

# Zeolitová mineralizace z Milířska u Těchlovic nad Labem (Česká republika)

## Zeolite mineralization from Milířsko near Těchlovice nad Labem (Czech Republic)

PETR PAULIŠ<sup>1,2)\*</sup>, MIROSLAV RADOŇ<sup>3)</sup>, ZDENĚK DVOŘÁK<sup>4)</sup>, JIŘÍ SEJKORA<sup>2)</sup>, LUBOŠ VRTIŠKA<sup>2)</sup>,  
RADANA MALÍKOVÁ<sup>2)</sup>, ZDENĚK DOLNÍČEK<sup>2)</sup>, FERRY FEDIUK<sup>5)</sup> A ONDŘEJ POUR<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup>Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; \*e-mail petr.paulis@post.cz

<sup>2)</sup>Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

<sup>3)</sup>Regionální muzeum v Teplicích, Zámecké náměstí 517/14, 415 01 Teplice

<sup>4)</sup>Severočeské doly a. s. - doly Bílina, Důlní 375/89, 418 29 Bílina

<sup>5)</sup>Na Petřínách 1897, 162 00 Praha 6

<sup>6)</sup>Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

PAULIŠ P, RADOŇ M, DVOŘÁK Z, SEJKORA J, VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O (2018) Zeolitová mineralizace z Milířska u Těchlovic nad Labem (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 26(1): 102-113. ISSN 2570-7337

### Abstract

The zeolite mineralization was found in the forrest area on a steep hill Pustý zámek, ca 1 km S of the settlement Milířsko, 2.5 km SE of Těchlovice village at right riverside of Labe (northern Bohemia, Czech Republic). It consists of two dyke-intrusions of camptonite type belonging to the so-called Roztoky dyke swarm. Heulandite-Ca, stilbite-Ca and scolecite are the most prominent zeolites of this locality. Heulandite-Ca forms white, pearly lustrous transparent crystals up to 1 cm in size or sheen twins sized up to 2 cm. The unit-cell parameters of heulandite-Ca refined from the powder X-ray data are:  $a$  17.725(2),  $b$  17.822(2),  $c$  7.4306(9) Å,  $\beta$  116.33(5)°, and  $V$  2103.7(4) Å<sup>3</sup>. Its chemical analyses correspond to the empirical formula  $K_{0.85}Na_{0.48}Ca_{2.88}Ba_{0.02}Sr_{0.83}(Al_{8.86}Si_{27.15})O_{72} \cdot 24H_2O$ . Scolecite occurs in white to colourless hemispherical aggregates up to 1 cm in size and fan-like clusters in yellowish aggregates of chabazite. Its unit-cell parameters refined from the powder X-ray data are:  $a$  18.496(8),  $b$  18.957(6),  $c$  6.522(3) Å,  $\beta$  90.55(7)° and  $V$  2286.7(13) Å<sup>3</sup>. Chemical analyses of this zeolite correspond to the empirical formula  $Na_{0.22}Ca_{0.88}(Al_{1.93}Si_{3.06})O_{10} \cdot 3H_2O$ . Stilbite-Ca occurs as slightly yellowish aggregates up to 2 cm in size. Its unit-cell parameters refined from the powder X-ray data are:  $a$  13.640(1),  $b$  18.240(1),  $c$  11.2741(9) Å,  $\beta$  128.01(1)° and  $V$  2210.3(3) Å<sup>3</sup>. Chemical analyses of stilbite-Ca correspond to the empirical formula  $Ca_{4.20}Na_{1.19}K_{0.25}(Si_{26.38}Al_{9.56})O_{72} \cdot 28H_2O$ . Analcime, chabazite-Ca and mezolite occur as additional zeolites at this site. Crystals of K-feldspar (orthoclase), unknown yet in zeolite associations of České středohoří mountains, has been found in one of the dyke intrusion.

**Key words:** analcime, heulandite-Ca, chabazite-Ca, scolecite, mesolite, stilbite-Ca, orthoclase, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Milířsko near Těchlovice, Czech Republic

Obdrženo: 25. 5. 2018; přijato: 16. 7. 2018

### Úvod

Lokalita popisované zeolitové mineralizace se nachází v lesnatém terénu v prudkém svahu vrchu Pustý zámek, cca 1 km j. od osady Milířsko (dříve Miléřsko, něm. Milerzen či Mühlörzen) a 2.5 km jv. od Těchlovic nad Labem (obr. 1).

Jedná se o dvě žilné intruze pronikající masivem protáhlého horského hřebenu zvaného Pustý zámek (dříve Wüstes Schloss) s vrcholovou kótou 589 m n. m., který se táhne ve směru SSZ - JJV severně od Bukové hory (dříve Zinkenstein). Ve vrcholové části hřebenu jsou na skalnatém výběžku zachovány pozůstatky po opevněném objektu někdejšího hrádku zvaného Vraty či Pustý zámek (dříve Ratenstein, Rattenstein, Wüstes Schloss). Podle archeologických nálezů bylo opevněné místo vybudováno patrně ve 2. polovině 13. století a jeho zánik je kladen do 1. poloviny 14. století, respektive do za-

čátku 15. století. Masiv hřebenu je budován souvrstvím jemných až středně zrnitých vulkanoklastik ústeckého souvrství, ve vrcholové části zčásti překrytých protáhlým příkrovem nefelinického tefritu souvrství děčinského (senzu Cajz 2000). Vulkanoklastika jsou proniknuta poměrně značným množstvím žilných intruzí camptonitového typu patřících k tzv. roztockému žilnému roji. Na dvě z nich jsou vázány popisované výskyty dutinových minerálů. První žilná intruze (žíla č. 1) se zeolity byla zjištěna v zářezu lesní cesty (GPS: N 50° 41' 3.8", E 14° 13' 32.5") (obr. 2, 3), druhá (žíla č. 2) (GPS: N 50° 41' 3.8", E 14° 13' 32.5"), níže položená, s výskytem krystalovaného K-živce, se nachází ve svahu cca 300 m severně od první. Výchozy obou žil jsou poměrně navětralé a byly odkryté pouze zčásti. Mocnost obou vulkanických těles lze odhadnout přibližně na 5 m.

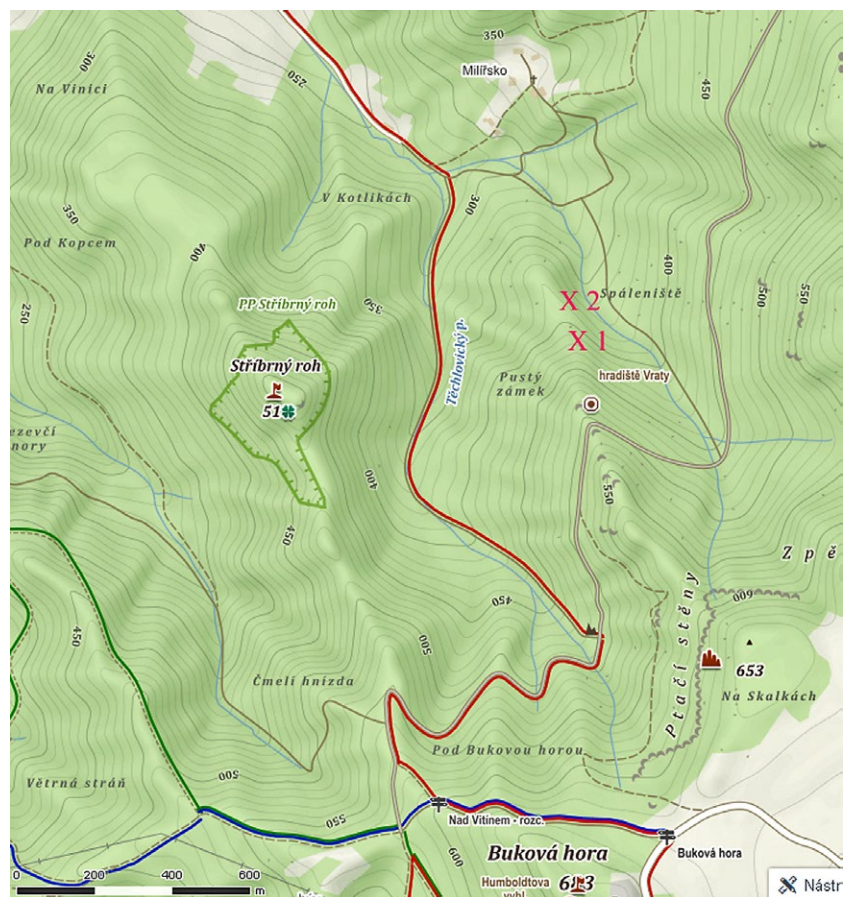
## Geologie a petrologie lokality

První popis geologie zdejší krajiny najdeme v práci Reusse (1793), která nám přibližuje geologické poměry Bukové hory a prostoru severozápadně a severně od ní. Ve velmi obecně pojatém popisu bez bližší lokalizace se autor zmiňuje i o výskytu zeolitu šedobílé barvy, který vytváří stlačené kulovité i nepravidelně hranaté agregáty, nebo též malé krychlové krystaly ve větších dutinách

žlutobílé barvy. V pozdější práci Cotty (1840) nacházíme pouze popis sloupcovité odlučného čediče (tefritu) ve vrcholové části hřebenu Pustého zámku, který byl díky své pravidelné deskovité odlučnosti v okolních vsích používán namísto železného plechu při pečení koláčů. První podrobné údaje o geologii lokality přináší až práce Hibsche (1910), který podél úpatí hřebenu Pustého zámku zaznamenal velké množství žilných intruzí camptonitového typu v čedičových tufech překrytých příkrovem nefelinického tefritu. Žíla tmavé čedičové horniny v nadmořské výšce 380 m na ssv. straně hřebenu, s popisovaným krystalovaným K-živcem v dutinách, není na geologické mapě (Hibsch 1910) vyznačena a její průběh nelze ztotožnit ani s žádnou žílou na protějším horském svahu. Žílu světlejší horniny v nadmořské výšce 410 m na sz. svahu, s výskytem stibitu, heulanditu a chabazitu v dutinách, však podle jejího průběhu lze považovat za pravděpodobné pokračování jedné z žilných intruzí camptonitového typu vymapované v dolní části svahu. Žádný výskyt minerálů zde však Hibsch (1910) neuvádí. Na moderní geologické mapě (Shrbený et al. 1990) je zaznamenána situace do značné míry totožná s mapou Hibsche (1910). Geologické poměry zaznamenané na nejnovější geologické mapě území (Valečka et al. 2000) se od předchozích liší, což je však dáno již samotným zaměřením tohoto mapování s ohledem zejména na nebezpečí svahových pohybů. Do značné míry schematizovaná geologická mapa tak nezaznamenává drtivou většinou zdejších žilných intruzí. V místě výskytu žily s K-živcem v dutinách však na rozdíl od předchozích autorů (Hibsch 1910; Shrbený et al. 1990) zaznamenává geologická mapa Valečky et al. (2000) výchozy alterovaného až brekciovitého olivnického bazaltoidu.

Z obou žilných intruzí byly odebrány horninové vzorky, které byly podrobeny mikroskopickému pozorování. Vulkanit z první žily je světle šedohnědé, nafialovělé barvy, kombinované hojnými slabě nažloutle

bělavými skvrnkami živcových vyrostlic o velikosti 0.5 až 3.5 mm v množství 15 až 20 % celkového horninového objemu. Jejich tvarově protáhlé uspořádání jeví sklon k paralelitě. K těmto výrazně dominantním živcovým vyrostlicím se podružně a nenápadně (2 až 3 %) druží podstatně menší, vesměs kolem 1 mm velké vyrostlice černého mafického minerálu. Základní hmota mezi vyrostlicemi je jemnozrná, neumožňující rozlišení jejich



Obr. 1 Topografická mapa s vyznačením obou žilných intruzí u Milířska, zdroj [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).



Obr. 2 Výchoz žilné intruze č. 1 v zářezu cesty u Milířska, foto Z. Dvořák, 2017.





Obr. 3 Výchoz žilné intruze č. 1 v zářezu cesty u Milířska, foto Z. Dvořák, 2017.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data analcimu z Milířska

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>l</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>l</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>
2	1	1	5.611	33	5.603	3	1	6	2.0233	1	2.0235
2	0	2	4.857	5	4.852	6	0	4	1.9033	1	1.9032
1	2	3	3.669	2	3.668	2	5	5	1.8666	3	1.8676
0	0	4	3.431	100	3.431	6	1	5	1.7419	2	1.7430
0	2	4	3.066	1	3.069	0	0	8	1.7153	1	1.7155
3	2	3	2.928	13	2.926	7	1	4	1.6898	<1	1.6893
4	2	2	2.803	2	2.801	0	2	8	1.6643	<1	1.6643
1	3	4	2.691	4	2.692	3	4	7	1.5956	1	1.5954
2	1	5	2.506	5	2.506	6	5	5	1.4795	<1	1.4799
4	0	4	2.4264	1	2.4261	6	3	7	1.4158	<1	1.4156
2	3	5	2.2274	2	2.2264	2	7	7	1.3590	1	1.3589

Tabulka 2 Parametry základní cely analcimu (pro kubickou prostorovou grupu Ia-3d)

	tato práce	Pauliš et al. (2017)	Gatta et al. (2006)	Pauliš et al. (2014)
<i>a</i> [Å]	13.715(5)	13.709(6)	13.6999(3)	13.703(5)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2580(2)	2576(1)	2571.3	2573(1)

Tabulka 3 Chemické složení analcimu z Milířska (žila č. 1) (hm. %)

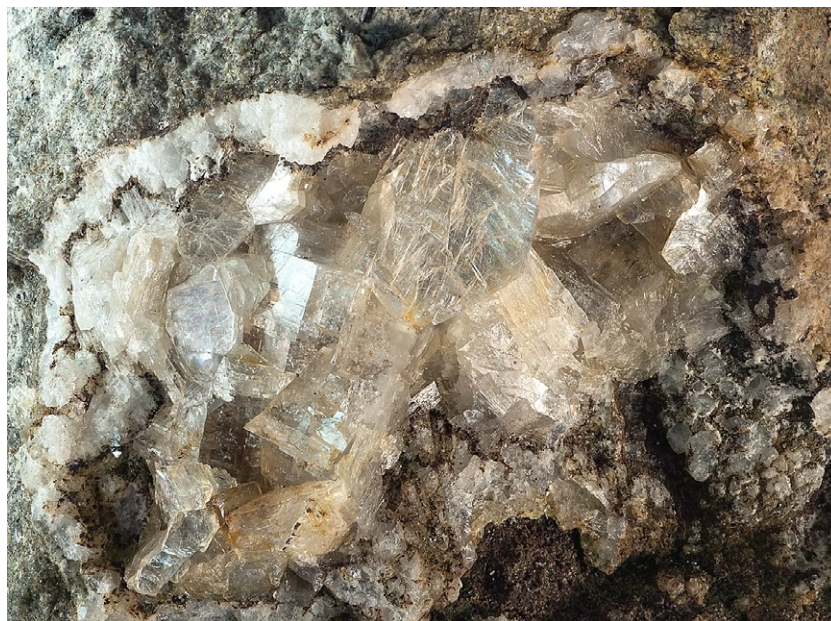
	mean	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	55.20	56.19	54.86	55.50	56.39	53.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.80	21.14	21.53	21.55	21.42	23.28
CaO	0.25	0.14	0.06	0.36	0.14	0.56
Na <sub>2</sub> O	11.29	11.38	12.02	10.92	10.80	11.32
K <sub>2</sub> O	0.09	0.07	0.08	0.11	0.08	0.10
H <sub>2</sub> O	8.01	8.05	7.97	8.00	8.06	7.94
total	96.64	96.97	96.52	96.44	96.89	96.25
Si <sup>4+</sup>	2.067	2.094	2.063	2.079	2.097	2.002
Al <sup>3+</sup>	0.962	0.928	0.954	0.952	0.939	1.036
Ca <sup>2+</sup>	0.010	0.006	0.003	0.014	0.006	0.023
Na <sup>+</sup>	0.820	0.822	0.876	0.793	0.778	0.828
K <sup>+</sup>	0.005	0.003	0.004	0.005	0.004	0.005
H <sub>2</sub> O	1	1	1	1	1	1

Empirický vzorec byl přepočten na bázi šesti kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 1 H<sub>2</sub>O.

minerálů ani pomocí lupy. Hornina se vyznačuje značnou tvrdostí, přestože na živcových vyrostlicích se projevuje dílčí argilitizace. V mikroskopu lze makroskopicky výrazně vyrostlice identifikovat jako plagioklasy o bazicitě kyselého labradoritu. Vyznačují se automorfním omezením a nápadným polysyntetickým zdvojitím, majícím místy až povahu triád. Argilitizaci, zmíněnou v makropopisu, lze potvrdit mikroskopicky. Tato přeměna postihuje okraje fenokrystů, nezřídka proniká po trhlinách do jejich vnitřku a v ojedinělých případech zachycuje zrno v jeho celku. Podružně zastoupené vyrostlice mafitů jsou zastoupeny klinopyroxenem, alteračně nepostíženým. Ojediněle byla ve výbruse zjištěna i malá vyrostlice hnědého amfibolu. Základní hmota je tvořena jemnozrnným agregátem xenomorfních zrněk živců, patrně patřících živci alkalickému a jehličkovitých mikrolitů amfibolu a pyroxenu, v doprovodu izometrických xenomorfních rudních zrněk, odpovídajících patrně magnetitu. Vyloučit nelze i určité zastoupení foidů. Struktura je sice drobná, ale výrazně porfyrická, textura je mírně paralelní. Hornina je blízká odrůdě, kterou Hibsche (1897) nazval z prostoru u Těchlovic jako gauteit, problematicky k bostonitu. Na pozoruhodně bazickou (labradoritovou) povahu plagioklasových vyrostlic v gautoitu upozornil Scheumann (1913). Klasifikace IUGS (LeMaitre ed. 2002) však oba termíny k užívání nedoporučuje, v tomto systému by jí nejspíš příslušel název syenitový porfyr.

Reprezentativní vzorek horniny z druhé žíly má namodrale tmavošedou barvu, která v okrajových částech větráním nabývá barvu rezavě hnědou. Obsahuje hojné drobné vyrostlice mafitů o rozměrech do 1 mm, které jsou v makroskopickém ohledu málo nápadné. Na navětralých plochách však vyvolávají poněkud hrbolovitý vzhled povrchu. Základní hmota je pro svou značnou jemnozrnnost pouhým okem nerozlišitelná. S výjimkou výše zmíněných navětralých a limonitizací postížených partií jde o horninu čerstvou, tvrdou, mechanickým drcením nepravidelně kusovitě rozpadavou, makroskopického vzhledu běžného bazaltoidu. Na základě mikroskopického studia výbrusu odpovídá porfyrická frakce horniny převážně fenokrystům klinopyroxenu, který se většinou vyznačuje úzkými okrajovými lemy hnědofialové barvy, zatímco většinové jádro je téměř bezbarvé.

**Obr. 4** Skupina krystalů heulanditu-Ca z Milířska. Šířka záběru 25 mm, foto P. Fuchs.



Omezení pyroxenových vyrostlic je hypautomorfní až automorfní. Alterace se v něm neprojevují. V podstatně menší míře se mezi vyrostlicemi objevuje olivín v automorfně omezených špačkovitých tvarech. Bývá postižen iddingsitizací, ve větších vyrostlicích dílčí, v malých totální. Celkové množství vyrostlic lze odhadnout zhruba na 25 % celkového objemu horniny, přičemž pyroxen převládá nad olivínem asi trojnásobně. V základní hmotě je silně převládající složkou klinopyroxen, doprovázený menším množstvím intersticiálního xenomorfního nefelinu a izometrických rudních zrněk (magnetitu). Struktura horniny je velmi drobně porfyrická s mikrokrytalickou strukturou základní hmoty, textura je všesměrná. V klasifikačním ohledu jde o olivínický melanefelinit, k němuž s ohledem na terénní zjištění přísluší dodatkové adjektivum žilný.

#### Metodika výzkumu

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK $\alpha$  záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly naneseny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly vypřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení zeolitů a K-živce bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik J. Sejkora, Z. Dolníček) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku

**Tabulka 4** Rentgenová prášková data heulanditu-Ca z Milířska

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d<sub>obs</sub></i>	<i>I<sub>obs</sub></i>	<i>d<sub>calc</sub></i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d<sub>obs</sub></i>	<i>I<sub>obs</sub></i>	<i>d<sub>calc</sub></i>
0	2	0	8.872	100	8.911	-4	8	1	1.9853	<1	1.9845
2	0	0	7.899	1	7.943	1	7	2	1.9425	<1	1.9418
-1	1	1	6.866	1	6.856	-2	8	2	1.9109	<1	1.9104
1	3	0	5.565	11	5.564	-4	8	2	1.8640	1	1.8633
-3	1	1	5.249	<1	5.256	-6	6	3	1.8015	1	1.8019
-1	3	1	4.637	1	4.639	-6	2	4	1.7825	3	1.7824
0	4	0	4.450	2	4.455	5	7	1	1.7738	<1	1.7739
-4	0	0	3.970	1	3.972	-1	9	2	1.7348	<1	1.7344
2	4	0	3.879	2	3.886	0	10	1	1.7222	<1	1.7216
-2	0	2	3.716	2	3.714	5	5	2	1.6863	<1	1.6860
0	4	1	3.708	1	3.703	-8	2	4	1.6703	<1	1.6699
-2	2	2	3.428	4	3.428	-2	8	3	1.6446	<1	1.6441
0	0	2	3.329	2	3.330	8	4	1	1.5934	<1	1.5940
-4	2	2	3.177	2	3.177	-11	1	1	1.5563	1	1.5562
1	5	1	2.968	7	2.967	1	3	4	1.5305	<1	1.5311
1	1	2	2.961	1	2.961	-1	9	3	1.5136	<1	1.5131
-6	0	1	2.953	1	2.950	0	12	0	1.4855	1	1.4851
-2	6	1	2.719	<1	2.722	8	8	0	1.4820	<1	1.4823
2	0	2	2.678	2	2.677	11	1	0	1.4395	<1	1.4395
-4	0	3	2.4569	<1	2.4566	-11	5	1	1.4302	<1	1.4308
-7	1	2	2.4235	<1	2.4246	-11	3	4	1.4148	<1	1.4148
1	5	2	2.2953	1	2.2964	-4	12	1	1.4061	1	1.4061
0	8	0	2.2272	3	2.2277	-2	2	5	1.4025	<1	1.4027
0	6	2	2.2167	1	2.2166	12	0	0	1.3242	<1	1.3239
0	2	3	2.1532	1	2.1541	2	10	3	1.3089	<1	1.3086
7	3	0	2.1195	<1	2.1200	-13	1	1	1.3064	<1	1.3060
-3	7	2	2.0839	<1	2.0860	-3	13	2	1.2825	<1	1.2828
-6	4	3	2.0206	<1	2.0202	-1	13	2	1.2808	<1	1.2809

**Tabulka 5** Parametry základní cely heulanditu-Ca (pro monoklinickou prostorovou grupu Cm)

	tato práce	Merkle, Slaughter (1967)	Pauliš et al. (2016b)
<i>a</i> [Å]	17.725(2)	17.73	17.726(4)
<i>b</i> [Å]	17.822(2)	17.819	17.829(4)
<i>c</i> [Å]	7.4306(9)	7.43	7.428(2)
$\beta$ [°]	116.33(5)	116.33	116.32(1)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2103.7(4)	2103.95	2104.2(9)



Tabulka 6 Chemické složení heulanditu-Ca z Milířska (žíla č. 1) (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	59.96	59.15	58.61	60.53	61.29	60.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.60	16.85	16.02	16.81	16.68	16.65
CaO	5.94	5.83	6.00	5.88	5.93	6.06
BaO	0.13	0.25	0.03	0.15	0.11	0.10
SrO	3.17	3.25	3.02	3.18	3.15	3.25
Na <sub>2</sub> O	0.55	0.52	0.52	0.57	0.56	0.57
K <sub>2</sub> O	1.48	1.43	1.52	1.53	1.39	1.53
H <sub>2</sub> O	15.89	15.77	15.51	16.04	16.16	15.97
total	103.72	103.05	101.26	104.69	105.27	104.33
Si <sup>4+</sup>	27.152	26.996	27.188	27.153	27.285	27.125
Al <sup>3+</sup>	8.859	9.066	8.758	8.889	8.752	8.742
Ca <sup>2+</sup>	2.881	2.852	2.982	2.825	2.827	2.927
Ba <sup>2+</sup>	0.022	0.044	0.006	0.027	0.019	0.019
Sr <sup>2+</sup>	0.833	0.861	0.811	0.827	0.813	0.850
Na <sup>+</sup>	0.484	0.461	0.468	0.496	0.503	0.498
K <sup>+</sup>	0.854	0.834	0.898	0.873	0.792	0.877
ΣCa+Ba+Sr+K+Na	5.024	5.052	5.165	5.048	4.954	5.171
H <sub>2</sub> O	24	24	24	24	24	24
Si/Al	3.06	2.98	3.10	3.05	3.12	3.10
T <sub>Si</sub>	0.75	0.75	0.76	0.75	0.76	0.75

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 72 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 24 H<sub>2</sub>O.



Obr. 5 Drúza krystalů chabazitu-Ca z Milířska. Šířka záběru 40 mm, foto P. Fuchs.

Tabulka 7 Rentgenová prášková data chabazitu-Ca z Milířska

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>l</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>l</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>l</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>
1	0	1	9.305	100	9.363	3	3	0	2.3071	2	2.3047	3	5	4	1.5563	4	1.5568
1	1	0	6.886	2	6.914	3	1	5	2.2272	8	2.2278	7	1	3	1.5136	1	1.5121
0	1	2	6.344	2	6.362	3	2	4	2.2167	2	2.2172	5	3	5	1.4855	2	1.4866
0	2	1	5.565	30	5.562	4	2	2	2.1652	<1	2.1669	1	5	8	1.4148	1	1.4144
0	0	3	5.004	16	5.006	0	4	5	2.1195	<1	2.1205	4	1	9	1.4061	3	1.4064
1	2	2	3.879	5	3.877	0	2	7	2.0206	<1	2.0198	0	8	4	1.3904	<1	1.3905
1	0	4	3.581	3	3.583	2	4	4	1.9378	<1	1.9383	3	4	8	1.3583	1	1.3587
1	3	1	3.244	2	3.243	5	1	4	1.8691	2	1.8663	7	3	1	1.3421	<1	1.3420
0	2	4	3.177	6	3.181	1	3	7	1.8015	4	1.8022	6	1	8	1.3089	<1	1.3090
0	1	5	2.915	9	2.913	1	2	8	1.7348	1	1.7341	8	2	0	1.3064	1	1.3067
2	0	5	2.685	5	2.685	0	0	9	1.6703	1	1.6687	6	0	9	1.2808	1	1.2802
1	1	6	2.3534	<1	2.3536	3	4	5	1.6446	<1	1.6466	0	5	10	1.2724	<1	1.2724

2 μm, standardy: baryt (BaLa), albit (NaKa), sanidin (SiKa AlKa, KKa), rodonit (MnKa), diopsid (MgKa), apatit (PKa), hematit (FeKa), ZnO (ZnKa), celestin (SKa, SrLa), Cs sklo (CsKa), wollastonit (CaLa) a topaz (FKa). Obsahy prvků Cs, Fe, Mg, Mn, P, S, Zn a F byly pod mezí detekce přístroje (cca 0.03 - 0.05 hm. %). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Chemické složení ilmenitu a lévynu-Ca bylo sledováno energiově disperzním spektrometrem Oxford Instruments XMAX 80 spojeným se skenovacím elektronovým mikroskopem Tescan Mira3 (Česká geologická služba, Praha), operujícím při urychlovacím napětí 15 kV na dvou naleštěných vzorcích těchto minerálů.

### Charakteristika zjištěné mineralizace

První a dosud jediné zveřejněné údaje o popisovaném výskytu minerálů v dutinách žilné intruze na severozápadním svahu hřebenu Pustého zámku poskytl Řídkošil (1997) coby objevitel této lokality. Jeho údaje však byly uveřejněny pouze formou přednášky při druhém semináři České zeolitové skupiny při Společnosti pro výzkum a využití jílu, který dne 31. 5. 1997 proběhl v Turnově. Z drobných dutin zmiňuje tento autor 1 až 2 mm velké krystaly pravděpodobného Na-wairakitu (nebyl při novém studiu mineralizace lokality potvrzen), desítky mm velké krystaly lévynu a heulandit. Výskyt dutinových minerálů s K-živcem v druhé žilné intruzi na ssv. svahu Pustého zámku je však zcela novým objevem.

Ve vulkanické žilné intruzi označené číslem 1 bylo v plochých dutinách o rozměrech do 5 mm, výjimečně 4 cm, zjištěno několik zeolitů. Nejstarším a nejběžnějším je analcim, potom následuje chabazit-Ca, heulandit-Ca, stilbit-Ca, skolecit

**Tabulka 8** Parametry základní cely chabazitu (pro trigonální prostorovou grupu R-3m)

		a [Å]	c [Å]	V [Å <sup>3</sup> ]
chabazit-Ca	tato práce	13.828(4)	15.0186(2)	2487.1(7)
chabazit-Ca, Tachov	Pauliš et al. (2017)	13.833(8)	15.0213(3)	2490(1)
chabazit-Ca, Svov	Pauliš et al. (2016b)	13.826(6)	15.0196(3)	2486(1)
chabazit-Ca, Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	13.820(7)	15.0364(8)	2487.1(9)
chabazit-K, Oldřichov	Pauliš et al. (2016a)	13.832(8)	15.0265(6)	2489(1)
chabazit	Yakubovich et al. (2005)	13.831(3)	15.023(5)	2488.83
chabazit-Ca, Hackenberg	Pauliš et al. (2014)	13.837(6)	15.0073(4)	2488(1)
chabazit-Ca, Jehla	Pauliš et al. (2015)	13.820(6)	15.0226(4)	2484.9(1)

a mezolit. V severněji lokalizované žilné intruzi (žíla č. 2), která je ve výchozových partiích značně zvětralá, se v nepravidelně zprohýbaných dutinách až 10 cm velkých vyskytuje vedle drobně krystalovaného analcimu a chabazitu především krystalovaný K-živec. Na obou lokalitách doplňuje tyto minerální asociace kalcit.

**Analcim** tvoří na obou lokalitách poměrně hojně bílé čiré, skelně lesklé krystaly tvaru běžného deltoidového dvacetičtyřstěnu o velikosti do 2 mm. Na obou lokalitách je nejstarším zjištěným zeolitem. Rentgenová prášková data analcimu z Milířska (tab. 1) jsou blízká datům pro tento minerální druh, jejichž zpřesněné parametry (tab. 2) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec analcimu z Milířska (průměr pěti bodových analýz) je na bázi šesti kyslíků možno vyjádřit jako  $\text{Na}_{0.82}\text{K}_{0.01}\text{Ca}_{0.01}(\text{Al}_{0.96}\text{Si}_{2.07})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Ve zdejší analcimu nebyl zjištěn zvýšený obsah CaO, který by mohl signalizovat podíl wairakitové komponenty.

**Heulandit-Ca**, který patří v Českém středohoří ke vzácnějším zeolitům, tu tvoří bílé, charakteristicky perleťově lesklé průsvitné krystaly o velikosti do 1 cm či srostlice vytvářející perleťově lesklé plochy o rozměrech do 2 cm. Navětralý heulandit bývá slabě žlutě zbarvený (obr. 4). Častěji tvoří perleťově lesklé agregáty v celistvé hmotě chabazitu, vyplňující dutiny. Rentgenová prášková data heulanditu-Ca z Milířska (tab. 4) jsou blízká datům pro tento minerální druh; jeho zpřesněné parametry (tab. 5) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení

**Tabulka 9** Chemické složení chabazitu-Ca z Milířska (žíla č. 1) (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	51.94	53.95	54.78	49.89	50.34	50.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.39	16.59	16.19	18.14	17.82	18.21
CaO	6.96	5.81	5.82	7.74	7.58	7.84
BaO	0.10	0.21	0.11	0.07	0.06	0.10
SrO	3.08	3.58	3.86	2.54	2.64	2.80
Na <sub>2</sub> O	0.38	0.78	0.77	0.12	0.11	0.14
K <sub>2</sub> O	1.05	1.04	1.23	0.99	1.12	0.89
H <sub>2</sub> O	21.73	22.04	22.22	21.24	21.39	21.65
total	102.63	104.00	104.98	100.73	101.06	102.32
Si <sup>4+</sup>	8.600	8.807	8.869	8.409	8.467	8.431
Al <sup>3+</sup>	3.395	3.192	3.090	3.604	3.533	3.567
Ca <sup>2+</sup>	1.235	1.016	1.098	1.398	1.366	1.396
Ba <sup>2+</sup>	0.007	0.014	0.007	0.005	0.004	0.004
Sr <sup>2+</sup>	0.296	0.338	0.363	0.248	0.258	0.270
Na <sup>+</sup>	0.121	0.247	0.241	0.039	0.036	0.046
K <sup>+</sup>	0.221	0.216	0.255	0.213	0.241	0.188
H <sub>2</sub> O	12	12	12	12	12	12
T <sub>Si</sub>	0.72	0.73	0.74	0.70	0.71	0.70

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 24 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 12 H<sub>2</sub>O.

**Obr. 6** Bílé krystaly skolecitu s narůstajícím čirým analcimem z Milířska. Šířka záběru 3 mm, foto P. Fuchs.

Tabulka 10 Rentgenová prášková data skolecitu z Milířska

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d<sub>obs</sub></i>	<i>I<sub>obs</sub></i>	<i>d<sub>calc</sub></i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d<sub>obs</sub></i>	<i>I<sub>obs</sub></i>	<i>d<sub>calc</sub></i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d<sub>obs</sub></i>	<i>I<sub>obs</sub></i>	<i>d<sub>calc</sub></i>
2	0	0	9.353	15	9.248	3	5	1	2.890	99	2.888	-7	7	1	1.8184	6	1.8197
2	2	0	6.624	100	6.619	-5	3	1	2.873	4	2.877	9	5	0	1.8062	6	1.8067
-1	1	1	5.876	50	5.866	0	4	2	2.688	4	2.686	2	10	1	1.7841	1	1.7852
0	4	0	4.711	45	4.739	4	6	0	2.607	7	2.609	10	4	0	1.7241	15	1.7229
-2	2	1	4.641	48	4.662	-2	4	2	2.585	6	2.585	1	11	0	1.7171	2	1.7159
1	3	1	4.395	48	4.401	-5	5	1	2.4586	5	2.4591	-1	7	3	1.6910	<1	1.6894
2	4	0	4.205	21	4.218	-5	1	2	2.4375	8	2.4375	8	8	0	1.6542	1	1.6548
1	5	0	3.716	19	3.714	3	7	1	2.3137	3	2.3146	-6	8	2	1.6326	3	1.6320
3	3	1	3.649	5	3.643	6	0	2	2.2318	2	2.2294	-10	2	2	1.5929	3	1.5925
4	2	1	3.480	3	3.491	6	6	0	2.2060	17	2.2064	2	12	0	1.5579	1	1.5572
4	4	0	3.318	3	3.310	6	6	1	2.0877	4	2.0857	6	6	3	1.5429	1	1.5433
1	5	1	3.219	16	3.225	1	3	3	2.0376	1	2.0411	-1	11	2	1.5184	1	1.5191
-5	1	1	3.182	20	3.185	-8	4	1	1.9817	1	1.9848	-7	9	2	1.4741	4	1.4737
6	0	0	3.077	3	3.083	-3	3	3	1.9577	4	1.9555	-2	6	4	1.4333	2	1.4333
2	6	0	2.986	23	2.990	-3	9	1	1.9115	3	1.9078	-5	9	3	1.4036	<1	1.4035
-4	4	1	2.958	10	2.960	10	0	0	1.8515	2	1.8495	-6	4	4	1.3839	1	1.3840
6	2	0	2.929	35	2.931												

Tabulka 11 Parametry základní cely skolecitu (pro monoklinickou prostorovou grupu Fd)

	tato práce	Kuntzinger et al. (1998)
<i>a</i> [Å]	18.496(8)	18.489(2)
<i>b</i> [Å]	18.957(6)	18.959(2)
<i>c</i> [Å]	6.522(3)	6.519(1)
$\beta$ [°]	90.55(7)	90.611(13)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2286.7(13)	2284.8(5)

Tabulka 12 Chemické složení skolecitu z Milířska (žíla č. 1) (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	45.85	46.10	46.05	45.53	45.93	45.28	46.16	45.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.59	24.64	24.56	24.59	24.75	24.23	24.54	24.82
CaO	12.28	12.29	12.37	12.17	12.37	12.27	12.08	12.38
Na <sub>2</sub> O	1.67	1.72	1.66	1.47	1.57	1.76	1.69	1.79
H <sub>2</sub> O	13.49	13.55	13.53	13.40	13.53	13.33	13.52	13.55
total	97.88	98.30	98.17	97.16	98.15	96.87	97.99	98.44
Si <sup>4+</sup>	3.058	3.060	3.062	3.055	3.054	3.054	3.071	3.046
Al <sup>3+</sup>	1.933	1.928	1.925	1.945	1.939	1.926	1.925	1.941
Ca <sup>2+</sup>	0.877	0.874	0.881	0.875	0.881	0.887	0.861	0.881
Na <sup>+</sup>	0.216	0.222	0.214	0.191	0.202	0.230	0.218	0.231
H <sub>2</sub> O	3	3	3	3	3	3	3	3
T <sub>Si</sub>	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 10 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 3 H<sub>2</sub>O.

Tabulka 13 Chemické složení mezolitu z Milířska (žíla č. 1) (hm. %)

SiO <sub>2</sub>	46.58	Si <sup>4+</sup>	9.180
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.14	Al <sup>3+</sup>	5.841
CaO	9.87	Ca <sup>2+</sup>	2.084
Na <sub>2</sub> O	4.16	Na <sup>+</sup>	1.589
H <sub>2</sub> O	12.17	H <sub>2</sub> O	8
total	97.92		

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 30 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 8 H<sub>2</sub>O.

(tab. 6) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Ba, Sr, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec heulanditu-Ca z Milířska (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako K<sub>0.85</sub>Na<sub>0.48</sub>Ca<sub>2.88</sub>Ba<sub>0.02</sub>Sr<sub>0.83</sub>(Al<sub>1.886</sub>Si<sub>27.15</sub>)O<sub>72</sub>·24H<sub>2</sub>O. Hodnota T<sub>Si</sub> = Si/(Si+Al) = 0.75 tohoto heulanditu je ve střední části rozmezí uváděného pro heulandit-Ca (Coombs et al. 1997). Zdejší heulandit má neobvykle vysoký obsah SrO (0.811 - 0.861 *apfu*; 3.02 - 3.25 hm. %). Vyšší obsah SrO byl v ČR zaznamenán pouze z melafyrů z Kozákova u Semil, který obsahuje 4.44 % SrO (Černý, Povondra 1969). Největší obsahy SrO (7.55 hm. %) obsahuje samostatně vyčleněný heulandit-Sr z italského Campegli (Lucchetti et al. 1982).

**Chabazit-Ca** je na lokalitě poměrně běžným zeolitem. Tvoří bílé až čiré pseudokubické klence o velikosti do 1 cm, které bývají na plochách rýhované. Krystaly ojediněle vyplňují volné prostory větších dutin o rozměrech 5 - 8 cm (obr. 5). Chabazit též často vytváří bílé celistvé průsvitné agregáty vyplňující většinu větších dutin. Byl zjištěn i na žíle č. 2, kde tvoří čiré pseudokubické klence o velikosti do 1 mm narůstající na krystaly K-živce. Rentgenová prášková data chabazitu-Ca z Milířska (tab. 7) jsou blízká datům pro tento minerální druh; jeho zpřesněné parametry (tab. 8) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 9) byly zjištěny obsahy Si, Al,







**Tabulka 15** Parametry základní cely stilbitu-Ca (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m)

	tato práce	Galli (1971)
a [Å]	13.640(1)	13.64(3)
b [Å]	18.240(1)	18.24(4)
c [Å]	11.2741(9)	11.27(2)
$\beta$ [°]	128.01(1)	128.00(25)
V [Å <sup>3</sup> ]	2210.3(3)	2209.51

**Tabulka 16** Chemické složení stilbitu-Ca z Milířska (žila č. 1) (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	56.35	53.12	57.15	55.74	55.69	60.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.32	16.07	17.98	17.64	17.22	17.71
CaO	8.37	7.93	8.64	8.24	8.54	8.52
Na <sub>2</sub> O	1.31	1.29	1.35	1.40	1.19	1.33
K <sub>2</sub> O	0.42	0.34	0.44	0.44	0.49	0.41
H <sub>2</sub> O	17.93	16.86	18.30	17.86	17.77	18.90
total	101.70	95.61	103.86	101.31	100.90	106.92
Si <sup>4+</sup>	26.375	26.447	26.221	26.208	26.304	26.674
Al <sup>3+</sup>	9.556	9.429	9.719	9.775	9.586	9.272
Ca <sup>2+</sup>	4.196	4.230	4.248	4.150	4.322	4.054
Na <sup>+</sup>	1.187	1.245	1.202	1.277	1.090	1.148
K <sup>+</sup>	0.253	0.215	0.259	0.266	0.295	0.229
H <sub>2</sub> O	28	28	28	28	28	28
T <sub>Si</sub>	0.73	0.74	0.73	0.73	0.73	0.74

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 72 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 28 H<sub>2</sub>O.

**Obr. 8** Tabulkovitý krystal lévynu-Ca s narůstajícími vláknitými agregáty minerálu z řady offretit/erionit z Milířska. Šířka záběru 2 mm, foto P. Fuchs.**Obr. 9** Drúza krystalů K-živce z Milířska. Šířka záběru 20 mm, foto P. Fuchs.

**Skolecit**, který se na lokalitě vyskytuje v poměrně malém množství, tvoří bílé, částečně čiré, polokulovité, jemně radiálně paprscité agregáty o velikosti do 1 cm a vějířovité útvary, zarůstající do nažloutlé celistvé hmoty chabazitu. Vzácně tvoří drobné sloupcovité krystaly v silně korodovaných dutinách (obr. 6). V Českém středohoří je tento vápenatý člen natrolitové skupiny poměrně vzácným minerálem. Přesné určení skolecitu je obdobně důležité jako u mezolitu. S ostatními členy natrolitové skupiny běžně podélně i příčně zákonitě srůstá. Jedinou jeho potvrzenou lokalitou bylo dosud Horní Jílové u Děčína (Rychlý 1981; Dvořák et al. 2017). Rentgenová prášková data skolecitu z Milířska (tab. 10) jsou blízká datům pro tento minerální druh; jeho zpřesněné parametry (tab. 11) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 12) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec skolecitu z Milířska (průměr sedmi bodových analýz) je na bázi 10 kyslíků možno vyjádřit jako Na<sub>0,22</sub>Ca<sub>0,88</sub>(Al<sub>1,93</sub>Si<sub>3,06</sub>)O<sub>10</sub>·3H<sub>2</sub>O. Hodnota  $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.61$  tohoto skolecitu je ve střední části publikovaného rozmezí (Coombs et al. 1997). Skolecit srůstá na analyzovaném vzorku s **mezolitem**, který však makroskopicky nelze od skolecitu odlišit. Mezolit byl analyticky zachycen pouze v jednom bodě (tab. 13). Obdobně jako u skolecitu byly zjištěny pouze obsahy Si, Al, Ca a Na; ostatní měřené

né prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec mezo-litu je na bázi 30 kyslíků možno vyjádřit jako  $\text{Na}_{1.59}\text{Ca}_{2.09}(\text{Si}_{9.18}\text{Al}_{5.84})\text{O}_{30}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

**Stilbit-Ca** patří obecně k běžným zeolitovým druhům, v Českém středohoří však patří zřejmě k ojedinělým. Popisované historické vzorky stilbitu například z Dolních Záležel či Puchavce se ukázaly jako mylně určené (většinou se jednalo o thomsonity). Zjištěn byl vzácně v sousedních Lužických horách v České Kamenici a nověji na Jehle u České Kamenice (Pauliš et al. 2015). V Milířsku tvoří v dutinách agregáty hrubších jehlicovitých, slabě nažloutlých krystalů o velikosti do 2 cm. Vypĺňuje samostatné dutiny či zarůstá do celistvého chabazitu-Ca. Vzácně se v dutinách objevují ploché žluté, až 1 cm velké krystaly (obr. 7). Rentgenová prášková data stilbitu-Ca z Milířska (tab. 14) jsou blízka datům pro tento minerální druh; jeho zpřesněné parametry (tab. 15) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 16) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Na a K; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec chabazitu-Ca z Milířska (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako  $\text{Ca}_{4.20}\text{Na}_{1.19}\text{K}_{0.25}(\text{Si}_{26.38}\text{Al}_{9.56})\text{O}_{72}\cdot 28\text{H}_2\text{O}$ . Hodnota  $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.73$  tohoto stilbitu se nachází při spodní hranici rozmezí uváděného pro stilbit-Ca (Coombs et al. 1997).

K nedokonale determinovaným zeolitům patří pravděpodobný **lévyn-Ca** a minerál ze skupiny **offretit-erionitové**. Zjištěny byly na žíle č. 1 pouze ve dvou vzorcích ve velmi malých rozměrech, které neumožnily jejich dostatečnou identifikaci. Lévyň tvoří charakteristické tenké bezbarvé tabulky, na které epitaxně narůstají vláknité agregáty minerálu ze skupiny offretit-erionitové (obr. 8). Na základě orientační EDS analýzy (po dopočtu teoretického obsahu  $\text{H}_2\text{O}$  20 hm. % a přepočtu na 100 hm. %: 47.8  $\text{SiO}_2$ ; 22.4  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 7.2 CaO a 2.6  $\text{K}_2\text{O}$  hm. %) lze usuzovat, že je jedná o vápenatý lévyn s vyšším obsahem draselné složky.

Vedle zeolitů byl na žíle č. 2 zjištěn **K-živce**, jehož souvislé drúzovité agregáty byly tvořeny běložlutými sloupečkovitými krystaly s šikmou bází (obr. 9). Rozměry živcových krystalů porůstající stěny dutin se pohybovaly většinou kolem 1 mm, s maximem do 5 mm. Rentgenová prášková data K-živce (tab. 17) a jeho zpřes-

něné parametry (tab. 18) odpovídají nejlépe ortoklasu. V BSE obraze je studovaný minerál většinou chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 19) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ba, Sr, Na a K; ostatní měře-

**Tabulka 17** Rentgenová prášková data K-živce z Milířska

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>I</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs</sub>	<i>I</i> <sub>obs</sub>	<i>d</i> <sub>calc</sub>
-1	0	1	6.654	4	6.635	2	2	2	1.9820	9	1.9834
0	2	0	6.462	4	6.480	-3	3	3	1.9685	1	1.9686
-1	1	1	5.862	3	5.906	-1	4	3	1.9295	1	1.9277
1	1	1	3.941	16	3.967	1	6	1	1.9180	1	1.9177
2	0	0	3.854	6	3.845	-4	3	2	1.8992	1	1.8980
2	1	0	3.684	1	3.686	0	7	0	1.8530	2	1.8515
-1	3	1	3.627	11	3.620	0	6	2	1.8045	6	1.8039
0	0	2	3.279	33	3.279	-5	1	1	1.6555	<1	1.6559
0	4	0	3.243	49	3.240	-4	5	2	1.6374	2	1.6377
-2	1	2	3.217	100	3.214	-2	4	4	1.5909	1	1.5904
1	3	1	3.001	26	2.999	-5	3	3	1.5364	1	1.5359
0	2	2	2.929	7	2.926	1	5	3	1.5300	1	1.5298
-1	4	1	2.915	13	2.911	3	6	1	1.5038	1	1.5040
0	5	0	2.589	15	2.592	2	6	2	1.5000	1	1.4995
1	4	1	2.555	5	2.558	0	4	4	1.4627	1	1.4629
-1	0	3	2.3964	3	2.3984	-3	1	5	1.4469	1	1.4467
-2	4	2	2.3161	3	2.3179	0	9	0	1.4396	3	1.4401
-3	0	3	2.2108	2	2.2116	4	6	0	1.4361	2	1.4362
-3	1	3	2.1776	15	2.1800	-6	1	2	1.4167	1	1.4166
0	6	0	2.1593	9	2.1601	4	0	2	1.4094	4	1.4099
-4	0	2	2.1119	3	2.1129	-5	5	3	1.3877	1	1.3879
3	1	1	2.0711	4	2.0686	2	7	2	1.3834	1	1.3840
-1	6	1	2.0541	2	2.0540	3	1	3	1.3802	1	1.3810
-4	2	2	2.0093	3	2.0088	3	2	3	1.3596	1	1.3581

**Tabulka 18** Parametry základní cely K-živce (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m)

	tato práce	Prince et al. (1973)
<i>a</i> [Å]	8.563(4)	8.5632(11)
<i>b</i> [Å]	12.961(4)	12.963(14)
<i>c</i> [Å]	7.302(3)	7.299(11)
$\beta$ [°]	116.09(2)	116.073(9)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	727.9(5)	727.57

**Tabulka 19** Chemické složení K-živce z Milířska (žíla č. 2) (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
$\text{SiO}_2$	61.31	60.94	61.20	60.41	61.51	61.40	62.41
$\text{Al}_2\text{O}_3$	18.02	18.26	17.93	18.51	17.64	17.79	18.00
BaO	1.54	1.04	1.92	3.28	1.52	1.21	0.27
SrO	0.31	0.36	0.29	0.47	0.43	0.06	0.24
$\text{Na}_2\text{O}$	0.11	0	0.10	0.15	0.12	0.11	0.16
$\text{K}_2\text{O}$	15.67	15.62	15.41	14.94	15.71	16.00	16.35
total	96.96	96.22	96.85	97.76	96.93	96.57	97.43
$\text{Si}^{4+}$	2.994	2.959	2.968	2.939	2.979	2.975	2.981
$\text{Al}^{3+}$	1.027	1.045	1.025	1.059	1.007	1.016	1.013
$\text{Ba}^{2+}$	0.029	0.020	0.036	0.062	0.028	0.023	0.005
$\text{Sr}^{2+}$	0.009	0.010	0.008	0.013	0.012	0.002	0.007
$\text{Na}^+$	0.011	0	0.009	0.014	0.011	0.011	0.015
$\text{K}^+$	0.967	0.968	0.954	0.925	0.971	0.989	0.997

Empirický vzorec byl přepočten na bázi osmi kyslíků.



né prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec K-živce z Milířska (průměr šesti bodových analýz) je na bázi osmi kyslíků možno vyjádřit jako  $(K_{0.97}Ba_{0.03}Sr_{0.01})_{\Sigma 1.01}(Al_{1.03}Si_{2.99})O_8$ . Jedná se tedy o poměrně čistý K-živce s malou příměsí celsianové složky (0.029 *apfu* Ba<sup>2+</sup>). Výskyt K-živců ve vulkanitech Českého středohoří je velmi sporadický. Bližšímu zkoumání byl doposud podroben pouze jeho ojedinělý historický výskyt na vrchu Kočka u Žitenic, kde jeho drobné krystaly a perimorfózy po klencových krystalech kalcitu asociují se zeolity. Revizním studiem (Radoň et al. 2007) bylo zjištěno, že se tu patrně jedná o dvě strukturálně odlišné fáze K-živců sanidinu a mikroklinu. Z makroskopického a patrně i genetického hlediska se však tento K-živce odlišuje od popisovaného výskytu.

Na obou nalezištích doplňuje minerální asociaci **kalcit**, který tvoří bělavé korozivní zbytky pod zeolitovou výplní dutin (obě žíly) či vzácně drobné krystaly v dutinách (žíla č. 2). V kalcitu žíly č. 2 byly vzácně zjištěna drobná (do 1 mm) černá zrna ilmenitu, která podle EDS analýzy, vedle FeO a TiO<sub>2</sub>, obsahovala i 4.8 hm. % MgO (geikielitová složka) a 0.8 hm. % MnO (pyrofanitová složka).

## Závěr

Ve dvou vulkanických žilných intruzích, zjištěných na svahu vrchu Pustý zámek, cca 1 km j. od osady Milířsko, byla nově zjištěna zajímavá zeolitová mineralizace s ortoklasem. Vedle analcimu a chabazitu-Ca tu byly studovány heulandit-Ca, stilbit-Ca, skolecit a mezolit, tj. zeolity, které se ve vulkanitech Českého středohoří vyskytují poměrně řídko. Heulandit-Ca a chabazit-Ca obsahují poměrně významnou příměs stroncia (0.833 a 0.296 *apfu*). Zajímavá je i přítomnost krystalovaného ortoklasu, který až dosud nebyl v asociaci se zeolity v Českém středohoří zjištěn.

## Poděkování

*Milou povinností autorů je poděkovat za poskytnutí fotografií P. Fuchsovi z Teplic. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2018/02, 00023272).*

## Literatura

- CAJZ V (2000) Proposal of lithostratigraphy for the České středohoří Mts. volcanics. *Věst čes geol úst* 75, 1: 7-16
- COOMBS DS, ALBERTI A, ARMBRUSTER T, ARTIOLI G, COLELLA C, GALLI E, GRICE JD, LIEBAU F, MANDARINO JA, MINATO H, NICKEL EH, PASSAGLIA E, PEACOR DR, QUARTIERIT S, RINALDI R, ROSS M, SHEPPARD RA, TILLMANN S, VEZZALINI G (1997) Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Can Mineral* 35:1571-1606
- COTTA B (1840) *Erläuterungen zu Section VII der geognostischen Charte des Königreiches Sachsen und der angränzenden Länderabtheilungen, oder Geognostische Skizze der Gegenden zwischen Schandau, Zittau, Kratzau, Gabel, Böhmisch-Leipe, Wernstadel und Tetschen.* Arnoldische Buchhandlung, Dresden und Leipzig:1-116
- ČERNÝ P, POVONDRA P (1969) A polycationic strontian heulandite; comments on crystalchemistry and classification of heulandite and clinoptilolite. *N Jb Mineral, Mh*, 349-361
- DVOŘÁK Z, RADOŇ M, SVEJKOVSKÝ J, JANEČEK O, DVOŘÁK P, FUCHS P (2017) *Minerály Českého středohoří.* 1-252, Muzeum města Ústí nad Labem, Ústí nad Labem
- GALLI E (1971) Refinement of the crystal structure of stilbite. *Acta crystallogr, B* 27: 833-841
- GATTA GD, NESTOLA F, BOFFA BALLARAN T (2006) Elastic behavior, phase transition, and pressure induced structural evolution of analcime. *Amer Mineral* 91: 568-578
- HIBSCH JE (1897) *Erläuterungen zur geologischen Karte des böhmischen Mittelgebirges.* III, Bensen Tschermarks Mineral u Petrogr Mitt 17: 1-96
- HIBSCH JE (1910) *Geologische Karte des böhmischen Mittelgebirges.* Blatt VI (Wernstadt Zinkenstein). Nebst Erläuterungen. Mit 1 geol. Karte. *Tschermaks Mineral Petrogr Mitt* 29, 5: 381-438
- KUNTZINGER S, RINGER S, GHERMANI NE, DUSAUSOY Y, LECOMTE C (1998) Distribution and Topology of the Electron Density in an Aluminosilicate Compound from High-Resolution X-ray Diffraction Data: the Case of Scolecite. *Acta Cryst B*54: 819-833
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011
- LE MAITRE RW, ed. (2002) *Igneous rocks. A classification and glossary of terms.* 1-236, 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge Univ. Press
- LUCCHETTI G, MASSA B, PENCO AM (1982) Strontian heulandite from Campegli (Eastern Ligurian ophiolites, Italy). *N Jb Miner, Mh* 541-550
- MERKLE AB, SLAUGHTER M (1967) The crystal structure of heulandite  $(CaNa_2)(Al_2Si_7O_{18})(H_2O)$ . *Amer Mineral* 52: 273-276
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2014) Cowlesit a doprovodná mineralizace z vrchu Hackenberg u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22, 2: 248-260
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2015) Tschernichit, garronit-Ca a doprovodná zeolitová mineralizace z Jehly u České Kamenice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23, 2: 147-17
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F (2016a) Zeolitová mineralizace z Nového Oldřichova u Kamenického Šenova (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24, 1: 100-113
- PAULIŠ P, HRŮZEK L, JANEČEK O, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O, FEDIUK F (2016b) Zeolitová mineralizace ze Svoru u Nového Boru (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24, 2: 194-204
- PAULIŠ P, JANEČEK O, HRŮZEK L, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, FEDIUK F, POUR O (2017) Nordstrandit a zeolitová mineralizace fonolitu Tachovského vrchu u Doks (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 25, 1: 69-84
- PEKOV IV, TURCHKOVA AG, CHUKANOV NV, ZADOV AE, GRICHIN VG (2000) Chabazite-Sr,  $(Sr,Ca)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 6H_2O$ , a new zeolite mineral from Lovozero massif, Kolá Peninsula. *Zap Vserossijskogo mineral. Obšč.* 129, 4: 54-58

- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" ( $\varphi\rho Z$ ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- PRINCE E, DONNAY G, MARTIN RF (1973) Neutron diffraction refinement of an ordered orthoclase structure. Amer Mineral 58: 500-507
- RADOŇ M, LANGROVÁ A, ULRYCH J, SKÁLA R (2007) Draselný živec z čediče významné mineralogické lokality na vrchu Kočka u Žitenic v Českém středohoří. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha): 14-15, 96-103
- REUSS FA (1793) Mineralogische Geographie von Böhmen. 1. Band. Mineralogische Beschreibung des Leitmeritzer Kreises in Böhmen. Mit einer petrographischen Charte und Kupfern. 1-406, Waltherische Hofbuchhandlung, Dresden
- RYCHLÝ R. (1981) Mezolit a skolecit z lokality Horní Jílové u Děčína. Čas Mineral Geol 26, 1, 89
- ŘÍDKOŠIL T (1997) Výskyty wairakitů v Čechách. In: 2. seminář „České zeolitové skupiny“. Turnov, 31.5.1997
- SHRBENÝ O et al. (1990) Geologická mapa ČR, list 02-41 Ústí nad Labem, 1 : 50 000. Ústřední ústav geologický, Praha
- SCHEUMANN KH (1913) Petrographische Untersuchungen an Gesteinen des Polzengebietes in Nord-Bohmen. Abh der Königlich-Sächsischen Ges der Wiss Mat-Phys Cl. 32: 605-776
- VALEČKA J et al. (2000) Nebezpečí svahových pohybů v údolí Labe na okrese Děčín. Díl B. Geologie a geologická mapa. MS, Český geologický ústav, Praha
- YAKUBOVICH OV, MASSA W, GAVRILENKO PG, PEKOV IV (2005) Crystal structure of chabazite. Kristallografiya 50, 4: 595-604