

Zeolitová mineralizace s thomsonitem-(Ca) z Babětína u Těchlovic v Českém středohoří (Česká republika)

Zeolite mineralization with thomsonite-Ca from Babětín near Těchlovice in the České středohoří Mts. (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, PETR ZEMAN³⁾, VOJTĚCH ZEMAN³⁾, JIŘÍ SEJKORA²⁾, RADANA MALÍKOVÁ²⁾, LUBOŠ VRTIŠKA²⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾, FERRY FEDIUK⁴⁾, ONDŘEJ POUR⁵⁾ A MIROSLAV RADOŇ⁶⁾

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

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

³⁾Nádražní 319, 407 25 Verneřice

⁴⁾Na Petřínách 1897, 162 00 Praha 6

⁵⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

⁶⁾Regionální muzeum v Teplicích, Zámecké náměstí 14, 415 01 Teplice

PAULIŠ P, ZEMAN P, ZEMAN V, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, VRTIŠKA L, DOLNÍČEK Z, FEDIUK F, POUR O, RADOŇ M (2018) Zeolitová mineralizace s thomsonitem-Ca z Babětína u Těchlovic v Českém středohoří (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 26(1): 1-11. ISSN 2570-7337

Abstract

A quite new occurrence of zeolite mineralization, dominated by thomsonite-Ca, has been discovered in a 130 m wide rock outcrop of olivine nephelinite volcanic body, at SW vicinity of the Babětín village, České středohoří mountains (Czech Republic). Thomsonite-Ca occurs there in several morphological forms: as lathy fan-like twins, brittle twins, hemispherical or compact aggregates. Its unit-cell parameters, refined from the powder X-ray data, are: a 13.1049(12), b 13.0559(13) c 13.2464(12) Å and V 2266.4(4) Å³. Two types of thomsonite-Ca with different Sr contents were observed during chemical study - with following empirical formulas: $\text{Ca}_{0.83}\text{Na}_{1.04}\text{Sr}_{0.39}(\text{Si}_{5.35}\text{Al}_{5.05})\text{O}_{20}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Ca}_{1.67}\text{Na}_{1.05}\text{Sr}_{0.12}(\text{Si}_{5.22}\text{Al}_{4.83})\text{O}_{20}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. The determined Sr contents (up to 0.40 *apfu*) are the highest among occurrences of this mineral in the Czech Republic. Analcime, natrolite, mesolite and calcite were observed in the association with thomsonite-Ca. The succession of crystallization on fissures and cavities of olivine nephelinite is following: analcime → natrolite (mesolite) → thomsonite-Ca → calcite.

Key words: thomsonite-Ca, analcime, natrolite, mesolite, olivine nephelinite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Babětín near Těchlovice, Czech Republic

Obdrženo: 29. 5. 2018; přijato: 10. 7. 2018

Úvod

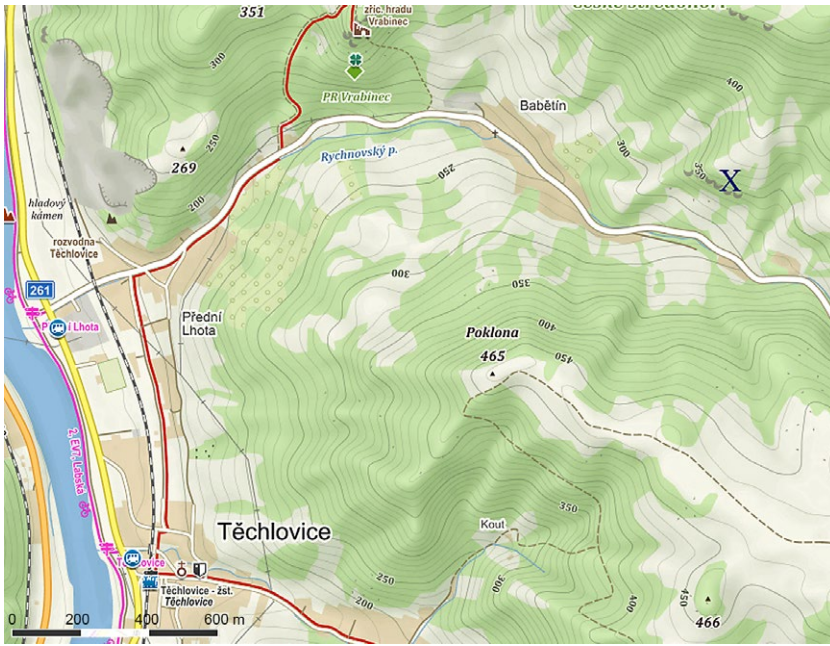
Lokalita Babětín se nachází ve skalnatém úbočí jz. svahu bezejmenné kóty 535 m v nadmořské výšce cca 350 m, 500 m v. od Babětína (dříve Babutin), 8 km j. od Děčína (GPS: 50°42'23.1"N, 14°13'37.7"E) (obr. 1). Jedná se o zcela nový a v mineralogické literatuře dosud nepublikovaný výskyt zeolitové mineralizace s dominujícím thomsonitem-Ca, který byl objeven v roce 2015 v přirozených výchozech vulkanického tělesa olivinického nefelinitu o šířce cca 130 m (obr. 2).

Geologie a petrologie lokality

Geologii této lokality u obce Babětín se poprvé a dosud jako jediný věnoval Hibsich (1897), který však žádné dutinové či puklinové minerály nezmiňuje. Lokalitu uvádí pod názvem „Podskála“ (Podskale). Výchozy zdejší čedičové horniny popisuje jako těleso nefelinického čediče, což je v moderním pojetí olivinický nefelinit. V detailním popisu lokality uvádí, že: „těleso čediče zde vytváří žílu, která se výše ve svahu, v nadmořské výšce 390 m, rozšiřuje do čedičového proudu. Nejvyšší část tělesa je strus-

kovitě vyvinuta a její povrchová struktura se sklovitou okrajovou facií připomíná lávy typu Pahoehoe (Fladenlava). Čedič získává vlivem zvětrávání cihlově červené zbarvení.“ V souladu se zjištěnými geologickými poměry lokality Hibsich (1897) dále uvádí, že ve východní části je těleso olivinického nefelinitu protnuto 1 až 2 m mocnou žílou monchiquitu sv. směru s příkrým sklonem na sz.

Nově zjištěná zeolitová mineralizace byla zastížena v přirozených výchozech vulkanického tělesa (olivinický nefelinit), které je na západní straně omezeno výrazným liniovým útvarem nad úroveň terénu nápadně vystoupilé žíly světle šedé vulkanické horniny blízké bostonitu o maximální mocnosti 3 m (obr. 3). Z východní strany přechází olivinický nefelinit do úzké polohy hnědavých tufů a pyroklastik, přičemž na kontaktu byla opět zjištěna nepřilíhající nápadná, cca 1 m mocná žíla světle šedé vulkanické horniny obdobného charakteru jako předchozí na západní straně. Odličnost nefelinitu je proměnlivá v celé šířce tělesa. Ve východní a centrální části lze horninu označit jako převážně slabě sloupcovitě odličnou s téměř horizontálním uložením sloupců, část středních partií



a celá západní část tělesa vykazuje nápadnou kulovitou odlučnost až s přechodem do brekcie. Celé skalní defilé pronikají četné pukliny a trhliny vyplněné zčásti hydrotermální mineralizací, z nichž minimálně čtyři protínají vertikálně celý skalní výchoz. Generální směr jak žilných vulkanitů, tak hydrotermálně mineralizovaných puklin je JZ – SV. V tělese lze rozlišit pukliny trojího typu a směru. Jedná se o pukliny: a) směru SZ – JV bez mineralizace, vzniklé patrně pohyby samotného tělesa; b) směru přibližně JZ – SV, jež jsou kolmé na slabě zřetelnou sloupcovou odlučnost základní horniny a jsou ve většině případů vyplněny zeolitovou mineralizací a c) přírodní pukliny směru JZ – SV, až 10 cm mocné, vyplněné více či méně zpevněnou jílovitou hmotou.

Okrajová část puklin v šíři cca 1 - 3 mm je často silně alterovaná, zjlovělá, světlé barvy, po vyschnutí se rozpadá a odlupuje od pevné horniny. Šíře puklin se zeolitovou mineralizací se pohybuje od 2 mm do několika cm. Zeolity nejčastěji vyplňují volné prostory vedlejších puklin, kde docházelo s poklesem teplot a tlaků k ideálním podmínkám pro vývoj krystalovaných agregátů. Nejmožnější přírodní trhlina, dosud nejméně dotčená zvětrávacími procesy, probíhá zhruba v centrální části tělesa olivnického nefelinitu v celém jeho vertikálním rozsahu. Je tedy sledovatelná v délce asi 15 m a dosahuje šíře cca 2 až 15 cm v lokálních naduřích. Je vyplněna prakticky pouze hnědavým jílem. V místě jejího největšího naduření byla nalezena dutina o rozměrech cca 20 × 20 cm s úlomky drcené horniny, které jsou tmeleny analcimem, popřípadě kalcitem.

Na lokalitě byly odebrány dva horninové vzorky, ze kterých byly provedeny výbrusy pro mikroskopický popis. Bazaltoidní hornina, na jejichž puklinách byla zjištěna zeolitová mineralizace, je tmavošedé až modravě černošedé barvy. Má drobně porfyrický vývoj, ale fenokrysty mafických minerálů se v ní v makroskopickém pohledu projevují značně nevýrazným způsobem jako jen mírně tmavší nenápadné skvrnky. To vyvolává nerovně zdrsňený povrch lomných ploch. Pod mikroskopem se v hornině poněkud zřetelněji než je tomu v makropohledu projevují

Obr. 1 Topografická mapa okolí Babětína s vyznačením zeolitové lokality (X); upraveno podle www.mapy.cz.

Obr. 2 Horní část lokality Babětín (2017). Foto P. Pauliš.

Obr. 3 Žíla vulkanické horniny (bostonit) na z. okraji skalního defilé u Babětína (2017). Foto P. Pauliš.

vyrostlice díky jejich hypautomorfnímu až automorfnímu omezení. Jejich velikost zpravidla nepřesahuje 1 mm. Zhruba stejným dílem patří klinopyroxenu a olivínu, v úhrnu zaujímají přibližně 10 až 15 %. Pyroxen bledě nahnědlé barvy (čedičový augit) vyniká čerstvostí, s čímž dramaticky kontrastuje olivín, který je prakticky totálně iddingsitizován. Tyto dva druhy vyrostlic nejsou v hornině rozmístěny rovnoměrně, místy dominuje pyroxen, místy olivín. Základní hmota je tvořena klinopyroxenem o rozměrech 0.0X mm, který má zčásti prizmatický habitus, zčásti je nepravidelně izometricky zrnitý. Dále se v základní hmotě uplatňuje xenomorfní nefelín, v množství téměř zanedbatelném se objevuje mikrolitovitý bazický plagioklas. Za zvláštní zmínku ve složení základní hmoty stojí magnetit. Jednak jeho množství přesahuje deset procent, zejména však je třeba si povšimnout jeho rozměrové rozkolísanosti, která sahá od horních tisíců mm až po horní desetiny mm. Struktura horniny je nevýrazně a drobně porfyrická s holokrystalicky zrnitou strukturou základní hmoty, textura je všesměrná, nemandlovcovitá. Petrograficky ji lze označit jako nevýrazně porfyrický a nemandlovcovitý olivinic-ký nefelinit.

Druhý horninový vzorek byl odebrán v západní části skalního defilé z výchozu žilného vulkanitu. Zkoumaný vzorek má dvoukomponentní složení: skládá se z žilné uzavírající horniny a z uzavřeného útržku, xenolitu. Uzavírající, velmi jemnozrná hornina, je světle šedé barvy, která je kombinována s řídce vtroušenými vyrostlicemi černého mafitu, majícími ve výrazně většině rozměr kolem 1 mm, singulárně se však objevují o délce 7 mm. Kromě tmavých fenokrystů se v ní podružně vyskytují i drobné a nenápadné fenokrysty bělavé



Obr. 4 Drobné krystaly fluorapatitu v amfibolu z xenolitu v bostonitové žíle. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 15 mm.

Obr. 5 Drúza drobných krystalů analcimu z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 40 mm.

Obr. 6 Atypický analcím krychlového habitu z vulkanické žíly z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 7 mm.

barvy. Na styku s xenolitem lze pozorovat v uzavírající vyvřelině tenkou zesvětlenou reakční obrubu tzv. Salband, nepřesahující šířku 2 mm. Xenolit se od uzavírající horniny výrazně odlišuje dvěma markanty: hrubší zrnitostí a mnohem tmavší barvou, která je černá, bíle drobně kroupnatá. Jeho styk s uzavírající horninou je sice poněkud nerovný, ale naprosto ostrý. Žilná uzavírající hornina se skládá převážně z alkalických živců a plagioklasů tvořících základní hmotu. V podobě vyrostlic k tomu přistupuje hnědý amfibol a méně nápadně automorfně omezené, vesměs však zcela alterované vyrostlice minerálu sodalitové skupiny. Nechybí podružná příměs rudních zrněk. Struktura je porfyrická s xenomorfně zrnitou strukturou základní hmoty, textura je všesměrná. Klasifikačně ji lze nejspíš přiřadit k bostonitu, případně k sodalitickému gauteitu E. Hibsche, což je však název dle IUGS 2002 nedoporučený k užívání. Jako alternativní označení lze uvažovat o názvu žilný sodalitický tefrifonolit. Tmavý xenolit obsahuje ve značné převaze hnědý až narudle hnědý amfibol v nepravidelně tlustě sloupcovitém provedení a o rozměrech 1 až 3 mm. V něm se v množství zhruba 25 % objevují rozměrově mnohem menší (kolem 0.2 mm) olivíny, často s náběhem k automorfnímu vývoji. Olivín je zcela čerstvý, alteracemi nepostížený. Nepodstatným podílem je minerální složení horniny kompletováno rudními zrnky. Stavba horniny je výrazně nerovnoměrně zrnitá. Do petrografického systému vyvřelin ji lze zařadit jako olivinický hornblendit.

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 α 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 zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bouchu 2011).

Předběžná identifikace zeolitů i dalších minerálů (fluorapatit) byla provedena 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 naleštěných zrnech identifikovaných minerálů.

Chemické složení zeolitů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik J. Sejkora, Z. Dolníček) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku 2 μ m, standardy: baryt (BaL α), albit

Tabulka 1 Rentgenová prášková data analcimu z Babětína

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
1	1	2	5.605	64	5.600	2	1	5	2.506	9	2.504	2	5	5	1.8683	5	1.8666
2	0	2	4.858	12	4.849	4	0	4	2.4265	4	2.4247	2	3	7	1.7439	9	1.7420
1	2	3	3.668	5	3.666	2	3	5	2.2272	6	2.2251	1	4	7	1.6895	3	1.6884
0	0	4	3.433	100	3.429	1	4	5	2.1184	1	2.1165	3	4	7	1.5959	3	1.5945
0	2	4	3.072	<1	3.067	3	1	6	2.0239	1	2.0224	4	2	8	1.4939	1	1.4966
3	2	3	2.927	43	2.924	4	4	4	1.9824	<1	1.9798	6	5	5	1.4779	2	1.4791
2	2	4	2.802	5	2.800	6	0	4	1.9017	9	1.9021	5	4	7	1.4434	1	1.4458
1	3	4	2.692	12	2.690												

Tabulka 2 Parametr 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]	13.723(3)	13.709(6)	13.6999(3)	13.703(5)
<i>V</i> [Å ³]	2584.6(5)	2576(1)	2571.3	2573(1)

Tabulka 3 Chemické složení analcimu z Babětína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	55.00	54.87	54.70	55.47	54.51	54.93	55.10	55.42
Al ₂ O ₃	22.39	22.69	22.63	22.18	22.39	21.96	22.17	22.68
Na ₂ O	13.06	13.25	13.21	12.80	13.12	12.68	13.03	13.33
H ₂ O	8.04	8.06	8.04	8.07	7.99	7.98	8.03	8.12
total	98.49	98.87	98.28	98.52	98.01	97.55	98.33	99.55
Si ⁴⁺	2.026	2.015	2.014	2.036	2.019	2.038	2.032	2.021
Al ³⁺	0.984	0.994	0.995	0.971	0.990	0.973	0.976	0.987
Na ⁺	0.944	0.956	0.955	0.922	0.954	0.924	0.943	0.942
H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1	1
T _{Si}	0.67	0.66	0.66	0.68	0.67	0.68	0.68	0.67

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 6 kyslíků. H₂O bylo dpočítáno na základě teoretického obsahu 1 H₂O.

(NaK α), sanidin (SiK α AlK α , KK α), rodonit (MnK α), diopsid (MgK α), apatit (PK α), hematit (FeK α), ZnO (ZnK α), celestin (SK α , SrL α), Cs sklo (CsK α), wollastonit (CaK α) a topaz (FK α). Obsahy 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).

Charakterizace zjištěné mineralizace

Lokalita Babětín byla objevena v roce 2015 druhým a třetím z autorů této publikace (PZ, VZ) při mineralogicko-topografickém průzkumu výskytu zeolitů ve Verneřickém středohoří (geomorfologický podcelek Českého středohoří). Od té doby byla lokalita opakovaně navštěvována. Na podzim roku 2015 tu byly ve skalních výchozech objeveny první pukliny se zeolitovou mineralizací. Během let 2016 a 2017 zde byly nalezeny unikátní vzorky thomsonitu-Ca, které svojí velikostí i vzhledem směle konkurují nejvyšším thomsonitům (nejen) Českého středohoří. První vzorky byly nalezeny v suti volně vyvětraného materiálu pod skalními výchozy. Reprezentativní vzorek o rozměrech cca 10 × 10 cm, na kterém na drobných krystalech analcimu narůstají vějířovité srostlice thomsonitu-Ca velké až 2 cm, byl nalezen mezi prvními. Patrně nejlepší nález pochází z února 2016, kdy byl v jedné z částečně zvětralých puklin nalezen vzorek se dvěma srostlými, až 3 cm velkými vějířovitými agregáty thomsonitu-Ca. Nejbohatší mineralizovaná puklina byla objevena ve východní části tělesa v dubnu 2016. Z ní pocházejí další dobře vyvinuté drúzy krystalů a vějířovitých srostlic thomsonitu-Ca. Právě v těchto místech vlivem eroz-



Obr. 7 Vějířovité srostlice thomsonitu -Ca s naleptaným krystalem kalcitu na analcimu. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 15 mm.

Obr. 8 Vějířovité srostlice krystalů thomsonitu-Ca z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 20 mm.

Obr. 9 Vějířovité srostlice krystalů thomsonitu-Ca na analcimu z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 30 mm.



ních procesů a následného gravitačního řízení došlo k přirozenému odkrytí několika silně mineralizovaných puklin v mírně sloupcovité části tělesa. Tyto pukliny byly evidentně zásobeny roztoky, proudícími v přílehlé mohutné centrální přívodní trhlíně o šíři až 5 cm, ze které lze v současnosti pozorovat již pouze její malou část. Její střed je vyplněn jílovitými produkty krémové, narůžovělé či nazelenalé barvy bez zeolitů. V západní okrajové části tělesa se pevnější hornina mění ve značně rozpadavý, kulovitě odlučný materiál, ve kterém se vyskytuje pouze drobně krystalovaný analcim. Na kontaktu rozpadavé horniny s pevnějším vulkanitem se vytvořila poměrně hustá síť puklin, které zcela vyplňuje drobně krystalovaný analcim či thomsonit-Ca. Zeolity byly také zjištěny v 1 - 7 cm velkých dutinách vulkanického tělesa na západním okraji lokality. Základní výplň dutin je tu tvořena drobně krystalovaným analcimem, jehličkovitým natrolitem a kalcitem. Charakteristické jsou až 20 cm velké tmavé xenolity, tvořené amfibolem. Součástí těchto xenolitů je prakticky vždy fluorapatit, který tvoří hnědavě narůžovělé, šestiboké, tence sloupečkovité krystaly, o velikosti 1 - 10 mm, volně rozptýlené v hmotě xenolitů (obr. 4).

Nejstarším a nejhojnějším zeolitem lokality je **analcim**, který tvoří plošně poměrně rozsáhlé monominerální výplně trhlín v podobě bílých kůr tvořených krystaly o velikosti 1 - 4 mm tvaru běžného deltoidového dvacetičtyřstěnu (obr. 5). Vyskytuje se jak na puklinách méně porušené horniny, tak tmelí brekciovitou horninu v západní části skalních výchozů. V rozměrných oválných dutinách olivinického nefelinitu, kde většinou krystalizoval pouze thomsonit-Ca, je řídký. Analcim je přítomen též v duti-

Obr. 10 Vějířovité až polokulovité srostlice krystalů thomsonitu-Ca na analcimu z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 40 mm.

Obr. 11 Stébelnaté srostlice krystalů thomsonitu-Ca z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 20 mm.

Obr. 12 Detail stébelnaté srostlice krystalů thomsonitu-Ca z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 5 mm.

nách žilného vulkanitu (bostonit), kde tvoří až 3 mm velké čiré až mléčně bílé krystaly. Zjištěn tu byl i analcim jehož krystaly mají krychlový habitus (obr. 6). Rentgenová prášková data analcimu z Babětína (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 analcim chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly zjištěny pouze obsahy Si, Al a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec analcimu z Babětína (průměr sedmi bodových analýz) je na bázi šesti kyslíků možno vyjádřit jako $\text{Na}_{0,94}(\text{Al}_{0,94}\text{Si}_{2,02})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Nejvýznamnějším zeolitem lokality je **thomsonit-Ca**, který tu tvoří několik morfologicky odlišných forem. Nejcharakterističtější formou jsou paralelní srůsty listovitých krystalů do vějířovitých útvarů, přičemž jejich horní část kopíruje kulovitý tvar (obr. 7 - 10). Na lokalitě se tato forma vyskytuje převážně v její východní části. Srostlice porůstají často velké plochy puklin směru JZ - SV nebo vykrystalizovaly v prostorách mezi kulovitě odlučnými bloky bazaltické horniny. V těchto dutinách byly nalezeny největší agregáty thomsonitu-Ca o rozměrech do 3 cm, které narůstají na kůry drobně krystalovaného analcimu.

Druhou nejčastější formou thomsonitu-Ca jsou stébelnaté srostlice, které vyplňují buď trhliny nebo až decimetr velké volné prostory nejčastěji mezi kulovitě odlučnými bloky bazaltoidu. Tenké, 2 až 5 mm široké srostlice o délce do 15 mm jsou tvořeny téměř vždy centrálním jehlicovitým krystalem natrolitu nejčastěji mírně obdélníkového průřezu, na který následně paralelně narůstají pravítkovité krystaly thomsonitu-Ca (obr. 11 - 13). Základní výplň prostor tvoří opět souvislá kůra bělavého analcimu s krystaly o velikosti do 2 mm. Ojedinele se vyskytly jehlicovité krystaly thomsonitu-Ca porostlé různě orientovanými drobnějšími jehličkami téhož zeolitu (obr. 14).

V západní části skalních výchozů se v trhlínách zřídka objevují čiré polokulovité, mírně zploštělé, hustě na sebe nahloučené agregáty thomsonitu-Ca o velikosti do 7 mm, které tvoří



Obr. 13 Drúza stébelnatých srostlic thomsonitu-Ca na analcimu z Babětína. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 40 mm.



Obr. 14 Srůsty jehlicovitých krystalů thomsonitu-Ca. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 7 mm.



Obr. 15 Celistvý thomsonit-Ca s patrnou vláknitou strukturou zcela vyplňující trhlínu. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 50 mm.

Tabulka 4 Rentgenová prášková data thomsonitu-Ca z Babětína

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	0	9.227	5	9.249	3	3	4	2.2557	13	2.2565	2	5	6	1.6328	1	1.6327
0	2	0	6.535	67	6.528	4	3	3	2.2505	1	2.2516	2	6	5	1.6288	4	1.6287
1	0	2	5.893	15	5.911	3	5	0	2.2414	6	2.2413	5	5	4	1.6160	10	1.6150
1	1	2	5.381	3	5.385	4	2	4	2.1933	8	2.1936	6	4	4	1.5919	6	1.5918
2	1	1	5.364	4	5.356	2	4	4	2.1901	14	2.1908	4	7	2	1.5743	5	1.5744
2	2	0	4.620	100	4.625	0	6	0	2.1764	47	2.1760	6	3	5	1.5714	1	1.5715
1	2	2	4.382	11	4.382	6	1	1	2.1255	4	2.1263	6	0	6	1.5534	1	1.5527
2	2	1	4.371	17	4.366	6	0	2	2.0740	2	2.0743	1	3	8	1.5367	1	1.5369
1	3	0	4.126	67	4.130	2	1	6	2.0663	17	2.0658	4	3	7	1.5333	1	1.5335
1	3	1	3.947	21	3.943	1	5	4	2.0257	1	2.0258	5	1	7	1.5237	1	1.5238
2	2	2	3.786	1	3.792	6	2	2	1.9782	3	1.9769	5	7	0	1.5198	1	1.5196
1	3	2	3.506	28	3.505	5	2	4	1.9610	1	1.9603	7	5	1	1.5117	1	1.5115
2	3	1	3.497	37	3.497	5	4	2	1.9534	3	1.9528	2	6	6	1.5083	1	1.5081
4	0	0	3.275	21	3.276	2	3	6	1.8852	2	1.8856	5	4	6	1.4996	<1	1.4997
2	3	2	3.177	24	3.180	3	6	2	1.8693	1	1.8686	8	2	3	1.4954	1	1.4950
3	3	0	3.083	5	3.083	5	5	0	1.8495	1	1.8498	2	5	7	1.4916	1	1.4920
4	0	2	2.933	17	2.937	6	0	4	1.8229	2	1.8233	7	5	2	1.4825	1	1.4829
2	4	0	2.921	29	2.922	4	6	0	1.8124	18	1.8126	1	4	8	1.4663	11	1.4674
4	2	1	2.862	46	2.859	7	2	1	1.7831	3	1.7832	0	1	9	1.4628	8	1.4626
2	4	1	2.853	71	2.853	1	7	2	1.7793	4	1.7787	4	7	4	1.4561	2	1.4558
3	3	2	2.793	6	2.795	4	2	6	1.7622	1	1.7628	4	8	1	1.4521	<1	1.4520
4	2	2	2.677	60	2.678	6	2	4	1.7576	1	1.7561	2	4	8	1.4407	1	1.4405
4	1	3	2.580	14	2.579	2	6	4	1.7526	1	1.7523	7	0	6	1.4281	4	1.4279
1	4	3	2.573	13	2.574	5	4	4	1.7386	3	1.7391	4	3	8	1.3993	<1	1.3993
3	4	1	2.565	9	2.565	3	1	7	1.7219	21	1.7213	2	7	6	1.3922	1	1.3922
1	5	1	2.513	<1	2.514	0	7	3	1.7175	17	1.7181	9	2	2	1.3892	2	1.3895
3	4	2	2.4316	10	2.4320	5	3	5	1.7129	9	1.7129	8	5	1	1.3795	1	1.3801
1	5	2	2.3884	1	2.3885	6	3	4	1.6823	1	1.6817	2	5	8	1.3679	1	1.3676
4	0	4	2.3284	1	2.3291	3	6	4	1.6794	2	1.6789	8	5	2	1.3579	1	1.3582
4	4	0	2.3122	2	2.3123	7	2	3	1.6665	<1	1.6665	3	7	6	1.3542	1	1.3545
5	2	2	2.2842	3	2.2832	0	0	8	1.6564	1	1.6558	4	4	8	1.3464	1	1.3462
4	4	1	2.2793	1	2.2779	5	2	6	1.6344	3	1.6347						

Tabulka 5 Parametry základní cely thomsonitu-Ca (pro ortorombickou prostorovou grupu Pncn)

	tato práce	Tachov (Pauliš et al. 2017)	Stahl et al. (1990)	Jehla (Pauliš et al. 2014)
<i>a</i> [Å]	13.1049(12)	13.1081(14)	13.1043(14)	13.104(2)
<i>b</i> [Å]	13.0559(13)	13.0558(18)	13.0569(18)	13.056(1)
<i>c</i> [Å]	13.2464(12)	13.2448(16)	13.2463(30)	13.247(2)
<i>V</i> [Å ³]	2266.4(4)	2266.7(5)	2266.46	2266.4(6)

Tabulka 6 Chemické složení thomsonitu-Ca z Babětína s vyšším obsahem SrO (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	36.68	36.54	36.20	36.98	36.47	36.85	36.73	37.28	36.09	37.00
Al ₂ O ₃	29.38	29.31	28.72	29.82	28.69	29.38	29.34	30.01	29.92	29.22
CaO	10.67	10.92	10.64	10.57	10.58	10.70	10.63	10.76	10.75	10.50
SrO	4.57	4.30	4.53	4.55	4.50	4.39	4.67	4.73	4.79	4.68
Na ₂ O	3.67	3.58	3.47	3.65	3.57	3.73	3.67	3.90	3.88	3.55
H ₂ O	12.34	12.30	12.13	12.46	12.18	12.33	12.34	12.58	12.36	12.36
total	97.31	96.95	95.69	98.03	95.99	97.38	97.38	99.26	97.79	97.31
Si ⁴⁺	5.346	5.345	5.368	5.339	5.387	5.358	5.353	5.329	5.254	5.383
Al ³⁺	5.047	5.054	5.019	5.075	4.995	5.036	5.040	5.055	5.133	5.011
Ca ²⁺	0.833	0.856	0.846	0.817	0.837	0.833	0.830	0.824	0.838	0.818
Sr ²⁺	0.386	0.345	0.389	0.381	0.385	0.370	0.395	0.392	0.404	0.386
Na ⁺	1.037	1.016	0.998	1.022	1.022	1.052	1.037	1.080	1.095	1.002
H ₂ O	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
T _{Si}	0.51	0.51	0.52	0.51	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.52

Empirické vzorce jsou přepočteny na bázi 20 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 6 H₂O.

souvislé kůry s ledvinitým povrchem připomínající například hyalit. Tento typ thomsonitu-Ca narůstá téměř výhradně přímo na horninový podklad, jen výjimečně na velice drobný analcim.

V centrální a západní části lokality se příležitostně objevují vzorky souvisle pokryté až 5 mm vysokými agregáty thomsonitu-Ca nápadně čtvercového průřezu, které jsou tvořeny pouze několika plochými krystaly ukončenými plochou bází. Tyto špalíkovité srostlice narůstají opět na základní analcimovou výplň dutin. Tento typ byl nalezen téměř výhradně v nápadně velkých (až 20 cm) dutinách vejčitého tvaru. V jedné z těchto dutin byla nalezena drúza thomsonitových srostlic o hmotnosti 486 g a velikosti 13 × 10 cm. Jiná drúza o hmotnosti 265 g vznikla obrůstáním thomsonitových krystalů kolem starších medově zbarvených hexagonálních krystalů kalcitu (původně patrně aragonitu).

Ve střední části lokality, kde je hornina nejméně rozpukaná, jsou až 2 cm široké pukliny zcela vyplněny thomsonitem-Ca celistvého vzhledu. Na lomu je patrná dlouze vláknitá struktura této téměř kompaktní hmoty, popřípadě jsou naznačeny velmi ploché vějířovité agregáty (obr. 15).

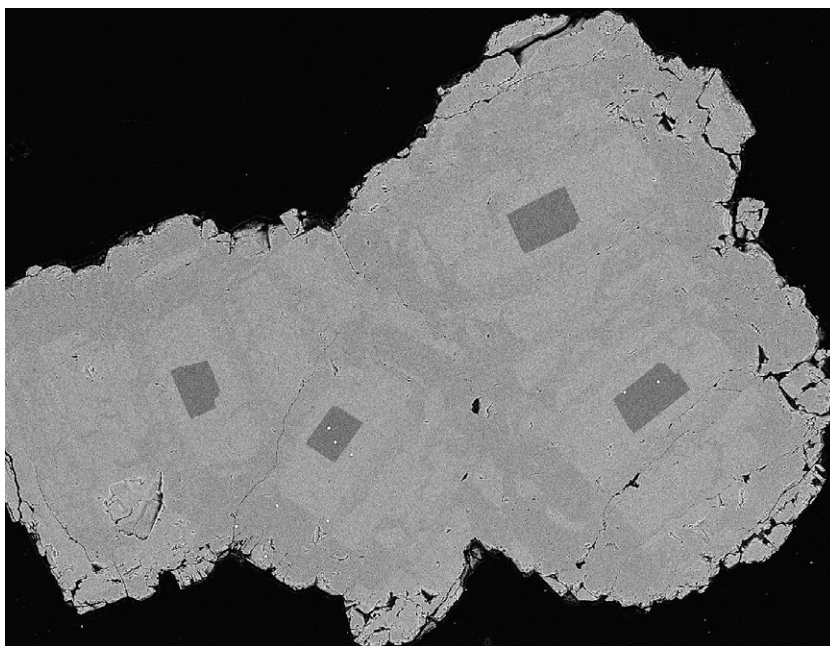
Thomsonit-Ca se též vzácně vyskytuje v drobných dutinách žilného vulkanitu, ve kterých nejčastěji tvoří čiré, až 2 mm dlouhé sloupcovité krystaly, často se navzájem křížově prorůstající.

Rentgenová prášková data thomsonitu-Ca z Babětína (tab. 4) jsou blízka datům pro tento minerální druh. Jeho zpřesněné parametry (tab. 5) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál zřetelně zonální (obr. 16), jednotlivé zóny se liší zejména obsahem Sr. Při studiu jejich chemického složení (tab. 6, 7) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Sr a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzo-

Tabulka 7 Chemické složení thomsonitu-Ca z Babětína s nižším obsahem SrO (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	37.45	37.61	37.62	37.71	36.91	37.39
Al ₂ O ₃	29.42	29.55	29.52	29.29	29.53	29.19
CaO	11.21	11.49	11.49	11.25	11.27	10.55
SrO	1.50	1.40	1.53	1.32	1.31	1.95
Na ₂ O	3.87	3.97	3.78	3.67	3.92	4.00
H ₂ O	12.91	12.99	12.98	12.92	12.83	12.84
total	97.36	97.01	96.92	96.16	95.77	95.92
Si ⁴⁺	5.218	5.207	5.215	5.252	5.175	5.240
Al ³⁺	4.830	4.822	4.822	4.809	4.879	4.822
Ca ²⁺	1.673	1.705	1.706	1.679	1.693	1.584
Sr ²⁺	0.121	0.112	0.123	0.106	0.106	0.158
Na ⁺	1.045	1.067	1.016	0.991	1.065	1.086
H ₂ O	6	6	6	6	6	6
T _{Si}	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.52

Empirické vzorce jsou přepočteny na bázi 20 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 6 H₂O.



Obr. 16 Zonální (různé obsahy Sr) agregáty thomsonitu-Ca obrůstající krystaly natrolitu s obdélníkovými průřezy (tmavě šedý). BSE foto J. Sejkora, šířka záběru 1.5 mm.

Obr. 17 Krystaly natrolitu s pyramidálním zakončením zarůstající do agregátů thomsonitu-Ca. Foto P. Fuchs, šířka záběru je 1.5 mm.

Tabulka 8 Rentgenová prášková data natrolitu z Babětina

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
2	2	0	6.531	100	6.521	3	3	3	1.9605	1	1.9598
1	1	1	5.902	5	5.879	1	9	1	1.9544	3	1.9572
0	4	0	4.657	29	4.641	5	1	3	1.8748	1	1.8739
4	0	0	4.575	2	4.582	5	3	3	1.8010	2	1.8019
1	3	1	4.381	7	4.379	4	10	0	1.7223	11	1.7206
2	4	0	4.148	31	4.140	10	4	0	1.7046	<1	1.7047
3	3	1	3.630	1	3.628	1	7	3	1.6832	1	1.6841
0	2	2	3.106	1	3.104	0	0	4	1.6479	<1	1.6467
2	2	2	2.940	4	2.940	0	10	2	1.6163	3	1.6172
6	2	0	2.904	1	2.902	2	10	2	1.5920	3	1.5926
3	5	1	2.867	31	2.859	6	10	0	1.5864	2	1.5865
2	4	2	2.576	11	2.577	7	5	3	1.5330	1	1.5324
4	2	2	2.574	2	2.570	12	2	0	1.5086	1	1.5070
7	1	1	2.4111	1	2.4124	4	12	0	1.4652	7	1.4658
8	0	0	2.2863	2	2.2910	8	8	2	1.4628	9	1.4611
6	0	2	2.2244	1	2.2396	10	8	0	1.4385	1	1.4383
2	6	2	2.1889	15	2.1897	2	12	2	1.3837	1	1.3842
6	2	2	2.1780	40	2.1771						

Tabulka 9 Parametry základní cely natrolitu (pro ortorombickou prostorovou grupu Fdd2)

	tato práce	Tachov (Pauliš et al. 2017)	Alberti et al. (1995)	Jehla (Pauliš et al. 2014)
<i>a</i> [Å]	18.338(10)	18.344(3)	18.3469(70)	18.376(5)
<i>b</i> [Å]	18.565(9)	18.558(4)	18.5610(40)	18.552(5)
<i>c</i> [Å]	6.587(4)	6.587(1)	6.587(4)	6.585(2)
<i>V</i> [Å ³]	2241(1)	2242.4(9)	2243.12	2244(1)

Tabulka 10 Chemické složení natrolitu z Babětina (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	46.48	46.64	46.79	46.45	46.82	46.31	45.86
Al ₂ O ₃	28.17	28.16	28.00	28.18	28.25	28.15	28.28
CaO	0.16	0.11	0.19	0.14	0.04	0.30	0.19
SrO	0.07	0.03	0.07	0.06	0.14	0.04	0.09
Na ₂ O	13.51	13.81	13.65	13.52	14.16	13.03	12.90
H ₂ O	9.36	9.39	9.39	9.36	9.44	9.32	9.26
total	97.75	98.14	98.09	97.71	98.85	97.15	96.58
Si ⁴⁺	2.978	2.978	2.988	2.977	2.973	2.980	2.969
Al ³⁺	2.127	2.120	2.107	2.129	2.115	2.135	2.158
Ca ²⁺	0.011	0.008	0.013	0.010	0.003	0.021	0.013
Sr ²⁺	0.003	0.001	0.003	0.002	0.005	0.002	0.004
Na ⁺	1.678	1.710	1.690	1.680	1.744	1.626	1.619
H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 10 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 2 H₂O.

Tabulka 11 Chemické složení mezolitu z Babětina (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
SiO ₂	45.02	45.28	44.10	45.33	44.65	45.74
Al ₂ O ₃	26.18	25.86	26.16	26.03	25.61	27.22
CaO	8.15	8.88	9.00	8.90	8.96	4.99
Na ₂ O	4.86	4.15	4.14	4.19	4.07	7.77
H ₂ O	11.97	11.98	11.84	12.02	11.84	12.19
total	96.18	96.15	95.24	96.47	95.13	97.91
Si ⁴⁺	9.019	9.067	8.933	9.048	9.043	8.999
Al ³⁺	6.182	6.103	6.246	6.124	6.114	6.312
Ca ²⁺	1.749	1.905	1.953	1.903	1.945	1.052
Na ⁺	1.887	1.612	1.626	1.622	1.599	2.965
H ₂ O	8	8	8	8	8	8

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 30 kyslíků. H₂O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 8 H₂O.

rec thomsonitu-Ca s vyšším obsahem SrO (tab. 6) (průměr devíti bodových analýz) je na bázi 20 kyslíků možno vyjádřit jako Ca_{0.83}Na_{1.04}Sr_{0.39}(Si_{5.35}Al_{5.05})O₂₀·6H₂O. Hodnota T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.51 tohoto thomsonitu je ve spodní části rozmezí uváděného pro thomsonit-Ca (Coombs et al. 1997). Empirický vzorec thomsonitu-Ca s nižším obsahem SrO (tab. 7) (průměr pěti bodových analýz) je na bázi 20 kyslíků možno vyjádřit jako Ca_{1.67}Na_{1.05}Sr_{0.12}(Si_{5.22}Al_{4.83})O₂₀·6H₂O. Hodnota T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.52 tohoto thomsonitu je ve spodní části rozmezí thomsonitu-Ca (Coombs et al. 1997).

Zvýšené obsahy SrO jsou u zdejších thomsonitů-Ca značně variabilní (0.11 - 0.40 *apfu*). Nejvyšší hodnoty převyšují koncentraci Sr, zjištěnou u thomsonitu-Ca z Tachovského vrchu (0.38 *apfu*), který byl doposud nejvyšší v ČR (Pauliš et al. 2017). V zahraničí však byly zjištěny strontnaté thomsonity s podstatně vyššími obsahy Sr. Nejvyšší obsahy Sr (5.68 *apfu*) má samostatně vyčleněný minerální druh thomsonit-Sr, který byl popsán z alkalického pegmatitu v Chibinském masivu na Kolském poloostrově v Rusku (Pekov et al. 2001).

Poměrně řídkým a nenápadným zeolitem této lokality je **natrolit**. Byl zjištěn v centrální části lokality pouze jako součást zákonitých srostlic s thomsonitem-Ca, kde samostatný jehlicovitý krystal natrolitu tvoří centrální část tenkých ježkovitých srostlic.

Na krystaly natrolitu, které mají většinou obdélníkový průřez (obr. 16), následně paralelně narůstají pravítkovité krystaly thomsonitu-Ca, čímž vznikají úzké protažené srostlice. Ve vrcholové části těchto srostlic bývají vyvinutá pyramidální zakončení centrálního natrolitového krystalu (obr. 17). Natrolit v podobě obvyklých jehlicovitých krystalů byl zjištěn pouze v žilné hornině blízké bostonitu na západním okraji lokality. Zde tvoří shluky čirých jehlicovitých krystalů o délce do 5 mm či souvislé výplně nepravidelných 3 - 7 cm velkých dutin. V dutinách často narůstá na starší drobné krystalovaný analcím. Někdy bývá potažen slabou vrstvou tmavě zbarvených Mn oxidů. Rentgenová prášková data natrolitu z Babětina (tab. 8) jsou blízká datům pro tento minerální druh. Jeho zpřesněné parametry (tab. 9) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tento zeolit. V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 10) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca, Sr a Na; ostat-

ní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec natrolitu z Babětína (průměr šesti bodových analýz) je na bázi 10 kyslíků možno vyjádřit jako $\text{Na}_{1.68}\text{Ca}_{0.01}(\text{Si}_{2.98}\text{Al}_{2.13})\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

V analyzovaném nábrusu byl spolu s natrolitem a thomsonitem-Ca též v kvantitativně menším množství zastoupen **mezolit**. V BSE obraze je chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 11) byly zjištěny obsahy Si, Al, Ca a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec mezolitu je na bázi 30 kyslíků (průměr pěti bodových analýz) možno vyjádřit jako $\text{Na}_{1.89}\text{Ca}_{1.75}(\text{Si}_{9.02}\text{Al}_{6.18})\text{O}_{30}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Vedle zeolitů byl na lokalitě v podružném množství jako nejmladší minerál zjištěn **kalцит**. Vzácně byly zjištěny jeho čiré klencové krystaly o velikosti 5 - 30 mm, které narůstaly na thomsonit-Ca. Krystaly bývají vždy na povrchu naleptané s patrnými rýhami podél ploch štěpnosti. Nalezeny tu byly i radiálně paprscité agregáty a hexagonální krystaly žluté barvy upomínající na aragonit. Na základě rentgenových práškových dat se však též jedná o kalцит.

Závěr

V sv. okolí Babětína v Českém středohoří byl ve skalních výchozech vulkanického tělesa olivinického nefelinitu o šířce cca 130 m objeven zcela nový výskyt zeolitové mineralizace s dominujícím thomsonitem-Ca, který tu tvoří pět morfologicky odlišných forem. Z chemického hlediska je tento thomsonit-Ca zajímavý zvýšenými obsahy Sr (max. 0.40 *apfu*), které jsou nejvyšší v ČR. Vedle thomsonitu-Ca byly na lokalitě zjištěny další zeolity (analcim, natrolit a mezolit) a kalцит. Posloupnost krystalizace na trhlinách a v dutinách olivinického nefelinitu je analcim – natrolit (mezolit) – thomsonit-Ca – kalцит.

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

- ALBERTI A, CRUCIANI G, DAURU I (1995) Order disorder in natrolite-group minerals. *Eur J Mineral* 7: 501-508
- 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, QUARTIERI S, RINALDI R, ROSS M, SHEPPARD RA, TILLMANN E, 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
- 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. Blatt III. (Bensen). Mit 1 geologischen Karte. *Tschermaks mineral petrogr Mitt* 17, 1: 1-96
- 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
- PAULIŠ P, HRÚZEK 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, JANEČEK O, HRÚZEK 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, $(\text{Sr,Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, a new zeolite mineral from Lovozero massif, Kola Peninsula. *Zap Vseross mineral Obšč* 129, 4: 54-58
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" ($\phi\rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- STAHL K, KVICK A, SMITH JV (1990) Thomsonite, a neutron diffraction study at 13K. *Acta crystallogr Sect C* 46: 1370-1373