

## Dachiardit-Ca a doprovodná mineralizace z Doubice - Vápenky u Krásné Lípy (Česká republika)

### Dachiardite-Ca and associated mineralization from Doubice - Vápenka near Krásná Lípa (Czech Republic)

PETR PAULIŠ<sup>1,2)\*</sup>, LIBOR HRŮZEK<sup>3)</sup>, OLDŘICH JANEČEK<sup>4)</sup>, JIŘÍ SEJKORA<sup>2)</sup>, RADANA MALÍKOVÁ<sup>2,5)</sup>  
A FERRY FEDIUK<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>Pobřežní 1016, 471 14 Kamenický Šenov

<sup>4)</sup>Albrechtická 613, 434 01 Most

<sup>5)</sup>Ústav geologických věd, Masarykova univerzita, Kottlářská 2, 611 37 Brno

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

PAULIŠ P., HRŮZEK L., JANEČEK O., SEJKORA J., MALÍKOVÁ R., FEDIUK F. (2014) Dachiardit-Ca a doprovodná mineralizace z Doubice - Vápenky u Krásné Lípy (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 1, 3-14. ISSN 1211-0329.*

#### Abstract

An interesting zeolite association has been found in the abandoned quarry Doubice - Vápenka, northern Bohemia (Czech Republic). Dachiardite-Ca is the most interesting zeolite at this occurrence, it forms colorless to milk or greyish white translucent crystals up to 2 mm in size and their aggregates. It is monoclinic, space group *C2/m* with following unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data: *a* 18.617(6), *b* 7.507(2), *c* 10.248(3) Å;  $\beta$  108.07(2) $^\circ$  and *V* 1361.6(7) Å<sup>3</sup>. Its chemical analyses correspond to the empirical formula  $\text{Ca}_{1.48}\text{K}_{1.02}\text{Na}_{0.08}(\text{Si}_{20.08}\text{Al}_{3.87})\text{O}_{48} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ . Erionite-K, clinoptilolite-Ca, natrolite, phillipsite-Ca and thomsonite-Ca were found in the association, their X-ray powder diffraction data, unit-cell parameters and chemical composition are given in the paper. The find of dachiardite-Ca is the third one in the Czech Republic and its first occurrence in granites or Cenozoic basalts. The zeolite (+ Pb, Zn) mineralization is connected with the intensive tectonic setting along the regionally prominent Lusatian fault where five geological formations - granitoids of the Lusatian Pluton, Permian, Jurassic and Cretaceous sediments and Tertiary basaltic volcanics - occur together.

**Key words:** dachiardite-Ca, clinoptilolite-Ca, erionite-K, thomsonite-Ca, phillipsite-Ca, chabazite-Ca, natrolite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Doubice - Vápenka near Krásná Lípa, Czech Republic.

Obdrženo: 7. 5. 2014; přijato: 30. 6. 2014

#### Úvod

Lokalita Doubice - Vápenka se nachází na jv. svahu Vápenného vrchu (548 m n. m.), 1.5 km sv. od Doubice (něm. Daubitz), 4 km jz. od Krásné Lípy (severní Čechy, Česká republika). Lokalitu tvoří dva staré jámové lomy (Starý a západně od něho Nový lom), ve kterých byly v minulosti těženy šedé dolomitické vápence. Nově popsané nálezy zeolitů pocházejí z materiálu ze severní části Starého lomu, který má charakter cca 200 m dlouhého a 20 m hlubokého příkopu. Kolem lomů vede 20 km dlouhá Köglerova naučná stezka, která začíná i končí v Krásné Lípě. V roce 1969 zde byla vyhlášena přírodní rezervace Vápenka. Předmětem ochrany na jižním svahu Vápenného vrchu jsou druhově bohaté lesní porosty květnatých bučin, které rostou na půdách pestrého geologického podkladu tvořeného především jurskými sedimenty.

#### Charakteristika lokality

Z geologického hlediska je území, na kterém se nachází popisovaná lokalita, pozoruhodné ojedinělým spo-

lečným výskytem pěti různých horninových typů různých geologických formací. Komplikovaná geologická stavba je dána existencí lužické poruchy, významné saxonské nespojitě tektonické struktury, která od sebe odděluje sedimenty svrchní křídly (pískovce, prachovce a slepence) na JZ od granitoidů lužického masivu (dvojslídne až biotitické granodiority) na SV. Podél lužické poruchy, která tu má charakter přesmyku s úklonem okolo 45 $^\circ$  k SV, byly navíc mezi sedimenty křídly a granitoidy v několika menších tektonických krátech vyzdvíženy k povrchu horniny jurského a permského stáří (Fediuk et al. 1958; Dvořák in Svoboda et al. 1964; Klein et al. 1971).

Geologicky nejvýznamnější (i v rámci celého Českého masivu) jsou odkryvy jurských platformních sedimentů. Jedná se o dvě litostratigrafické jednotky označené Eliášem (in Klein et al. 1971) jako vrstvy brtnické a dubnické dolomity. Starší brtnické vrstvy jsou zastoupeny pestře šmouhovitými, zelenavě světle šedými, středně zrnitými pískovci, odkrytými jen v malé mocnosti (kolem 1.5 m). Předmětem dřívější těžby byly dubnické dolomity o předpokládané mocnosti 80 - 120 m, reprezentované namodralé šedými, hnědošedými až černošedými bitu-

menožními dolomitickými vápenci až dolomity. Karbonátové horniny jsou masivní či lavicovité, obvykle kusovité odlučné. Místa se objevují vložky jílovitých vápenců až kalcitických jílovců (Chrt 1956; Fediuk et al. 1958). Výchozy jurských hornin směru JV - SZ mají směrnou délku kolem 500 m a šířku max. 200 m. Bylo v nich zjištěno Pb-Zn zrudnění bez praktického významu (Chrt 1956). V blízkém sz., v. a jv. okolí lomů jsou v úlomcích, případně drobných výchozech odkryty granitoidy lužického masivu a permské ryolity, popřípadě i arkóзовé pískovce. Permské horniny o mocnostech 30 - 130 m jsou sledovatelné v délce 1.2 km. V sz., z. až jv. okolí lomů se již vyskytují jemnozrné slabě prachovité pískovce březenského souvrství (svrchní křída, coniak). V lomech a jejich blízkém okolí se v balvanitých výchozech objevují i dva drobné žilné průniky neovulkanitů, zastoupených nefelinickým bazanitem, resp. nefelinickým tefritem s příměsí olivínu (Shrbený in Klein et al. 1971). Při severním okraji Starého lomu proniká jurou sopouch téměř kruhového průřezu, o průměru 5 - 6 m, vyplněný vulkanickou brekcií, tmelenou jemnozrným až celistvým bazaltem s vyrostlicemi amfibolu. Tmelené úlomky jsou tvořeny „vypálenými“ úlomky granitoidů lužického plutonu (Brzák et al. 2007). Na kontaktu bazaltoidů s okolními horninami je vyvinutá pastelově barevná tepelně přeměněná brekciovitá zóna, která je odkryta ve Starém lomu.

Z hlediska vzniku zeolitů sehrála na lokalitě hlavní roli terciární vulkanická činnost, při které jurskými vápenci a granitoidy lužického masivu pronikla čedičová láva. Došlo tak ke vzniku zajímavé asociace zeolitových minerálů vázané na příkontaktní partie hornin, jak na bazaltoidy, tak na alterované granitoidy. Pro vyjasnění petrologického charakteru hornin, ve kterých byla zjištěna zeolitová mineralizace, byly pořízeny tři výbrusy a následně petrologické popisy.

Reprezentantem bazaltoidního efuziva je tmavošedý, částečně sklovitý, drobně dutinatý olivinický bazalt. Makroskopicky lze v této hornině rozeznat vyrostlice olivínu o velikosti až 2 mm a poměrně četné, i když makroskopicky nevýrazné dutiny a rozměrech do 1.5 mm. V minerálním složení horniny se uplatňují pyroxen (40 obj. %), plagioklas (30), olivín (14), ruda (8) a vulkanické sklo (8). Olivín tvoří hypautomorfní až náznakově automorfní vyrostlice špačkovitého tvaru. Nepatrně je po trhlínách serpentinizován. Zastoupen je jen ve formě vyrostlic o velikosti i nad 1 mm. Pyroxen (augit) nahnědlé barvy je součástí základní hmoty, v níž tvoří převážně xenomorfní zrna, která dosahují rozměru maximálně v desetinách mm. Rudní minerál (magnetit) tvoří drobná izometrická zrna základní hmoty. Jeho rozměry jen výjimečně překračují 0.05 mm. Plagioklas má výrazně lištovitý tvar o délce lišt do 0.1 mm. Jde o bazický člen plagioklasové řady o obsahu An složky cca 70 až 55 % (labradorit). Uspořádání lišt je místy subparalelně fluidální, místy různosměrně ofitické. Struktura je drobně, ale výrazně porfyrická, základní hmota je hemikrystalická, lokálně až v náznaku (apo)intersertální.

Druhým typem horniny, ve které byla zjištěna zeolitová mineralizace je kataklazovaný až mylonitizovaný granit, patrně tektonicky deformovaný rumburský typ lužického masivu. Jde o světle nažloutle šedou horninu, ve které lze rozeznat jako podstatné sou-

částky hlavně bělavě nažloutlé živce, zčásti alterované, a ve zhruba polovičním množství šedý křemen. Oba tyto minerály mají velikost až 5 mm, ale zjevně jsou výrazně tlakově postiženy do subparalelní kataklastické textury. Místa se objevují drúzovité dutiny a velikosti až 30 mm, jejichž stěny jsou vystlány drobnými krystaly zeolitů. V minerálním složení horniny se uplatňují živce (62 obj. %), křemen (34), jílový minerál (3) a limonitický pigment (1). Mezi živci převládá mikropertitický ortoklas nad kyselým plagioklasem (albitem). Oba živce jsou postiženy drcením a rozpadají se od zrn velikosti až nad 5 mm až pod drť o rozměrech zrn v dolních setinách mm. Vesměs jsou zakaleny produkty jílové alterace, ale místy je zachována jejich zonální stavba. Na zrnech křemene je ještě výrazněji patrné kataklastické postižení, které od silné undulosity postupuje až k jemnozrné granulaci. Jílový minerál je vázán především na živce, které silně a kalně argilitizuje. Limonit, vzniklý patrně totálním rozpadem původního mafitu (zřejmě biotitu), prostupuje horninu disperzně, ale hlavně se koncentruje v jílových zákalech živců. Struktura horniny je kataklastická až mylonitická, textura druhotně (tlakově) paralelní.

Zdejší jurské karbonátové horniny byly využívány již od roku 1641, kdy byly zdejší lomy s vápenkou jako vrchnostenský podnik šlechtického rodu Kinských součástí velkostatku Česká Kamenice. Zpracovávaná surovina se využívala většinou jako hnojivo, ale i ke stavebním účelům, například při stavbě kostela v Srbské Kamenici. Nejintenzivněji se vápenec těžil ve 2. polovině 19. století. V letech 1868 až 1869 nechal majitel panství Kinský v místech dnešní myslivny postavit vápenku s domem pro vápeníka. Do té doby se zřejmě těžila pouze první etáž ve Starém lomu. S výstavbou nové pece došlo k zahlobnutí lomu a vyrazení dopravní štol, kterou byl těžební materiál vyvážen po úzkokolejné dráze až k pecím. Po dotěžení druhé etáže byla těžba přesunuta do západního sousedství Starého lomu, kde po čase vznikl Nový lom (Brzák et al. 2007). Vrstva těžených vápenců měla mocnost asi 15 - 20 metrů. Na základě objevu drobného zrudnění s galenitem, jehož výskyt zaznamenali např. Reuss (1793) či Wurm (1869), povolal kníže Kinský v roce 1890 do Doubice horníky z Příbrami, kteří v Novém lomu vyhloubili 34 metrů hlubokou šachtu. Vzhledem k tomu,



Obr. 1 Naleziště zeolitů ve Starém lomu v Doubici - Vápence. Foto P. Pauliš 2013.

že byly zjištěny pouze drobné výskyty chudých olověných rud s malou příměsí stříbra, mědi a zinku, byl nákladný průzkum ukončen. K definitivnímu ukončení provozu vápencových lomů došlo až v roce 1929, kdy se kníže Ulrich Kinský dohodl se státem o odprodeji zhruba třetiny pozemků z českokamenického velkostatku (Slavičková 2003). V padesátých letech 20. století se znovu začalo uvažovat o těžbě vápence pro jeho využití v zemědělství. Pro značné finanční náklady celého projektu bylo znovuo-tevření lomu v roce 1963 definitivně zamítnuto. V letech 1955 - 1956 zde byl proveden geologický průzkum Pb-Cu zrudnění, v jehož rámci byly v Novém lomu, který má rozměry cca 20 × 50 m a hloubku kolem 12 m, vyraženy dvě štoly dlouhé 50 a 18 m. Zjištěné zrudnění se však ukázalo jako neperspektivní (Chrt 1955, 1956). Šlo o impregnace a žilníky se sulfidy Cu, Pb a Zn (galenit, sfalerit, tennantit, chalkozin). Pozitivní výsledky nepřinesly ani následně realizované dva vrty v. od Starého lomu. Nově zjištěné informace o geologické stavbě území publikovali Fediuk et al. (1958).

V současné době jsou stěny lomů většinou zřícené a překryté sutí. Částečně je zachována hlavní, asi 100 m dlouhá štola přerušena závalem, kterou odtéká voda ze dna Starého lomu. V roce 1993 byl při vyústění první dopravní štoly ve Starém lomu instalován portál s uzamykatelnou mříží a v roce 2003 byla zabudována mříž i ve vstupu do Starého lomu. Mapovou dokumentaci lomů i zdejších štol s dalšími informacemi publikovali Brzák et al. (2007).

### 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 nanášeny 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, upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus a indexovány na základě teoretického záznamu vypočteného programem Poudrix (Laugier, Bochu 2011). Mřížkové parametry byly vypočteny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení většiny zeolitů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 10  $\mu$ m, standardy: baryt (BaL $\alpha$ ), albit (NaK $\alpha$ ), sanidin (AlK $\alpha$ ), spessartin (SiK $\alpha$ , MnK $\alpha$ ), MgAl $_2$ O $_4$  (MgK $\alpha$ ), fluorapatit (PK $\alpha$ , CaK $\alpha$ ), almandin (FeK $\alpha$ ), gahnit (ZnK $\alpha$ ) a topaz (FK $\alpha$ ). Obsahy prvků Ba, Na, Al, Si, Mn, Mg, Ca, 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 phillipsitu-Ca a chabazitu-Ca bylo sledováno na energiově disperzním (EDS) mikroanalýzátoru Bruker Quantax (elektronová mikrosonda Cameca SX 100, Národní muzeum) operujícím při urychlovacím napětí 15 kV. Výsledky analýz těchto dvou zeolitů byly po dopočtu teoretického obsahu H $_2$ O přepočteny na 100 hm. %.

### Charakteristika dachiarditu-Ca a doprovodné zeolitové mineralizace

Nálezy zeolitů a několika dalších nerostů byly z této lokality uváděny již ve druhé polovině 19. století. Z dutin bazaltů byly popsány drobné krystaly apofylitu s natrolitem (až 3 cm velké shluky jehličkovitých krystalů), thomsonitem a chabazitem (fakolit). Nejvýznamnějším minerálem byl thomsonit, který většinou srůstal s natrolitem. Oba minerály tvořily až 1 cm velké polokulovité agregáty, které vyplňovaly až 8 cm velké dutiny (Zippe, Reuss, Bořický in Kratochvíl 1957). Méně nápadná, ale o to zajímavější zeolitová mineralizace, která v minulosti unikala pozornosti, byla nově zjištěna L. Hružkem a O. Janečkem v drobných dutinách z kontaktních zón bazaltů a granitoidů ve Starém lomu (obr. 1 a 2).

Nejzajímavějším zeolitem této lokality je vzácný dachiardit-Ca, který byl původně popsán z pegmatitu na lokalitě San Piero di Campo na Elbě (D'Achiardi 1906). Na základě nové klasifikace zeolitů (Coombs et al. 1997) byly jako samostatné druhy zavedeny dachiardit-Ca (s převahou Ca v kationtové části) a dachiardit-Na (s dominancí Na). V ČR byl dachiardit (v obou případech dachiardit-Ca) dosud zjištěn pouze na dvou lokalitách. Jemně vláknité bílé, šedobílé nebo šedozelelé agregáty v kalcitu popsali ze Svojanova Rychlý et al. (1996). Oranžové až cihlově červené až 5 mm silné paprscité obruby achátů a max. 25 mm velké radiálně paprscité agregáty na povrchu achátových mandlí z melafyrových mandlovců byly zjištěny u Proseče pod Ještědem na Liberecku (Pauliš et al. 2008).



Obr. 2 Naleziště zeolitů ve Starém lomu v Doubici-Vápence. Foto P. Pauliš 2013.

Dachiardit-Ca je v Doubici - Vápence nejvýznamnějším zeolitem, nalezen byl pouze na cca 30 vzorcích. Jedná se o první výskyt dachiarditu-Ca v granitech či terciálních vulkanitech ČR. Dachiardit-Ca je zde téměř výhradně vázán na dutiny v granitu, jen vzácně byl zjištěn v kontaktním bazaltu. V až 1 cm velkých dutinách nepravidelného tvaru tvoří samostatné, průsvitné, perleťově lesklé, max. 2 mm velké, bezbarvé, našedlé až mléčné, tenké tabulkové krystaly a jejich vějířovité agregáty (obr. 3 a 4). V dutinách se vyskytuje buď samostatně nebo v asociaci s klinoptilitem-Ca (dachiardit-Ca je zřejmě starší), chabazitem-Ca a jemnými sněhobílými plstnatými chomáčky zeolitu blízkého mordenitu, které jej porůstají.

Rentgenová prášková data dachiarditu-Ca z Doubice - Vápenky (tab. 1) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturálních dat (Quartieri et al. 1990). Zpřesněné parametry studovaného dachiarditu-Ca dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (tab. 2). V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly

zjištěny obsahy pouze Si, Al, Ca, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Empirický vzorec dachiarditu-Ca z Doubice - Vápenky (průměr 3 bodových analýz) je na bázi 48 kyslíků možno vyjádřit jako  $\text{Ca}_{1.48}\text{K}_{1.02}\text{Na}_{0.08}(\text{Si}_{20.08}\text{Al}_{3.87})\text{O}_{48} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ . Analyzovaný dachiardit má oproti ideálnímu složení, které je vyjádřené chemickým vzorcem  $\text{Ca}_2(\text{Si}_{20}\text{Al}_4)\text{O}_{48} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ , nevelký deficit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Obdobné, ale často i větší rozdíly v chemickém složení dachiarditů (a zeolitů vůbec), jsou poměrně běžným jevem, způsobeným rozdílnou distribucí vyměnitelných kationtů, stupně uspořádanosti hliníku a křemíku v tetraedrech kostry zeolitu apod. (Gottardi 1978; Gottardi, Galli 1985; Tschernich 1992). Hodnota  $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.83$  dachiarditu-Ca z Doubice - Vápenky se nachází při horní hranici předepsaného rozmezí dachiarditů (0.78 - 0.86) (Coombs et al. 1997). Obdobně vysoký poměr Si/Al byl zjištěn např. u dachiarditu z bazaltu z Wahkiahum County, Washington, USA či z lomu Francon, Quebec, Kanada (Deer et al. 2004). Dachiardity, které patří mezi zeolity s vysokým obsahem  $\text{SiO}_2$ , jsou většinou vázány na silně křemičité



**Obr. 3** Dachiardit-Ca z Doubice - Vápenky. Velikost krystalu 1.5 mm. Foto P. Fuchs.



**Obr. 4** Dachiardit-Ca z Doubice - Vápenky. Rozměry dutiny 3 x 2 mm. Foto P. Fuchs.

horniny (pegmatity, tholeitický bazalt, ryolit, pískovcové xenolity v bazaltech apod.) (Tschernich 1992). V tomto případě při vzniku dachiarditu hrála roli patrně křemičitá fluida z granitoidů lužického masivu.

**Tabulka 1** Rentgenová prášková data dachiarditu-Ca z Doubice - Vápenky

<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>
0	0	1	9.746	21	9.742
2	0	0	8.821	100	8.829
1	1	0	6.858	1	6.911
-1	1	1	5.977	1	5.989
1	1	1	5.349	1	5.340
-2	0	2	4.957	13	4.968
0	0	2	4.879	92	4.871
-4	0	1	4.597	9	4.602
-4	0	0	4.413	5	4.425
-4	0	2	3.940	24	3.939
2	0	2	3.796	32	3.799
0	2	0	3.748	9	3.753
4	0	1	3.614	11	3.617
0	2	1	3.498	8	3.502
2	2	0	3.449	49	3.455
-2	2	1	3.391	8	3.389
0	0	3	3.248	4	3.248
-3	1	3	3.029	<1	3.030
-6	0	2	2.961	15	2.963
6	0	0	2.948	8	2.950
4	2	0	2.859	15	2.862
-4	2	2	2.716	6	2.717
2	2	2	2.667	6	2.670
4	2	1	2.603	<1	2.608
0	2	3	2.4588	1	2.4558
3	1	3	2.4016	1	2.3996
-6	2	1	2.3928	<1	2.3914
1	3	1	2.3767	<1	2.3767
4	0	3	2.3007	3	2.2998
4	2	2	2.2812	1	2.2764
3	3	1	2.1829	1	2.1834
1	3	2	2.1721	<1	2.1706
6	2	1	2.1408	<1	2.1416
-7	1	4	2.0349	1	2.0327
-9	1	1	1.9818	<1	1.9823
-3	1	5	1.9768	1	1.9768
-8	0	4	1.9690	1	1.9696
-8	2	2	1.9642	1	1.9616
4	2	3	1.9615	1	1.9610
0	0	5	1.9500	1	1.9485
7	1	2	1.9373	<1	1.9364
5	3	1	1.9321	<1	1.9315
1	3	3	1.9305	<1	1.9298
9	1	0	1.9012	1	1.9023
4	0	4	1.9004	1	1.8993
0	4	0	1.8758	3	1.8767
0	4	1	1.8430	2	1.8428
8	0	2	1.8113	<1	1.8136
-1	3	4	1.7759	<1	1.7759

9	1	1	1.7681	3	1.7699
1	3	4	1.6986	<1	1.7004
-10	2	2	1.6667	<1	1.6657
-3	1	6	1.6634	1	1.6643
-5	1	6	1.6454	1	1.6464
-10	2	3	1.6297	2	1.6284
-9	1	5	1.6276	1	1.6268
-1	1	6	1.6245	1	1.6251
-11	1	3	1.6214	<1	1.6219
4	4	2	1.5686	<1	1.5695
-11	1	4	1.5548	<1	1.5536
-12	0	3	1.5354	<1	1.5339
10	0	2	1.5197	<1	1.5191
4	2	5	1.4788	<1	1.4786
12	0	0	1.4749	<1	1.4749
-3	5	1	1.4570	<1	1.4554
-10	2	5	1.4512	<1	1.4529
3	1	6	1.4281	<1	1.4278
-12	2	1	1.4168	<1	1.4170
-7	1	7	1.3938	<1	1.3946
-2	4	5	1.3812	<1	1.3813
-1	5	3	1.3722	<1	1.3725

**Tabulka 2** Parametry základní cely dachiarditu-Ca (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m) z Doubice - Vápenky

	tato práce	Quartieri et al. (1990)
<i>a</i> [Å]	18.617(6)	18.625
<i>b</i> [Å]	7.507(2)	7.508
<i>c</i> [Å]	10.248(3)	10.247
$\beta$ [°]	108.07(2)	108.06
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	1361.6(7)	1362.33

**Tabulka 3** Chemické složení dachiarditu-Ca z Doubice - Vápenky (hm. %)

	mean	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	71.81	71.81	71.87	71.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.76	11.82	11.76	11.70
CaO	4.94	4.78	5.05	5.00
K <sub>2</sub> O	2.86	3.08	2.88	2.61
Na <sub>2</sub> O	0.14	0.19	0.14	0.09
H <sub>2</sub> O	13.94	13.95	13.96	13.91
total	105.45	105.63	105.66	105.06
Si <sup>4+</sup>	20.079	20.065	20.067	20.106
Al <sup>3+</sup>	3.874	3.892	3.869	3.866
Ca <sup>2+</sup>	1.480	1.431	1.512	1.502
K <sup>+</sup>	1.022	1.098	1.027	0.933
Na <sup>+</sup>	0.077	0.104	0.077	0.051
H <sub>2</sub> O	13	13	13	13
T <sub>Si</sub>	0.83	0.83	0.83	0.83

Empirické vzorce jsou přepočteny na bázi 48 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 13 H<sub>2</sub>O.

Spolu s dachiarditem-Ca byly v až 3 cm velkých dutinách v granitu zjištěny čiré, skelně až perleťově lesklé, max. 4 mm velké krystaly klinoptilolitu-Ca. Vzácně byl zjištěn i v dutinách v bazaltu (na kontaktu s granitem), běžně prorůstá i kalcitem vyhojenými puklinami v granitu. Stěny dutin porůstá obvykle v jednotlivě vyvinutých krystalech, tvoří ale i souvislé výstelky z různě orientovaných individuí. Klinoptilolit-Ca tvoří charakteristické tlustě tabulkové krystaly protažené podle osy *a*, často kosodélníkového, vzácně rakvičkového tvaru. V některých dutinách jsou jeho krystaly hranolovité, protažené podle osy *c* (obr. 5 a 6). V dutinách se vyskytuje buď samostatně nebo v asociaci s dachiarditem-Ca, erionitem-K, chabazitem-Ca, phillipsitem-Ca a jemnými sněhobílými plstnatými chomáčky zeolitu blízkého mordenitu.

Rentgenová prášková data klinoptilolitu-Ca z Doubice - Vápenky (tab. 4) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturálních dat (Cappelletti et al. 1999). Zpřesněné parametry studovaného klinoptilolitu-Ca dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (tab. 5). V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 6) byly zjištěny obsahy pouze Si, Al, Ca, Mg, Sr, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. V kationtové části jsou vedle dominantně zastoupeného Ca (2.57 *apfu*), zastoupeny menší podíly K (0.96 *apfu*), Mg (0.11 *apfu*), Sr (0.12 *apfu*) a Na (0.11 *apfu*). Empirický vzorec klinoptilolitu-Ca z Doubice - Vápenky (průměr 2 bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako  $(\text{Ca}_{2.57}\text{Mg}_{0.11}\text{Sr}_{0.12}\text{K}_{0.96}\text{Na}_{0.11}(\text{Si}_{29.49}\text{Al}_{6.46})\text{O}_{72}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$ .



**Obr. 5** Klinoptilolit-Ca z Doubice-Vápenky. Velikost agregátu krystalů 3 mm. Foto P. Fuchs.



**Obr. 6** Klinoptilolit-Ca na phillipsitu-Ca z Doubice - Vápenky. Velikost krystalů klinoptilolitu 2 mm. Foto P. Fuchs.

Vzhledem k obdobné struktuře jakou má heulandit, je pro správné zařazení tohoto zeolitu významným parametrem podíl Si/Al, který je u klinoptilolitu větší než 4.0 a u heulanditu menší. Též další významný parametr zdejšího klinoptilolitu  $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.82$  je v souladu s podmínkami pro tento zeolit (0.80 - 0.84) (Coombs et al. 1997).

**Tabulka 4** Rentgenová prášková data klinoptilolitu-Ca z Doubice - Vápenky

<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>
0	2	0	8.946	100	8.959
2	0	0	7.903	1	7.918
-1	1	1	6.793	<1	6.839
-2	0	1	6.761	1	6.771
0	0	1	6.616	1	6.638
2	2	0	5.915	<1	5.933
1	3	0	5.581	1	5.588
-3	1	1	5.234	1	5.238
1	1	1	5.101	1	5.116
3	1	0	5.051	1	5.063
-1	3	1	4.641	2	4.647
0	4	0	4.476	1	4.480
2	0	1	4.247	1	4.246
1	3	1	3.970	3	3.980
3	3	0	3.951	4	3.955
2	4	0	3.896	5	3.899
-2	0	2	3.696	1	3.699
-3	1	2	3.552	<1	3.551
1	5	0	3.498	<1	3.495
-2	2	2	3.413	1	3.419
-4	0	2	3.384	15	3.385
-4	2	2	3.169	2	3.167
-4	4	1	3.121	1	3.121
-1	3	2	3.070	<1	3.072
-5	1	2	3.027	<1	3.023
3	3	1	2.990	3	2.990
0	6	0	2.984	4	2.986
1	5	1	2.976	4	2.975
3	5	0	2.966	2	2.965
-6	2	1	2.793	1	2.793
-5	3	2	2.729	1	2.728
6	2	0	2.531	1	2.532
1	7	0	2.527	1	2.527
-6	4	1	2.4549	<1	2.4574
-3	3	3	2.2805	<1	2.2796
6	4	0	2.2737	<1	2.2739
7	1	0	2.2447	<1	2.2444
-5	3	3	2.2054	<1	2.2046
-8	0	1	2.1808	<1	2.1792
-1	3	3	2.1766	<1	2.1768
-2	4	3	2.1330	<1	2.1342
-2	8	1	2.1258	<1	2.1264
4	0	2	2.1246	<1	2.1228
-8	2	1	2.1182	<1	2.1174
4	2	2	2.0644	<1	2.0656
-6	6	2	2.0173	<1	2.0183
-7	5	2	2.0149	<1	2.0153
-5	5	3	1.9786	<1	1.9780

6	6	0	1.9776	<1	1.9776
-8	4	2	1.9575	<1	1.9567
2	0	3	1.9209	<1	1.9220
-4	8	2	1.8691	<1	1.8679
3	9	0	1.8620	<1	1.8628
-9	1	3	1.8169	<1	1.8162
-2	0	4	1.7913	<1	1.7910
2	4	3	1.7662	<1	1.7663
-2	10	1	1.7332	<1	1.7322
-10	2	1	1.6908	<1	1.6909
-5	9	2	1.6711	<1	1.6699
-10	2	3	1.6590	<1	1.6597
-3	5	4	1.6310	<1	1.6311
4	8	2	1.5407	<1	1.5407
-9	7	1	1.5385	<1	1.5383
2	0	4	1.4977	<1	1.4967
10	4	0	1.4933	<1	1.4930
7	9	1	1.3747	<1	1.3745
-1	1	5	1.3709	<1	1.3705

**Tabulka 5** Parametry základní cely klinoptilolitu-Ca (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m)

	tato práce	Cappelletti et al. (1999)
<i>a</i> [Å]	17.657(6)	17.6589(5)
<i>b</i> [Å]	17.918(4)	17.9241(5)
<i>c</i> [Å]	7.402(3)	7.4032(2)
$\beta$ [°]	116.24(2)	116.243(2)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2100.2(1)	2101,79

**Tabulka 6** Chemické složení klinoptilolitu-Ca z Doubice - Vápenky (hm. %)

	mean	1	2
SiO <sub>2</sub>	68.31	68.03	68.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.70	12.99	12.40
CaO	5.55	5.77	5.33
MgO	0.17	0.05	0.29
SrO	0.48	0.56	0.40
K <sub>2</sub> O	1.74	1.95	1.53
Na <sub>2</sub> O	0.13	0.13	0.13
H <sub>2</sub> O	13.89	13.91	13.87
total	102.97	103.39	102.54
Si <sup>4+</sup>	29.487	29.335	29.647
Al <sup>3+</sup>	6.463	6.602	6.316
Ca <sup>2+</sup>	2.568	2.666	2.467
Mg <sup>2+</sup>	0.109	0.031	0.187
Sr <sup>2+</sup>	0.119	0.140	0.101
K <sup>+</sup>	0.960	1.073	0.842
Na <sup>+</sup>	0.109	0.109	0.109
H <sub>2</sub> O	20	20	20
Si/Al	4.562	4.444	4.694
T <sub>Si</sub>	0.82	0.82	0.82

Empirické vzorce jsou přepočteny na bázi 72 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 20 H<sub>2</sub>O.

Erionit-K patří v Doubici - Vápence ke vzácným nerostům a vyskytuje se v malých, max. 1 cm velkých dutinách v granitu spolu s klinoptilolitem-Ca, dachiarditem-Ca, chabazitem-Ca a phillipsitem-Ca. Je zřejmě starší než klinoptilolít-Ca a bohatě až souvisle porůstá přímo stěny dutin v podobě vláknitých vějířovitých agregátů či droboučkových šestibokých, bezbarvých až bělavých sloupečků, ukončených bází, délky do 0.3 mm. Vzácně erionit-K dutiny zcela vyplňuje v podobě radiálně paprscitých barevně zonálních agregátů (s hnědavou bází a bělavým ukončením) (obr. 7).

Rentgenová prášková data erionitu-K z Doubice - Vápenky (tab. 7) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat (Gualtieri et al. 1998). Zpřesněné parametry studovaného erionitu-K dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (tab. 8). V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 9) byly zjištěny obsahy pouze Si, Al, Ca, Mg, K a Na; ostatní

měřené prvky byly pod mezí detekce. V kationtové části jsou vedle dominantně zastoupeného K (3.39 *apfu*), zastoupeny menší podíly Ca (2.49 *apfu*), Mg (0.37 *apfu*) a Na (0.35 *apfu*). Empirický vzorec erionitu-K z Doubice - Vápenky (průměr 2 bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako  $K_{3.39}Na_{0.35}Ca_{2.49}Mg_{0.37}(Al_{8.25}Si_{27.45})O_{72} \cdot 28H_2O$ . Parametr  $T_{Si} = Si/(Si+Al) = 0.77$  je v souladu s údaji pro tento zeolit (0.74 - 0.79) (Coombs et al. 1997).

Thomsonit-Ca a natrolit se vyskytují pouze v dutinách bazaltu. V minulosti byly nalezeny dutiny průměru až 8 cm s cca 1 cm silnou křídově bílou výstelkou tvořenou celistvým, jemně vláknitým až jehlicovým natrolitem a až 1 cm velkými hemisférami thomsonitu. Natrolit i thomsonit v radiálně paprscitých agregátech běžně vyplňují (obr. 8) drobné mandle velikosti do 1.5 cm spolu s phillipsitem a chabazitem.

Rentgenová prášková data thomsonitu-Ca z Doubice - Vápenky (tab. 10) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat (Likhacheva et al. 2007).



**Obr. 7** Erionit-K z Doubice - Vápenky. Šířka obrázku 16 mm. Foto O. Janeček.



**Obr. 8** Thomsonit z Doubice - Vápenky. Šířka záběru 4 cm. Foto P. Pauliš.



**Tabulka 7** Rentgenová prášková data erionitu-K z Dou-  
bice - Vápenky

<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>
0	1	0	11.401	100	11.522
0	0	2	7.487	8	7.525
1	1	0	6.603	37	6.652
0	1	2	6.262	11	6.300
0	2	0	5.722	21	5.761
0	2	1	5.354	22	5.380
1	1	2	5.004	7	4.984
0	2	2	4.578	17	4.574
1	2	0	4.323	74	4.355
0	0	4	3.753	48	3.762
0	1	4	3.570	23	3.576
0	3	2	3.421	3	3.421
2	2	0	3.320	12	3.326
1	1	4	3.271	7	3.275
0	2	4	3.159	14	3.150
1	3	1	3.139	21	3.126
1	3	2	2.930	15	2.941
0	1	5	2.905	2	2.912
0	4	1	2.823	14	2.829
0	3	4	2.679	24	2.688
0	2	5	2.675	21	2.668
0	4	3	2.4981	8	2.4980
1	4	1	2.4813	17	2.4800
1	2	5	2.4750	13	2.4760
0	1	6	2.4526	2	2.4508
2	3	3	2.3432	<1	2.3386
0	4	4	2.2897	<1	2.2872
0	5	1	2.2788	2	2.2779
0	5	2	2.2066	7	2.2034
1	3	5	2.1923	1	2.1910
3	3	2	2.1251	2	2.1270
0	1	7	2.1155	4	2.1134
0	4	5	2.0838	3	2.0811
2	3	5	1.9856	2	1.9861
2	4	4	1.8870	1	1.8846
0	0	8	1.8807	2	1.8811
0	1	8	1.8549	<1	1.8566
3	4	2	1.8354	3	1.8369
2	3	6	1.8181	1	1.8195
1	1	8	1.8125	1	1.8102
1	6	0	1.7552	1	1.7571
0	4	7	1.7203	2	1.7229
0	3	8	1.6916	<1	1.6894
2	5	4	1.6552	10	1.6566
2	2	8	1.6384	<1	1.6374
2	6	1	1.5861	4	1.5889
1	7	1	1.5186	<1	1.5184
0	0	10	1.5032	1	1.5049
4	5	1	1.4674	1	1.4682
3	6	0	1.4543	<1	1.4517
0	8	1	1.4342	<1	1.4337
1	2	10	1.4234	<1	1.4224
4	5	3	1.4177	<1	1.4153
3	6	3	1.3943	<1	1.3944
2	7	2	1.3819	2	1.3837
3	5	6	1.3771	2	1.3762
2	2	10	1.3705	<1	1.3711

**Tabulka 8** Parametry základní cely erionitu-K (pro  
hexagonální prostorovou grupu P63/m)

	tato práce	Gualtieri et al. (1998)
<i>a</i> [Å]	13.305(9)	13.304(1)
<i>c</i> [Å]	15.0494(2)	15.078(2)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2307(2)	2311,21

**Tabulka 9** Chemické složení erionitu-K z Dou-  
bice - Vápenky (hm. %)

	mean	1	2
SiO <sub>2</sub>	60.11	58.67	61.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.32	15.10	15.54
CaO	5.09	4.97	5.21
MgO	0.55	0.88	0.29
K <sub>2</sub> O	5.81	6.15	5.47
Na <sub>2</sub> O	0.40	0.39	0.40
H <sub>2</sub> O	18.39	18.07	18.71
total	105.67	104.23	107.16
Si <sup>4+</sup>	27.447	27.258	27.617
Al <sup>3+</sup>	8.247	8.269	8.219
Ca <sup>2+</sup>	2.491	2.473	2.505
Mg <sup>2+</sup>	0.373	0.609	0.194
K <sup>+</sup>	3.386	3.646	3.133
Na <sup>+</sup>	0.349	0.352	0.345
H <sub>2</sub> O	28	28	28
T <sub>Si</sub>	0.769	0.767	0.771

Empirické vzorce jsou přepočteny na bázi 72 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 28 H<sub>2</sub>O.

Zpřesněné parametry studovaného thomsonitu-Ca dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (tab. 11). V BSE obraze je studovaný minerál chemicky homogenní. Při studiu jeho chemického složení (tab. 12) byly zjištěny obsahy pouze Si, Al, Ca, Sr a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. V kationtové části jsou vedle dominantně zastoupeného Ca (1.92 *apfu*), zastoupeny menší podíly Na (1.10 *apfu*) a Sr (0.07 *apfu*). Empirický vzorec thomsonitu-Ca z Doubyce - Vápenky (průměr 4 bodových analýz) je na bázi 20 kyslíků možno vyjádřit jako Ca<sub>1.92</sub>Sr<sub>0.07</sub>Na<sub>1.10</sub>(Al<sub>4.54</sub>Si<sub>5.32</sub>)O<sub>20</sub>·6H<sub>2</sub>O. Parametr T<sub>Si</sub> = Si/(Si+Al) = 0.54 je v souladu s hodnotami pro tento zeolit (0.50-0.56) (Coombs et al. 1997).

Phillipsit-Ca je nejběžnějším nerostem malých dutin bazaltu (do 1 cm), kde tvoří souvislou výstelku z krátké sloupcových bezbarvých až bělavých krystalů velikosti kolem 1 až 2 mm, s obvyklým ukončením (obr. 9). Vzácněji tvoří křížové prorostlice, které ojediněle dosahují velikosti až 4 mm. Někdy je porostlý droboučkými sférickými agregáty a povlaky jílového nerostu. Phillipsit-Ca se vyskytuje v dutinách v granitu ve velice droboučkových sloupcových krystalcích spolu s erionitem-K.

Rentgenová prášková data phillipsitu-Ca z Doubyce - Vápenky (tab. 13) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat (Rinaldi et al. 1974). Zpřesněné parametry studovaného phillipsitu-Ca dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (tab. 14). Chemické složení bylo zjištěné na základě 3 bodových stanovení. Phillipsit-Ca obsahuje vedle CaO poměrně značné množství K<sub>2</sub>O. Jeho chemické složení (EDX) je velmi blízké teoretickému (přepočteno na teo-

**Tabulka 10** Rentgenová prášková data thomsonitu-Ca z Doubice - Vápenky

<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>
0	1	1	9.212	16	9.301
0	0	2	6.522	77	6.526
1	0	2	5.879	26	5.862
2	1	1	5.419	7	5.418
1	1	2	5.360	11	5.361
0	2	2	4.615	100	4.605
1	2	2	4.367	29	4.391
0	1	3	4.125	55	4.134
1	1	3	3.939	3	3.948
1	3	2	3.527	13	3.528
1	2	3	3.498	46	3.509
4	0	0	3.340	<1	3.333
0	4	0	3.311	2	3.314
0	0	4	3.267	16	3.263
2	2	3	3.196	19	3.193
1	0	4	3.174	22	3.170
1	1	4	3.075	18	3.083
2	4	0	2.966	15	2.967
2	0	4	2.933	23	2.931
1	2	4	2.853	74	2.859
2	3	3	2.804	20	2.811
2	2	4	2.671	69	2.680
1	3	4	2.576	18	2.576
5	1	1	2.558	11	2.563
1	1	5	2.511	3	2.515
5	2	1	2.4283	12	2.4303
1	2	5	2.3850	<1	2.3896
2	5	2	2.3081	5	2.3047
5	3	0	2.2830	4	2.2828
3	5	0	2.2729	6	2.2767
0	3	5	2.2503	14	2.2476
5	3	1	2.2457	13	2.2487
5	1	3	2.2388	6	2.2406
0	0	6	2.1755	25	2.1755
1	1	6	2.1215	4	2.1194
6	2	1	2.0822	<1	2.0797
4	3	4	2.0637	6	2.0621
2	6	2	1.9986	2	1.9965
5	2	4	1.9729	2	1.9712
3	0	6	1.9555	3	1.9539
1	6	3	1.9506	4	1.9487
5	5	0	1.8814	3	1.8799
5	3	4	1.8691	2	1.8705
4	6	0	1.8416	3	1.8414
6	0	4	1.8368	3	1.8365
4	6	1	1.8241	2	1.8233
7	2	1	1.8113	13	1.8126
1	2	7	1.7787	3	1.7789
4	5	4	1.7518	2	1.7508
7	3	1	1.7333	2	1.7334
3	5	5	1.7173	12	1.7158
2	7	3	1.6799	2	1.6802
5	1	6	1.6723	3	1.6721
1	8	1	1.6309	3	1.6314
7	3	3	1.6222	7	1.6227

1	0	8	1.6192	6	1.6195
1	4	7	1.6125	12	1.6131
2	8	0	1.6083	4	1.6080
5	6	3	1.5849	6	1.5843
2	4	7	1.5793	2	1.5788
3	5	6	1.5723	6	1.5728
8	3	1	1.5485	<1	1.5482
1	6	6	1.5404	3	1.5397
3	0	8	1.5324	2	1.5316
6	2	6	1.5126	1	1.5134
7	5	2	1.5047	1	1.5050
4	0	8	1.4657	5	1.4654
3	8	3	1.4622	10	1.4622
1	4	8	1.4563	4	1.4550
8	4	2	1.4521	2	1.4515
9	2	1	1.4369	2	1.4368
7	0	6	1.4334	1	1.4329
5	6	5	1.4253	3	1.4252
7	1	6	1.4244	2	1.4246
1	6	7	1.4170	1	1.4169
0	9	3	1.3947	<1	1.3951
2	2	9	1.3864	1	1.3858
6	6	5	1.3434	<1	1.3433

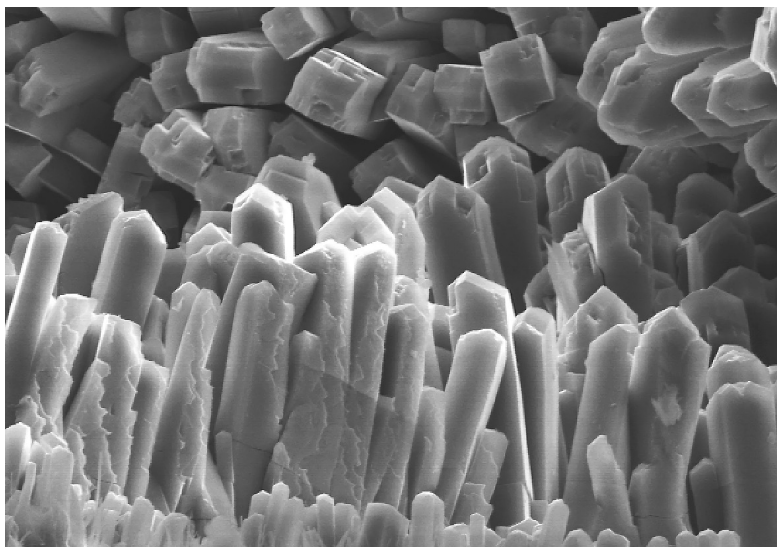
**Tabulka 11** Parametry základní cely thomsonitu-Ca (pro ortorombickou prostorovou grupu Pncn)

	tato práce	Likhacheva et al. 2007
<i>a</i> [Å]	13.331(3)	13.3291(9)
<i>b</i> [Å]	13.256(4)	13.2541(10)
<i>c</i> [Å]	13.053(3)	13.0662(7)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2306.7(9)	2308.34

**Tabulka 12** Chemické složení thomsonitu-Ca z Doubice - Vápenky (hm. %)

	mean	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	39.01	38.90	39.14	38.54	39.47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.22	27.93	27.71	28.90	28.33
CaO	13.17	13.78	13.38	13.06	12.46
SrO	0.94	0.89	0.87	1.11	0.87
Na <sub>2</sub> O	4.15	4.06	3.93	3.97	4.62
H <sub>2</sub> O	13.19	13.17	13.12	13.19	13.26
total	98.68	98.73	98.15	98.77	99.01
Si <sup>4+</sup>	5.322	5.315	5.364	5.256	5.357
Al <sup>3+</sup>	4.538	4.497	4.477	4.645	4.532
Ca <sup>2+</sup>	1.925	2.017	1.965	1.909	1.812
Sr <sup>2+</sup>	0.075	0.071	0.069	0.088	0.069
Na <sup>+</sup>	1.099	1.075	1.044	1.051	1.215
H <sub>2</sub> O	6	6	6	6	6
T <sub>Si</sub>	0.54	0.54	0.54	0.53	0.54

Empirické vzorce jsou přepočteny na bázi 20 kyslíků. H<sub>2</sub>O bylo dopočítáno na základě teoretického obsahu 6 H<sub>2</sub>O.



Obr. 9 Phillipsit-Ca z Doubice - Vápenky. Šířka obrázku 200  $\mu\text{m}$ . SEM foto S. Civiš.

Tabulka 14 Parametry základní cely phillipsitu-Ca (pro monoklinickou prostorovou grupu  $P2_1/m$ ) z Doubice - Vápenky

	tato práce	Rinaldi et al. 1974
$a$ [Å]	9.875(6)	9.865(2)
$b$ [Å]	14.285(5)	14.300(4)
$c$ [Å]	8.667(5)	8.668(2)
$\beta$ [°]	124.21(3)	124.20(3)
$V$ [Å <sup>3</sup> ]	1011(1)	1011.35

Tabulka 13 Rentgenová prášková data phillipsitu-Ca z Doubice - Vápenky

$h$	$k$	$l$	$d_{\text{obs}}$	$I_{\text{obs}}$	$d_{\text{calc}}$
1	0	0	8.136	8	8.142
1	1	0	7.082	100	7.089
-1	1	1	7.040	66	7.044
-1	2	1	5.341	15	5.356
-2	0	1	4.960	10	4.937
-1	1	2	4.102	17	4.105
-2	2	1	4.069	6	4.061
2	1	0	3.937	2	3.926
-1	2	2	3.667	3	3.675
0	4	0	3.573	1	3.571
-3	0	1	3.222	5	3.214
-1	3	2	3.182	27	3.185
-3	1	1	3.137	13	3.136
-3	2	1	2.930	23	2.931
-1	4	2	2.741	6	2.743
-2	2	3	2.678	7	2.677
-1	2	3	2.558	2	2.563
0	6	0	2.3817	4	2.3807
-1	6	1	2.2800	2	2.2840
2	0	2	2.1561	<1	2.1580
2	2	2	2.0657	<1	2.0658
-5	1	1	1.8164	2	1.8161
-5	2	4	1.7637	11	1.7630
-3	1	5	1.7181	<1	1.7191
2	7	1	1.6706	<1	1.6712
2	3	3	1.5920	<1	1.5919
-5	5	1	1.5412	2	1.5415
1	2	4	1.5371	<1	1.5376
-2	7	4	1.4782	<1	1.4778
-6	2	1	1.4677	7	1.4686
-6	4	4	1.4610	<1	1.4608
1	7	3	1.4324	<1	1.4315
-3	1	6	1.4219	1	1.4215
-4	3	6	1.3820	<1	1.3817
1	5	4	1.3795	<1	1.3790
-1	5	5	1.3766	<1	1.3760
-6	4	5	1.3749	<1	1.3755
3	9	0	1.3719	<1	1.3711
-5	7	1	1.3621	<1	1.3628

retický obsah  $\text{H}_2\text{O}$  16.5 hm. %): CaO 8.7;  $\text{K}_2\text{O}$  5.7; 20.9  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a 48.2  $\text{SiO}_2$  hm. %.

Chabazit-Ca je běžným nerostem drobných dutin v čediči, nachází se i v dutinách v granitu. Běžně tvoří bezbarvé krystaly tvaru klence, velikosti do 2 mm, vzácněji až 5 mm (obr. 10). Vyskytuje se i ve formě cvočkovitých penetračních srostlic (fakolit).

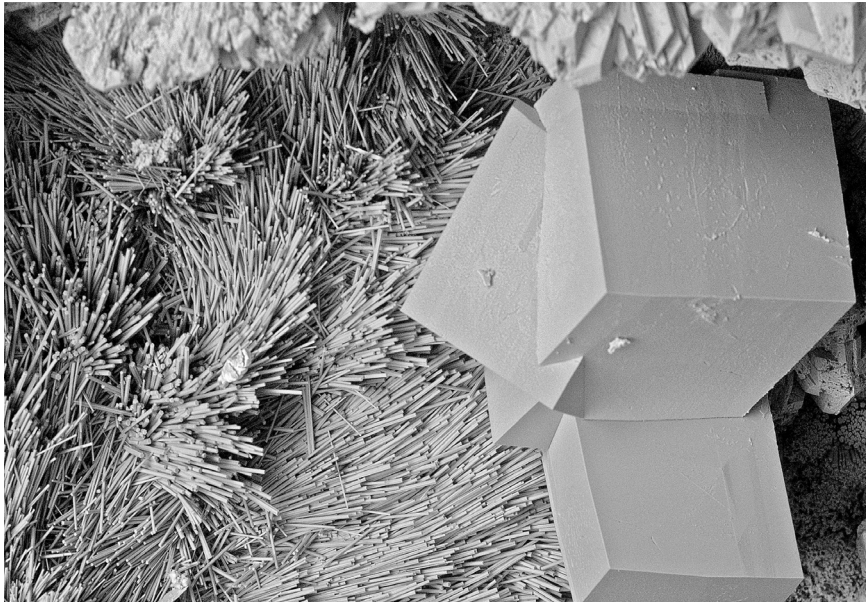
Chemické složení chabazitu-Ca bylo zjištěné na základě 3 bodových stanovení. Chabazit obsahuje vedle CaO poměrně značné množství  $\text{K}_2\text{O}$ . Jeho chemické složení (EDX) je velmi blízké teoretickému (přepočteno na teoretický obsah  $\text{H}_2\text{O}$  22.0 hm. %): CaO 7.9;  $\text{K}_2\text{O}$  3.3; 19.5  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a 47.3  $\text{SiO}_2$  hm. %.

Další zeolit, jehož determinace není dosud uspokojivě vyřešená, tvoří jemné (do 0.2 mm) sněhobílé plstnaté agregáty, často asociující s dachiarditem-Ca a klinoptilolitem-Ca. Rentgenová prášková data tohoto minerálu vykazují pouze několik nevýrazných maxim blízkých datům mordenitu. Vzhledem k malému množství materiálu, který byl k dispozici, i pro patrně zčásti rentgenamorfni charakter tohoto minerálu, nebyla dosud jeho přesnější identifikace vyřešena.

Z ostatních minerálů se v dutinách čediče vyskytují drobné, až 1 mm velké krychle pyritu, které narůstají na chabazit-Ca a phillipsit-Ca, a blíže neurčený jílový minerál, který v zelenavých a hnědých povlacích a sférických agregátech porůstá zeolity. Dutiny, především v granitu, bývají zcela vyplněny bělavým zrnitým kalcitem. Pěkné ukázky zeolitů byly získány jeho odleptáním zředěnou HCl. Vzácněji vytváří kalcit v dutinách drobné bezbarvé klencové krystalky.

## Závěr

Z hlediska vzniku zeolitů sehrála na lokalitě Vápenka hlavní roli terciární vulkanická činnost, při které jurskými vápenci a granitoidy lužického masivu pronikla čedičová láva. Došlo tak ke vzniku zajímavé asociace zeolitových minerálů vázané na příkontaktní partie hornin, jak na bazaltoidy, tak na alterované granitoidy. Dachiardit, který patří mezi zeolity s vysokým obsahem  $\text{SiO}_2$ , a jehož výskyt bývá většinou vázán na silně křemičité horniny, vznikl v tomto případě patrně vlivem křemičitých fluid pocházející z granitoidů lužického masivu.



**Obr. 10** Krystaly chabazitu-Ca na jehličkovém agregátu erionitu -K z Doubice - Vápenky. Šířka obrázku 1.5 mm. SEM foto B. Ekrť.

### Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za spolupráci při laboratorním studiu R. Škodovi (Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Brno), B. Ekrťovi (Národní muzeum, Praha) a I. Jebavé (Praha). Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci projektu NAKI - DF12P01OVV021.

### Literatura

- Brzák P., Fabiánek O., Havránek P. (2007) Podzemí Šluknovska a Lužických hor. ZOČSOP Netopýr, Varnsdorf.
- Cappelletti P., Langella A., Cruciani G. (1999) Crystal chemistry and synchrotron Rietveld of two different clinoptilolites from volcanoclastites of North-Western Sardinia. *Eur. J. Miner.* 11, 1051-1060.
- Coombs D. S., Alberti A., Armbruster T., Artioli G., Colonna C., Galli E., Grice J. D., Liebau F., Mandarino J. A., Minato H., Nickel E. H., Passaglia E., Peacor D. R., Quartieri S., Rinaldi R., Ross M., Sheppard R. A., Tillmanns 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.
- D'Achiardi G. (1906) Zeoliti del filone della Speranza presso S. Piero in Campo (Elba). *Mem. Società Toscana di Scienze Naturali* 22, 150-165.
- Deer A. W., Howie A. R., Wise S. W., Zussman J. (2004) Rock-forming minerals. Framework Silicates: Silica Minerals, Feldspathoids and the Zeolites. *The Geological Society, London*.
- Fediuk F., Losert J., Röhlich P., Šilar J. (1958) Geologické poměry území podél lužické poruchy ve šluknovském výběžku. *Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. přír. Věd* 68, 9, 1-44.
- Gottardi G. (1978) Mineralogy and crystal chemistry of zeolites. In Sand L. B., Mumpton F. A. Eds. *Natural Zeolites*, Pergamon Press, 31-44. Oxford.
- Gottardi G., Galli E. (1985) *Natural Zeolites*. Springer-Verlag, Berlin.
- Gualtieri A., Artioli G., Passaglia E., Bigi S., Viani A., Hanson J. C. (1998) Crystal structure – crystal chemistry relationships in the zeolites erionite and offretite. *Am. Mineral.* 83, 590-606.
- Chrt J. (1955) Výroční zpráva o prospekčním průzkumu za rok 1955. MS, Archiv Geofond Praha.
- Chrt J. (1956) Závěrečná zpráva o vyhledávacím průzkumu Lužická porucha. MS, Archiv Geofond Praha.
- Klein V. et al. (1971) Vysvětlující text k základní geologické mapě 1 : 25 000 list M-33-41-B-d (Chřibská). MS Archiv ČGÚ, Praha.
- Kratochvíl J. (1957) Topografická mineralogie Čech. I (A-G). Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Likhacheva A. J., Seryotkin Y. V., Manakov A. J., Goryainov S. V., Ancharov A. I., Sheromov M. A. (2007) Pressure-induced over-hydration of thomsonite: a synchrotron powder diffraction study. *Am. Mineral.* 92, 1610-1615.
- Pauliš P., Moravec B., Škácha P., Ševců J. (2008) Dachardit-Ca z Proseče pod Ještědem u Liberce. *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2007*, 179-181.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" (φρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.)*. San Francisco Press, San Francisco, 104-106.
- Quartieri S., Vezzalini G., Alberti A. (1990) Dachardite from Hokiya-dake: evidence of a new topology. *Eur. J. Mineral.*, 2, 187-193.
- Reuss F. A. (1793) Mineralogische Geographie von Böhmen I. Dresden.
- Rinaldi R., Pluth J. J., Smith J. V. (1974) Zeolites of the phillipsite family. Refinement of the crystal structure of phillipsite nad harmotome. *Acta Cryst. B* 30, 2426-2433.
- Rychlý R., Veselovský F., Ondruš P. (1996) Dachardite from Svojanov, Czech Republic. *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Geology* 26, 42-43.
- Slavíčková H. (2003) Velkostatek Česká Kamenice ve 20. století a jeho poslední majitel Ulrich Kinský. *Děčínské vlastivědné zprávy*, 1, 3-17.
- Svoboda J. et al. (1964) Regionální geologie ČSSR. Díl I. Český masív, ÚÚG Praha.
- Tschernich R. W. (1992) Zeolites of the world. *Geoscience Press, Phoenix*.
- Wurm F. (1869) Bleiglanz. *Mitteilungen des Nordböhmisches Exkursions-Clubs, Jahr.* 3, 253-254.