry, Dutrow 1996; London 2011) a je i značně rezistentní vůči zvětrávání (Morton, Hallsworth 2007) a hydrotermální alteraci. Ojedinele magmatický turmalín z pegmatitů vykazuje známky zatlačování sericitem při působení postmagmatických fluid (Ahn, Buseck 1998). Magmatický turmalín je v obou typech vzorků (NV1 i NV3) zatlačován jinými minerály při působení pozdějších hyd-

rotermálních fluid. Turmalín ze vzorků NV1 je intenzivně zatlačován sekundárním draselným živcem a minerály ze skupiny smektitů. Minerály skupiny smektitů však zřejmě pseudomorfovaly K-živec, případně jiný, nezjištěný minerál, jež turmalín původně nahradil. Alterace turmalínu je zde provázena vyloučením hojného titanitu. Pro vznik sekundárního titanitu během přeměny biotitu nebyly nalezeny zřetelné důkazy. Ve vzorcích NV3 je kataklazovaný turmalín v asociaci s prehnitem lokálně zatlačován chloritem a pumpellyitem-Al.

Poznámky ke genezi a vývoji minerálních asociací

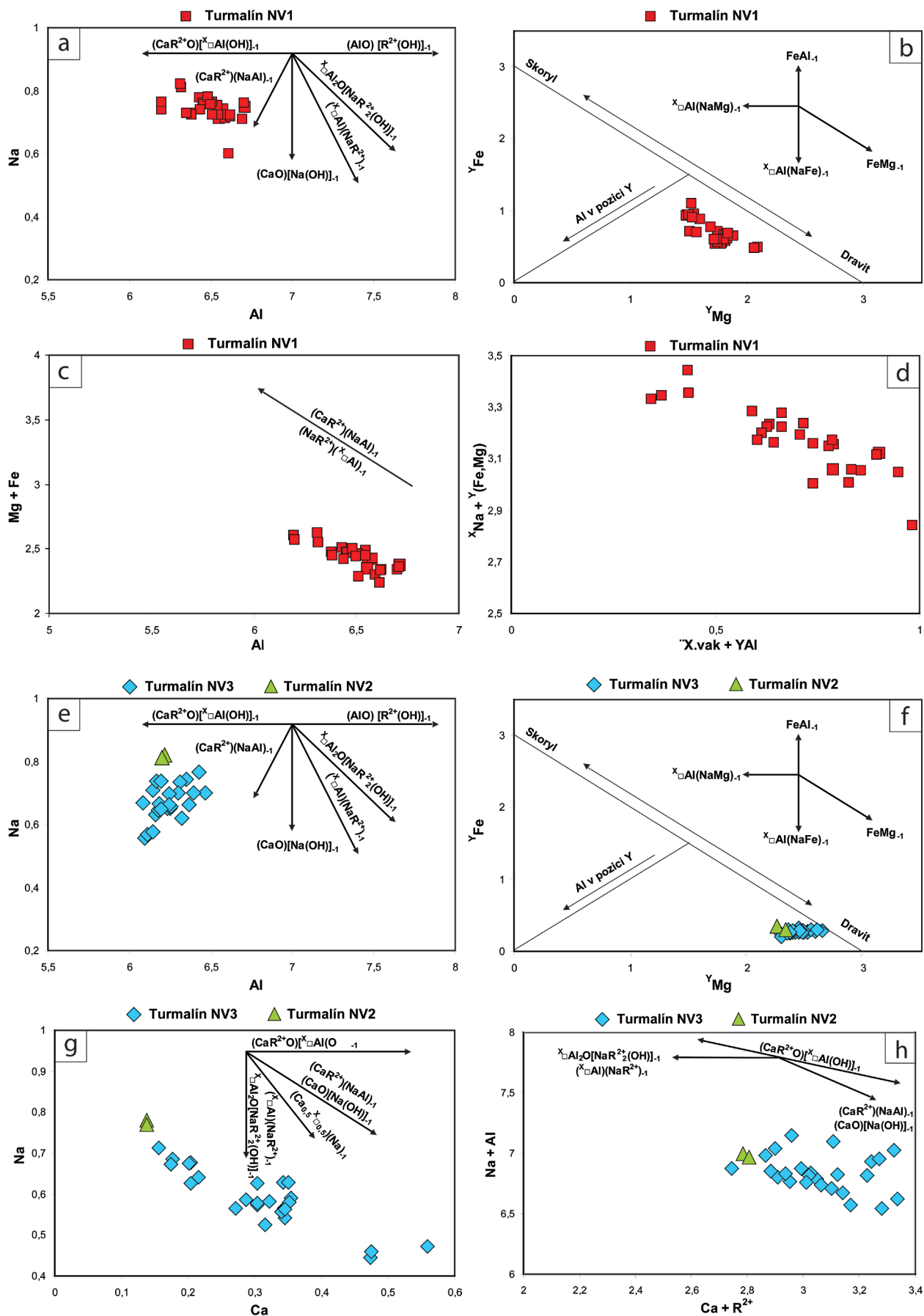
Všechny minerální asociace nasvědčují tomu, že studované vzorky byly při svém vzniku i po něm s různou intenzitou modifikovány interakcí s okolní horninou, patrně magmatickou kontaminací i reakcemi s mladšími fluidy. Následky tektonických procesů provázené vznikem hojných puklin značně usnadnily migraci roztoků horninou.

Zkoumané úlomky z okolí Nové Vsi vykazují velmi zajímavou škálu specifických znaků, mezi něž patří především: (a) hojně zastoupení plagioklasů se značně variabilní hodnotou anortitové komponenty (An_{0-82}), (b) velké množství Ca-bohatých minerálů, (c) vysoká aktivita B, (d) vysoká aktivita hydrotermálních fluid, (e) pouze lokální výskyt křemene a K-živce, (f) přítomnost symplektitových struktur, (g) hrubozrnný až velkozrnný charakter primárních minerálů.

Mnohé z těchto znaků nápadně připomínají tzv. „desilikované pegmatity“ respektive „kontaminované pegmatity“ (Rosický, Kokta 1931), jež se při svém výskytu v serpentinitech vyznačují např. malým či chybějícím obsahem křemene a K-živce, vysokou aktivitou migrujících fluid, výskytem charakteristických minerálů apod. (Vlasov 1952; Černý 1958, 1965; Černý, Novák 1992; Novák 2005; Gadas et al. 2012; Novák et al. 2013). Pegmatity kontaminované okolním serpentinitem jsou známé např. z Drahonína u Tišnova, Věžné I a II, Smrčku, Věchnova, Heřmanova, Mohelna, Hrubšice (Bernard et al. 1981; Černý et al. 2001).

Primární pegmatit v podobě hrubozrnného K-živce, křemene a kyselého plagioklasu bývá často v jádrech desilikovaných pegmatitů zachován (Černý 1958; Novák 2005; Ackerman et al. 2007; Novák et al. 2013). V našem případě se jedná o vzorky označené NV1. Kontaminaci magmatu okolním serpentinitem nejlépe reprezentují Mg a Ca-bohatý turmalín (především NV2 a NV3) a bazický plagioklas (NV3). Minerální asociace NV1 je v porovnání s asociací NV2 a NV3 obohacena především o Si, Na, K, Fe. Bazický plagioklas se vyskytuje spolu s hořčičnatým turmalínem avšak bez křemene a primárního K-živce v asociaci NV3. Zmíněná nepřítomnost K-živců a křemene spolu s nepatrným zastoupením akcesorií nasvědčuje tomu, že tyto vzorky reprezentují pegmatit ochuzený o Si v procesu desilikace, který byl rovněž doprovázen odnosem K. Tato původní minerální asociace NV3 se tedy vyznačuje ochuzením o Si, K, Na, a naopak zde vystupuje značné množství Ca, Mg popř. i B a Al.

Velmi častým jevem v kontaminovaných pegmatitech jsou projevy hydrotermální alterace, postihující jak primární minerály, tak i minerály vzniklé během kontaminačních procesů (Černý 1958, 1965; Černý, Novák 1992; Gadas et al. 2012). Tyto, v rámci sukcese nejmladší minerály, jsou v našem případě reprezentovány prehnitem, klinochlorem, pumpellyitem-Al, klinozoisitem, thomsonitem-Ca, jemnozrnným albitem a sericitem, titanitem II a sekundárním K-živcem. V mladší, hydrotermální etapě vývoje dochází přednostně podél rozhraní turmalínu a



Obr. 5 Chemické složení turmalínu: a - Na vs. Al - NV1; b - Fe vs. Mg - NV1; c - Mg + Fe vs. Al - NV1; d - Na + (Fe, Mg) vs. X.vak. + YAl - NV1; e - Na vs. Al - NV3 a NV2; f - Fe vs. Mg - NV3 a NV2; g - Na vs. Ca - NV3 a NV2; h - Na + Al vs. Ca + R²⁺ - NV3 a NV2.

plagioklasu (NV3) či podél hranic jednotlivých vyrostlic plagioklasů, k intenzivnímu nahrazování původního plagioklasu prehnitem. Prehnit rovněž vyplňuje trhliny intenzivně kataklazovaného turmalínu. Svým rozsahem je přeměna bazického plagioklasu na prehnit nejběžnější hydrotermální alterací. Výskyt prehnitu je v oblasti zdejších hadcových těles dosti častý. Jeho studiem se naposled zabýval Hrazdil (2001), který však ani v jednom případě nepozoroval jeho asociaci s turmalínem (popř. pumpellyitem).

Také charakter a zastoupení akcesorických minerálů nasvědčuje příslušnosti zkoumaných vzorků k pegmatitům. Fluorapatit se v kontaminovaných pegmatitech běžně vyskytuje (Černý et al. 2001). Zvýšený obsah Cl, velmi podobný obsahům tohoto prvku v námi studovaném fluorapatitu, je rovněž znám z desilikovaného pegmatitu na lokalitě Věchnov (Černý et al. 2001). Tvorba smektitu po sepiolitu jež pseudomorfoval křemen, byla v prostředí s vysokou aktivitou Mg, Al a Na popsána Komarnenim (1989). Rosický a Kokta (1931) popisují saponit, vznikající jako produkt zatlačování oligoklasu v desilikovaných pegmatitech z Hrubšic u Mohelna. Z podobné nedaleké lokality desilikovaných pegmatitů u Hrubšic byl popsán barnatý zeolit - harmotom, jehož vznik je spojován s rozkladem K-živců (Černý, Povondra 1965). Námi analyzované Ba-živce vykazují vysokou hodnotu celsianové komponenty (Cn 69 a 95 mol. %).

Xenolity okolní horniny, v podobě úlomků serpentinitu, nebyly ve zkoumaných vzorcích pozorovány.

Teplota hydrotermálních fluid

Prehnit a pumpellyit mají velký význam při stanovení *P-T* podmínek v metamorfní etapě vývoje hornin. Prehnit-pumpellyitová facie náleží k faciím velmi nízkého stupně metamorfózy. Vymezení pole stability minerálů prehnit-pumpellyitové facie je složité a záleží na mnoha faktorech (Coombs et al. 1976; Sigvaldason 1962; Schiffman, Liou 1980; Frey et al. 1991; Day, Springer 2005). Obecně je udáváno v intervalu 175 - 280 °C při tlaku 0.5 - 4.5 kbar. V laboratorních podmínkách však bylo prokázáno, že minerály prehnit-pumpellyitové facie mohou vznikat v mnohem širším rozmezí *P-T* podmínek (Seki, Liou 1981).

Chlority z asociace NV2 a NV3 pravděpodobně nevznikaly na úkor biotitu, jehož reliktů nebyly v rámci zkoumané mineralizace nalezeny. Tomu nasvědčují i velmi nízké obsahy draslíku (<0.009 apfu). Termometrie chloritů stanovená na základě zastoupení Al v tetraedrické pozici (Cathelineau 1988) indikuje teploty jejich vzniku v rozmezí zhruba 260 - 290 °C (tab. 5), což odpovídá rozsahu teplotní stability prehnitu a pumpellyitu, avšak obecně se mohou různé chloritové termometry rozcházet. Hydrotermální alterace pegmatitů a vznik hlavních sekundárních fází, prehnitu a klinochloru, stejně tak jako zatlačování turmalínu klinochlorem a pumpellyitem probíhalo tedy v podmínkách velmi slabé metamorfózy za teplot přibližně 200 - 300 °C.

Poděkování

Autoři děkují Milanu Novákovi a Martinu Števkovi za kritické pročtení rukopisu a konstruktivní připomínky k jeho úpravě. Práce byla vypracována s finanční podporou grantu GAČR P210/10/0743.

Literatura

- Ackerman L., Zachariáš J., Pudilová M. (2007) P-T and fluid evolution of barren and lithium pegmatites from Vlastějovice, Bohemian Massif, Czech Republic. *Int. J. Earth Sci.* 96, 623-638.
- Ahn J. H., Buseck P. R. (1998) Transmission elektron microscopy of muscovite alteration of tourmaline. *Am. Mineral.* 83, 535-541.
- Bernard J. H., Čech F., Dávidová S., Dudek A., Fediuk F., Hovorka D., Kettner R., Koděra M., Kopecký L., Němec D., Paděra K., Petránek J., Sekanina J., Staněk J., Šimová M. (1981) Mineralogie Československa. 645 s., 2. vydání, *Academia, Praha*.
- Cathelineau M. (1988) Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Miner.* 23, 471-485.
- Coombs D. S., Nakamura Y., Vuagnat M. (1976) Pumpellyite-actinolite facies schists of the Taveyanne Formation near Loeche, Valais, Switzerland. *J. Petrol.* 17, 440-471.
- Černý P. (1958) Desilikované pegmatity od Drahonína. *Práce Brněnské zákl. ČSAV* 370, 161-202.
- Černý P. (1965) Mineralogie dvou pegmatitů ze serpentinitu ve Věžné. *MS, kandidát. disert. práce, Praha*.
- Černý P., Fryer B. J., Chapman R. (2001) Apatite rom granitic pegmatite exocontacts in Moldanubian serpentinites. *J. Czech Geol. Soc.* 46, 1-2, 15-20.
- Černý P., Novák M. (1992) Věžná near Nedvědice, a pegmatite dike of the beryl-columbite subtype penetrating serpentinite. In: Novák M.; Černý P. (eds): *LEPIDOLITE 2000 International symposium on granitic pegmatites, Field trip guidebook, 27-32, Nové Město na Moravě*.
- Černý P., Povondra P. (1965) Harmotome from desilicated pegmatites at Hrubšice, western Moravia. *Acta Univer. Carol., Geol.*, 1, 31-43.
- Day H. W., Springer R. K. (2005) The first appearance of actinolite in the prehnite-pumpellyite facies, Sierra Nevada, California. *Can. Mineral.* 43, 89-104.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman, J. (2001) Framework silicates: Feldspars. *The Geol. Soc., London*.
- Dudek A., Weis J. (1963) Západomoravské krystalinikum. In: *Sbor. XIV. sjezdu Společ. mineral. geol. (Brno)*, 5-18.
- Frey M., Capitani C., Liu J. G. (1991) A new petrogenetic grid for low-grade metabasites. *J. metam. Geol.* 9, 497-509.
- Gadas P., Novák M., Talla D., Vašinová Galiová M. (2012) Compositional evolution of grossular garnet from leucotonalitic pegmatite at Ruda Nad Moravou, Czech Republic; a complex EMPA, LA-ICP-MS, IR and CL study. *Mineral. Petrol.* 107(2), 311-326.
- Henry D. J., Dutrow L. B. (1990) Ca substitution in Li-poor aluminous tourmaline. *Can. Mineral.* 28, 111-124.
- Henry D. J., Dutrow B. L. (1996) Metamorphic tourmaline and its petrologic application. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 33, 503-557.
- Hrazdil V. (2001) Minerální asociace alpských žil od Templštejna u Jamolic, západní Morava. *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.* 86, 75 - 84.
- Kaláček J. a kolektiv (1963) Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1: 200 000, list M-33-XXIX Brno. *Ústřední ústav geologický a ČSAV Praha*, 256 s.

- Karásek J. (1996) Opál z Nové Vsi u Oslavan. *Minerál (Brno) 4*, 243-247.
- Karásek J. (1997) Poznámky k nalezištím a genezi moravských silicifikovaných dřev. *Minerál (Brno) 3*, 186-188.
- Karásek J. (1998) Krystalický vápenec a s ním spjatá hydrogeologická struktura u Senorad. *Geol. Výzk. Mor. Slez. (Brno) 5*, 80-81.
- Komarneni S. (1989) Mechanisms of palygorskite and sepiolite alteration as deduced from solid-state ²⁷Al and ²⁹Si nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Clays and Clay Min. 37*, 5, 469-473.
- Kovář O., Losos Z. (2005) Artinit z hadcového lomu u Biskoupek u Oslavan, západní Morava - nový minerál pro Českou republiku. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 13*, 1, 137-139.
- Leake B. E., Woolley A. R., Arps C. E. S., Birch W. D., Gilbert M. C., Grice J. D., Hawthorne F. C., Kato A., Kisch H. J., Krivovichev V. G., Linthout K., Laird J., Mandarino J. A., Maresch W. V., Nickel E. H., Rock N. M. S., Schumacher J. C., Smith D. C., Stephenson N. C. N., Ungaretti L., Whittaker E. J. W., Guo Y. (1997) Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *Can. Mineral. 35*, 219-246.
- London D. (2008) Pegmatites. *Can. Mineral., Special Publication 10*, 347.
- London D. (2011) Experimental synthesis and stability of tourmaline: A historic overview. *Can. Mineral. 49*, 117-136.
- Losos Z., Kovář O., Houzar S., Zeman J. (2013) Rare hydrated Mg-carbonate-hydroxide assemblage of serpentinite fissures in Hrubšice, western Moravia (Czech Republic): a genetic model of its formation. *N. Jb. Miner. Abh. 190*, 3, 253-263.
- Morgan G. B., London D. (1987) Alteration of amphibolitic wallrocks around the Tanco rareelement pegmatite, Bernic Lake, Manitoba. *Am. Mineral. 72*, 1097-1121.
- Morton A. C., Hallsworth C. (2007) Chapter 7 Stability of Detrital Heavy Minerals During Burial Diagenesis. *Developments in Sedimentology 58*, 215-245.
- Novák M. (2005) Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika), geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol. 90*, 3-74.
- Novák M., Černý P., Povondra P., Škoda R. (2003) Věžná near Nedvědice Beryl pegmatite. In: Novák M. (ed): *LERM 2003 International symposium on light elements in rock forming minerals, Field trip guidebook*, 31-37. Brno.
- Novák M., Kadlec T., Gadas P. (2013) Geological position, mineral assemblages and contamination of granitic pegmatites in the Moldanubian Zone, Czech Republic; examples from the Vlastějovice region. *J. Geosci. 58*, 21-47.
- Novák M., Povondra P., Selway J. B. (2004) Schorl-oxy-schorl to dravite-oxy-dravite tourmaline from granitic pegmatites; examples from the Moldanubicum, Czech Republic. *Eur. J. Mineral. 16*, 323-333.
- Novák M., Selway J. B., Černý P., Hawthorne F. C., Ottolini L. (1999) Tourmaline of the elbaite-dravite series from an elbaite-subtype pegmatite at Bližná, southern Bohemia, Czech Republic. *Eur. J. Mineral. 11*, 557-568.
- Novotný M. (1958) Uzavřeniny tmavých hornin ve světých rulách u Kuřimské Nové Vsi na západní Moravě. *Práce Brněnské zákl. ČSAV 7*, 281-334, Brno.
- Novotný M. (1962) K problematice tmavých horninových uzavřenin ve světých moldanubických rulách. *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geol. 3*, 1, 67-78, Brno.
- Passaglia E., Gottardi G. (1973) Crystal chemistry and nomenclature of pumpellyites and juldolites. *Can. Mineral. 12*, 219-223.
- Rosický V., Kokta J. (1931) O povaze plagioklasů z pegmatitů, procházejících hadce na západní Moravě. *Sbor. Přír. Spol. v Mor. Ostravě*, 97-108.
- Schiffman P., Liou J. G. (1980) Synthesis and stability relations of Mg-Al pumpellyite, Ca₂Al₅MgSi₆O₂₁(OH)₇. *J. Petrol. 21*, 441-474.
- Seki Y., Liou J. G. (1981) Recent studies on low-grade metamorphism. *Mem. Geol. Soc. China 4*, 207-228.
- Sigvaldason G. E. (1962) Epidote and related minerals in two deep teothermal drill holes, Reykjavik and Hveragerdi, Iceland. *U.S.G.S. Prof. Paper 450E*, 77-79.
- Vlasov K. A. (1952) Teksturno-paragenetičeskaja klasifikacija granitnych pegmatitov. *Izv. AN SSSR, Ser. geol. 2*, 30 - 55.
- Whitney D. L., Evans, B. W. (2010) Abbreviations for names of rock-forming minerals. *Am. Mineral. 95*, 185-187.
- Zane A., Weiss Z. (1998) A procedure for classifying rock-forming chlorites based on microprobe data. *Rend. Fis. Acc. Lincei 9*, 9, 51-56.