

# Klinoptilolit-Na z uhelného lomu Družba v sokolovské pánvi (Česká republika)

## Clinoptilolite-Na from the coal mine Družba in the Sokolov Basin (Czech Republic)

PETR PAULIŠ<sup>1,3)\*</sup>, PETR ROJÍK<sup>2)</sup>, RADANA MALÍKOVÁ<sup>1)</sup>, ONDŘEJ POUR<sup>4)</sup> A SVATOPLUK CIVIŠ<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

<sup>2)</sup>Sokolovská uhelná, právní nástupce, a. s., Staré nám. 69, 356 01 Sokolov

<sup>3)</sup>Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; \*e-mail: petr.paulis@post.cz

<sup>4)</sup>Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

<sup>5)</sup>Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v. v. i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

PAULIŠ P., ROJÍK P., MALÍKOVÁ R., POUR O., CIVIŠ S. (2014) Klinoptilolit-Na z uhelného lomu Družba v sokolovské pánvi (Česká republika). *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 303-307. ISSN 1211-0329.*

### Abstract

Clinoptilolite-Na was found in an active coal quarry Družba in the Sokolov coal basin (Czech Republic). It occurs in cavities of limonitized calcite veins. Clinoptilolite-Na forms whitish tabular crystals up to 3 mm in size and their aggregates in cavities up to 10 cm. Large rhombohedral calcite crystals with a size of up to 3 mm grow on clinoptilolite-Na crystals. The unit cell parameters of clinoptilolite-Na refined from the powder X-ray data are:  $a = 17.655(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 17.920(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 7.400(1) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 116.24^\circ$  and  $V = 2099.9(6) \text{ \AA}^3$ . Chemical analyses of clinoptilolite-Na correspond to the empirical formula  $(\text{Na}_{2.21}\text{K}_{1.88}\text{Ba}_{0.49}\text{Ca}_{0.26}\text{Mg}_{0.25})_{\Sigma 5.09}(\text{Si}_{29.33}\text{Al}_{6.86})\text{O}_{72} \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ .

**Key words:** *clinoptilolite-Na, X-ray powder data, chemical composition, coal mine Družba, Sokolov Basin, Czech Republic*

Obdrženo: 20. 8. 2014; přijato: 13. 11. 2014

### Úvod

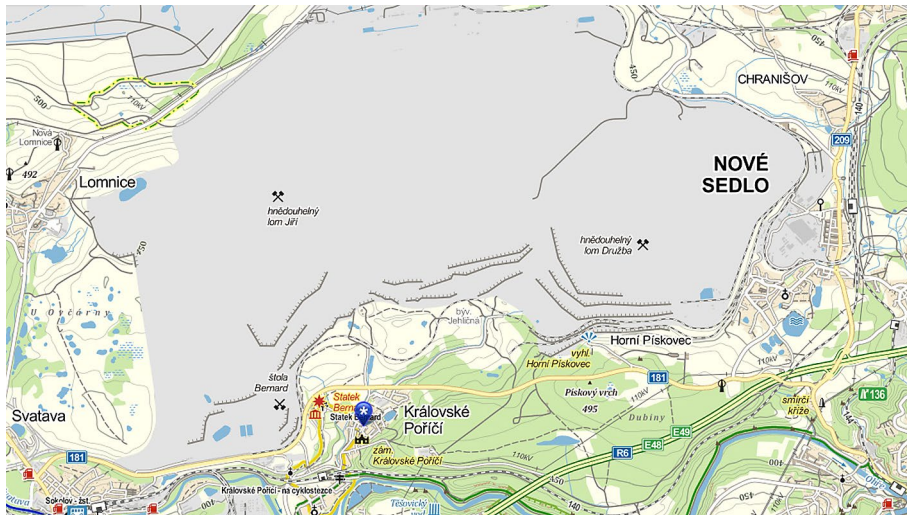
Klinoptilolit, který patří k poměrně řídkým zeolitům, byl v České republice zjištěn pouze na několika lokalitách. V platné klasifikaci zeolitů, která je z velké části postavena na jejich rozčlenění na tzv. koncové členy, v nichž dominuje určitý kationt (Coombs et al. 1997), obsahuje skupina klinoptilolitu v současné době 3 samostatné minerální druhy uznané IMA (klinoptilolit-Ca, -K a -Na). Většina v ČR zjištěných klinoptilolitů odpovídá vápenatým členům. V Čechách byl klinoptilolit-Ca zjištěn v bazaltickém andezitu (melafyru) na z. úpatí Homole (649 m) v. od Šonova v Broumově (Novák et al. 2004). Minerál blízký klinoptilolitu-Ca byl zjištěn společně s dachiarditem-Ca v Proseči pod Ještědem (Pauliš et al. 2008). Nově byl tento minerál zjištěn v granitu na kontaktu s bazaltem v opuštěném vápencovém lomu v Doubici - Vápence (Pauliš et al. 2014). Z Moravy byly patrně vápenaté klinoptilolity zjištěny v mezizrných pórech pískovců u Nové Bělé na Ostravsku (Králík 1984), tabulkovité krystaly na uranovém ložisku Rožná (Pauliš, Šikola 1999) a patrně i v těšinitěch Hončovy hůrky u Příbora a nově z těšinitových hornin odkrytých při stavbě obchvatu Příbora (Kynický 2010). Nerozlišený křídově bílý klinoptilolit je uváděn spolu s pollucitem z pegmatitu ve Chvalovicích (Černý et al. 1997). Ve Svojanově byl ve ferrieritu-Mg zjištěn mikroskopický klinoptilolit, v jehož kationtové části dominuje Mg (3.16 hm. % MgO) (Toman 2011).

Vzácnější klinoptilolit-Na byl v ČR zjištěn pouze na trhlínách permských bazaltů (melafyrů) v kamenolomu u obce Doubravice u Jičina (Pauliš et al. 2006). Klinoptilolity

však mohou odpovídat i některé strukturně blízké heulandity, které nebyly v minulosti detailněji analyzovány.

### Charakteristika výskytu

Sokolovská pánev má délku 36 km, šířku 9 km a rozlohu 312 km<sup>2</sup>. Nejstarší dolování hnědého uhlí na Sokolovsku pro průmyslové účely začalo v malém rozsahu již kolem roku 1760. Podle dochovaných zpráv se nejdříve těžilo uhlí ze slojí Josef a Anežka. Uhlí se používalo jako náhrady ke svícení a také jako paliva v domácnostech. Rozmach dobývání však nastal až po výstavbě páteřní železnice v roce 1871. Spojen je především se Starcovými závody, které hrály v regionu dominantní roli v oblasti těžby uhlí i chemického průmyslu. Koncem 19. století nastalo slučování menších těžařských podniků do větších důlních společností a provozů. V roce 1945 bylo na Sokolovsku v provozu celkem 39 hlubinných dolů a 15 malolomů. Z hlediska technologického vedly poválečné změny především k postupnému přechodu na velkolemovou těžbu a v šedesátých letech i k výstavbě moderní zpracovatelské části ve Vřesové. Poslední hlubinný důl, Marie v Královském Poříčí, ukončil činnost v roce 1991. V roce 1994 vznikla spojením Palivového kombinátu Vřesová, Hnědouhelných dolů Březová a Rekultivací Sokolov společnost Sokolovská uhelná, která v současnosti těží hnědé uhlí povrchoвым způsobem v lomech Jiří ve Vintřově a Družba v Novém Sedle (obr. 1) (Jiskra 1997; Frouz et al. 2007).



**Obr. 1** Plánek uhelných lomů v sv. okolí Sokolova (podle mapy.cz).



**Obr. 2** Zjílovělé lapilové tufy v lomu Družba, velikost záběru asi 20 × 25 cm. Foto P. Rojík, 2005.



**Obr. 3** Vulkanoklastika lahary s klinoptilolitem-Na z lomu Družba, velikost záběru asi 30 × 40 cm. Foto P. Rojík, 2010.

Lom Družba v Novém Sedle byl nástupcem dolu Kaiser, kde byla zahájena těžba hlubinným způsobem v roce 1889, od roku 1907 pak následovala povrchová těžba. Hlubinná těžba skončila v roce 1959, do té doby měl důl řadu jmen. V roce 1921 to byla Konkordia, potom Truman, Svornost a od roku 1951 Družba. I zde byla, jako na sousedním lomu Jiří, těžena sloj Antonín o průměrné mocnosti kolem 35 m. V roce 2009 zde došlo k sesuvu vnitřní výsypky lomu Jiří a k dočasnému zablokování několika milionů tun uhelných zásob. V současné době je těžba v tomto lomu v útlumu (Jiskra 1997; informace P. Rojík).

Terciární výplň sokolovské pánve je nesouvislá, maximálně 360 m mocná. Uložila se převážně v oligocénu až spodním miocénu během několika pulzů tektonicko-vulkanické aktivity v příkopech převážně směru Z - V. Na její skladbě se podílejí produkty alkalického vulkanismu (asi 55 %), rozplavené kaolinické zvětraliny (asi 30 %) a organická hmota (asi 15 %). Původní charakter hornin je z velké části setřen alteracemi vulkanoklastického materiálu, epigenezí, diagenezí, zvětráváním, půdotvorbou, hydrotermální a tektonickou činností (Rojík 2005; Pešek, Sivek 2012).

Z hlediska výskytu zeolitové mineralizace je na Sokolovsku významné cyprisové souvrství, mocné až 180 m, tvořené především slabě karbonátickými bitumenními jílovci s významným zastoupením až převahou vulkanogenní složky. Ve svrchní části souvrství se vyskytuje asi 20 m mocný komplex zjílovělých analcimických a kaolinicko-montmorillonitických tufitů. Přítomnost analcimu v jílovcích cyprisového souvrství konstatovali např. Novák et al. (1995). Analcim, jehož obsah se pohybuje v průměru okolo 20 %, vznikl pravděpodobně reakcí vulkanického skla s alkalickou vodou (Novák et al. 1995; Rojík 2001).

Mineralogicky zajímavý výskyt klinoptilolitu byl zjištěn v uhelném lomu Družba, který se nachází mezi Královským Poříčím a No-

vým Sedlem sv. od Sokolova. V letech 2004 - 2009 zde byly odkryty hnědé lapilové tufy terciárního stáří, které místy obsahovaly bílé krystaly zeolitů. Tuffy identického charakteru byly odkryty v letech 2009 - 2010 při rozšiřování rychlostní silnice R6, v zájezu na jv. okraji Sokolova. Oba výskyty, vzájemně vzdálené 3 km, náleží do miocénních těšovických vrstev sokolovského souvrství (Rojík 2005).

Těšovické vrstvy vznikly na území sokolovské pánve při druhém, mladším vrcholu sopečné činnosti v miocénu. Mocnost pyroklastik okolo erupčních center místy převyšuje 100 m (Ovčárna, Těšovice a Královské Poříčí u Sokolova, Pískový vrch a Loučky u Nového Sedla, Selský vrch a Kappelberg u Karlových Varů). Typickou horninu tohoto komplexu popsal poprvé Hochstetter (1856) jako „*Basaltbrockentuff*“ (čedičová tufová brekie). Sopečný komplex obsahuje alterovaná efuziva („čediče“) a pyroklastika (aglomeráty struskových kuželů, lapilové tufy, pyroklastické proudy apod.). Jedná se o zjílovělé a karbonatizované pumy, lapili, jemnozrnnou základní hmotu, xenolity granitů, eocénních a oligocénních sedimentů i starších pyroklastik, dále ohořelé a mineralizované kusy dřev a karbonátový tmel (Rojík 2006). Vulkanické těleso, odkryté v lomu Družba, bylo prostoupené klastickými žilkami s výplní sideritu, kalcitu, pyritu (Řehoř 2003) a uhlíků mineralizovaných pyritem (Sýkorová 2003). Horniny těšovických vrstev mají zachované freatomagmatické textury, díky kterým jsou zde snadno odlišitelné od starších, oligocénních vulkanoklastik novosedelského souvrství. V lomu Družba se oba vulkanické komplexy dotýkají, ale jsou odděleny diskordancí. Těšovické vrstvy se faciálně zastupují s hlavní uhelnou sloují, kterou místy štěpí na starší slouj Anežka a mladší slouj Antonín v západní části pánve nebo na uhelné slouje II a I na Karlovarsku a při úpatí Doupovských hor (Rojík 2005).

Vodní prostředí uhlotvorných močálů ovlivnilo mechanismus sopečných erupcí. Přítoky povrchové a podzemní vody do výbuchových hrdel vyvolaly na území lomu Družba sérii více než dvou set freatomagmatických erupcí ve staccatovém rytmu. Sopečné erupce a jejich průvodní jevy (pyroklastické proudy, base surges, lahary, sesuvy, diapiry) zanechaly ničivý účinek v okruhu několika kilometrů (Rojík 2006).

Miocénní vulkanické horniny (obr. 2) jsou natolik přeměněny agresivním prostředím močálů, že z jejich původního složení nezůstalo téměř nic zachováno. Sopečné sklo, pyroxeny, olivín a nefelín byly přeměněny na druhotné nerosty, převážně montmorillonit, kaolinit, siderit, kalcit a dolomit. Zhroutil se původní struktura hornin, z níž zůstaly jen relikty (Pátková 1973; Řehoř 2003, 2009).

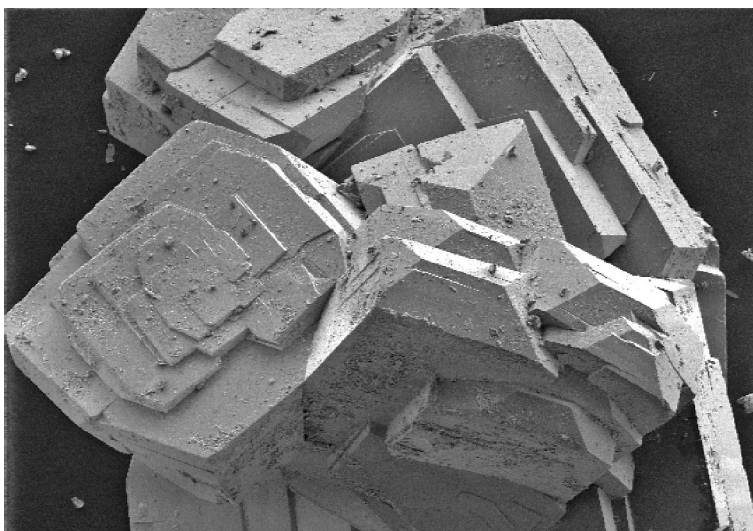
Propařením pyroklastik vznikly na některých místech zeolity. Phillipsit byl identifikováno



**Obr. 4** Drobně krystalický klinoptilolit-Na z lomu Družba, maximální velikost krystalů je 2 mm. Foto P. Pauliš.



**Obr. 5** Drobně krystalický klinoptilolit-Na z lomu Družba, maximální velikost krystalů je 2 mm. Foto P. Pauliš.



**Obr. 6** Agregát srůstajících krystalů klinoptilolitu-Na z lomu Družba. Šířka obrázky je 1.5 mm, SEM foto S. Civiš.

**Tabulka 1** Rentgenová prášková data klinoptilolitu-Na z lomu Družba (Sokolovská pánev)

<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	8.944	100	8.950
2	0	0	7.896	2	7.908
-1	1	1	6.816	<1	6.838
-2	0	1	6.749	<1	6.769
0	0	1	6.626	<1	6.637
2	2	0	5.924	1	5.933
1	3	0	5.582	<1	5.589
-3	1	1	5.227	<1	5.237
1	1	1	5.109	1	5.115
3	1	0	5.057	<1	5.063
-1	3	1	4.641	4	4.647
0	4	0	4.477	3	4.480
-4	0	1	4.343	<1	4.350
1	3	1	3.976	3	3.980
3	3	0	3.951	4	3.955
2	4	0	3.895	4	3.899
-2	4	1	3.731	<1	3.736
-3	1	2	3.548	1	3.551
1	5	0	3.495	<1	3.495
-5	1	1	3.460	<1	3.462
-2	2	2	3.417	1	3.419
-4	0	2	3.383	<1	3.384
0	0	2	3.317	<1	3.319
-4	2	2	3.164	1	3.166
5	1	0	3.118	2	3.119
-5	1	2	3.022	1	3.022
-3	5	1	3.001	1	2.999
-6	2	1	2.793	1	2.792
-2	6	1	2.733	2	2.732
0	6	1	2.723	4	2.724
1	3	2	2.674	<1	2.676
1	7	0	2.526	1	2.527
2	6	1	2.4429	1	2.4427
-4	6	2	2.2391	<1	2.2393
2	8	0	2.1554	<1	2.1553
-2	8	1	2.1267	<1	2.1265
-3	7	2	2.0916	<1	2.0905
1	1	3	2.0563	<1	2.0557
-7	5	2	2.0149	<1	2.0150
1	9	0	1.9748	<1	1.9755
-8	4	1	1.9594	<1	1.9595
-9	1	2	1.9421	<1	1.9407
4	4	2	1.9182	<1	1.9183
3	9	0	1.8640	<1	1.8629
-3	1	4	1.8230	<1	1.8220
-10	0	2	1.7646	<1	1.7641
-9	3	3	1.7458	<1	1.7456
0	10	1	1.7299	<1	1.7300
-1	7	3	1.7259	<1	1.7261
-5	9	2	1.6699	<1	1.6698
-5	7	4	1.4963	<1	1.4953
10	4	0	1.4932	<1	1.4930
2	12	0	1.4677	<1	1.4674
-9	9	1	1.3837	<1	1.3837

ván rentgenometricky ve vrtu v lomu Družba (Pátková 1973) a v rozloženém lapilovém tuftu z výše zmíněného zářezu silnice u Sokolova, kde phillipsit tvoří bílé mikrokrystalické povlaky (Řehoř 2010).

### Metodika výzkumu

Klinoptilolit-Na byl analyzován na rentgenovém práškovém difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum) za následujících podmínek: záření CuK $\alpha$ , 40 kV/40 mA, pozičně citlivý detektor LynxEye, krok 0.01 °2 $\theta$ , načítací čas 8 s/krok. 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 bylo sledováno na naleštěném nábrusu pomocí energiově disperzního spektrometru Oxford Instruments XMAX 80 (Česká geologická služba) operujícím při urychlovacím napětí 15 kV.

**Tabulka 2** Parametry základní cely klinoptilolitu-Na (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m)

	tato práce	Cappelletti et al. (1999)
<i>a</i> [Å]	17.655(3)	17.6589(5)
<i>b</i> [Å]	17.920(2)	17.9241(5)
<i>c</i> [Å]	7.400(1)	7.4032(2)
$\beta$ [°]	116.24	116.243(2)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	2099.9(6)	2101.79

**Tabulka 3** Chemické složení klinoptilolitu-Na z lomu Družba (Sokolovská pánev) (hm. %)

	mean	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	63.25	62.75	63.81	63.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.55	12.93	12.34	12.38
CaO	0.51	0.54	0.49	0.51
MgO	0.36	0.38	0.40	0.31
BaO	2.71	3.26	2.29	2.57
Na <sub>2</sub> O	2.46	2.15	2.30	2.93
K <sub>2</sub> O	3.15	2.99	3.37	3.11
H <sub>2</sub> O	(15.00)	(15.00)	(15.00)	(15.00)
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Si <sup>4+</sup>	29.334	29.180	29.477	29.347
Al <sup>3+</sup>	6.856	7.099	6.717	6.751
Ca <sup>2+</sup>	0.260	0.279	0.250	0.251
Mg <sup>2+</sup>	0.251	0.252	0.278	0.223
Ba <sup>2+</sup>	0.493	0.587	0.416	0.474
Na <sup>+</sup>	2.211	1.957	2.054	2.622
K <sup>+</sup>	1.876	1.789	1.998	1.841
$\Sigma$ Ca+Mg+Ba+K+Na	5.091	4.864	4.996	5.411
H <sub>2</sub> O	20	20	20	20
T <sub>Si</sub>	0.81	0.80	0.81	0.81
Si/Al	4.28	4.11	4.39	4.35

Empirický vzorec byl přepočten na bázi 72 kyslíků, analýza přepočtena na 100 %, obsah H<sub>2</sub>O byl dopočten na základě teoretického složení minerálu.

## Charakteristika klinoptilolitu-Na

Nejzajímavějším zeolitem, který byl nově na Sokolovsku zjištěn, je klinoptilolit-Na. Byl nalezen v roce 2009 druhým z autorů v dutinách bělošedého, na povrchu limonitizovaného karbonátu kalcitického složení, který tvoří výplň klastické žíly diapiru v centrální části lomu Družba, nyní překryté vnitřní výsypkou (obr. 3). V rámci orientační retgenometrické analýzy byl předběžně určen jako stilbit či heulandit (Řehoř 2009).

Klinoptilolit-Na vytváří v až 10 cm velkých dutinách limonitizovaného kalcitu drúzovité výplně tvořené až 3 mm velkými, bělavými, dokonale omezenými, většinou tlustě tabulkovitými krystaly a jejich srostlicemi (obr. 4 - 6), které jsou průhledné až průsvitné, charakteristicky perleťově lesklé. Lokálně na krystaly klinoptilolitu-Na narůstají až 3 mm velké klenčovité krystaly mladšího kalcitu.

Rentgenová prášková data klinoptilolitu-Na (tab. 1) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat (Cappelletti et al. 1999). Zpřesněné parametry studovaného klinoptilolitu-Na 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, Mg, Ba, K a Na; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. V kationtové části jsou vedle dominantního Na ( $2.21 \text{ apfu}$ ) a poněkud menšího podílu K ( $1.88 \text{ apfu}$ ), zastoupeny v malém množství Ca ( $0.26 \text{ apfu}$ ) a Mg ( $0.25 \text{ apfu}$ ). Zajímavý je vyšší obsah Ba ( $0.49 \text{ apfu}$ ). Obdobně zvýšený obsah Ba ( $2.38 \text{ hm. \% BaO}$ ) byl zjištěn v klinoptilolitu-Na z alterované ryolitové intruze z Yanagishinden, Japonsko (Yoshimura, Wakabayashi 1977). Empirický vzorec klinoptilolitu-Na ze sokolovské pánve (průměr tří bodových analýz) je na bázi 72 kyslíků možno vyjádřit jako  $(\text{Na}_{2.21}\text{K}_{1.88}\text{Ba}_{0.49}\text{Ca}_{0.26}\text{Mg}_{0.25})_{\Sigma 5.09}(\text{Si}_{29.33}\text{Al}_{6.66})\text{O}_{72} \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ . 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 nižší. Také hodnota  $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}) = 0.81$  sokolovského klinoptilolitu odpovídá rozmezí 0.80 - 0.84 uváděného pro tento minerální druh (Coombs et al. 1997).

## Závěr

V činném uhelném lomu Družba v Sokolovské uhelné pánvi byl zjištěn zajímavý výskyt klinoptilolitu-Na vázaný na karbonátovou výplň klastické žíly diapiru. Jedná se o druhý výskyt tohoto zeolitu v České republice.

## Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2014/02, 00023272).

## Literatura

- Cappelletti P., Langella A., Cruciani G. (1999) Crystal chemistry and synchrotron Rietveld refinement of two different clinoptilolites from volcanoclastites of North-Western Sardinia. *Eur. Jour. Mineral.* 11, 1051-1060.
- Coombs D. S., Alberti A., Artioli G., Collella G., Galli E., Grice D. J., Liebau F., Mandarino A. J., Minato H., Nickel H. E., Passaglia E., Peacor R. D., Quartieri S., Rinaldi R., Ross M., Sheppard A. R., Tillmanns E., Vezzalini G. (1997) Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association, Commission on the New Minerals and Mineral Names. *Can. Mineral.* 35, 1571-1606.
- Černý P., Dostál S., Veselovský F., Černý P. jun. (1997) Pegmatity z Chvalovic. *Minerál* 5, 6, 413-417.
- Frouz J., Popperl J., Příkryl I., Štrudl J. (2007) Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. *Sokolovská uhelná, právní nástupce a. s., Sokolov*.
- Hochstetter F. (1856) Die Verhältnisse des Falkenau-Elbogner Braunkohlen-beckens in Böhmen. *Jb. K.-k. geol. Reichsanst.* 7, 1, 185-186.
- Jiskra J. (1997) Z historie uhelných lomů od Johanna Davida Edler von Starcka k Sokolovské uhelné akciové společnosti. *Sokolovská uhelná, Sokolov*.
- Králík J. (1984) Klinoptilolit v sedimentech pokryvného útvaru ostravsko-karvinské černouhelné pánve. *Čas. Mineral. Geol.* 29, 1, 100-101.
- Kynický J. (2010) Minerály hydrotermálních žil v horninách těšínitové asociace v okolí Příbora. *Minerál* 18, 6, 484-494.
- 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.
- Novák F., Jansa J., Zeman A. (1995) Gorceixite from the Volcanogenic Formation in the Družba strip mine in the Sokolov Basin (North-West Bohemia). *Věst. Čes. geol. Úst.* 70, 1, 33-37.
- Novák F., Pauliš P., Šála M., Fediuk F. (2004) Klinoptilolit-Ca ze Šonova u Broumova (sv. Čechy). *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 12, 143-146.
- Pátková E. (1973) Petrografický posudek. In Pazdera A. Hydrogeologie Sokolovska - kóta 310. *MS, Geoindustria Praha*.
- Pauliš P., Hrůzek L., Janeček O., Sejkora J., Malíková R., Fediuk F. (2014) Dachiarit-Ca a doprovodná mineralizace z Doubice - Vápenky u Krásné Lípy (Česká republika). *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 22, 1, 3-14.
- Pauliš P., Moravec B., Škacha P., Ševců J. (2008) Dachiarit-Ca z Proseče pod Ještědem u Liberce. *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2007*, 179-181.
- Pauliš P., Novák F., Malec J., Ševců J. (2006) Klinoptilolit-Na z Doubravice u Jičína. *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2005*, 119-121.
- Pauliš P., Šíkola D. (1999) Pyrit-zeolitová minerální asociace na uranovém ložisku Rožná. *Minerál* 7, 4, 310-314.
- Pešek J., Sivek M. (2012) Uhlonosné pánve a ložiska černého a hnědého uhlí České republiky. *Česká geologická služba, Praha*.
- Rojík P. (2001) Analcim v uhelném nadloží sokolovské pánve. *Sborník konference Odpady, VŠB-TU Ostrava*.
- Rojík P. (2005) New stratigraphic subdivision of the Tertiary in the Sokolov Basin in NW Bohemia. *J. Czech geol. Soc.* 49, 3-4, 173-185.
- Rojík P. (2006) Miocenní vulkány v sokolovské pánvi. *Zpravodaj Hnědé uhlí* 3, 33-42.
- Řehoř M. (2003) Mineralogický výzkum organické hmoty v těžených slojích a vybraných proplástkách v jejich nadloží. *MS, VÚHU Most*.
- Řehoř M. (2009) Interní sdělení o rtg. difrakci vzorku zeolitu z lomu Družba. *MS, VÚHU Most*.
- Řehoř M. (2010) Interní sdělení o rtg. difrakci vzorků tufu z lokality Sokolov R6. *MS, VÚHU Most*.
- Sýkorová I. (2003) Chemicko-technologické a petrografické hodnocení vzorků hnědého uhlí z vrtů JP 428 a JP 437. *MS, ÚSMH AVČR Praha*.
- Toman J. (2011) Železem bohaté zeolity z lokality Svojanov, Česká republika. *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.* 96, 1, 3-10.
- Yoshimura T., Wakabayashi S. (1977) Na-dachiarite and associated high silica zeolites from Tsugawa, northeast Japan. *Sci. Rep. Niigata Univ., Ser. E, Geol. Min.* 4, 9-65.