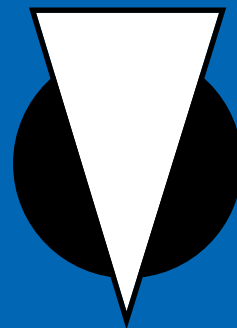


Český kras



XXVII/2001

Beroun



Český kras XXVII/2001

Sborník pro regionální výzkum
Bulletin for regional research

- Vydalo: Muzeum Českého krasu v Berouně
- Uspořádali: I. Jančaříková, P. Bosák
- Publikace neprošla jazykovou úpravou
- Foto na titulní straně: J. Bruthans - Příbův dům, propast Arnoldka v Českém krasu
- ISBN 80-902098-5-8
- ISSN 1211-1643
- Náklad 220 ks
- Realizace Artis - reklamní studio, M. Dusíková

Strídání stráží v Jenštejnském domě

V Muzeu Českého krasu v Berouně, se sídlem v Jenštejnském domě, probíhají personální změny celkem běžně, jako všude jinde. V roce 2001 však došlo k významnému mezníku v dějinách muzea, a to sice k výměně vedení. Do důchodu odešla PhDr. Jana Čapková, která působila jako ředitelka v muzeu v letech 1962 - 2001, tedy celých 39 let!

J. Čapková převzala muzeum v katastrofálním stavu a celý život zasvětila jeho zvelebování a rozkvětu. Uvedla do pořádku muzejní sbírky a katalogy, podílela se na vzniku muzejních expozic, zasadila se o neustálé rozšiřování muzejních prostor pro depozitáře, expozice a kanceláře přibývajících muzejních pracovníků. Dokázala pozvednout berounské muzeum ze skrovných počátků až na vysokou úroveň moderní muzejní instituce. Za to jí patří srdečný a upřímný dík.



foto: J. Leitnerová

V dubnu 2001 nastoupil do Jenštejnského domu nový ředitel, ing. Petr Kmínek. Jeho postavení je nelehké, neboť muzea v České republice právě procházejí složitým obdobím v souvislosti s rušením okresů a s přechodem na VÚSC. P. Kmínek má své představy o dalším optimálním vývoji berounského muzea, a tak nezbývá než mu popřát mnoho úspěchů, elánu a štěstí při jejich realizaci.

*RNDr. Irena Jančaříková
Muzeum Českého krasu v Berouně*



foto: Z. Zůna

Restaurování sukně středočeského kroje

Muzeum Českého krasu v Berouně získalo v roce 1982 do svých etnografických sbírek exemplář středočeského kroje z berounského regionu. Jedná se o oděvní komplet, jehož jednotlivé části jsou různého stáří, ale stejné provenience a patří k typickým dokladům ženského svátečního kroje středočeské vesnice ve druhé polovině 19. století. Skládá se z bílé bavlněné spodničky asi z první poloviny 20. století, košile s krejzlíkem z jemného plátna, košile i krejzlík jsou zdobeny vláčkovou krajkou; brokátového živůtku, zlatého, brokátového vínku s holubičkou, bílé tylové, vyšívané zástěry a hedvábné sukně, podložené organtýnem, ozdobené v dolní třetině zlatou dracounovou krajkou. Všechny ostatní oděvní součásti jsou z poloviny 19. století.

Stav sukně neumožňoval její prezentaci veřejnosti a proto byl zpracován grant na její restaurování. To bylo provedeno za finančního přispění města Beroun, berounských občanů a firem. A tak mohl být celý tento oděvní komplet poprvé představen veřejnosti na výstavě, která proběhla v červnu roku 2001. Význam tohoto počínu neodkazuje tak pouze k historii, kdy byl kroj spojen s určitou odlišností, specifíčností, ale dnes se tak začínáme vracet a objevovat hodnoty podstatné pro naše předky.

*Mgr. Dana Přenosilová
Muzeum Českého krasu v Berouně
foto: V. Svoboda*



Český kras

XXVII



Uspořádali Irena Jančaříková a Pavel Bosák

*Muzeum Českého krasu v Berouně
Beroun 2001*

■ *Sborník vznikl za podpory Velkolomu Čertovy schody, a.s. Tmaň*



Pokyny pro autory:

1/ Sborník Český kras uveřejňuje především původní práce zabývající se geologickými, paleontologickými, karsologickými, archeologickými, biologickými a dalšími výzkumy na území Českého krasu. Délka příspěvku by neměla přesáhnout 15 stran.

2/ Za věcný obsah rukopisů zodpovídá autor.

3/ Příspěvky se předkládají nahané na disketě v programu T602, Word (pro Windows 95 nebo nižší) nebo WordPerfect a jako vytištěný rukopis.

4/ Autoři se v textu citují: Ford (1998) nebo (Ford 1998). Pokud má autorský kolektiv více než 3 autory, pak je citace: Ford a kol. (1998) nebo (Ford a kol. 1998), autorský kolektiv do 3 autorů včetně se cituje: Novák, Zelenka a Janko (1998) nebo (Novák, Zelenka a Janko 1998).

Citace pramenů v kapitole literatura vypadají následovně:

■ časopis:

Berger R. A. (1975): The role of magnesium in the crystal growth of calcite and aragonite from sea water. - *Geochim. cosmochim. Acta*, 39: 389-504.

■ knižní publikace:

Jackson J. A. (Ed., 1997): *Glossary of geology*. - Amer. Geol. Inst.: 1-769. Alexandria.

Ford D. (1988): Characteristic of Dissolutional Cave System in Carbonate Rocks. - V. N. P. James, P. W. Choquette (Eds.): *Paleokarst*: 25-57. Springer-Verlag.

■ nepublikovaný rukopis:

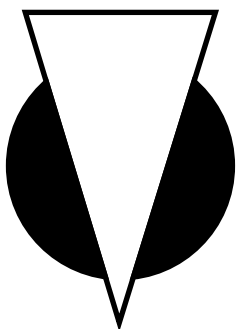
Tichý J. (1998): *Nálezová zpráva-Nováky*. - MS, arch. Čes. speleol. spol.: 1-25. Praha.

5/ Příspěvky je možno doplnit kvalitními černobílými i barevnými obrazovými přílohami (plány jeskyní, grafy, profily atd.). U větších příloh je třeba počítat se zmenšením na formát A4.

6/ Místo honoráře obdrží autoři článků separáty a jeden kompletní výtisk sborníku Český kras.

7/ Rukopisy zasílejte na adresu: RNDr. Irena Jančaříková, Muzeum Českého krasu, 266 01 Beroun, nejpozději do konce března každého roku. Nezapomeňte uvést zpáteční adresu.

redakční rada



■ *Sborník pro regionální výzkum - Bulletin for regional research*

Příspěvky jsou recenzovány členy redakční rady a přizvanými odborníky

Řídí redakční rada:

RNDr. Dr hab. Pavel Bosák, DrSc.

RNDr. Irena Jančaříková

Mgr. Pavel Janda

Mgr. Vladimír Lysenko

ISBN 80-902098-5-8

ISSN 1211-1643

Obsah / Contents

Geologie a speleologie

■ *Karel Žák, Zdeněk Táborský, Marie Lachmanová, Marta Pudilová:*

Využití těžkých minerálů při studiu alochtonních klastických jeskynních sedimentů Českého krasu.

Heavy mineral assemblages in allochthonous clastic sediments in caves of the Bohemian Karst: a pilot study.

5-14

■ *Václav Cílek, Pavel Bosák:*

Křemen-goethitové akumulace v krasových výplních koněpruské oblasti.

Quartz-goethite accumulations in karst fill of the Bohemian Massif with special respect to the Koněprusy region.

15-20

■ *Jiří Bruthans, Ondřej Zeman:*

Nové poznatky o charakteru a genezi podzemních krasových forem v Českém krasu a dalších oblastech bez soustředěných ponorů v České republice ČR.

New data on character and evolution of underground karst forms in the Bohemian Karst and other areas with diffuse recharge mode in the Czech Republic.

21-29

■ *Juraj Franců, Eva Franců, Jindřich Hladil, Pavel Bosák, Zbyněk Bobáček:*

Analýza organické hmoty z tmavě zbarvených vápenců Velkolomu Čertovy schody-západ.

The analysis of organic matter from dark coloured limestones in the Velkolom Čertovy schody-západ.

30-33

■ *Karel Žák, Václav Cílek, Vojen Ložek, Karel Zábrubský:*

Karbonátem tmelené holocenní sutě u Otročiněvsí a Žloutkovic (nálezová zpráva).

Carbonate-cemented Holocene scree near Otročiněves and Žloutkovice.

34-35

■ *Karel Žák, Jiří Frýda, Jiří Bruthans, Jaroslav Kadlec, Roman Živor:*

Nová lokalita bílých vrstev v Portálové jeskyni v Kavčím lomu (Montánci) u Tetína (nálezová zpráva).

A new locality of "white beds" in the Portálka Cave in the Kavčí (Montánka) Quarry near Tetín.

36-39

■ *Irena Dobešová, Václav Cílek, Petr Skřivan, Miloš Burian:*

Chemismus atmosférických srážek v oblasti Českého krasu. Případová studie: Velkolom Čertovy schody.

Chemistry of the atmospheric precipitation in the Bohemian Karst. A case study: The Čertovy Schody Quarry.

40-46

■ *Václav Štefek:*

Nový přístup k sanaci a rekultivaci lomů s uplatněním hledisek krajinného rázu (zahrazení důsledků hornické činnosti po povrchové těžbě vápencových a stavebních surovin - vytváření nové morfologie povrchu).

The new approach to quarry reclamation with the respect of application of landscape character.

47-50

■ *Rudolf J. Prokop:*

Z dějin padělatelství zkamenělin u nás, aneb „celí“ krinoidi z barrandienského siluru.

From the history of forgery of fossils in our country: the „complete“ crinoids from the Silurian of the Barrandian.

51

Živá příroda

■ *Jaroslav Veselý:*

Rozšíření obojživelníků v CHKO Český kras.

Amphibians in the Bohemian Karst.

52-54

Zprávy z akcí

■ *Ladislav Pecka:*

Setkání jeskyňářů v Českém krasu 6. - 8. 10. 2000 na Tetíně.

55

Výročí

■ *Radvan Horný, Naděžda Zdobnická:*

Otomar Pravoslav Novák (1851-1892) a Berounsko.

Otomar Pravoslav Novák (1851-1892) and the Beroun region.

56-59

■ *Irena Jančaříková:*

Bosákovy abrahámoviny (Bosákoviny).

60-63

■ *Vojtěch Turek:*

Zemřel paleontolog Josef Beneš.

64

Geologie a paleontologie

Využití těžkých minerálů při studiu alochtonních klastických jeskynních sedimentů Českého krasu

Heavy mineral assemblages in allochthonous clastic cave sediments of the Bohemian Karst: A pilot study

Karel Žák¹, Zdeněk Táborský¹, Marie Lachmanová^{2,3}, Marta Pudilová³

0. Abstract

In the Bohemian Karst, karst region located SW of Prague, associations of heavy minerals were studied in allochthonous sandy cave sediments. For a comparison, surface occurrences of Quaternary age (river terraces), Tertiary age (sediments of fluvial origin, alluvial plains and lakes) and Cretaceous age (freshwater fluvial and lacustrine, and shallow marine sediments) were included in the study, too. While Quaternary sediments, both at surface and in caves, are characterized by abundant unstable heavy minerals (bornblende, pyroxens, garnets, biotite, etc.), Tertiary fluvial sands contain stable heavy minerals. In surface Tertiary sediments, two groups can be defined by different heavy mineral assemblages and by different $\delta^{18}\text{O}$ values of quartz. Tertiary sediments at higher altitudes are typical by abundant andalusite+sillimanite+kyanite, lower content of tourmaline, and by lower $\delta^{18}\text{O}$ values of quartz, while localities at lower altitudes are dominated by tourmaline and show higher $\delta^{18}\text{O}$ values of quartz. Cretaceous rocks are characterized by high abundance of rutile, zircon and Fe and Ti secondary minerals. Tertiary sands with andalusite+sillimanite+kyanite prevailing over tourmaline have been found in several caves. Higher content of zircon and rutile in these Tertiary cave sediments indicate admixture of material derived from Cretaceous rocks. Sandy sediments derived dominantly from Cretaceous rocks have been found only in some sediment-filled karst depressions.

1. Úvod

V řadě krasových oblastí s hojnou přítomností alochtonních klastických sedimentů v jeskyních byly ke studiu možných zdrojů klastického materiálu využity asociace těžkých minerálů (těžké minerály, nadále zkr. TM, minerály s měrnou hmotností nad zhruba 2,9 g.cm⁻³). Příkladem může být oblast Moravského krasu, kde má historie výzkumu TM v jeskynních sedimentech poměrně dlouhou tradici. V této oblasti se s použitím asociací TM a poměrů v zastoupení TM podařilo odlišit několik zdrojových oblastí klastických jeskynních sedimentů (Burkhardt 1958; Burkhardt a Šerebl 1965; Hypr 1976a, b; Otava 1988a, b; Otava a Vít 1992; Vít 1990, 1996; viz přehled výzkumů in Vít 1996).

V oblasti Českého krasu (dále ČK) je většina jeskynních prostor do různé míry zaplněna klastickými sedimenty velmi proměnlivého zrnitostního a minerálního složení a stáří. Přítomnost sintrových poloh vložených v klastických jeskynních sedimentech, která by umožnila použití geochronologických metod, není v ČK častá a o stáří a původu jeskynních klastik jsou proto k dispozici jen velmi omezená data. Přítom výzkum jeskynních klastik je jednou z možných cest jak lépe pochopit vývoj říční sítě a jeskynních systémů této oblasti. Nejvhodnější oblastí pro výzkum jeskynních klastik je jednoznačně bezprostřední okolí řeky Berounky, která protíná krasové území napříč. V tomto úseku je k dispozici řada vhodných a v naprosté většině odborně nezpracovaných profilů jeskynními sedimenty. Prolongační práce prováděné jednotlivými pracovními skupinami České speleologické společnosti navíc odkrývají nové významné profily, což přidává výzkumu jeskynních sedimentů na aktuálnosti. Rozsah známých jeskynních prostor se v údolí řeky Berounky a jejím bezprostředním okolí během posledních dvou desetiletí více než zdvojnásobil. K ověření použitelnosti výzkumu asociací TM pro studium jeskynních alochtonních klastik v podmínkách ČK byla proto uskutečněna tato malá pilotní studie.

2. Vývoj říční sítě a krasu v terciéru a kvartéru - stručný přehled publikovaných prací

Vzhledem k tomu, že v této úvodní části i později v diskusi užíváme poměrně často názvy jednotlivých geologických období v rámci terciéru a kvartéru, je jako pomůcka pro čtenáře, který není specializován v geologii, přiloženo schéma stratigrafického dělení kenozoika (obr. 1). Jednotlivé povrchové relikt terciérních sedimentů v ČK a jeho širším okolí jsou znázorněny na obrázku 2.

Přítomnost terciérních sedimentů ve středních Čechách ve vysokých úrovních nad dnešní říční sítí byla rozpoznána a paleontologicky doložena poměrně záhy. Rostlinné otisky a zuhelnatělá semena z Klínce a Sloupu (lokality sz. od soutoku Vltavy a Sázavy, zhruba 11 km od j. okraje Prahy) zařadil časově

				Hranice (v miliónech let)	
Kenozoikum	Kvartér	Holocén		0,0115	
		Pleistocén			
	Terciér	Neogén	Pliocén	Gelas	1,75 (1,81)
				Piacenz	(2,58)
			Miocén	Zankl	3,40 (3,60)
				Messin	5,30 (5,33)
		Torton		7,30 (7,10)	
		Serravall		11,0 (11,0)	
		Paleogén	Oligocén	Langh	14,3 (13,6)
				Burdigal	15,8 (16,4)
Eocén	Akvitán		20,3 (19,1)		
	Paleocén			23,5 (23,8)	
				28,0	
				33,8	
				37	
				40	
				46	
				53	
				65	

Obrázek 1 Stratigrafické schéma kenozoika. Podle IUGS (2000), časové hranice jsou podle G.S. Odina (in IUGS 2000), údaje v závorkách jsou odchylná data podle názorů jednotlivých subkomisí Mezinárodní komise pro stratigrafii (stav v roce 2000). Názvy jednotlivých stupňů/věků jsou podle světové stupnice, názvy regionálních stupňů užívaných v oblasti Paratethydy nejsou uvedeny

Figure 1 Cainozoic stratigraphic chart. After the IUGS (2000), time boundaries are according to Odin (in IUGS 2000), data in brackets differs according to opinion of individual subcommissions of the International commission for stratigraphy (state as in 2000). Names of individual stages are according to the world chart, names of regional stages applied in the Paratethys are not mentioned

¹ Český geologický ústav, Klárov 3, 118 21 Praha 1

² Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

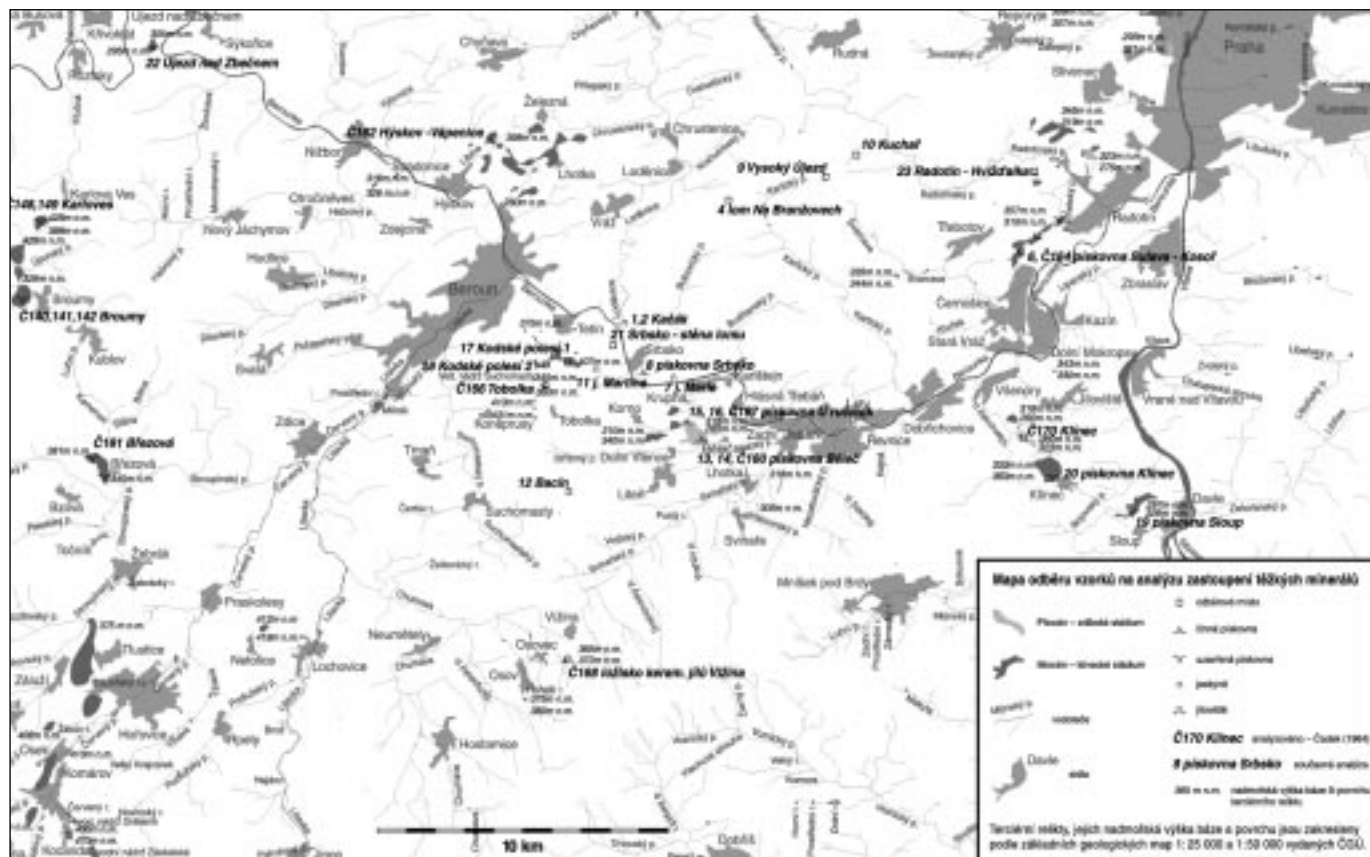
³ Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2

Poděkování: Za umožnění přístupu do jeskyní, pomoc při odběru vzorků a konzultace děkujeme členům České speleologické společnosti, jmenovitě ZO 1-02 Tetín (J. Zelinka, L. Pecka), ZO 1-05 Geospeleos (Z. Bruthans), ZO 1-06 Speleologický klub Praha (K. Ryšánek, L. Vojtř) a ZO 1-11 Barrandien (J. Dragoun, M. Závíška). Mysteriózní vzorek z lokality Bacín a vzorek č. 2 z jeskyně Nad Kačákem nám poskytl V. Cílek, kterému děkujeme i za četné konzultace. Za technickou pomoc při odběrech a zpracování vzorků děkujeme F. Veselovskému, P. Dobešovi, M. Hruběšovi a J. Kadlecovi. Tato studie byla částečně podpořena spoluprací s firmou Velkolom Čertovy schody, a.s. a projektem CEZ Z3-013-912 GLÚ AV ČR.

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 5-14, 2 tab., 3 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8



Obrázek 2 Výskyty terciérních sedimentů v Českém krasu a v jeho širším okolí. Upraveno a doplněno podle geologických map 1:25 000 vydaných Českým geologickým ústavem. Výskyty terciérních písků v jeskyních nejsou znázorněny. U každého reliktu je uvedena maximální a minimální nadmořská výška, ve které se terciérní sedimenty vyskytují (podle výše uvedených map, údajů z vrtů, resp. terénního ověření)

Figure 2 Occurrences of Tertiary sediments of the Bohemian Karst and in its broader surroundings. Modified and completed according to geological maps at 1:25,000 of the Czech Geological Institute. Occurrences of Tertiary sands in caves are not expressed. Maximum and minimum altitude of occurrence are mentioned at each of relics (according to maps, boreholes, field observations)

do miocénu již Kettner (1911). Podobně byly na základě rostlinných otisků zařazeny do miocénu sedimenty neogénního „ostrova“ (denudačního reliktu) na Sulavě u Černošic (Němec 1943, 1948). Tyto paleontologicky datované lokality ve vyšších nadmořských výškách byly tradičně zařazovány do tzv. stádia klíneckého, zatímco nižší úroveň byla označena jako stádium zdibské a bez přímých paleontologických důkazů řazena do pliocénu (Kodym a Matějka 1920). Přítomnost vltavínů (pád před cca 15 miliony let, Balestrieri et al. 1998) v sedimentech zdibského stádia v Praze-Kobylisích (Žebers 1972) dokládá, že sedimenty zdibského stádia zde mohou být středně miocénní nebo mladší. Na území ČR byly do pliocénu řazeny mocné výskyty terciérních sedimentů u Bělče a Krupné u Karlštejna (povrch 320–330 m n. m., báze cca 280 m n.m.), které popisoval už Woldřich (1914), novější poznatky však naznačují, že se jedná o miocén (Čilek 2000).

V pozdějším období bylo toto rozdělení terciérních sedimentů ve středočeské oblasti na klínecké a zdibské stádium obecně přijímáno, vzhledem k obvyklé absenci paleontologických dokladů ve většině ostrovů však vzhledem některých lokalit v literatuře oscillovalo. Klíneckou úroveň lze podle Blažkové (1978) i Balatky a Loučkové (1992) ještě rozdělit na vyšší s povrchem 137 až 149 m relativní výšky a nižší se 106 až 121 m relativní výšky. Vzhledem k tomu, že kvartérní říční síť nekopírovala původní terciérní toky (a že dnešní pozice terciérních reliktů je ovlivněna i tektonicky, viz níže), je však správnější pro terciérní sedimenty užívat spíše jejich nadmořskou výšku než relativní výšku nad nejbližším kvartérním tokem.

Podrobná studie terciérních sedimentů středočeské a západočeské oblasti Peška a Spudila (1986) sedimenty obou stádií neodlišovala (viz též Pešek 1972). Tito autoři zaměřili většinu výzkumného úsilí na Plzeňsko a na poznání vzájemných souvislostí paleotoků v prostoru mezi Plzní a tzv. hlavačovským korytem ssz. od Rakovníka a na vztahy k sedimentům v severočeské hnědouhelné pánvi. ČR a jeho širšímu okolí je v této studii věnována jen menší pozornost. Autoři (Pešek a Spudil 1986) předpokládali v ČR a jeho širším okolí hlavní tok označený jako D₃, tekoucí od terciérního reliktu u Vižiny přes Bělčice dále k SV směrem ku Praze. Do něj by se v prostoru u Bělčice měl vlévat tok odvodňující prostor v okolí Berouna, představovaný zejména poměrně rozsáhlým

terciérem v okolí Lhotky u Berouna, Železná a Hýskova. Do systému toku D₃ s přítoky zařadili všechny výskyty terciéru v jeho okolí, bez ohledu na výškovou pozici. V jejich představě by tyto toky v širším okolí ČR byly bez spojení s hlavními terciérními toky odvodňujícími Plzeňsko a Hořovicko.

Malkovský (1975) se detailně věnoval paleogeografii miocénu Českého masívu. Rozlišil dvě zásadně odlišná období, kdy starší z nich, od akvitánu po burdigal, bylo reprezentováno rozpadem předmiocénní paroviny a vznikem limnických pánví na severozápadě Čech. Hlavní tok odvodňující střední Čechy přitékal v tomto období podle jeho představy z V do oblasti na J od Prahy, pokračoval přes terciérní výskyty v okolí Karlštejna, dále směřoval Hostomickým úvalem do oblasti Zdic a Žebráka, kde se spojoval s přítokem z Brdské oblasti a stáčil se na S, přes Rakovník do žatecké delty. Druhé období, svrchní helvet (≡ langh) až spodní torton, je podle tohoto autora charakterizováno postupným celkovým poklesem hlavně j. části Českého masívu. Řeky, odvodňující moldanubickou oblast změnila směry na J a JV.

Většina těchto starších prací byla založena na klasickém modelu, předpokládajícím zařezávání řek od spodního miocénu, a jeho postupné pokračování během pliocénu a kvartéru. Nálezy paleontologicky datovaných sedimentů v relativně nízkých úrovních však vyvolaly potřebu vytvoření složitějších modelů vývoje říční sítě. Nejznámější a často citované příklady náleží těchto starších sedimentů v nízkých úrovních v oblasti Českého krasu jsou:

- tzv. první chronologické paradoxon ČR, Petrbock (1950), dokládající spolehlivě paleontologicky datované středně miocénní sedimenty u Kruhového lomu mezi Srbskem a Tetínem, překrývané hlavní spodnopleistocenní terasou;
- podrobná dokumentace paleontologicky doložených sedimentů ze starší poloviny miocénu v sondách v podloží hlavní spodnopleistocenní terasy v z. okolí Kruhového lomu u Srbska, a na základě litologické podobnosti existence terciérních sedimentů v podobné pozici na více místech mezi Karlštejnem a Berounem (Ložek in Kukla 1956, částečně otištěno ve zkrácené formě Kukla a Ložek 1993);
- druhé chronologické paradoxon s nálezem paleontologicky datovaných křídových (turonských) jílovců v krasové depresi v nízké výškové úrovni, zjištěné opět v Kruhovém lomu u Srbska Kovandou a Herzogovou (1986).

Novější modely vývoje říční sítě vysvětlují pozici těchto starších sedimentů pod nejrozšířenější spodnopleistocenní terasovou úrovní těmito faktory:

- vlivem neotektonických pohybů (probíhajících v několika fázích, pravděpodobně hlavně v pliocénu; Lysenko 1982; Horáček 1980, 1982), které mohly pozmenit původní nadmořské výšky jednotlivých reliktů terciérních sedimentů;

- představou opakovaného zaplnění říční sítě sedimenty a jejich následného vyklizení v pozdějším období (např. Čílek 1989);

- nálezy křídových sedimentů v krasových depresích (kapsách) v nízkých pozicích jsou nejčastěji vysvětlovány jako výsledek zaklesávání sedimentárního obsahu deprese.

O vlivu neotektonických pohybů není pochyb (v širším regionu viz Kopecký 1972, Malkovský 1979), protože řada terciérních reliktů ve středoevropské oblasti je jednoznačně tektonicky omezena (např. relikt u Vižiny, s doloženou amplitudou vertikálních pohybů kolem 40 m, přehledně Lachmanová 2000, nebo rozsáhlý relikt v prostoru Lhotky - Železná - Hýskova). V otázce amplitud těchto pohybů však obecně nepanuje shoda. V první etapě představ o vlivu mladé tektoniky, kterou shrnul např. Bosák (1985), byly uvažované amplitudy pohybů značné (téměř 200 m), později však Čílek (1989) došel k závěru, že amplitudy neotektonických pohybů ve středoevropské oblasti nepřesáhly řádově desítky metrů.

Představami zaplnění údolní sítě sedimenty a jejich opětovného vyklizení se v údolí Berounky mezi Berounem a Karlštejnem zabýval v osmdesátých letech A. Komaško, své názory však nepublikoval. Čílek (1989) uvažoval o existenci asi 100 m hlubokého údolí již v křídě. Jeho báze by ležela asi 30 m nad dnešní hladinou řeky. Deprese by poté byla během cenomanské transgrese vyplněna málo zpevněnými křídovými sedimenty, které byly nejpozději ve spodním miocénu opět vyklizeny a údolí přehloubeno na úroveň asi 15 m nad dnešní hladinou Berounky nebo možná dokonce pod něj. V druhé polovině miocénu by docházelo v souvislosti s celkovým ponořením Českého masívu k postupnému vyplnění těchto údolních sedimentů až po úroveň vrcholu Tobolského vrchu. Od svrchního miocénu by potom byly jak údolní síť tak i krasové jevy postupně exhumovány, včetně nových vlivů kvartérní morfogeneze. Pokud přijmeme tento model, není klasický názor, že stáří reliktů terciérních sedimentů s větší nadmořskou výškou stoupá, již tak jednoznačný.

Ve své poslední práci týkající se tohoto problému Čílek (2000) konstatuje, že klíncecké stádium není vázáno pouze na jeden výškový (stratigrafický) horizont a jedno relativně krátké období, ale že se jedná o celou skupinu říčních teras vyvinutou ve značném výškovém rozmezí (280 až 480 m n.m.) v období, které bylo 2 až 3x delší než kvartér a které bylo doprovázeno poměrně intenzivní tektonogenezí. I při uvažování neotektonických pohybů o amplitudě řádu desítek metrů předpokládá tento autor během vývoje klínceckého stádia existenci 100 až 140 m hlubokého dobře vyvinutého údolního systému.

Současné názory tedy konvergují k představě, že v prostoru mezi Karlštejnem a Berounem existovalo široké, pravděpodobně spodnomiocenní údolí, směřující od ČK dále na SZ směrem ke Křivoklátu (viz např. Čílek 1993, v dovětku k nově otištěným částem nepublikované zprávy Kukly 1956). Dnešní pozice jednotlivých reliktů terciéru je v oblasti ČK kromě primární proměnlivé výškové úrovně jistě ovlivněna i neotektonicky, pohyby v řádu desítek metrů.

Také Jäger (1993) došel paleoproudovou analýzou terciérního ostrova u Bělče k závěru, že terciérní tok který tyto sedimenty uložil směřoval na z. případně sz., proti toku dnešní Berounky. V okolí Křivokláta a v údolí Rakovnického potoka existuje řada terciérních výskytů, které podle Peška a Spudila (1986) také dokládají proudění v opačném směru než dnes, tj. k Rakovníku. Pro posouzení možného spojení terciérních toků v prostoru mezi ČK a Křivoklátem je zásadní podrobnější studium terciéru v prostoru Lhotka-Železná-Hýskov, terciérního výskytu u Stradonic a terciéru mezi Zbečnem a Rakovníkem. Tyto lokality dosud bohužel nebyly podrobně zpracovány.

Pro poznání navazujícího kvartérního vývoje říční sítě a zejména pro časové zařazení spodnopleistocenních teras řeky Berounky byl významný podrobný výzkum rozsáhlého umělého odkryvu v zářezu dálnice D5 v. od Berouna v úseku zhruba mezi dálničními kilometry 15,1 a 15,7 (Tyráček a Kovanda 1991; Růžičková a Minaříková 1991; Kočí 1991; souhrnně Tyráček 1991). Klasické práce předchozího období, založené na relativní výškové pozici jednotlivých kvartérních teras, rozlišily v údolí Berounky až 13 úrovní v 7 výškových skupinách (Balatka a Loučková 1991, 1992). Časové zařazení jednotlivých úrovní bylo přitom založeno na modelu postupného zarezávání údolní sítě po celý kvartér. Z podrobného výzkumu výše uvedeného umělého odkryvu u Berouna však vyplývá, že výšková úroveň řeky Berounky oscilovala během kvartéru zhruba 70 až 80 m nad dnešním tokem po mnohem delší období, než se původně předpokládalo. V terasovém stupni byly zjištěny dvě samostatná různě stará terasová stádia. Starší, tzv. vrážská terasa datovaná paleomagneticky na cca 2,0 až 1,4 Ma, byla částečně erodována a po zhruba 800 ka dlouhé

přestávce v sedimentaci byla překrývána mladší terasou berounskou, datovanou do počátku crameru s.l. (začátek tvorby okolo hranice brunhes/matuyama, 780 ka, odpovídá giinzu v klasickém členění kvartéru, Tyráček a Kovanda 1991; Tyráček 1991; Kočí 1991; viz též Kovanda in Havlíček a kol. 1987).

Spojením dokladů o existenci spodnomiocenního toku v této úrovni s těmito poznatky o spodnopleistocenním vývoji lze dojít k překvapivému zjištění – široké vanovité údolí napříč ČK mezi Karlštejnem a Berounem bylo ve stejné výškové úrovni zhruba 60 m až 80 m nad dnešní Berounkou užíváno opakovaně různými toky po období dlouhé zhruba 20 Ma, navíc je pravděpodobný opačný směr proudění ve starším miocénu. Složitý vývoj způsobuje, že mocnosti pleistocenních sedimentů této nejrozšířenější skupiny teras jsou v tomto úseku extrémně proměnlivé (viz anomální mocnosti sedimentů – až 25 m - v prostoru pískovny Na Závěrci jv. od Srbska, Balatka a Loučková 1991).

Existence rozsáhlých jeskynních systémů v této úrovni a těsně pod ní není proto překvapující. Tyto jeskyně často kombinují prostory vzniklé v různých obdobích. Jako příklady jeskynních systémů v tomto prostoru se složitým dlouhodobým vývojem lze jmenovat na dnešním levém břehu Berounky např. jeskyně Nad Kačákem, jeskyně Na Chlumu u Srbska (včetně Netopýří jeskyně), jeskyně Ementál (Brom a kol. 2000) a na pravém břehu jeskyně Portálku a Metro, Buml nebo Podtraťovou jeskyni Většina jeskynních systémů v tomto úseku má charakter nepravidelných korozních dutin vzniklých ve freatické oblasti, tedy pod úrovní hladiny odpovídajících říčních toků nebo v oblasti blízko jejich hladiny, kam jsou říční vody natlačovány při povodňových stavech (viz též Bruthans a Zeman, v tomto svazku).

Představy o vzniku mnohých jeskyní ČK ve freatickém prostředí při míšením povrchových říčních vod a cirkulujících podzemních krasových vod v několika fázích výrazné fluvialní aktivity shrnul přehledně Bosák (1996 a, b). Hlavní fáze vzniku velkých krasových dutin je jím kladena do paleogénu až spodního miocénu a je spojena s rychlou erozí svrchnokřídového platformního pokryvu. V miocénu intenzita krasování postupně klesala a docházelo k fosilizaci jeskyní. Vznik nových krasových dutin pravděpodobně přinesla další fáze rozvoje aluviálních plošin v miocénu až starém kvartéru, ve stejném období mohlo podle Bosáka (1996 a, b) modelu docházet i k neotektonickému rozlámání oblasti, amplituda uvažovaných pohybů je však podstatně menší (tj. metry až první desítky metrů) než bylo dříve uvažováno. Pleistocén byl charakterizován intenzivní zpětnou erozí vyvolanou rychlým poklesem erozní báze. Některé podzemní dutiny mohly být vloženy do systému starších jeskyní během kratších stabilizačních erozní báze a některé vertikální dutiny jsou rovněž spojeny se zaklesnutím erozní báze (Bosák 1996a). V tomto modelu je zmíněna i možnost vlivu teplech („hydrotermálních“) roztoků velmi hlubokého oběhu pro korozní vznik primárních dutin. V prostředí aluviálních plošin s minimálním spádem totiž schází výškový gradient, který by způsoboval pohyb podzemních vod během jejich hluboké cirkulace ve freatické oblasti. Teplotní nehomogenity v svrchní kůře mohou být jedním z motorů, udržujících vody v pohybu.

Problematiku hydrotermálního krasování dále rozpracovali Zeman a kol. (1997) a přehledně shrnuli Suchý a Zeman (1999). Cirkulace nízkoteperovaných hydrotermálních roztoků postihla celou oblast (Žák a kol. 1987; Čílek, Žák a Dobeš 1994; Suchý a kol. 2000). Na to kdy se tak stalo a nakolik byl tento proces významný pro vznik jeskynních dutin v rámci celého ČK, však napanuje jednotný názor (viz diskusi in Český kras XXV, 1999). Bosák (1998) předpokládá, že hydrotermální procesy postihly koněpruskou oblast ve dvou fázích. V první z nich, spojené s variskými procesy, vznikly menší dutiny vyplněné hrubě krystalickým kalcitem. Druhá, pravděpodobně významnější fáze hydrotermálního krasování byla podle něj spojena s hlubokou cirkulací podzemních vod, pravděpodobně časově spjatá s terciérní neovulkanickou aktivitou v sz. části Českého masívu. Dutiny vznikaly ve freatickém a hlubokém freatickém režimu za teplot do 60 až 70 °C a hladina podzemní vody se nacházela nad vápenci, v křídových a terciérních sedimentech.

Pro vývoj jeskynních systémů v prostoru okolo dnešního údolí Berounky, na které je zaměřena tato studie, však byl pravděpodobně podstatně důležitější vliv říčních vod, freatických chladných vod a vývoj říční sítě zejména během terciéru. Čílek (2000) uvažuje již od miocenní existenci zřetelné údolní sítě, spíše než plochého reliéfu. Pro vznik freatických systémů byl tedy již ve starším miocénu pravděpodobně k dispozici dostatečný výškový gradient a pohyb vod byl možný i bez termálních vlivů.

3. Analýza těžkých minerálů

Publikované analýzy asociací těžkých minerálů ve studované oblasti

Základním předpokladem použití asociací TM k určení možného původu klastických sedimentů v jeskyních jsou údaje o typických asociacích TM v klastických sedimentech přítomných na povrchu krasu v jednotlivých obdobích, během kterých mohl vývoj jeskyní probíhat. Nedostatečně jsou publikovanými

analýzami TM ve studované oblasti charakterizovány křídové sedimenty. Z publikovaných prací týkajících se TM v terciérních sedimentech širšího okolí studované oblasti je nejvýznamnější studie Čadka (1964, 1966), který uvádí data o percentuálním zastoupení TM z celkem 11 lokalit terciérních sedimentů ve studované oblasti a jejím širším okolí (Broumy, Hýskov, Karlova Ves, Klíneček, Osek, Skryje, Sulava u Černošic, Tlustice, Tobolka, Vlence, Vižina). Zastoupení TM v terciérních sedimentech j. od Mořiny uvádí Minaříková (in Brunnerová a kol. 1981). Zastoupení těžkých minerálů ve vzorcích ze studovaných sond v pleistocenních a terciérních fluviálních sedimentech v prostoru mezi Tetínem a Sulavou u Černošic uvádí Kukla (1956). Další analýzy TM z prostoru terciéru u Bělče zmiňuje i Jäger (1993). Pro sedimenty hlavní spodnopleistocenní terasové úrovně Berounky jsou data o zastoupení TM publikována Růžičkovou a Minaříkovou (1991). Přehled vybraných publikovaných dat je uveden v tabulce 1.

Metodika odběru a zpracování vzorků

Zrnatost sedimentu byla odhadnuta přímo v terénu a zrnatostní složení nebylo dále laboratorně stanoveno, protože silně závisí na místě odběru. Odběry byly zaměřeny zejména na hrubozrnné písky (0,25 - 2,00 mm) a na písčitou frakci štěrků. Jemnozrnné písky a prachy nebyly vzorkovány, protože při jejich sedimentaci může docházet ke změnám v poměrech těžkých minerálů.

Odebrané vzorky byly nejprve odkaleny a síťováním byla oddělena frakce 0,2 až 0,6 mm. U některých vzorků byla použita frakce 0,6 až 0,8 mm (frakce 0,2 až 0,6 mm nebyla dostatečně zastoupena). Velikostně separovaná frakce byla potom použita pro separaci těžkých minerálů běžným postupem pomocí těžkých kapalin. Pro separaci byl užit tetrabrometan s měrnou hmotností 2,95 g.cm⁻³.

Těžké minerály byly nejprve studovány pod binokulárním mikroskopem, asociace průsvitných těžkých minerálů poté pod polarizačním mikroskopem a neprůhledné těžké minerály byly rozříděny do skupin a určeny pomocí fyzikálních a rentgenových metod. Zjednodušení bylo zvoleno pro označení minerálů skupin granátů, amfibolů a minerály skupiny epidotu, které nebyly dále detailně určovány. Zastoupení jednotlivých minerálů bylo určeno kvalifikativním odhadem. Výsledky jsou udány v tabulce 2.

Lokalizace a charakteristika vzorkovacích míst a odebraných vzorků

Protože se určení percentuálního zastoupení jednotlivých TM ve vzorku provádí zpravidla kvalifikativním odhadem, má tato metoda i dílčí subjektivní prvek. Proto jsme se rozhodli nově vzorkovat a jednotně zpracovat menší sadu typických vzorků i z povrchových výchozů, které již byly v minulosti metodou TM studovány. Mezi povrchové výchozy byly zařazeny i vzorky z krasových depresí (kapes) s nejasnou stratigrafickou pozicí. Největší pozornost byla při odběru těchto srovnávacích povrchových lokalit věnována terciérním sedimentům, které byly vzorkovány z řady známých výskytů i v širším okolí studované oblasti. Nezbytnost charakterizovat jednotlivé potenciální zdrojové typy sedimentů nakonec vedla k tomu, že vlastních vzorků z jeskyní je v celém souboru menšina (povrchové lokality: křída 2 vzorky, terciér 10 vzorků, kvartér 1 vzorek, výplň krasových depresí a další povrchové odběry s nejednoznačným časovým zařazením 5 vzorků; jeskynní sedimenty: 7 vzorků). Nadmořské výšky jednotlivých odběrových míst byly hrubě odhadnuty z mapy 1:10 000 nebo z map jeskyní. V příloze uvádíme podrobné lokalizace, makroskopické popisy vzorků a stručné popisy lehké frakce (dále LF, objemová hmotnost pod 2,95 g.cm⁻³) studovaných klastik. Vzhledem k tomu, že počet vzorků, které jsme mohli zpracovat byl omezen, přistoupili jsme v některých případech k odběru směsných vzorků (cca 10 až 20 menších vzorků odebraných po celé ploše a mocnosti dané pískovny nebo výchozu smíšeno a zpracováno jako jeden průměrný vzorek za danou lokalitu). Evidenční čísla jeskyní jsou podle Jägera (1994).

Rozdělení studovaných vzorků do typů podle stratigrafické příslušnosti, makroskopického vzhledu a orientačního hodnocení složení lehké frakce

V rámci zkoumaných vzorků lze vydělit tři skupiny:

a/ písky a štěrky související s pleistocenními terasami řeky Berounky

K tomuto typu přísluší studované vzorky z pískovny v Srbsku (vzorek 8), z jeskynních chodeb v blízkosti jeskyně Marie v Beranově lomu (vz. 7) a z Krápníkové jeskyně v Šanově Koutě (vz. 5). V LF je charakteristický relativně vysoký podíl nekrémeného materiálu zpravidla kolem 20 % který jednoznačně odlišuje tuto skupinu od křídových a terciérních písků. Typické je zastoupení obou slíd, muskovitu i hojného biotitu.

b/ písky terciérních toků, aluviálních plání a průtočných jezer

K tomuto typu přísluší písky z pískoven u Karlovy Vsi (vz. 3), na Sulavě (vz. 6), u Bělče (vz. 13 a 14), U ručiček u Karlštejna (vz. 15 a 16), Sloupu

(vz. 19), Klínce (vz. 20) a z pískovny u Újezda nad Zbečnem (vz. 22). Z jeskynních lokalit lze podle dokonalého velikostního třídění a naprosté převahy čirého či bílého křemene zařadit k tomuto typu světlé písky z jeskyně Nad Kačákem (vz. 1 a 2), vzorek z jeskyně Martina (vz. 11) a vzorky z Netopýří jeskyně (vz. 24 a 25). Charakteristická je dominance čirých nebo bílých křemenných zrn, časté zastoupení místy hojného muskovitu a zpravidla absence biotitu. Biotit byl zjištěn ojediněle v povrchovém vzorku 22 a jeskynních vzorcích 24 a 25. Vzorek z pískovny u Újezda nad Zbečnem (22) je výjimečný velmi vysokým opracováním naprosté většiny křemenných zrn.

c/ křídové pískovce nebo v terciéru redeponované křídové sedimenty

K tomuto typu zřejmě přísluší kromě dvou vzorků pozitivně křídové provenience z Vysokého Újezda (vz. 9) a z Kuchaře (vz. 10), pravděpodobně i písky z krasových depresí (kapes) v lomech Na Branžovech (vz. 4), v Kruhovém lomu u Srbska (vz. 21) a z krasové deprese nad lomem Hvíždalka u Radotína (vz. 23). Lokality u okolí Vysokého Újezda a Kuchaře jsou charakterizovány naprostou převahou relativně ostrohranných křemenných zrn, zpravidla zbarvených na povrchu do rezava či červena. Vzorek 21 obsahuje muskovit i biotit. Biotit byl dále zjištěn v těžké frakci vzorku 9. v ostatních vzorcích nebyly slídy nalezeny. Nelze vyloučit, že vzorek 21 přísluší k předchozí skupině.

4. Interpretace a diskuse

Jednotlivé skupiny vzorků, vyčleněné podle makroskopického vzhledu, geologické pozice a předpokládané stratigrafické příslušnosti a složení LF se poměrně zřetelně liší i společenstvem těžkých minerálů. Při vyčleňování jednotlivých asociací TM a zařazování vzorků do nich nebyl brán zřetel na sekundární minerály vznikající často až v sedimentu (limonit-hematit, sekundární minerály Mn a pod.).

Zřetelně se vyděluje skupina kvartérních sedimentů, reprezentovaná ve studovaném souboru třemi vzorky vesměs souvisejícími s pleistocenními terasami Berounky. Charakterizuje je zejména poměrně vysoké zastoupení nestabilních TM, pyroxenů a běžných amfibolů a podřízené zastoupení granátů, tedy minerálů, které se v terciérních a křídových sedimentech oblasti buď nevyskytují, nebo vyskytují jen zcela akcesoricky. Typická je také poměrně vysoká přítomnost magnetitu. Získaná data jsou ve shodě s dřívějšími analýzami TM ze spodnopleistocenních teras Berounky (Kovanda in Havlíček a kol. 1987; Růžičková a Minaříková 1991). Studované dobře tříděné písky z Krápníkové jeskyně v Šanově Koutě a ze systému jeskyně Marie jsou jasně kvartérní a mají podle společenstva TM afinitu spíše k nejstarším spodnopleistocenním sedimentům této terasové úrovně.

V rámci studovaných povrchových výskytů terciérních sedimentů v oblasti ČK a jeho širšího okolí lze podle nových dat a starších publikovaných údajů vyčlenit dvě asociace TM (viz též Čadek 1966, který upozornil na rozdílnou asociaci TM v sousedících terciérních reliktech Broumy a Karlova Ves - Skočová, které mají velmi rozdílnou nadmořskou výšku).

Povrchové lokality nacházející se v současnosti zpravidla ve vyšších nadmořských výškách jsou charakterizovány poměrně vysokým zastoupením minerálů skupiny andalusit-kyanit-silimanit. Poměr turmalín/andalusit+sillimanit+kyanit je u nich nižší než 2 (viz obr. 3). Častý je v nich staurolit až do 10 %, poměrně hojně se v této asociaci vyskytují i některé stabilní minerály, které mohly být redeponovány z erodovaných křídových hornin. Současné nadmořské výšky těchto lokalit jsou nejčastěji v rozmezí 340-420 m n.m. Druhá skupina povrchových lokalit s výskyty terciérních klastik, v dnešních výškách nejčastěji mezi 280 a 330 m n.m. je charakterizována výraznou převahou turmalínu nad minerály skupiny andalusit+kyanit+sillimanit (poměr turmalín/andalusit+sillimanit+kyanit v rozmezí 4 až 15). Ze námi studovaných lokalit sem patří lokality Sulava a pískovny u Bělče a Krupné u Karlštejna (U ručiček), z lokalit studovaných Čadkem (1964) sem patří ještě terciér u okolí Hýskova - Železně - Lhotky a terciér v okolí Broum.

Paleontologické doklady miocenního stáří byly získány jak z lokalit s turmalínovou asociací tak i z lokalit s andalusit+kyanit+sillimanitovou asociací. Abychom potvrdili, že výše uvedené dvě asociace TM skutečně odrážejí převahu materiálu z různých zdrojů, doplnili jsme stanovení TM stanovením izotopového složení kyslíku křemene LF. Stanovení byla provedena na několika vybraných vzorcích s rozdílnými asociacemi TM z povrchových výskytů a na vzorcích s andalusit+kyanit+sillimanitovou asociací z jeskynního prostředí. U každého z těchto vzorků bylo několik set náhodně vybraných křemenných zrn po odstranění veškerého nekrémeného materiálu zhomogenizováno a použito pro izotopové stanovení kyslíku křemene běžnou fluorační metodou. Vzorky z povrchových lokalit s převahou turmalínu vykazovaly vyšší hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ křemene v rozmezí od 11,4 do 12,3 ‰ (SMOW), které odrážejí pravděpodobně hlavně vysoké hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ křemene typické pro variské kyselé granity S-typu. Turmalín je typickou akcesorií dvojslídových a muskovitických

Vzorek č.	Lokalizace	granát	zirkon	andalusit	kyanit	sillimanit	topaz	staurolit	minerály skup. epidotové	turnalin	pyroxeny	amfiboly běžné	tmavá slída	spinel	rutil	ilmenit	titanit	anatas	monazit	apatit	opakní (magne- tít, ilmenit a j.)	alterované minerály
Terciér, Čadek (1964, 1966)																						
140	Broumy vrt P11; 1,6m	3,7	36,0	1,2	2,5					47,0	1,2				1,2			6,2				
141	Broumy vrt P16; 79,30m	0,5	49,0		2,5	0,5	0,5			44,0					1,0			2,0				
142	Broumy, odkryv	1,7	33,0		5,1		3,4	1,1	0,7	50,0			0,6	0,6	1,7			1,1	0,6			
148	Karloves, odkryv, svrchní pol.	0,3	0,3	42,0	5,0	33,0	0,3	4,0		15,0					0,3			0,3				
149	Karloves, odkryv, baze		2,6	39,0	5,7	17,0	0,4	14,0	0,4	18,0					1,8				0,4			
160	Běleč, odkryv 2m nad bazí		5,0	13,0	6,0	21,0	1,5	1,0	0,5	51,0					1,5							
161	Březová, odkryv		46,0		3,8		1,5	0,7		42,0					0,7			3,0	2,3			
162	Hýskov, odkryv		15,0	3,0	3,7	5,9	0,4	2,2	0,4	54,0					11,0		1,1	0,4	2,2			
164	Sulava u Černošic, odkryv svrchu 1,8	0,3	2,0	2,3	0,3		4,0	2,6		86,0					2,3			0,3				
166	Tobolka, odkryv		35,0		0,5		1,0			60,0					2,0			1,0				
167	Vlence, odkryv		15,0	4,7	6,4	2,5	2,1	2,1	0,8	57,0	0,8				5,5				2,1			
168	Vížina, písč. proplástek v jílu		12,0	3,6	28,0		6,6	5,6		37,0					6,6			0,5				
169	Kobylisy, odkryv, 2 m nad bazí	0,4	4,4	9,2	16,0	11,0	1,8	16,0		37,0		0,4	0,9	0,9	1,8			0,9				
170	Klinec, odkryv		6,7	41,0	1,8	0,6	0,3	1,2		43,0					2,7			2,1	0,3			
Terciér, j. od Mořiny, Brunnerová et al. (1981)																						
Kromě opakních minerálů hojný staurolit a disten a minerály epidotové skupiny																						
Spodní pleistocén, "Vrážská terasa" v. od Berouna, Růžicková - Minaříková (1991)																						
1	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	14,5	0,8	1,6	2,6	1,6		2,2	3,0	1,0	0,2	6,6		1,4		1,0			0,4	58,8	3,8	
2	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	15,0	0,7	1,0	2,7	2,5		2,7	4,2	0,3	3,5	11,7		0,7		0,7			0,7	48,6	4,7	
3	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	16,9	0,6	0,9	0,9	0,3		1,5	4,6	0,6	3,7	10,8		0,9		0,9				52,6	4,3	
4	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	10,1	3,8	0,4	1,8	0,6		1,6	3,0	0,4	0,4	4,2		1,2		0,6			0,2	69,5	2,0	
5	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	11,5	1,5	1,5	3,0	0,4		0,9	4,3	0,2	2,2	8,2		2,8		0,7			0,2	58,3	4,1	
6	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	17,1	0,3	4,8	2,8	0,3		1,4	4,2	1,4	0,3	6,2		1,4		0,8			0,3	52,5	6,2	
7	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	8,0	1,3	1,1	2,9	1,9		3,5	4,3	0,5	0,5	4,5		1,1		1,1			0,8	65,5	2,7	
8	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	21,1	0,5	4,9	4,6	2,3		3,3	6,9	2,1	2,1	20,3		1,0		0,5			0,5	22,4	7,2	
Spodní pleistocén, "Berounská terasa" v. od Berouna, Růžicková - Minaříková (1991)																						
9	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	9,9	0,3	0,3	0,3	0,6		2,6	1,2			7,6	10,1	0,3		0,9				63,7	2,3	
10	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	7,8	0,5	1,0	0,7	1,5		1,7	3,6	0,5	13,9	12,1		0,7		0,7			0,5	50,8	4,4	
11	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	7,3	0,3	1,3	1,3	1,3		0,6	1,6	0,9	10,5	24,2		0,3		0,3			1,3	43,0	5,1	
12	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	10,2	0,7	0,7	1,4	1,2		0,7	3,8	0,9	6,6	13,7		1,4		1,2			0,2	52,8	4,3	
13	Zářez D5, v km 15,1 až 15,7	7,1	0,9	0,7	0,2	0,5		0,7	2,5		6,7	6,5		1,2		0,9			0,2	66,8	4,6	

Tabulka 1 Přehled vybraných publikovaných analýz zastoupení TM v terciérních a kvartérních sedimentech v širším okolí studované oblasti

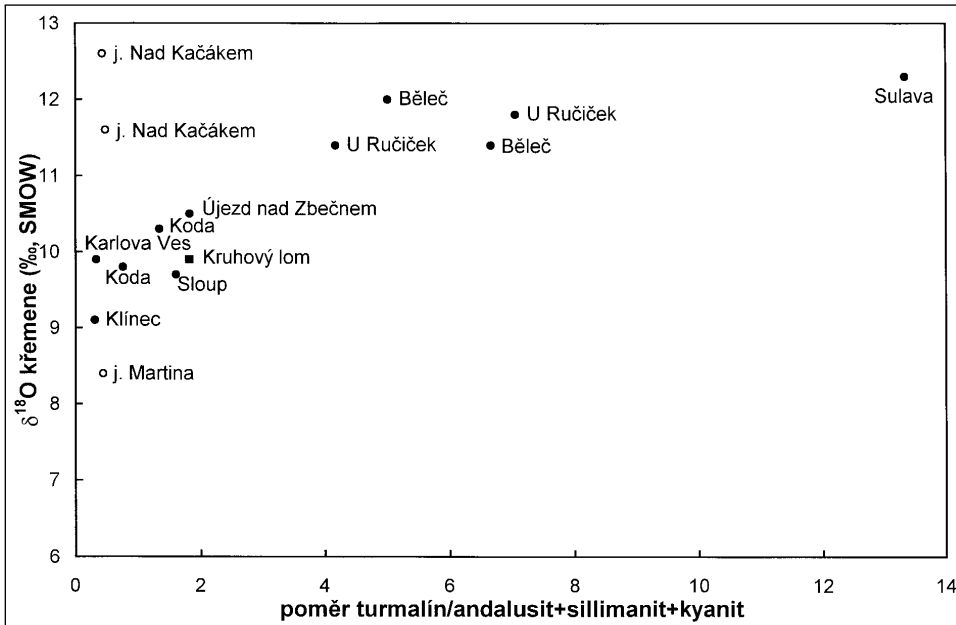
Table 1 Review of selected published heavy mineral assemblages from Tertiary and Quaternary sediments in a broader surroundings of studied area

Vzorek č.	Lokalizace	granát	zirkon	andalusit	kyanit	sillimanit	staurolit	minerály epidotové skup.	turmalín	pyroxeny	amfiboly běžné	amfibol modrý ^{1/}	světlá slída	tmavá slída	chlorit	gahnit (Zn spinel)	chromit	korund	rutil	ilmenit	titanit	anatas	leukoxen	magnetit	limonit a hematit	sekundární minerály Mn	monazit	apatit	florencit ^{2/}	chloridy a bromidy Cu, Zn	stržená lehká frakce
Křída a v terciéru redeponované křídové sedimenty																															
4 Branžov (Kras. deprese)		50	1			a		5	5	a	a							5	5	5	a	a	25	2	7		a			a ^{3/}	
9 Vysoký Újezd (Kříd. pískovce)		1	5					4					a				a	50	20	a	10	a	10		10						a ^{3/}
10 Kuchař (Kříd. pískovce)		5	a					5										10	10		a	25	5	40							
12 Bacín (karb. písek, antrop.)		a	5	5	a	a		a	a	a			a				a	a	a	a	a	40	20 ^{6/}	20	5						5 ^{4/}
21 Srbsko - Kruh. lom (Kras. deprese)		30	a	5		a	a	10		a	a	a	a					5	20	a	a	20	5	5							
23 Radošín-Hv.žďalka (Kras. deprese)		1	5			a		2			a							15	2		a	75	a								
Terciér, andalusit-kyanit-sillimanitová asociace																															
1 Kačák - zadní část (jeskyně)		10	5	5	a	10		5			a				a			2	50			5	2			a	6 ^{6/}				
2 Kačák - přední část (jeskyně)		1	10	15	10	2	a	15			a							1	30			5	1				10 ^{6/}				
3 Kačák - Ves (pískovna Skočová)		1	40	1	20	a		20			a							a	5			10	1	1			1				
11 Jeskyně Martina			10	1	a	a	a	5		a								a	20			10	1	50			3			a ^{3/}	
17 Kodské pole 1 (písc. štěrky)		1	25	1	a	2		20										1	40		a	10	a								
18 Kodské pole 2 (písc. štěrky)		a	6	1	a	2 ^{7/}		10								a		a	50		a	15	15	1							
20 Klínek (pískovna)		a	a	50	5	10	a	20	a	a								a	5			10	a	a							
22 Újezd nad Zbečnem (pískovna)		a	25	4	1	a	a	10			a		a			a	a	5	20	a		15	5 ^{5/}	10	a		5				
24 Netopýř j. Katedrála		5	15	15	a	20		10	a							a		10	15		a	10	a	a			a				
25 Netopýř j. Rotunda		a	15	25	a	15		8	a	a			a			a	a	1	20		a	15	a	a	a		1				a
Terciér, turmalínová asociace																															
6 Sulava (pískovna)		10	1	2		a		40			a					a	1	4	10		a	5	2	25	a		a				
13 Bělč - báze (pískovna)		5	5	2	a	1		50			a					a	a	2	20		a	10	5								
14 Bělč - povrch (pískovna)		3	7	1	2			50			a					a	a	3	1		1	30	2 ^{5/}		a						
15 U ručiček (pískovna, 2. sektor)		4	4	1	1			25									1	3	10			50	1								
16 U ručiček (pískovna, 3. sektor)		1	7	a	1		a	60										5	10		a?	15	1								
19 Sloup (pískovna)		a	15	5	5	a		40			a							a	5			25	5	a							
Kvarter																															
5 Krápníková jeskyně		a	1	3	a	a	3	a	a	3	5		a	1		a		2	12			30	15	25	a						
7 Jeskyně Marie		3	1	5	1	5	1	a	a	40	10		a	a				2	15			10	5	2		a					
8 Srbsko (pískovna)		1	a	a	a	a	a	2	5	a			a	a				a	5			20	15	50		2					

Tabulka 2 Těžké minerály (zrnová procenta) ve studovaných vzorcích. Optické stanovení minerálů bylo doplněno rtg-difrakční analýzou a kvalitativní analýzou minerálů na mikrosondě. Určení TM, kvantitativní odhad zastoupení a analýzy vybraných zrn Z. Táborský a - akcesorická přítomnost (< 1 %); do andalusit-kyanit-sillimanitové asociace řazený vzorek s poměrem turmalín/(and+ ky+sill) < 2, do turmalínové asociace vzorek s poměrem turmalín/(and+ ky+sill) > 2. Viz též obrázek 3

Table 2 Heavy minerals (grain percents) in studied samples. Optical determination of minerals was completed in X-ray diffraction analysis and quantitative mineral analysis on microprobe. Heavy mineral determination, quantitative estimation and analyses of selected grains by Z. Táborský a - accessory presence (< 1 %); samples with tourmaline/(and+ ky+sill) ratio < 2 were placed into andalusite-cyanite-sillimanite assemblage, samples with tourmaline/(and+ ky+sill) ratio > 2 were placed into tourmaline assemblage (see also Fig. 3)

Poznámky: 1. modrý amfibol - pro rtg. difrakční určení nedostatek materiálu, sonda - Al, Si, Mg, Fe = amfibol, optika = amfibol; 2. nesnadné rozlišování limonitu, leukoxenu a florencitu (fosfátu ze skupiny crandallitu), možné pouze pomocí chemického stanovení; 3. zelené chloridy a bromidy Cu - možná antropogenní kontaminace; 4. u tohoto anomálního vzorku kalcitického písku byl do těžké frakce stržen cca 5 % podíl kalcitu; 5. lupínky magnetitu s úhlem 60° v úlomcích horniny; 6. apatit ve formě devonských mikrofosilií; 7. staurolit s vysokým obsahem ZnO nad 1 %; 8. hlavně nikoliv magnetit, ale antropogenní kontaminace metalickým Fe



Obrázek 3 Graf izotopového složení kyslíku lehké frakce proti poměru vybraných těžkých minerálů. Plné kroužky = terciérní povrchové písčité sedimenty, prázdné kroužky = jeskynní písčité sedimenty, čtvereček = vzorek z krasové deprese v Kruhovém lomu

Figure 3 Isotopic composition of light fraction of oxygen versus ratio of selected heavy minerals. Full circles = tertiary sandy deposits from surface outcrops, circles = cave sandy deposits, square = sample from karst depression in the Kruhový Quarry

leukogranitů, například v českomoravské větvi moldanubického plutonu. Turmalín obsahují v moldanubické oblasti i různé metapelitické horniny (Novák a Povondra 1997). Hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ křemene ze vzorků z povrchových lokalit s převahou TM ze skupiny andalusit-sillimanit-kyanit byly nižší (v rozmezí 9,1 až 10,5 ‰ SMOW) a odrážely pravděpodobně jako hlavní zdroj žilný křemen nebo sekreční křemen metamorfitů. Mezi oběma asociacemi pravděpodobně existuje plynulý přechod (viz obr. 3). Izotopová data budou předmětem dalšího výzkumu a samostatné práce (Lachmanová a kol., in prep.).

Z jeskynních lokalit nebyly překvapující výsledky z jeskyně Martina (zhruba 347 m n.m.), které se asociací TM blíží nedalekým v podobných výškách odebraným povrchovým vzorkům z Kodskeho polesí a přísluší tedy k andalusit-kyanit-sillimanitové asociaci. S tím je ve shodě i nízká hodnota $\delta^{18}\text{O}$ křemene (viz obr. 3). Hodnocení vzorků z jeskyně Nad Kačákem a Netopýří jeskyně, které se obě nacházejí v nízké a obdobné nadmořské výšce nedaleko od sebe, je složitější. V jeskyni Nad Kačákem naznačují TM spíše afinitu k andalusit+kyanit-sillimanitové asociaci, hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ křemene jsou však vyšší. V grafu na obrázku 3 leží vzorky z jeskyně Nad Kačákem v oblasti, do které se nelze dostat ani smíšením obou typů známých z povrchových výchozů. Z Netopýří jeskyně jsou zatím k dispozici pouze data o asociacích TM. Asociace TM jsou v Netopýří jeskyni a v jeskyni Nad Kačákem v podstatě identické. Od povrchových terciérních lokalit se tyto jeskynní vzorky odlišují vyšší přítomností zirkonu a rutilu, tedy minerálů typických pro křídové sedimenty. Vzhledem k blízkosti obou jeskyní (vzdálenost cca 500 m) a podobné nadmořské výšce, podobnosti lehké frakce a shodě v asociaci TM lze předpokládat, že obě jeskyně obsahují v nehlubších (a tedy nejstarších) částech sedimentárních profilů klastický materiál odpovídající obdobnému stadiu vývoje freatických korozních systémů souvisejících s terciérními řekami. Místa vzorkování jak v jeskyni Nad Kačákem tak i v Netopýří jeskyni jsou přitom podstatně níže než známé povrchové výskytu terciéru v okolí Kruhového lomu nebo v oblasti Běleč - Karlštejn. Písky z oblasti Běleč - Karlštejn navíc mají odlišnou asociaci TM. Možnost redepozice terciérních sedimentů do jeskyní až v kvartéru je krajně nepravděpodobná, protože písky by si pravděpodobně nezachovaly svoji mineralogickou čistotu a dokonalé třídění. Světlé terciérní dobře tříděné křemenné písky se v jeskyních v úseku mezi Berounem a Karlštejnem tedy běžně vyskytují v úrovních kolem 240-245 m n.m., zhruba o 30 m níže než v povrchových výskytu. Zatím nejnížší nález těchto světlých křemenných písků se nachází v jeskyni Podtraťové, jako drobné relikt v cca 230 m n.m., v odbočkách a výklencích hlavního komína vyplněného jinak hlavně kvartérními šterky.

Dosavadní předběžná data ze světlých písků z jeskyně Nad Kačákem a z jeskyně Netopýří naznačují, že tyto jeskynní sedimenty reprezentují specifické období ve vývoji terciérních toků, kdy pravděpodobně docházelo k zařezávání toků a zrychlené erozi jak předchozích akumulací písků andalusit-sillimanit-kyanitové asociace tak i pískovců křídového stáří. Pokud budeme v povrchových lokalitách hledat ekvivalent písků zjištěných v těchto nízko položených jeskyních, je jim asociací TM nejbližší lokalita u Újezda nad Zbečnem, která se také nachází v anomálně nízké pozici nad řekou a také obsahuje i biotit. Obdobná data poskytl i vzorek z krasové deprese v Kruhovém lomu u Srbska, u kterého je obtížné rozhodnout, zda přísluší terciéru nebo křídě. Toto specifické období vývoje terciérních říčních systémů pravděpodobně

náleží spodnímu miocénu, nejspíše až po něm následovala akumulace místy velmi mocných sedimentů s turmalínovou asociací, zachovaných dnes v relikttech u Běleče a Krupné u Karlštejna nebo u Hýskova.

Jeskyni Nad Kačákem považoval za miocenní již Petrbock (1956 i starší práce), avšak bez konkrétních důkazů. Toto pozorování pravděpodobně založil na přítomnosti křemenných dobře vyříděných písků ve spodních polohách svých archeologických výkopů ve vstupní části jeskyně.

Ze studovaných skupin vzorků je nejsložitější hodnocení nejstarší skupiny, do které byly kromě jednoznačných křídových pískovců zařazeny i vzorky s nejasnou stratigrafickou pozicí odebrané z krasových depresí (kapes). Tato skupina je charakterizována vysokým zastoupením zirkonu, rutilu a sekundárních minerálů Ti a Fe. V případě krasových depresí se pravděpodobně jedná o směsný materiál s dominancí redeponovaných křídových sedimentů.

5. Závěr

Na základě provedené pilotní studie a starších poznatků o středočeském terciéru lze dojít k těmto závěrům:

(1) Metoda TM je pro studium alochtonních jeskynních klastik ČR velmi užitečná, protože asociace TM se v horninách z období křídě, terciéru a kvartéru dostatečně liší. Je vhodné ji kombinovat se stanovením izotopového složení kyslíku křemene lehké frakce.

(2) V rámci povrchových terciérních fluvialních a fluviolakustrinních sedimentů lze na základě dosavadních dat vyčlenit v širším okolí ČR dva typy sedimentů. Ty se liší zastoupením TM, izotopovým složením kyslíku křemene, převládajícími zdroji klastického materiálu a stářím. Stádium nacházející se ve vyšších nadmořských výškách (340 až 420 m n.m.) je charakterizováno vysokým zastoupením andalusitu, kyanitu a sillimanitu, nižším obsahem turmalínu a nízkými hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ křemene. Povrchové výskytu terciérních sedimentů nacházející se v nižších nadmořských výškách (280-330 m n.m.) jsou charakterizovány výraznou převahou turmalínu nad minerály skupiny andalusit+kyanit+sillimanit a vysokými hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ křemene. Obě stádia lze s největší pravděpodobností řadit do miocénu.

(3) Studované části jeskyní Martina (Obří dóm), Nad Kačákem (hlavní chodba) a Netopýří jsou terciérního stáří a obsahují ve spodních částech sedimentárních profilů dobře vyříděné křemenné písky. Písky v jeskyni Martině přísluší vyšší andalusit+sillimanit+kyanitové asociaci, což potvrzuje i nízká hodnota $\delta^{18}\text{O}$ křemene. V jeskyni Nad Kačákem a Netopýří jeskyni TM také naznačují příslušnost spíše k andalusit+sillimanit+kyanitové asociaci, obsahují však kromě toho i zvýšený podíl zirkonu a rutilu, tedy minerálů typických pro křídové sedimenty. Analýzy izotopového složení kyslíku křemene také naznačují, že písčité sedimenty v těchto nízko položených jeskyních reprezentují samostatné stádium ve vývoji terciérních toků, kdy docházelo k rychlému zařezávání říční sítě a k erozi křídových uloženin. Z povrchových lokalit se pískům těchto dvou jeskyní nejvíce blíží podle asociace TM výskyt křemenných písků u Újezda nad Zbečnem, který je také v anomálně nízké pozici nad řekou Berouňkou. Blízký je i vzorek z krasové deprese v Kruhovém lomu u Srbska.

(4) Klastické sedimenty ve studovaných jeskyních Krápníková v Šanově Koutě a Marie v Beranově lomu mají jednoznačně kvartérní příslušnost. Jejich asociace TM se nejvíce blíží nejstarší pleistocenní terase, jejíž sedimenty byly v. od Berouna datovány na 2,0 až 1,4 Ma před současností.

Literatura:

- Balatka B., Loučková J. (1991): Kvartérní terasy řeky Berounky. – *Sbor. Čes. Geogr. Spol.*, 96, 3: 145-162. Praha.
- Balatka B., Loučková J. (1992): Terasový systém a vývoj údolí Berounky. – *Stud. geogr.*, 96: 1-53. Brno.
- Balestrieri M.L., Bigazzi G., Bouška V., Labrin E., Hadler J.C., Kitada N., Osorio A.M., Poupeau G., Wadatsumi K., Zuninga A. (1998): Potential glass age standards for fission-track dating: An overview. – In: P. van den Haute, F. de Corte (Eds.): *Advances in fission-track geochronology*: 287-304. Kluwer Acad. Publ. Amsterdam.
- Blažková M. (1978): *Závěrečná zpráva úkolu Labovice I, 511 1383 301, 511 3962 513. Surovina: štěrkopísek*. – MS, Geoindustria. Praha.
- Bosák P. (1985): Periody a fáze krasování v Českém krasu. – *Čes. kras (Beroun)*, 11: 36-55.
- Bosák P. (1996a): The evolution of karst and caves in the Koněprusy region (Bohemian Karst, Czech Republic) and paleohydrologic model. – *Acta carsologica*, XXV: 57-67. Ljubljana.
- Bosák P. (1996b): Paleokarst of the Bohemian Massif in the Czech Republic: an overview and synthesis. – *Int. J. Speleol.*, 24, 1-4 (1995): 3-39. L'Aquila.
- Bosák P. (1998): The evolution of karst and caves in the Koněprusy region (Bohemian Karst, Czech Republic), part II: hydrothermal paleokarst. – *Acta carsologica*, XXVII/2, 3: 41-61. Ljubljana.
- Brom R., Bruthans J., Kolčava M., Příbil M.M. (2000): Velká sýrová loupež. – *Kras. deprese*, 7: 2-13.
- Brunerová Z., Kovanda J., Malecha A., Minaříková D., Zima L. (1981): *Zpráva o nálezu ložiska jemnozrnných stavebních písků jižně od Mořiny*. – MS, Arch. Čes. geol. Úst. Praha.
- Burkhardt R. (1958): Příspěvek k výzkumu říčních teras v krasových žlebech. – *Čs. kras*, 3: 279-282. Brno.
- Burkhardt R., Šerebl Z. (1965): Možnosti metody těžkých minerálů ve výzkumu krasových oblastí. – *Kras v Českoslov.*, 1: 2-6. Brno.
- Čílek V. (1989): Exhumace a geomorfologický vývoj Českého krasu. – *Čes. kras (Beroun)*, 15: 97-112.
- Čílek V. (1993): *Úvod a závěry k Kukla J.G. a Ložek V. (1993)*.
- Čílek V. (2000): Nejvyšší a nejvyšší fluvialní terciér Českého krasu. – *Čes. kras (Beroun)*, 26: 49-50.
- Čílek V., Žák K., Dobeš P. (1994): Formation conditions of calcite veins in the quarry „V Kozle“, (Hostim I, Alkazar) in the Bohemian Karst. – *J. Czech Geol. Soc.*, 39, 4: 313-318. Praha.
- Čadek J. (1964): *Nové poznatky o paleogeografii miocénních pánví severních Čech*. – MS, Kandidátská disertační práce. Praha.
- Čadek J. (1966): K paleogeografii chomutovsko-mostecko-teplické pánve (na základě studia těžkých minerálů). – *Sbor. geol. Věd, Ř. G*, 11: 77-114. Praha.
- Havlíček V., Bunnerová Z., Holub V., Hrkál Z., Cháb J., Chlupáč I., Kovanda J., Rudolfský J., Šalanský K., Štorch P., Volšan V. (1987): *Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, 12-411 Beroun*. – Čes. geol. Úst.: 1-100. Praha.
- Horáček I. (1980): *Nálezy mladocenozoické fauny v Českém krasu a jejich význam pro poznání morfogeneze této oblasti*. – MS, Úst. Geol. Geotech. Čs. Akad. Věd: 1-31. Praha.
- Horáček I. (1982): Výzkum fosilních obratlovců v CHKO Český kras. – *Památky Příroda*, 2: 106-111. Praha.
- Hypr D. (1976a): Těžké minerály ve fluvialních sedimentech jeskyně Barové. – *Speleol. Věst.*, 7: 52-59. Brno.
- Hypr D. (1976b): Fluvialní sedimenty v jeskyni Barové. – *Čs. kras*, 28: 59-73. Praha.
- IUGS (2000): *International stratigraphic chart (including explanatory booklet)*. – International Union of Geological Sciences and Division of Earth Sciences of UNESCO.
- Jäger O. (1993): Jakým směrem tekla Paleoberounka II? – *Čes. kras (Beroun)*, 18: 24-25.
- Jäger O. (1994): Jednotná evidence speleologických objektů. – *Čes. kras (Beroun)*, 14: 25-30.
- Kettner R. (1911): O uložení třetihorních štěrků a jílu u Sloupu a Klnce. – *Věst. Král. Čes. Společ. Nauk*, XXV: 1-9. Praha.
- Kočí A. (1991): Palaeomagnetic investigation of the Beroun highway section. – *Sbor. geol. Věd, Antropozoikum*, 20: 103-109. Praha.
- Kodým O., Matějka A. (1920): Geologicko-morfologický příspěvek k poznání štěrku a vývoje říčních toků ve středních Čechách. – *Sborník Čs. spol. zeměpis.*, 26: 17-32, 97-113. Praha.
- Kopecký A. (1972): Hlavní rysy neotektoniky Československa. – *Sbor. Geol. Věd., Antropozoikum*, 6: 77-155. Praha.
- Kovanda J., Herzogová J. (1986): Druhé chronologické paradoxon v kruhovém lomu u Srbska. – *Čes. kras (Beroun)*, 12: 59-62.
- Kukla J. (1956): *Terasy Praba – Beroun*. – MS, Geofond, P 9159. Praha.
- Kukla J.G., Ložek V. (1993): Průzkum říčních teras v okolí Tetína a otázka prvního říčního paradoxu. – In: V. Čílek (Ed.): *Krasové sedimenty, Knih. Čes. speleol. spol.*, 21: 30-41. Praha.
- Lachmanová M. (2000): Miocénní pánev Vižina a její význam pro poznání paleopotamologických poměrů jihozápadní části Českého krasu. – In: V. Čílek a P. Bosák (Eds.): *Zlatý kůň, Knih. Čes. speleol. spol.*, 36: 53-64. Praha.
- Lachmanová M. et al. (in prep): Tracing the sources of Tertiary continental clastics in the central Bohemia using heavy minerals and quartz d¹⁸O data. – *Věst. Čes. geol. Úst.*
- Lysenko V. (1982): Fázovitost vývoje jeskyní v Českém krasu. – In: *Sborník příspěvků Geomorfologické konference*: 185-190. Univerzita Karlova. Praha.
- Malkovský M. (1975): Paleogeography of the Miocene of the Bohemian Massif. – *Věst. ústř. Úst. Geol.*, 50: 27-31. Praha.
- Malkovský M. (1979): Tektogeneze platformního pokryvu Českého masívu. – *Knih. Ústř. Úst. Geol.*, 50, 2: 27-31. Praha.
- Novák M., Povondra P. (1997): Tourmaline in rocks of the Moldanubian Zone and Brunovistulicum; a review. – In: M. Novák and J.B. Selway (Eds.): *Tourmaline 1997, Field trip guidebook*: 11-17. Moravian Museum Brno and University of Manitoba, Winnipeg.
- Němec F. (1943): Novější paleontologické nálezy v českém terciéru. – *Věst. stát. geol. Úst.*, 18: 43. Praha.
- Němec F. (1949): Rostlinné otisky středočeských neogenních ostrovů. – *Stud. botan. Českoslov.*, 10: 14-103. Praha.
- Otava J. (1988a): *Význam těžkých minerálů pro paleogeografii a litofaciální analýzu východního okraje Českého masívu*. – MS, Kand. práce, Přírodověd. fak. UK. Praha.
- Otava J. (1988b): *Těžké minerály jeskynních písků Suchého žlebu a okolí*. – Sborník příspěvků ze semináře „Problematika speleologického výzkumu ostrovských a vilémovických vod“: 65-69. Blansko.
- Otava J., Vít J. (1992): Paleohydrology of the northern tributaries of the Punkva River reconstructed from the analysis of cave sediments (Moravian Karst, Drahaný Upland). – *Scripta Univ. Purkyn. brun. Geol.*, 141-156. Brno.
- Pešek J. (1972): Terciérní sedimenty ve středních a západních Čechách. – *Příroda*, 6: 1-55. Západočeské muzeum. Plzeň.
- Pešek J., Spudil J. (1986): Paleogeografie středočeského a západočeského neogénu. – *Studie ČSAV*, 14: 1-80. Praha.
- Petrboj J. (1950): Chronologické paradoxon terasových sedimentů v Českém krasu. – *Čs. kras*, 3: 176-177. Brno.
- Petrboj J. (1956): Český kras ve výzkumu do r. 1950. – *Antropozoikum*, 5: 9-46. Praha.
- Růžičková E., Minaříková D. (1991): Petrology of Lower Pleistocene continental deposits – Beroun highway. – *Sbor. Geol. Věd, Antropozoikum*, 20: 39-69. Praha.
- Suchý V., Hejlen W., Sykora I., Muchez Ph., Dobes P., Hladikova J., Jackova I., Safanda J., Zeman A. (2000): Geochemical study of calcite veins in the Silurian and Devonian of the Barrandian Basin (Czech Republic): evidence for widespread post-Variscan fluid flow in the central part of the Bohemian Massif. – *Sed. Geol.*, 131: 201-219. Amsterdam.
- Suchý V., Zeman A. (1999): Hydrotermální původ jeskyní v Českém krasu: nové paradigma. – *Acta Mus. Moraviae, Sci., geol.*, LXXXIV: 97-119. Brno.
- Tyráček J. (1991): The Beroun complex and the Lower Pleistocene stratigraphy. – *Sbor. Geol. Věd, Antropozoikum*, 20: 143-154. Praha.
- Tyráček J., Kovanda J. (1991): The Beroun highway – a new key profile for the continental Lower Pleistocene in Central Europe. – *Sbor. Geol. Věd, Antropozoikum*, 20: 9-37. Praha.
- Vít J. (1990): *Asociace těžkých minerálů v sedimentech jeskyní Moravského krasu*. – MS, Dipl. práce Přírodověd. fak. Masaryk. Univ. Brno.
- Vít J. (1996): *Fluvialní sedimenty severní části Moravského krasu*. – MS, Disertač. práce Přírodověd. fak. Masaryk. Univ. Brno.
- Woldřich J. (1914): O tektonice, třetihorách a diluviu v území mezi Berounkou u Budíán, Zad. Třebání a Litní. – *Sbor. Čes. spol. zeměvěd.*, XX: 1-12. Praha.
- Zeman A., Suchý V., Bosák P., Hladíková J., Jačková I. (1997): Hydrotermální kalcitové žíly a předkřídové korozní dutiny v prostoru Velkolomu Čertovy schody: první výsledky. – *Čes. kras (Beroun)*, 23: 33-40.
- Žák K., Hladíková J., Lysenko V., Slačák J. (1987): Izotopické složení uhlíku a kyslíku jeskynních sintrů, žilných kalcitů a sedimentárních vápenců z Českého krasu. – *Čes. kras (Beroun)*, 13: 5-28.
- Žebera K. (1972): Vltaviny v katastrofálních přívalových sedimentech u Prahy. – *Geol. Průzk.*, 2: 54-56. Praha.

Příloha: popisy vzorků**Vzorek 1**

Lokalizace: jeskyně Nad Kačákem (ev. č. 21-1), v údolí Kačáku (Loděnice) mezi Hostimí a ústím Kačáku do Berounky. Odběr světlých křemenných písků z jeskyně Nad Kačákem, nadm. výška cca 245 m n. m., z hlavní chodby ve vzdálenosti asi 40 m od vstupních dveří. V nadloží těchto bílých křemenných písků je pestrý komplex špatně vytríděných klastických a jílovitých sedimentů s nepravidelným obsahem ostrohranných kamenů a valounů. Tento nadložní komplex obsahuje výrazný černý horizont s vysokým obsahem sekundárních sloučenin železa a manganu.

Popis odebraného vzorku: dobře vytríděný světlý křemenný písek s velikostí zrna do 2 mm. Obsahuje ojedinělé úlomky tmavých hornin (břidlic, vápenců) o velikosti do 3 mm. V LF naprosto dominuje čirý nebo bílý křemen, většina zrn je ostrohranná nebo částečně zaoblená, ojedinělá zrna jsou dokonale zaoblená. Menší podíl křemenných zrn je narůžovělé barvy. LF dále obsahuje v množství zhruba prvních procent tmavá zrna křemene (proterozoické silicity?) dále je přítomen akcesorický muskovit a dosti hojně většinou tmavé drobné fosilie (uvolněné z devonských vápenců).

Vzorek 2

Lokalizace: stejná jeskyně jako vzorek 1, ale v místě při dně chodby pod prvním velkým komínem (dómem), zhruba 20 m od vstupních dveří.

Popis odebraného vzorku: světlý, jemnozrný dobře vytríděný křemenný písek s poměrně hojným muskovitem (hojnějším než u vz. 1). Materiál je velmi dobře tříděný a neobsahuje téměř žádná zrna nad 0,6 mm. V lehkém podílu čirá nebo bílá křemenná zrna dominují stejně jako u vzorku 1 ale zastoupení muskovitu je větší. Také obsahuje drobné fosilie a ojedinělá zrna tmavého křemene či tmavých hornin.

Vzorek 3

Lokalizace: pískovna Skočová v reliktu terciérních sedimentů u Karlovy Vsi (zhruba mezi Roztoky nad Beroukou a obcí Broumy). Opuštěná pískovna se nachází v nadmořské výšce zhruba 400 m n.m. asi 1 km z. od obce Karlova Ves. Směsný vzorek, odběr z více míst ze severní stěny pískovny.

Popis odebraného vzorku: dobře vytríděný bílý křemenný písek s velikostí zrn do 1 mm, většina zrn je pod 0,6 mm. Křemenná zrna jsou většinou ostrohranná, dosti hojně je přítomen muskovit, který se vyskytuje až v 2 mm velkých šupinkách. Jinak v LF kromě malého zastoupení tmavých zrn křemene (?proterozoické silicity) další minerály v podstatnějším zastoupení nejsou.

Vzorek 4

Lokalizace: lom Branžov u Loděnic, výplň krasové deprese v jz. stěně střední etáže, asi 10 až 15 m pod původním povrchem ze středu výplně deprese, nadm. výška zhruba 395 m n.m. Krasová deprese o průměru asi 7 m obsahuje pestré chaoticky uložené sedimenty několika typů. Vzorkován nepříliš dobře tříděný částečně zpevněný klastický materiál ve středu deprese, jedná se o písčité sedimenty redeponované pravděpodobně z nedalekých výchozů křídových pískovců.

Popis odebraného vzorku: písek je částečně zpevněný jílovitým tmelem. V LF dominují křemenná zrna, většinou ostrohranná nebo jen mírně opracovaná. Řada zrn křemene má načervenalou nebo nažloutlou barvu. Makroskopicky je písek podobný vzorku č. 9., z pískovny v křídových pískovcích nedaleko Vysokého Újezda (viz níže). Slídy v lehkém podílu nebyly zjištěny. Ojediněle přítomna tmavší křemenná zrna.

Vzorek 5

Lokalizace: jeskyně Krápníková v Šanově Koutě u Berouna (ev. č. 20-3), odběr dobře tříděných hnědých písků nedaleko nejnižšího bodu hlavního dómu jeskyně. Nadmořská výška zhruba 240 m n.m.

Popis odebraného vzorku: dobře vytríděný hnědý křemenný písek. V LF je zastoupení křemene zhruba 80 %. Obsahuje poměrně hojně obě slídy (muskovit i biotit). Dosti četné jsou úlomky sedimentárních hornin a metamorfovaných hornin s muskovitem. Zrna biotitu jsou málo chloritizovaná - vzorek byl transportován rychle a relativně nedávno a lze jej zařadit do kvartéru. Opracování zrn je většinou poměrně špatné, jsou často ostrohranná.

Vzorek 6

Lokalizace: typová lokalita paleontologicky datovaných miocénních fluvialních sedimentů na okraji ČK, pískovna Sulava nedaleko Třebotova, nadm. výška cca 330 m n.m. Odběr směsného vzorku po celé ploše současné aktivní pískovny, odběr orientován zejména na světlejší, dobře tříděné písky.

Popis odebraného vzorku: zpravidla jemnozrné (do 2 mm) dobře vytríděné křemenné písky, křemenná zrna v LF naprosto dominují a jsou čirá nebo

bílá a většinou do různé míry zaoblená, řada zrn je však i ostrohranných. Ze slíd přítomen vzácně muskovit. Tmavá zrna přítomna v LF jen ojediněle (černý křemen?).

Vzorek 7

Lokalizace: hrubými klastickými sedimenty zaplněná jeskyně Marie (ev. č. 25-24, součást lomem přerušeno jeskynního systému j. Marie-j. Severní-j. Dynamitka) v tzv. Beranově lomu, asi 2 km z. od mostu v Karlštejně na levém břehu Berounky, zhruba 230 m n.m.

Popis odebraného vzorku: z hrubých špatně vytríděných valounových štěrků s velikostí valounů do 5 cm oddělen síťováním jemný podíl pod 0,6 mm. Jemná frakce je polymiktní, nekřemenný materiál představuje zhruba 20 %. Hojně zastoupen muskovit i biotit. Materiál je ostrohranný, téměř žádná dobře opracovaná zrna. Biotit je poměrně dobře zachován a vzorek lze zařadit do kvartéru.

Vzorek 8

Lokalizace: Srbsko, pískovna na říční terase „Na Závěrci“ jv. od obce, pískovna v pleistocénní terase Berounky je v nadmořské výšce 250-260 m n.m. Odběr směsného vzorku z více míst v pískovně, ze svrchní části souvrství.

Popis odebraného vzorku: z hrubého špatně vytríděného štěrku s valouny až do 5 cm oddělen síťováním jemný podíl pod 0,6 mm. Jemná frakce je makroskopicky hnědorezavá, křemenný materiál je převážně ostrohranný a je ho okolo 80 %. LF obsahuje obě slídy, biotit i muskovit, biotit jen nehojně. Zjištěny byly úlomky sedimentární hornin i metamorfovaných slídnatých hornin (? s granátem). Mnoho křemenných zrn je barevných, bílých nebo čirých je menšina.

Vzorek 9

Lokalizace: malá opuštěná pískovna v křídových pískovcích mezi Vysokým Újezdem a Kuchaří, 1 400 m v. od silniční křižovatky ve Vysokém Újezdě, vzorek ze dna pískovny z nadmořské výšky zhruba 385 m n.m.

Popis vzorku: křemenný špatně zpevněný hrubozrný pískovec až drobnozrný štěrk, ostrohranný křemenný materiál s velikostí zrn ojediněle až do 5 mm naprosto dominuje. Makroskopicky je pískovec rezavý, většina křemenných zrn je zbarvena oxidy a hydroxidy Fe. Slídy v lehkém podílu nebyly zjištěny.

Vzorek 10

Lokalizace: opuštěné drobné pískovny v křídových pískovcích při silnici mezi Kuchaří a Tachlovicemi, odběr ze stěny pískovny asi 150 m sz. od kóty 383,3 „V pískách“.

Popis vzorku: makroskopicky narezlé rozpadavé pískovce, křemenný materiál dominuje a je velmi ostrohranný. Většina křemenných zrn je zbarvena rezavé oxidy a hydroxidy Fe. Slídy nebyly zjištěny.

Vzorek 11

Lokalizace: jeskyně Martina (ev. č. 15-5) v Kodsém polesí, písek z tzv. Obřího dómu při ústí Krápníkové chodby, cca 347 m n.m., z podloží kvartérních jeskynních sedimentů hlinitého charakteru.

Popis vzorku: makroskopicky rezavý, dobře vytríděný písek až drobnozrný štěrk. Po odkalení čistý, šedobílý, většina rezavého zbarvení způsobena jeskynním jílem. Obsahuje křemenná zrna ojediněle až do 5 mm a úlomky vápenců a dalších hornin do 1 cm. V LF naprosto dominuje většinou téměř čirý, ojediněle šedý nebo růžový křemen, některá zrna jsou dokonale opracována, většina jich však je ostrohranných. Slídy nebyly zjištěny.

Vzorek 12

Lokalizace: Bacín, relikt „písčitých sedimentů“ přibližně 150 m ssv. od vrcholu. 468 m n.m.

Popis vzorku: velmi jemnozrný, dobře vytríděný, silně jílovitý písek. Většina materiálu byla jílovitá, písčité frakce jen menšina. V písčité lehké frakci dominují čirá, dobře štěpná zrna kalcitu (více než 90 %). Nekarbonátový písčité materiál je představován převážně ostrohrannými zrny křemene. V LF je dále zastoupena sedozelená sklovitá hmota s dokonale izometrickými magnetickými inkluzemi, pravděpodobně se jedná o železářskou struku s inkluzemi metalického Fe. Vzorek se silnou antropogenní kontaminací, možná dokonce antropogenní materiál. Z interpretace byl tento vzorek vyloučen.

Vzorek 13

Lokalizace: pískovna Běleč, 500 m v. od obce Běleč, 10 m pod současným povrchem (292 m n.m.) zhruba 282 m n. m. ve v. stěně pískovny.

Popis vzorku: středně až hrubě zrnitý bílý písek, vzácně až klasty velikosti 3 mm. Vzácně přítomna drobná zrna muskovitu a kaolinizovaná zrna, původ-

ně pravděpodobně živce. V LF naprosto dominuje čirý nebo bílý křemen, většina zrn je poměrně ostrohranných některá jsou dobře opracovaná. Mimořádně čistý křemenný písk, s minimem dalších příměsí v LF.

Vzorek 14

Lokalizace: pískovna Běleč, 2 m pod současným povrchem (292 m n.m.), zhruba 290 m n.m. v s. stěně pískovny.

Popis vzorku: vzorek je velmi podobný předchozímu. Jde o světle rezavobílý středně až hrubě zrnitý písk. V LF naprosto dominuje čirý nebo bílý, většinou ostrohranný křemen, menší podíl křemenných zrn je do různé míry opracovaný, některá zrna dokonale. Zjištěn ojedinělý muskovit. V lehké frakci je přítomen žlutý jzr. minerál, pravděpodobně sekundární kaolinit.

Vzorek 15

Lokalizace: pískovna U ručiček mezi Karlštejnem a Litní, 650 m j. od obce Krupná, 20 m pod současným povrchem (zhruba 310 m n.m.), zhruba 290 m n.m. j. část pískovny.

Popis vzorku: jde o rezavý hrubozrnitý písk, ve kterém jsou patrná smetanově bílá zrna kaolinizovaných zrn patrně živců. LF obsahuje naprosto dominantně křemenná zrna, které jsou většinou ostrohranná, menší podíl křemenných zrn je do různé míry opracován. Akcesoricky je přítomen muskovit. Přítomno je zhruba několik procent bílých cukrovitých zrn kaolinizovaných živců. Téměř žádná zrna tmavého křemene.

Vzorek 16

Lokalizace: pískovna U ručiček, 650 m j. od obce Krupná, 5 m pod současným povrchem (zhruba 310 m n. m.), 305 m n.m. v s. stěně pískovny.

Popis vzorku: bílý hrubozrnitý písk, ve kterém jsou patrná smetanově bílá zrna kaolinizovaných zrn patrně živců jako v předešlých třech vzorcích. Vzorek neobsahuje téměř jílovou frakci. LF je velmi podobná předchozímu vzorku, muskovit nejištěn.

Vzorek 17

Lokalizace: terciérní relikt v Kodském polesí, zhruba 385 m n.m., odebráno z profilu asi 1,3 m pod současným povrchem, v. část reliktu.

Popis vzorku: rezavý střednězrnitý písk obsahuje velký podíl jílové frakce. V LF naprosto dominuje křemen. Naprostá většina zrn je ostrohranných, jen zcela ojediněle jeví opracování. Nadpoloviční většina zrn křemene je na povrchu žlutavě zbarvena. Muskovit přítomen akcesoricky. Menší podíl (cca 1 %) křemenných zrn je tmavých.

Vzorek 18

Lokalizace: terciérní relikt v Kodském polesí, zhruba 385 m n.m., 750 m vsv. od kóty 407 m n.m., z. část reliktu (400 m z. od předešlého vzorku), vz. odebrán z hloubky 40 cm pod současným povrchem.

Popis vzorku: rezavý hrubozrnitý písk s velkým podílem jílové frakce. V lehké frakci dominuje čirý nebo bílý, většinou ostrohranný křemen, opracovaných zrn je zanedbatelné množství. Přítomen šedý a černý křemen do 1 %. Muskovit nebyl zjištěn. Dosti hojně jsou černé úlomky, místy až struskovitěho charakteru, většina z nich je pravděpodobně dřevěné uhlí, zřejmě se jedná o důsledek požáru lesa (odběr byl proveden relativně mělko pod povrchem).

Vzorek 19

Lokalizace: opuštěná pískovna Sloup, 500 m sz. od obce Sloup, současný povrch zhruba 325 m n.m., vzorek odebrán ze s. stěny 5 m pod povrchem.

Popis vzorku: červenorezavý středně až hrubě zrnitý písk obsahuje značný podíl jílové frakce. V LF naprosto dominuje čirý nebo bílý křemen, většinou ostrohranný, opracovaných zrn je malé množství. Asi třetina zrn je na povrchu nažloutlá nebo načervenalá. Černá zrna křemene v podstatě scházejí, muskovit nejištěn.

Vzorek 20

Lokalizace: opuštěná pískovna Klíneč, 2 m vysoký profil v j. části bývalé pískovny zhruba 340 m n.m., 100 z. od obce Klíneč.

Popis vzorku: světle rezavý hrubozrnitý písk obsahuje podíl jílové frakce menší než v předchozím vzorku. V LF naprosto dominuje čirý nebo bílý ostrohranný křemen, opracovaných zrn je menšina, slídy nebyly zjištěny, zrna nejví nažloutlou nebo červenou barvu povrchu jako u předchozího vzorku, jsou čirá nebo ojediněle bílá. Černá zrna v LF v podstatě scházejí.

Vzorek 21

Lokalizace: Kruhový lom u Srbska, výplň krasové kapsy v z. stěně lomu, těsně pod skřívkovou etáží, zhruba 275 m n.m.

Popis vzorku: makroskopicky šedozelený, velmi jemnozrnitý písk až písčité jí. Písčité frakce je ve vzorku zastoupena podřízeně, většina vzorku je ve frakci pod 0,063 mm. V písčité frakci naprosto dominuje čirý nebo ojediněle bílý křemen, velikostní rozdělení je bimodální – jednak malá zrna kolem 0,1 mm a potom výrazně větší zrna. Obsahuje muskovit i akcesorický biotit, který není příliš zvětřalý. Poměrně hojně jsou úlomky světle zelené jemnozrnité horniny. Přítomny jsou devonské karbonátové mikrofosilie.

Vzorek 22

Lokalizace: malá opuštěná pískovna mezi Račicemi nad Berounkou a Újezdem nad Zbečnem, v reliktu starších sedimentů v podloží hlavní kvartérní terasy (asi 70 m nad hladinou Berounky, 300 m n.m.).

Popis vzorku: v LF naprosto převažují čirá nebo i ojediněle bílá křemenná zrna s velmi vysokým opracováním. Ostrohranná zrna jsou v menšině. Vzorek obsahuje dosti hojně dobře zachovaný biotit, muskovit jen zcela ojediněle. Scházejí i tmavá zrna křemene.

Vzorek 23

Lokalizace: vyplněná deprese nad lomem Hvíždalka-Radotín, písky v depresi na horní etáži lomu Hvíždalka, zhruba 335 m n.m., složitý komplex sedimentů různého stáří (? křída – kvartér), vzorek odebrán z fluvialních sedimentů zhruba 10 m pod současným povrchem, ve fluvialních sedimentech lokality převažují písky, menší podíl tvoří jílovité prachy.

Popis vzorku: bílý hrubozrnitý písk s minimálním podílem jílové frakce obsahuje tmavá zrna křemene (? z bulizníků). LF je tvořena téměř výhradně křemennými zrny, která jsou všechna ostrohranná, částečně opracovaná zrna jsou přítomna jen zcela podřízeně. Slídy nebyly zjištěny.

Vzorek 24

Lokalizace: Netopýří jeskyně v lomu na Chlumu u Srbska (ev. č. 23-3), odběr z výkopu v konci chodby pod žebříkem do Katedrály, zhruba 250 m n.m.

Popis vzorku: vzorek bílých písků ze složitěho profilu, představovaného pravděpodobně zaklesávajícím obsahem krasové kapsy. V blízkosti místa odběru jsou vápence přeměněny na tzv. bílé vrstvy, v nadloží jsou pestré jíly a jeskynní hlíny. Písk je křemenný, hrubozrnitý (místy drobný valounkový šterk) pro separaci použita frakce pod 0,8 mm. Křemenná zrna jsou většinou ostrohranná, menší podíl zrn je středně dobře až velmi dobře opracován. Naprostá převaha zrn křemen je čirých, černá nebo růžová zrna křemene zastoupena ojediněle. Zjištěno několik zrn muskovitu, a ojediněle přítomný sericitizovaný biotit. Přítomny jsou drobné fosilie uvolněné z paleozoických vápenců.

Vzorek 25

Lokalizace: stejná jeskyně jako vzorek 24, odběr z výkopu v odbočce z Rotundy, zhruba 255 m n.m.

Popis vzorku: velmi dobře tříděný křemenný písk, většina zrn je pod 0,8 mm. Jinak je lehká frakce velmi podobná vzorku č. 24.

Křemen-goethitové akumulace v krasových výplních Českého krasu se zvláštním zřetelem na koněpruskou oblast

Quartz-goethite accumulations in karst fill of the Bohemian Massif with special respect to the Koněprusy region

Václav Cílek¹, Pavel Bosák¹

0. Abstract

The Mesozoic-Paleogene weathering phase is represented by rare silicified woods, fragments of ferricretes with the anatase cements and silcretes of the Labe type. The presence of Al-rich minerals of the bauxite type in karst depression can indicate intensive tropical weathering. The Neogene weathering phase is represented by abundant finds of silicified, ferritized and mixed rocks. In karst fills, there are quartz-goethite aggregates with lack of Al- and Ti-rich phase. Silicified and ferritized clays and fluvial sediments are also numerous. Quaternary phase of weathering is typical rather only by thin Fe-rich coatings on limestones and some opal mineralization of speleothems. The silicification and ferritization had caused colour changes of sedimentary fill and metasomatism of limestone host-rock and carbonate concretions in sediments. The parallel occurrences of silcretes and ferricretes indicate the result of the uniform phase of weathering. Quartz-goethite aggregates contain almost no clay minerals. Their age can be estimated as equivalent to the Sulava type of ferricretes, i.e., Lower Miocene or slightly younger.

1. Úvod

V koněpruské oblasti jsou již déle jak padesát let (Petrbok 1949) nalézány úlomky, polohy, konkrece a vzácněji i krápníky a mikrobiální intuskrustace tvořené feritizovanými a silicifikovanými horninami a minerálními agregáty. V květnu 1999 bylo v prostoru Velkolomu Čertovy schody-východ (VČS-V) těžbou odkryto hluboce zkrasověné zlomové pásmo, ve kterých byly nalezeny mimořádně bohaté jemnozrné agregáty („opál zemité“) goethit-křemenného složení. Cílem této práce je nejenom popis nálezů a jejich zařazení do kontextu vývoje zvětrávacích horizontů jádra Českého masívu, ale také shrnutí poznatků o dřívějších nálezích, které byly v uplynulých desetiletích učiněny v koněpruské oblasti.

2. Metoda výzkumu

Základem práce je soubor asi 30ti charakteristických vzorků železitých minerálů a hornin, které byly v uplynulých dvaceti letech nalezeny při prolongačních pracích v jeskyních koněpruské oblasti, odkryty těžební činností ve VČS-V i západ (VČS-Z), dále v opuštěných lomech Zlatého koně a Kobyl, na nyní již rekultivované výspě VČS a na odvalu štol do Vánočních jeskyní. Tyto dřívější, jen částečně publikované nálezy (metodika viz např. Cílek a Koloušek 1990), byly doplněny osmi reprezentativními vzorky z nových nálezů. Vzorky byly identifikovány rentgen-strukturní analýzou (difraktograf Philips, analytik K. Melka) a chemicky analyzovány na obsah hlavních komponent pomocí energiově-disperzního analyzátoru rentgenového záření (EDAX, analytik A. Langrová). Část vzorků byla zkoumána běžnými optickými metodami pomocí leštěných nábrusů a petrografických výbrusů. Zkoumaný soubor byl doplněn analogickou srovnávací řadou 16 silicifikovaných hornin, které byly zkoumány již při dřívějších výzkumech (viz dále).

3. Nálezy silicifikovaných a feritizovaných hornin

Petrbok (1949) našel v dnes již lomem zničené dutině na úpatí Kobyl hnědavé, silicifikované jíly, které označil jako „opál zemité“ a předpokládal u něj neogenní stáří. Homola (1950) objevil jemnozrné, „kvarcinové“ agregáty v Hergetově lomu na Zlatém koni. Domnívá se, že prokřemenění je důsledkem lateritizace. Homolův výskyt je možné revidovat - v zakleslých krasových výplních se srbskými vrstvami pod cestou na středisko Koněpruských jeskyní, v mělkém lůmku ležícím asi 40 m sv. nad jeskyňářskou základnou je dodnes možné nalézt úlomky hnědých prokřemenělých jílu, jejichž kontrakční trhliny jsou vyplněny světlým až namodralým jemnozrným křemenem („chalcedonem, kvarcinem“). Hnědé, silicifikované jíly místy přecházejí do písčitých partií zpevněných goethitem. U tohoto nálezů je dokonce možné, že se jedná o Petrbovu původní lokalitu připsanou blízké Kobyle, protože v této době nebyly místní názvy zcela ustáleny.

Po objevu Koněpruských jeskyní Kukla (1952) rozpoznal dvě fáze silicifikace - starší je doprovázena feritizací, zatímco mladší se projevuje jen jako opálové laminy v sintrech a růžicích (viz též Skřivánek 1956; Komaško 1987).

Analýzovali jsme těžké, hnědé silicifikované a feritizované úlomky nalezené v jeskyni U žaby ležící pod vchodem do Koněpruských jeskyní. Kromě křemene a čistého goethitu zde byly též nalezeny goethitové partie obsahující okolo 5-6 % Al.

Převážně v 70. letech věnoval značnou pozornost opálů a jemnozrnému křemenu vyskytujícímu se v sintrech Lysenko a Slačik (1977-1984). Cílek (1984, 1986) našel postupně několik nových výskytů silicifikovaných hornin. Ve většině případů se jedná o silurské graptolitické břidlice, které jsou zcela přeměněny na našedlé jemnozrné křemence. Graptoliti bývají zachováni jako feritizované partie. Úlomky silicifikovaných břidel byly v krasových výplních Zlatého koně nalezeny již dříve Kuklou (1956), který se na základě jejich výskytu domníval, že nekarbonátové podloží koněpruského devonu muselo zasahovat podél očkovského násunu dál na J. Teprve nedávno (Cílek 2000) byl objeven v cestě u kostela sv. Jiří u Tmaně *in situ* výskyt vybělených silicifikovaných původně graptolitických břidel.

Značnou pozornost věnoval opálovým speleotémům, silicifikovaným a feritizovaným horninám Komaško (1985; též Komaško a Cílek 1987). Nalezl jak masivní rezavě silicifikované limonity, tak i bakteriální vlákna pokrytá Fe-oxidy a křemenem i četné výskyt recentního a subrecentního opálu v sintrech a krápnících značné části Českého krasu (Komaško 1985). V tomto příspěvku se však soustředíme na masivní horniny typu „zemitého opálu“ nalézáných v krasových výplních, protože otázka vzniku a výskytu křemenných a opálových speleotémů představuje specifický problém.

V blízkém okolí Koněprus byly velké hlízy (o váze až několika kg) „zemitého opálu“, tedy velmi jemnozrných silicifikovaných hornin, které někdy mívají až 2 cm mocné železité lemy nalezeny v rýze pod Tobolským vrchem v místech, kde se trasa plynovodu dotýká silnice do Tobolky (Cílek 1997). Mezi Berounem, Tetínem, Měňany a vrchem Bacín je možné na polích a při příležitostných odkryvech nalézt masivní ferikrety typu Sulava (Cílek 1996), které představují fluvialní třetíhořní písky až štěrky tmelené limonitem. Dále se zde vyskytují jemnozrné paleogenní silikrety typu Labe s anatasovým tmelem (důležitá lokalita s četnými bloky lemuje svahy údolí v okolí Měňan); a našedlé, písčité porézní silikrety typu Rudná (Cílek a Bednářová 1993). Tento poslední jmenovaný typ silikret je pro poznání nově nalezených jemnozrných křemen-goethitových agregátů zvláště důležitý, protože jim mineralogicky a typově velmi dobře odpovídá - je písčité porézní, obsahuje „čistý“ křemen a „čistý“ goethit bez stop anatasu a jen s malým obsahem Al-sloučenin. Rozdíl je v tom, že na polích u Rudné se zachovaly jen odolné kusy křemen-goethitových agregátů, ale v koněpruské oblasti můžeme studovat i syké facie a jejich uložení.

Shrneme-li nálezy silicifikovaných a feritizovaných minerálních agregátů a hornin v koněpruské oblasti, můžeme uvažovat o těchto základních typech:

(1) **Masivní hnědé limonity.** Vyskytují se nejčastěji zakleslé v krasových výplních a to i víc jak 100m pod úrovní povrchu. Obvykle se jedná o různě zprohýbané vrstevnaté agregáty a konkrece. Pokud jsou nalezeny *in situ*, tak bývají obklopeny písčitymi partiemi, které kromě křemene a jílových minerálů obsahují žlutohnědý, prachový goethit. Jsou běžné, téměř všudypřítomné, takže obvykle nebývají popisovány. Někdy mají charakter kontaktních limonitů vysrážených z alochtonních vod na karbonátové bariéře (typové lokality: dutiny j. stěny VČS-Z, Tetín - ostroh pod hradem v Tetínském roklí, Chlum - sluje pod svážnicí). Vzácně byla pozorována metasomóza dutých vápencových konkrecí Fe a Mn oxidy - vývoz z Vánočních jeskyní, jeskyně Nad Kačákem). Výjimečně byl nalezen koncentrický, radiálně paprskovitý goethitový krápník o délce asi 3 cm (výsypka VČS na Kotýze).

(2) **Ferikrety typu Sulava.** Představují hnědé feritizované říční sedimenty pravděpodobně klineckého stádia spodní třetiny miocénu. Objevují se jak na

¹ Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

Práce vznikla ve spolupráci s firmou Velkolom Čertovy schody, a.s. a v rámci CEZ TZ-013-912 GLÚ AV ČR

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 15-20, 1 tab., 4 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

krasových površích (skrývka v předpolí VČS-V), tak zakleslé do výplně. V pozici *in situ* se vyskytují např. v drobných lůmcích v horní části svahu nad silnicí Radotín-Třebotov (Čílek 1996).

(3) **„Zemité opál“**. Vyskytuje se v úlomcích, infiltračních zátecích a konkrecích až několik desítek kg těžkých v podobě zemitých, ale i lesklých, opálů podobných agregátů tvořených hlavně jemnozrnným křemenem, jejichž kontrakční trhliny bývají někdy vyplněny tenkými (1-2 mm) žilkami bílého či namodralého křemene. S jedinou výjimkou všechny lokality zanikly - drobné úlomky se dají nalézt v mělkém lůmku mezi transformátorem a jeskynářskou základnou na Zlatém koni. Nově zde byly nalezeny duté křemenné konkrece o průměru až 8 cm nápadně podobné jeskynním cicvárům Petrbock 1949; Homola 1950; Kukla 1952; Čílek 1997).

(4) **Křemenné a opálové laminy** a náteky ve speleotémách včetně koněpruských růžic. Jedná se o několik generací křemenných a opálových speleotém, z nichž nejstarší jsou pravděpodobně třetihorního stáří a nejmladší recentní (Lysenko, Slačák, Komaško - řada prací a řada lokalit v jeskyních Koněprus, Tetina, Srbska aj., viz soupis literatury).

(5) **Feritizovaná a silicifikovaná bakteriální vlákna**. Typová lokalita: VČS-Z, zanikla těžbou (Komaško 1985). Existují však současné analogy např. v grafitovém dole v Českém Krumlově, kde je možné pozorovat srážení Fe-hydroxidů na bakteriálních vláknech.

(6) **Silkrety**. Méně časté jsou lesklé, masivní hnědé až šedavé paleogenní silkrety nalézané v úlomcích na krasových površích. Častější jsou světlé silkrety křemencového vzhledu, které vznikají silicifikací hlavně křídových pískovců (místy asi i rozpadlých písků) a silurských břidlic (Čílek 1996). Typové lokality: v koněpruské oblasti jen sporadické nálezy, jinak hlavně meze s vybraným kamenem z polí v okolí Rudné a Tachlovic, kusy i několik set kg těžké s přechody do ferikret.

(7) **Další nálezy**. Silicifikované nebo feritizované mohou být jakékoliv horniny a to s různou intenzitou i zastoupením jednotlivých složek. To umožňuje vcelku zbytečné vyčlenění mnoha dalších typů. Je zapotřebí však zmínit nálezy knene silicifikované křídové rostliny *Tempskya* ve výplni deprese na VČS-V (Čílek, Típková a Kvaček 1992), protože představuje jednoznačný důkaz rychlé křídové silicifikace.

4. Nový nález

Geologická pozice

Nálezy křemen-goethitových agregátů byly vázány na intenzivně zkrasověné zlomové pásmo v koněpruských vápencích na 7. etáži VČS-V. Koněpruské vápence (prag, spodní devon) byly organodetrilitické (kalkarenity), krinoidové, s jemnou i hrubší drtí fauny, místy s brachiopody, úlomky stromatopór, s velkými lilijicemi, místy s tenkými neptunickými a kalcitovými žilkami. Zlomové/puklinové pásmo mělo směr S-J až SSV-JJZ a v profilu pásmem se střídaly plotny vápence s korodovanými stěnami o mocnosti prvních decimetrů s krasovými hlínami okrové až červenohnědé barvy o obdobné mocnosti. Celé pásmo mělo mocnost několika metrů.

Přítomnost litologicky odlišných poloh v sedimentární výplni zkrasověné zóny byl indikován obtížemi při vrtání děr pro clonové odstřely (velmi malý postup a často se musely měnit zcela ztupené vrtací korunky). Po příslušném odstřelu jsme se proto zaměřili na podrobnější prohlídku sedimentárních výplní. Silicifikovaná poloha se barevně od vlastních krasových výplní odlišovala jen neztetelně, tvořila však nepravidelné tvary v náznaku horizontální struktury.

Makroskopický a mikroskopický popis

Nově nalezené křemen-goethitové agregáty mají výrazně rezavě hnědožlutou barvu. Jsou jemnozrnné, ve středu poloh velmi odolné, ale směrem k okrajům přecházejí do polosypkých až sypkých uložení. Při běžném pohledu působí homogenně, ale již při použití lupy je patrná základní laminární stavba tvořená jednak krátkými, přerušovanými vrstvičkami, tak i zprohýbanými polohami. V základní hmotě je místy patrný jemnozrnný, krystalický křemen uspořádaný do tenkých lamin (1-3 mm), které rychle vyznívají. V sypkých plochách se uplatňují lokální vrstvičky hnědého limonitu. V zóně přecházející k vápencům se objevuje novotvořený kalcit v podobě rozptýlených světlých i hnědých, lesklých, štěpných krystalů o velikosti kolem 2-3 mm. V místech, kde je kalcit rozpuštěn se projevuje krupičkovitá struktura. Část vzorků připomíná zpevněný jílovec, ale centrální partie jsou lesklé a po úderu zvonivé - jejich mikroskopická kostra je tvořena zrnky křemene ve vzájemném kontaktu, zatímco měkké partie obsahují goethitovou matrix s izolovanými, nedotýkajícími se zrnky křemene.

Na dobře umytých vzorcích jsou patrné laminy druhotného, mikrokrytalického křemene. Objevují se i koncentrické útvary Liesegangových struktur o maximálním průměru kolem 10 cm. Jsou tvořené 6-10 asi 1-2 mm mocný-



Obrázek 1 Liesegangovy struktury tvořené křemenem II. generace v křemen-goethitových agregátech z Velkolomu Čertovy schody-východ. Velikost vnějšího kruhu je 9 cm

Figure 1 The Liesegang structures formed by the second generation of quartz in quartz-goethite aggregates from the Velkolom Čertovy schody-Quarry East. The diameter of the outer circle is 9 cm

mi koncentrickými slupkami tvořenými křemenem (obr. 1). Při mikroskopickém studiu se v jemnozrnné základní hmotě tvořené jak křemenem, tak goethitem objevují laminy a hnízda krystalů křemene. Častý je případ, kdy v goethitové matrix plavou drobná zrna (0,005-0,008 mm) křemene. Křemen je nejméně dvou generací:

Křemen I je krystalický, syngenetický s goethitem, uspořádaný do hnízd a pásků.

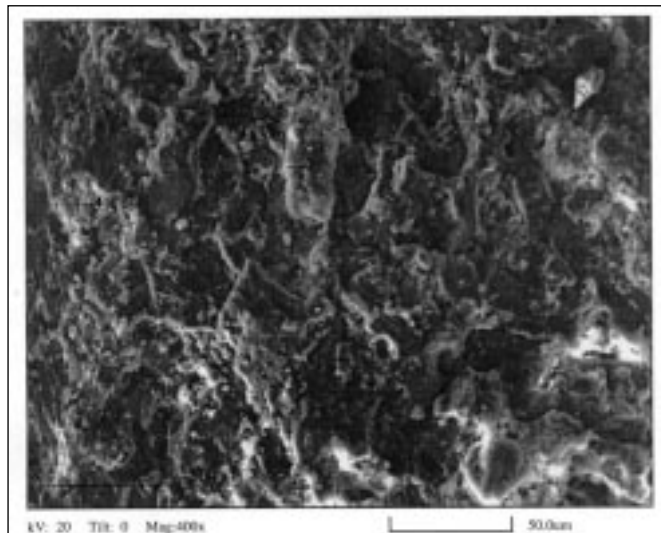
Křemen II je jemnozrnný, impregnační, vytváří buď příměs v goethitu nebo tvoří druhotné laminy a Liesegangovy struktury.

Goethit je jedné generace, ale dvojího charakteru: *Goethit I*: vytváří hnědé, pololesklé laminy kovového vzhledu o mocnosti až 1 cm. Někdy se projevuje rytmické střídání sypkých, žlutých a hnědých, masivních poloh snad v závislosti na složení prosakujících roztoků. *Goethit II*: na vzorcích převládá. Jedná se o jemnozrnný, žlutý, obvykle sypký minerál, který v sobě uzavírá křemen, nebo je jím ve vzorcích typu „zemitého opálu“ uzavírán.

Mineralogické složení

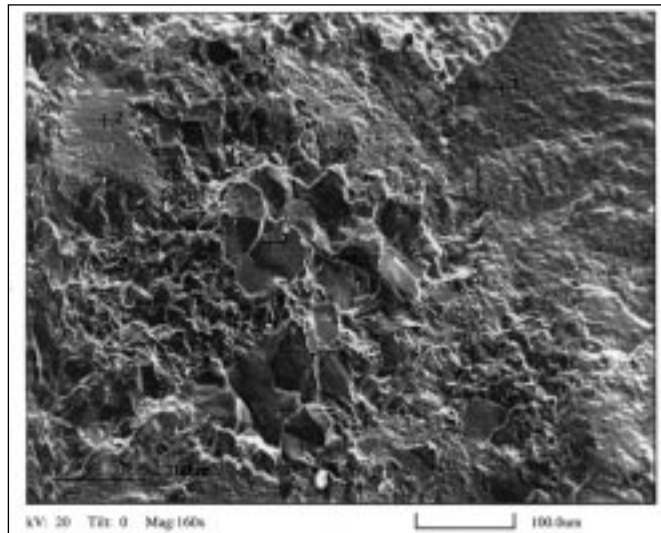
Bylo sledováno jak rtg. metodami (obr. 4), tak pomocí rentgenového mikroanalýzátoru (obr. 2 a 3, tab. 1). Ve všech vzorcích byly nalezeny křemen a goethit jako hlavní a zcela převládající složky. Ve většině případů byl identifikován kalcit jako příměs v základní křemen-goethitové (resp. goethit-křemenné) hmotě. V jednom případě byl nalezen kaolinit. Monotónnímu mineralogickému složení odpovídá monotónní chemické složení. Na rentgenovém analýzátoru byly analyzovány plošky o velikosti 1-2 mm² (obr. 2 a 3, tab. 1). Bodové analýzy zde nejsou uvedeny, protože spektrum sestávalo podle toho, zda byl analyzován křemen nebo goethit téměř pouze z Si nebo Fe. V analýzách je patrné, že podle analyzovaného místa je složení velmi proměnlivé, např. obsahy Fe₂O₃ kolísají od 2 do 94 % a podobná situace panuje u komplementárního SiO₂. Vzorky běžně obsahují malá množství Na, Mg, Ca, K, Mn a Ti. Důležitý je obsah Al, který je vcelku nízký (1-3 %). Částečně se dá připisat minoritní příměsi jílových minerálů (zejména kaolinitu), částečně vazbě Al do goethitu. Rovněž obsahy siderofilního fosforu a síranového iontu jsou vázány na goethit, který tyto sloučeniny zachytává z prosakujících krasových vod (Cornell a Schwertmann 1996). Pozoruhodné nízké obsahy Ti, které jsou ve většině případů blízké hodnotám pozadí. Pravděpodobně indikují fázi nepřilíš intenzivního zvětrávání (Žemlička 1956). U kaolinizace v tropických podmínkách bychom se setkali nejenom s vyšším Ti a Al, ale také s větším odmytí alkálií jako je K a Na.

Podle nízkých obsahů jílových minerálů (maximálně několik %) je patrné, že nové nálezy nepředstavují feritizované či silicifikované jeskynní jíly, ale samostatné a pravděpodobně ve volném prostoru vzniklé minerální fáze směřující v podobě infiltračních jazyků do hlubších částí krasového systému.



Obrázek 2 Pevný, zvonivý křemen-goethitový agregát má kostru tvořenou jemnozrnným křemenem. Póry jsou vyplněné rezavě žlutým goethitem (foto A. Langrová)

Figure 2 Hard quartz-goethite aggregate resembling opal is formed by quartz „skeleton“. The pores are filled by fine-grained goethite (Photo by A. Langrová)



Obrázek 3 Měkký, zemitý křemen-goethitový agregát obsahuje hnědá a laminy křemene „plavající“ v goethitové základní hmotě (foto A. Langrová)

Figure 3 Soft quartz-goethite aggregate is formed by microcrystalline goethite in which laminae and „floating“ lenses of quartz are abundant (Photo by A. Langrová)

5. Parageneze nebo sukcese ?

Kukla (1952) neodděluje oba procesy u starší generace feritizovaných a silicifikovaných hornin. „Opál zemitý“ ze Zlatého koně přechází z čistě silicifikovaných partií téměř plynule do těžkých feritizovaných hornin. Zemitý „opál“ od Tobolky a z rýhy u Měňan mívá asi 2 cm mocné goethitové lemy. Silikrety typu Rudná plynule přecházejí do silicifikovaných ferikret. U nově nalezených křemen-goethitových agregátů můžeme pozorovat obě sukcese - goethit pokrývá jemně krystalizovaný křemen, ale zároveň křemen impregnuje jemnozrnný goethit. Křemen může navíc vytvářet i Liesegangovy struktury v již vzniklých křemen-goethitových agregátech. Komaško (1985) sice popisuje u bakteriálních vláken, že silicifikace následuje bezprostředně po feritizaci, přičemž oba procesy se mohou překrývat, ale v tomto případě je nutné uvažovat dvě téměř synchronní reakce:

(1) Vysrážení trojmocného železa následkem biologické aktivity a postupné pokrývání organických filamentů Fe-hydroxidy.

(2) Sorpce křemene na železitých povlácích. Ve vodárenském průmyslu je pro odstraňování vyšších koncentrací volného SiO_2 ve vodě používána filtrace přes Fe-oxidy (viz Tokarová a Mareček 1987). Supergenní limonity o většího než recentního stáří téměř vždy obsahují několik hm. procent SiO_2 .

Z uvedených pozorování je zřejmé, že silicifikace i feritizace jsou společným produktem jedné zvětrávací fáze. Při infiltraci roztoků přes jílové výplně a karbonátové bariéry může, ale často nemusí, dojít k separaci Si- a Fe-složky. Zároveň je nutné uvažovat, že zvětrávací roztoky se v závislosti na ročním klimatickém chodu nebo v průběhu cyklických klimatických oscilací proměňují a mohou přinášet zvětrávací složky v různém poměru.

6. Rozpouštění vápenců a jejich metasomatóza

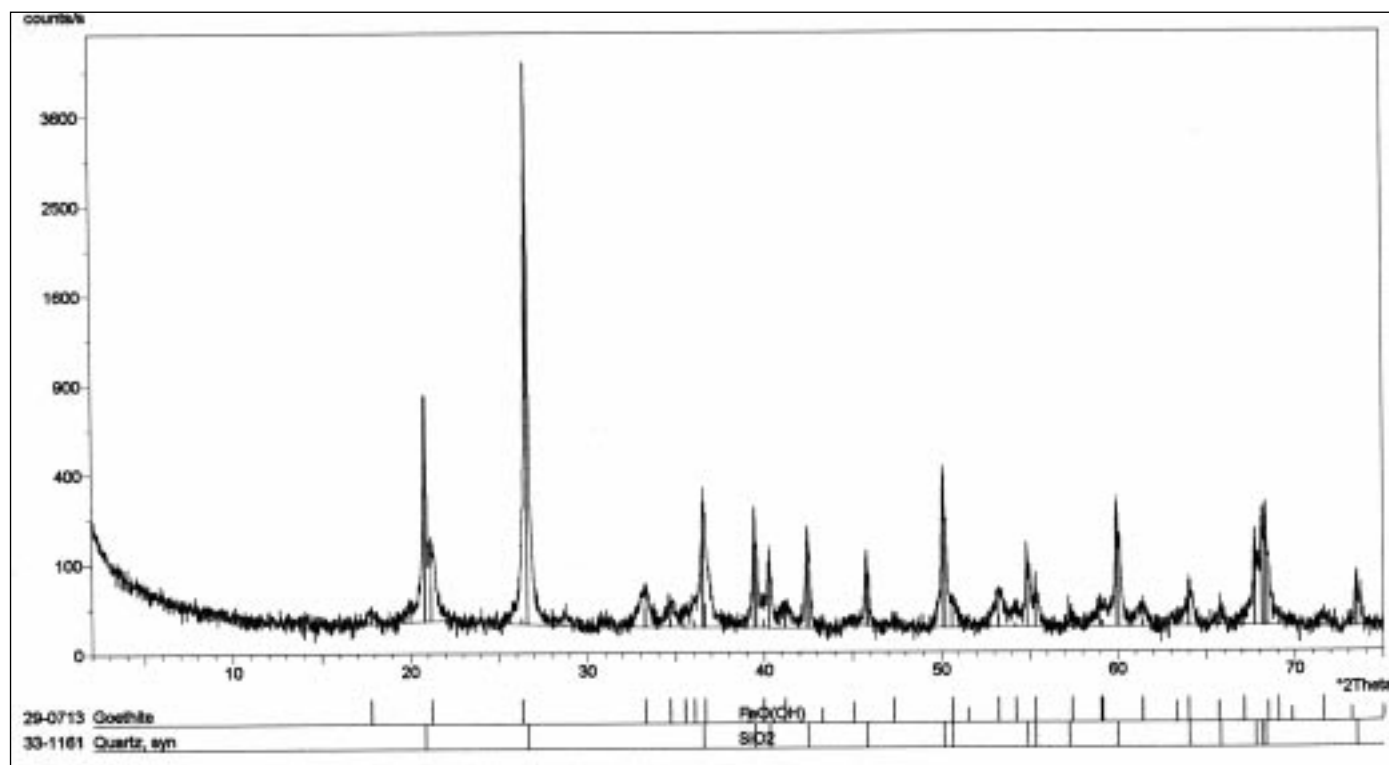
Kontaktní limonity často nahrazují povrchovou vrstvu vápence. Metasomatóza vápenných cicvárů o velikosti až 30 cm byly pozorována v jeskyni Nad Kačákem i ve vývozu z Vánočních jeskyní Koněpruských jeskyní. V obou případech ve vyvezeném materiálu převládaly duté, vápnité, „septáriové“ konk-

Tab. 1 Složení křemen-goethitových agregátů z VČS-východ (veškeré údaje v hm. %)

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Total
1a	0	0.11	2.08	57.1	0.6	0.16	0.07	0.32	0.3	0.39	38.87	100
1b	0	0	1.45	86.51	0.32	0.24	0.19	0.23	0.21	0.32	10.53	100
1c	0	0.35	2.11	37.55	1.22	0.11	0.1	0.29	0.15	0.31	57.81	100
1d	0.27	0	1.12	48.76	0.64	0.27	0.07	0.28	0.24	0.42	47.93	100
1e	0.17	0.37	1.4	1.86	1.61	0.25	0.09	0.55	0.25	0.23	93.22	100
1f	0.13	0.05	1.04	78.78	0.58	0.28	0.1	0.15	0.11	0.19	18.59	100
2a	0.14	0.38	0.96	77.13	0.84	0.12	0.14	0.34	0.13	0.25	19.57	100
2b	0.14	0.41	0.97	91.61	0.67	0.3	0.05	0.11	0	0.11	5.63	100
2c	0.13	0.08	0.85	63.63	1.15	0.33	0	0.23	0.14	0.25	33.21	100
2d	0.13	0.54	1.11	5.65	3.04	0.17	0.1	0.91	0.1	0.6	87.65	100
2e	0.16	0.35	0.97	96.27	0.35	0.2	0.07	0.1	0.24	0	1.29	100
3a	0.15	0.51	3.33	7.84	0.81	0.45	0.31	81.58	0.37	0.23	4.42	100
3b	0	0	1.88	94.13	0.16	0.15	0.12	0.46	0.11	0.17	2.82	100
3c	0	0	2.48	1.99	0.16	0.1	0.09	0.24	0.16	0.52	94.26	100
3d	0.2	0.48	12.01	43.31	0.8	0.15	0.61	1.77	0.81	0.28	39.58	100
3'a	0	0	2.92	1.46	0.11	0	0.2	0.32	0.23	0.77	93.99	100
3'b	0.16	0.42	2.47	90.6	0.46	0.18	0.17	1.32	0.16	0.39	3.67	100
3'c	0.2	0.33	2.5	67.96	0.67	0	0.16	1.35	0.29	0.24	26.3	100
4a	0.2	0.62	1.66	2.88	2.16	0.17	0.04	0.44	0.16	0.31	91.36	100
4b	0.44	0.78	2.07	3.76	2.22	0.18	0.12	0.31	0.26	0.18	89.68	100
4c	0.27	0.41	0.81	96.23	0.26	0.17	0.08	0.07	0.08	0.25	1.37	100

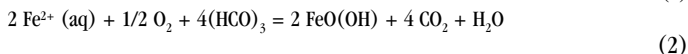
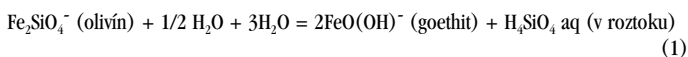
Tabulka 1 Chemické složení světle-hnědožlutého, rezavého, poměrně pevného křemen-goethitového agregátu, který vzhledově připomíná jílovec. Pevné partie obsahují okolo 60-70 % SiO_2 a asi 30-40 % Fe_2O_3 (viz obr. 2)

Table 1 The chemical composition of rusty, relatively hard quartz-goethite aggregate that resemble claystone. The hard parts contain about two thirds of quartz and one third of goethite (see Fig. 2; EDAX, A. Langrová)



Obrázek 4 Typický difraktogram rezavého křemen-goethitového agregátu. Důležitá je nepřítomnost jílových minerálů
 Figure 4 The typical diffractogram of fine-grained rusty quartz-goethite aggregate. Note the absence of clay minerals

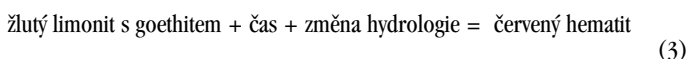
rece. Ojedinele byla pozorována metasomatóza částí vápnných kongregací Fe-a méně často i Mn-oxidy. Rovněž „opál zemité“ zatlačuje stěny krasových výplní (byly nalezeny přechody do vápence) a může vytvářet i stejný typ dutých kongregací. Terénní pozorování tak ukazují, že křemen i goethit v některých případech mohou nahrazovat vápenec. A naopak v křemen-goethitových agregátech můžeme pozorovat novotvořený kalcit. Pro pochopení možných reakcí jsou instruktivní příklady uváděné Bernerem (1972):



Při reakci (1) může zvětráváním místních paleovulkanitů dojít k uvolnění volné kyseliny křemičité a vzniku goethitu. Zvětralé paleovulkanity jsou odkryté ve velké kapse na východním úpatí lomu Kobyla. O roli zvětralého vulkanického materiálu svědčí nálezy fosfáty skandia - kolbeckitu na VČS-V (Čilek a Štátný 1996). U reakce (2) je důležitá spoluúčast oxidu uhličitého, jehož uvolňování při reakci vytváří předpoklady lokální koroze vápencového okolí. Skutečná situace je pravděpodobně složitější, protože kromě zdrojů Fe a Si ve zvětralých vulkanitech musíme uvažovat i další zdroje - samotné vápence postižené krasověním a solubilizací komponent, alochtonní krasové vody, krasové vody mělké i hluboké cirkulace.

7. Barevné změny

Sloučeniny železa mají i při vcelku malých koncentracích značné barvicí schopnosti, které se uplatňují, již při obsazích 1-2 % FeO (srv. Čilek 1993). Příkladem může být žlutá spraš, která při vypálení na cihlu dá červené zabarvení. Základní barevný přechod v krasu je způsoben přeměnami červeného (až fialového) hematitu na žlutý či hnědý goethit. Goethit je charakteristický pro vlhké prostředí, ve kterém dochází k opakovanému rozpouštění a precipitaci. Hematit je typický pro vysychavé partie, které jsou střídavě zvlhčovány a opětovně přesušovány. Terra rossa periodicky suchých krasových povrchů se po splavení do jeskyně mění na žlutohnědý jíl. Bylo dokonce pozorováno, že mnoho původně žlutých tropických půd se v aridním klimatu mění na červené sekvence typu red beds, což sčezuje paleoklimatické interpretace. Reakci, která platí oběma směry, můžeme schematicky popsat (Cornell a Schwertmann 1996):



V Českém krasu někdy pozorujeme, že svrchní část výplní v dosahu sezónního klimatického chodu má červenou barvu (hematit), zatímco spodní partie jsou hnědé či žluté. Poměrně běžný je případ, kdy v ukloněné krasové depresi vzniká při kontaktu s vápencovým nadloží subvertikální jazyk o mocnosti 10-60 cm rudých až fialových jílu (Čisařský lom, četné krasové deprese ve VČS-V). Jev je způsoben vysycháním jílových výplní, při kterém se mezi výplní deprese a vápencovou stěnou vytváří volná škvíra, která umožňuje prosýchání výplně a přeměnu minerálů železa ve prospěch hematitu. Tato volná škvíra může mít další významný dopad - vytváří gravitační past nejen pro mladší sedimenty, ale i pro obojživelníky, zejména hady a žáby, což dokládají i naše pozorování např. v lomu Hostovce ve Slovenském krasu. Spíš zřídka pozorujeme oglejení splavené terra rossy a její proměny na skvrnitý červeně a zeleně zbarvený sediment.

8. Koroze ordovických křemenců

V místech s málo intenzivním neotektonickým porušením původní mezo-ozoicko-paleogenní paroviny (např. v Praze - Vítkov, Židovské pece) je možné nalézt křemencové úlomky, které jsou postiženy korozí. Ta se projevuje jednak povrchem připomínajícím vápencové škrapy, tj. oblými široce konkávními i konvexními formami, které se tvarem i velikostí liší od drobných systému eolických dolůčků (posledně jmenované jsou jen 1-3 mm hluboké a mají průměr kolem 10 mm). Kromě toho se vyskytuje koroze, která podobně jako u vápenců rozšiřuje mikropukliny a jejich bezprostřední okolí. Na povrchu křemenců tak vznikají lineární deprese 1-5 mm široké a několik mm hluboké (Čilek 1988).

Podobné, ale hůře vyvinuté struktury se dají pozorovat na některých bulžnicích. Koroze silketu typu Labe se běžně projevuje tím, že křemenné valouny mají oproti odolnějšímu tmelu negativní reliéf snížený o 1-2 mm (nálezy v pruhu mezi Pardubicemi, Bohdanicí a Přeloučí).

Tato pozorování ukazují, že v některých obdobích platformního vývoje Českého masívu panovaly tak intenzivní zvětrávací podmínky, že docházelo nejenom k přeměnám magmatických a vulkanických hornin, ale také k rozpouštění těch nejvíce odolných hornin - křemenců a bulžníků - jaké si umíme představit. V těchto obdobích musel být křemen způsobující druhotnou silicifikaci dobře dostupnou minerální fází.

9. Otázky geneze a stáří

Vzhledem k nedostatku fosilních materiálů a omezením datovacích metod není možné určit stáří většiny silicifikovaných a feritizovaných hornin. Nicméně srovnání s ostatními oblastmi Českého masívu umožňuje vydělit hlavní fáze a mechanismy tvorby těchto hornin:

(1) **Svrchní paleozoikum.** Intenzivní fáze silicifikace a feritizace proběhla v několika etapách v karbonu a permu. Jejím výsledkem jsou silicifikované horizonty v okolí uhelných slojí, nálezy araukaritů apod. (Němec 1956). Na území Českého krasu se s doklady této fáze setkáváme jen velmi vzácně. Jedná se o zřidkavé nálezy araukaritů zasahujícím v pruhu od severního okraje Prahy, kde se araukarity dají nalézt v lysolajské terase (Suchdol, Lysolaje) směrem k Rudné a Radotíně. Několik ojedinělých drobných a transportem oválených araukaritů jsme našli v Srbska a dále k polím nad Alkazarem u Hostimi.

(2) **Svrchní křída-paleogén.** Na území většiny Českého masívu jsou nalézány masivní úlomky silket („oligocenní sluňáky“), jejichž hlavní fáze tvorby spadá do svrchního paleocénu a spodního oligocénu (Domáci 1976; Váně 1961, 1987; Kužvart 1965; Čadek a Malkovský 1968). Silicifikace je v tomto případě doprovázena intenzivní kaolinizací a místní, méně rozšířenou feritizací. Doklady této fáze silicifikace jsou v koněpruské oblasti dvojí. Jednak již zmíněný nález silicifikovaného kmene *Tempskya*, jednak občasné silketry s anatasovým tmelem. Ty byly do této oblasti pravděpodobně transportovány tokem protékajícím směrem od Jíloviště a Klínce všenorskou branou. V prostoru mezi Všenory a Radotínem se tento tok pravděpodobně dělil do několika ramen, protože bílé až naželé pískvy pravděpodobně klineckého stádia nalézáme v Českém krasu rozptýlené na řadě míst. Jedno jeho rameno směřovalo přes Měňany, Bacín až do předpolí VČS-V, odkud pocházejí zatím posledních nálezy silketu typu Labe. Tato fáze silicifikace je podle výše citované literatury pravděpodobně nejvýznamnější silicifikační fází celé kenozoické historie Českého masívu, ale na území Českého krasu se příliš neuplatňuje, protože tyto sedimenty byly při výzdvihu Karlštejnské pahorkatiny denudovány. O vzniku ferikret ve svrchní křídě svědčí povrchové ferikrusty v klíkovském senonském souvrství, jak jsou odkryty např. v podzemním kaolinovém dole Hosín u Českých Budějovic (Kužvart 1967) nebo úlomky ferikret splavených do teplických vrstev Labských pískovců (např. Pravčická brána, odkrývají na Křinici).

(3) **Neogén.** V období tvorby klineckého stádia dochází k pravděpodobně nejvíce intenzivní feritizaci kenozoické historie Českého masívu. Feritizace je doprovázena silicifikací. Feriketry typu Sulava jsou nad Radotínem vyvinuty v pozici *in situ* v podobě až 2 m mocné ferikrety. V Čertově strouze u Malé Chuchle je možné nalézt až tunové bloky masivních ferikret s třetihorní flórou (*Mirica* sp.).

Miocenní zvětrávání bylo méně intenzivní než zvětrávání paleogenní, ale přesto docházelo k mimořádně velkým přenosům železitých sloučenin. Důvod je možné hledat v celkově lakustrinním až fluvialně-lakustrinním vývoji periferie a do menší míry i jádra Českého masívu. Podle současných pozorování i Eh-pH podmínek dochází k nejvíce intenzivní migraci Fe-sloučenin (Cornell a Schwertmann 1996) v kyselých a zároveň redukčních podmínkách, jaké jsou např. v okolí uhelných slojí. I v současných podmínkách došlo během holocénu k sedimentaci 4 m mocné goethitové akumulace v rašelinšti Ruda u Horusíc (Bouška 1962). Podobné podmínky jsou poblíž koněpruské oblasti indikovány tmavými miocenními jílovcí s uhelnými šmouhami na ložisku Vižina (Lachmanová 2000). Rovněž v j. Čechách jsou goethitové konkrece („třeboňské koule, hosínské koule“, Borovany, Trhové Sviny aj.) a feriketry vázány na podloží miocenní lignitové sloje nebo na lakustrinní sedimenty obvykle anoxického charakteru (Dubský 1949; Kužvart 1967; též Vachtl a Zemlička 1958). Podle analogií se sulavskými ferikretami, silkretami typu Rudná a výše diskutovaným faktorům (malé obsahy Al a Ti) předpokládáme, že většina feritizovaných a silicifikovaných hornin koněpruské oblasti náleží této etapě zvětrávání.

(4) **Kvartér.** Některé opálové sintry Českého krasu jsou zřetelně recentní (Komaško 1986), jiné jsou kvartérního stáří (Lysenko a Slačík, řada prací). V cílek nalezl v jeskyni Domica silicifikované uhlíky v rámci neolitické kulturní vrstvy. Rovněž v pěnecových inkrustacích v Čimické roklí byly na ještě ohebných větévkách (stáří max. 2 roky, ale spíš jen několik měsíců) nalezeny laminy tvořené opálem. Tyto nálezy ukazují, že za vhodných podmínek může během kvartéru docházet na vhodných místech k velmi rychlé silicifikaci projevující se zejména tvorbou tenkých opálových lamin. Podobně rychle vznikají na rozhraní dvou prostředí o různém pH (půda-vápenec) tenké limonitové skvrny. Tyto procesy jsou dobře pozorovatelné v jeskyních a převisech, ale v krasových výplních nehrají žádnou pozorovatelnou roli.

10. Závěry

V posledních padesáti letech bylo v koněpruské oblasti nalezeno několik typů silicifikovaných a feritizovaných hornin a minerálních agregátů. V tomto článku se snažíme podat syntetizující pohled na jejich vzezření, tak jak vyplývá ze základní geologické a mineralogické dokumentace. Vzhledem k tomu, že nové výskyt jsou odkrývány hlavně v lomech a postupně odtěžovány je nutné je průběžně dokumentovat. Z naší dosavadní terénní i laboratorní zkušenosti

s feritizovanými a silicifikovanými horninami koněpruské oblasti vyplývají tyto základní poznatky:

(1) Mezozoicko-paleogenní fáze zvětrávání je zastoupena ojedinělým nálezem silicifikovaného kmene *Tempskya*, zřidkavými úlomky železvců s anatasovým tmelem (Vánoční jeskyně) a dále sporadickými silkretami typu Labe. U většiny silicifikovaných a feritizovaných hornin, které jsou zakleslé v krasových výplních v různém stupni vývoje, však není možné určit stáří. Určitým kritériem skutečně intenzivního tropického zvětrávání je přítomnost dobře vyvinutých bauxitických Al-minerálů a anatasového tmele. Roztoky bohaté TiO₂, roztoky jsou mobilní za přítomnosti alkálií vznikajících během kaolinického zvětrávání uvolňováním ze silikátů. Obě minerální skupiny tj. Al- i Ti-oxidy jsou v koněpruské oblasti vzácné. Protože však část krasových depresí je vyplněna sladkovodními i marinními sedimenty svrchní křídě, musíme uvažovat o intenzivní neogenní fázi remodelace, tvorby či alespoň vyplňování krasových depresí. Předpokládáme, že tato fáze, jakkoliv je založena na starších krasových strukturách, je pro koněpruské ložisko nejvíce důležitá a plošně rozšířená. Koncem třetihor je většina krasových jevů fosilizována a kvartérní speleogeneze se omezuje především na korozní rozšiřování již existujících dutin. V hlubší části ložiska a v dosahu krasových vod hlubšího oběhu probíhá dodnes, jak o tom svědčí až 10 m mocné polohy holocenních pěneců v okolí Měňan aj.

(2) Neogenní fáze zvětrávání je v koněpruské oblasti zastoupena nejbohatšími a nejlépe vyvinutými výskyt silicifikovaných, feritizovaných a smíšených hornin. V krasových výplních pravidelně nalézáme dosti monotónní křemen-goethitové agregáty bez významné přítomnosti Al- a Ti- minerálů. Kromě toho jsou z koněpruské oblasti známy zemité, silicifikované až feritizované jíly typu „zemitého opálu“.

Intenzivní feritizace se projevuje vznikem mocných ferikret (okolí Prahy) a až metr mocných písčitých silket (okolí Rudné), které v menších zlomcích zasahují až do koněpruské oblasti. Pro část silket je charakteristický plynulý přechod do durikret o složení goethit-křemen, které typově odpovídá novým nálezům v krasových výplních VČS-V.

(3) Kvartérní až recentní fáze zvětrávání je zastoupena hlavně povlakovými minerály. Jedná se o tenké, rezavé limonitické povlaky ve vchodových partiích jeskyní, pod převisy a na škrapec. Kromě toho se objevuje několik generací jemnozrnného opálu a křemene v sintrech a speleotémách.

Feritizace a silicifikace v koněpruské oblasti svědčí o těchto hlavních procesech:

(a) Barevné změny výplní. Oxidy železa mají v krasu hlavní vliv na barvu krasových výplní. Zejména je důležitý přechod červeného hematitu na hnědý či žlutý goethit (viz též obr. 1).

(b) Metasomatóza vápencového podloží a civců. Při srážení goethitu, křemene a někdy i Mn-oxidů může docházet ke nejen korozi a metasomatóze vápencového podloží, ale také ke tvorbě novotvořeného kalcitu (viz reakce 1 a 2).

(c) Paralelní výskyt Si- a Fe- zvětrávacích fází. Z uvedených pozorování je zřejmé, že silicifikace i feritizace jsou společným produktem jedné zvětrávací fáze. Při infiltraci roztoků přes jílové výplně a karbonátové bariéry může, ale často nemusí, dojít k separaci Si- a Fe- složky. Zároveň je nutné uvažovat, že zvětrávací roztoky se v závislosti na ročním klimatickém chodu nebo v průběhu cyklických klimatických oscilací proměňují a mohou přinášet zvětrávací složky v různém poměru.

(d) Podle nepřímých důkazů jsou křemen-goethitové agregáty stejně staré či mladší než feriketry typu Sulava a tedy než spodní miocén. Ukazují na to i nízké obsahy Al a Ti, které jsou charakteristické hlavně pro mezozoicko-paleogenní fázi zvětrávání.

(e) Útržky masivnějšího limonitu, zprohýbání některých lamin a skluzové struktury uvnitř křemen-goethitových agregátů svědčí o vzniku nově nalezených křemen-goethitových agregátů z málo konsolidovaného, pravděpodobně gelovitěho sedimentu.

(f) Křemen-goethitové agregáty téměř neobsahují jílové minerály. Znamená to, že vznikaly ve volné krasové dutině. V koněpruské oblasti však celkově převládají feritizované a silicifikované horniny, které představují hlavní durikretovou facií.

Literatura:

- Berner R. (1972): Iron-Behaviour during weathering, sedimentation and diagenesis. - In: K.H. Wedepohl (Ed., 1972): *Handbook of Geochemistry*, Vol. II/3: 26G1-8. Springer-Verlag, Berlin.
- Bouška V. (1962): Goethit ze slatiniště Ruda u Horusíc. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 1-2: 39-53. Praha.
- Čílek V. (1984): Některé minerály z československých jeskyní. - *Čs. kras*, 35: 85. Praha.

- Čílek V. (1986): Reziduální horniny z krasových kapes Zlatého koně. - *Čs. kras*, 37: 77-78. Praha.
- Čílek V. (1988): Krasování barrandienských křemenců. - *Čes. kras (Beroun)*, 14: 58-62.
- Čílek V. (1992): Nové nálezy silicifikovaných hornin v oblasti Českého krasu. - *Speleo (Praba)*, 8: 45-46.
- Čílek V. (1993): Kras a minerály železa. - *Knih. Čes. speleol.spol.*, 21: 20-29. Praha.
- Čílek V. (1996): Význam a rozšíření ferikret typu Sulava v jádru Českého masívu. - *Zpr. geol. Výzk. v r. 1995*: 28-30. Praha.
- Čílek V. (1997): Relikty říční terasy ve výkopu plynovodu u Tobolky nedaleko Koněprus v Českém krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 23: 59-64.
- Čílek V. (2000): Geologie, geomorfologie a přírodní poměry paleolitické lokality Tmaň. - *Knih. Čes. speleol. spol.*, 36: 82. Praha.
- Čílek V., Bednářová J. (1993): Silikrety Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 18: 4-13. Beroun.
- Čílek V., Koloušek D. (1990): Mineralogické výzkumy v Českém krasu. - *Čs. kras*, 41: 7-24. Praha.
- Čílek V., Štastný M. (1996): Kolbeckit v metahalloysitových krasových výplních Velkolomu Čertovy schody-východ. - *Speleo (Praba)*, 21: 34-36.
- Čílek V., Típková J., Kvaček Z. (1992): Nové nálezy křídových hornin v koněpruské oblasti a Petrbokovo stádium Koukolové hory. - *Čes. kras (Beroun)*, 17: 35-39.
- Cornell R.M., Schwertmann U. (1996): *The Iron Oxides*. - VCH: 1-556. Weinheim-New York.
- Čadek J., Malkovský M. (1968): Silicifikace svrchnokřídových hornin v okolí Teplic. - *Sbor. geol. Věd, Ř.G.*, 14: 71-87. Praha.
- Domáci L. (1976): Continental Paleogene of the Bohemian Massif. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 2: 135-146. Praha.
- Dubský B. (1949): *Pravěk jižních Čech*. - Jihočeské nakladatelství Bratři Řimsové v Blatné: 15. Blatná.
- Homola V. (1950): Zbytky fosilních tropických půd na vápencích západní části Barrandienu, jejich geologické stáří a význam pro sledování krasových procesů. - *Čs. kras*, 3: 97-107. Brno.
- Komaško A. (1985): Sekundární křemeny v oblasti Zlatého koně u Koněprus. - *Památky Přír.*, 8: 497-500. Praha.
- Komaško A. (1986): Opál a jeskyně Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 12: 23-46.
- Komaško A. (1987): Koněpruské růžice nevznikaly pod vodou! - *Čs. kras*, 38: 117-119. Praha.
- Komaško A., Čílek V. (1987): Výskyt křemene, opálu a chalcedonu v krasu. - *Čs. kras*, 38: 23-54. Praha.
- Kukla J. (1952): Zpráva o výsledcích výzkumů jeskyní na Zlatém koni u Koněprus prováděných Krasovou sekcí Přírodovědeckého klubu v Praze. - *Čs. kras*, 5: 49-67. Brno.
- Kukla J. (1956): Křídové sedimenty v Koněprusích u Berouna. - *Čas. Mineral. Geol.*, 1: 24-30. Praha.
- Kužvart M. (1965): Stáří zvětrávacích kůr. - *Čas. Mineral. Geol.*, 10: 197-200. Praha.
- Kužvart M. (1967): Poznámky ke genezi jílových hornin v jižních Čechách. - *Čas. Mineral. Geol.*, 12, 2: 181-184. Praha.
- Lachmanová M. (2000): Miocenní pánev Věžina a její význam pro poznání paleopotamologických poměrů jihozápadní části Českého krasu. - *Knih. Čes. speleol. spol.*, 36: 53-63. Praha.
- Lysenko V. (1987): Opál? - *Čes. kras (Beroun)*, 13: 55-59.
- Lysenko V., Slačík J. (1977a): Příspěvek k sukcesi minerální výplně Koněpruských jeskyní. - *Čas. Mineral. Geol.*, 22, 3: 307-315. Praha.
- Lysenko V., Slačík J. (1977b): Sukcese a chemismus minerálních výplní Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 2: 7-19.
- Lysenko V., Slačík J. (1978a): Minerogenetische Forschungen in Höhlen des Böhmischen Karstes. - *Der Höhlenforscher*, 10, 1: 5-8. Dresden.
- Lysenko V., Slačík J. (1978b): Výskyt opálu v Českém krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 3: 23-37.
- Lysenko A., Slačík J. (1984): Minerální výplně v Koněpruských jeskyních. - *Čes. kras (Beroun)*, 9: 51-60.
- Němejce F. (1956): Poměr fosilních květen ku kaolinizačním a laterizačním zjevům v plzeňské a jihočeské pánvi. - *Čas. Mineral. Geol.*, 1, 1: 53-58. Praha.
- Petrbok J. (1949): Opál zemitý v Českém krasu na úpatí Kobylky u Koněprus v Čechách. - *Čs. kras*, 2: 330. Brno.
- Skřivánek F. (1956): Růže v Koněpruských jeskyních. - *Vesmír*, 35, 2: 69. Praha.
- Slačík J. (1975): Luminiszenz-Typologie des Kalcites und anderen Höhlenminerale. - *Ann. Speleol.*, 30, 4: 753-759. Moulins.
- Slačík J. (1982): Nové poznatky o geochemii a mineralogii jeskyní I. - *Čes. kras (Beroun)*, 7: 62-66.
- Slačík J. (1983): Uranium activates in karst regions. - *New trends in speleology, Příl. Stalagmitu*: 59-60. Praha.
- Slačík J. (1984): Nové poznatky o geochemii a mineralogii jeskyní II. - *Čes. kras (Beroun)*, 10: 39-50.
- Tokarová V., Mareček J. (1987): Odstraňování chromu, vanadu a molybdenu ze solanek po elektrolýze. - *Chem. Prům.*, 37/62, 2: 70-73. Praha.
- Vachtl J., Žemlička J. (1958): K charakteristice fosilního větrání na jižním okraji mostecké hnědouhelné pánve. - *Sbor. Ústř. Úst. geol.*, 25: 313-333. Praha.
- Váně M. (1961): Příspěvek k litostratigrafické pozici salesijských křemenců v severočeské hnědouhelné pánvi. - *Čas. Mineral. Geol.*, 6: 346-355. Praha.
- Váně M. (1987): Návrh nového stratigrafického dělení severočeského terciéru. - *Geol. Průzk.*, 1: 9-15. Praha.
- Žemlička J. (1956): Geochemie titanu při větrání vulkanických hornin. - *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 31: 181-192. Praha.

Nové poznatky o charakteru a genezi podzemních krasových forem v Českém krasu a dalších oblastech bez soustředěných ponorů v České republice

New data on character and evolution of underground karst forms in the Bohemian Karst and other areas with diffuse recharge mode in the Czech Republic

Jiří Bruthans¹ a Ondřej Zeman¹

0. Abstract

The extensive speleological and hydrogeological research of the Bohemian Karst was carried out in 1994 to 2000. Results of this study were compared with other karst areas in the Czech Republic and also with universal rules of speleogenesis (Ford and Ewers 1978; Palmer 1991, etc.). The results of recent research support the idea, that there are three main processes involved in speleogenesis of Bohemian Karst and other areas with diffuse recharge mode in the Czech Republic: (1) diffuse recharge from superficial streams; (2) diffuse recharge from the Cretaceous deposits (only Bohemian Karst), and (3) flood-flow injections. These processes are still active on some places in the area. Other processes have only minor and/or local importance: (a) corrosion caused by thermal water and mixing waters and (b) concentrated recharge (ponors).

Three types of recharge into karst environment could be recognised in the karst areas, each is connected with certain pattern of sediment transport via recently active cave systems: (1) streams are sinking in blind termination of valleys or large depressions; (2) concentrated recharge into hidden ponors in the riverbed, and (3) water from the streams is diffusely passing across sediments in the riverbed.

Ground water flow and embryonic karstification in the Bohemian Karst and other karst regions in the Czech Republic can reach into depth of several hundred meters below the regional base of erosion. In the case of caves developed by karst processes without carrying the clastic load, there is no rule accounting for the erosion base in speleogenesis. Therefore there is no reason to connect such type of karst with terrace levels or erosion bases.

1. Úvod

V průběhu let 1994 až 2000 bylo provedeno v oblasti Českého krasu (dále jen ČK) velké množství terénních prací a pozorování, týkajících se především hydrogeologie a charakteru krasových jevů. Současně probíhalo i zpracování archivních dat, zejména z Geofundu ČR, Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a ze sekretariátu České speleologické společnosti (ČSS). Závěry hydrogeologického průzkumu již byly z velké části publikovány (Buzek, Kadlecová a Žák 1997; Kadlecová a Žák 1998; Žák a kol. 2001; Šilar a Záhrubský 1999; Bruthans 1999; Zeman 1999; Bruthans a Zeman 2000; Zeman a Bruthans 2001), z nových karsologických výzkumů byly publikovány pouze dílčí výsledky (Bruthans a Filippi 1999; Brom a kol. 2000). V průběhu výzkumu se ukázalo, že některé publikované hypotézy vysvětlující vznik podzemních krasových forem v Českém krasu jsou v nesouladu s nově zjištěnými fakty a též s obecnými principy krasování (Ford a Ewers 1978; Palmer 1991). Na základě nově zjištěných skutečností, srovnáním s dalšími krasovými oblastmi v České republice (ČR) i v zahraničí a studiem zahraniční karsologické literatury byly vytvořeny nové názory na vznik krasových jevů v ČK a v oblastech bez soustředěných ponorů v ČR, které umožňují vysvětlit příčiny odlišného charakteru těchto oblastí od klasických krasových území s ponory a jeskyněmi protékajícími podzemními toky.

2. Některé obecné zákonitosti vzniku a vývoje jeskynních systémů

V posledních desetiletích byly v zahraničí publikovány zásadní práce popisující vznik a vývoj jeskynních systémů, ať už vlivem infiltrace vod z povrchových toků, či vlivem chladnoucích termálních roztoků a roztoků obohacených H_2S či CO_2 . Jednotlivé teorie postavené na poznatcích z terénu byly potvrzeny pomocí fyzikálních a matematických modelů simulujících korozní procesy (Ford a Ewers 1978; Palmer 1991; Dreybrodt a Siemers 1997). K hlavním závěrům patří:

(a) charakter podélného profilu jeskyně je dán především četností spojených puklinových systémů (Ford a Ewers 1978). Při nízké četnosti puklin se vytváří batyfreatické jeskyně, tj. jeskyně tvořené hlubokými sifony, bez vadózních částí. Jedině při vysoké četnosti puklin se může po dostatečně dlou-

hé době vytvořit jeskynní systém téměř bez sifonů (Ford a Ewers 1978);

(b) charakter jeskynního systému (uspořádání chodeb, míra labyrintovitosti) je závislý na charakteru infiltrace do krasového prostředí a typem krasových procesů (Palmer 1991): (1) voda ze soustředěných ponorů vytváří dendritický vzor jeskynních chodeb (chodby menších přítoků se sbíhají k hlavnímu toku). Velikost příčného profilu chodeb se v podélném směru mění jen málo; (2) jeskynní labyrinty jsou podle Palmera (1991) výsledkem některého z následujících procesů: rychlá infiltrace z povrchového či podzemního toku do husté sítě puklin v důsledku prudkého nárůstu hladiny v toku za povodně, nesoustředěná infiltrace do krasového prostředí, směšová koroze, krasování vlivem hydrotermálních a obohacených roztoků. Celá problematika diskutovaná Palmerem (1991) přesahuje možnosti tohoto článku. Charakter jeskyní ČK a oblastí bez soustředěných ponorů odpovídá druhé kategorii (díky velké míře labyrintovitosti a značným změnám rozsahu příčných profilů);

(c) vznik krasového kanálu probíhá ve dvou odlišných fázích (Palmer 1991; Dreybrodt a Siemers 1997). V první fázi probíhá pomalé rozpouštění a rozšiřování propustných cest, které obvykle trvá 10^4 až 10^5 let. Po propojení místa infiltrace a drenáže prudce poklesne hladina v protokanálu, což usměrní proudění v okolním prostředí k protokanálu a vytvoří v konečné fázi dendritický vzor chodeb. Díky rapidnímu zrychlení průtoku nenasycené vody protokanálem se rozšiřování kanálu řádově zrychlí.

3. Vliv sedimentů transportovaných povrchovými a podzemními toky na speleogenezi

Vlivu sedimentů transportovaných povrchovými a podzemními toky na speleogenezi bývá obvykle přikládán pouze okrajový význam, zejména pokud se týká jejich působení na uspořádání základního plánu chodeb.

Ford a Ewers (1978) ukazuje důležitost sedimentů při gradačních jevech: sedimenty hrají roli při paragenezi (koroze probíhá v horní části chodby; spodní, která je zanášena sedimenty je před korozi chráněna). Díky sedimentům dochází i k vytváření zkratků okolo sifonů (bypassing). Nad sifony zanesenými sedimenty se za povodní prudce vzdouvá hladina. Extrémní hydraulické gradienty, které za takových podmínek vznikají v horninovém masivu okolo sifonu umožňují vtačování vody i do malých puklin a jejich rychlé rozšiřování korozi (Ford a Ewers 1978). White (1988) uvádí důležitou bilanční rovnici zachování sedimentů. Sedimenty vplavené do jeskynního systému mohou být transportovány ze systému pryč, nebo v něm zůstávají usazené. V karbonátovém krasu je rozšiřování podzemních prostor korozi poměrně velmi pomalé. Pokud se povrchový tok propadá v slepém, nebo poloslepém údolí a vnáší tak do podzemí téměř veškerý transportovaný klastický materiál, musí být tento materiál z jeskynního systému v určitém časovém měřítku podzemním tokem opět odnesen, jinak by došlo k zanesení systému a jeho fosilizaci.

Transport klastického materiálu jeskynními systémy může být snadno prokázán nebo vyvrácen sledováním pramenů. V ČR existuje celá řada krasových

¹ Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky, Universita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2.

E-mail: jiri_brutus@hotmail.com, zeman@natur.cuni.cz.

Poděkování: Práce vznikla za podpory firmy Českomoravský cement a. s. Autoři děkují S. Leél-Össy za velmi inspirativní exkurzi do hydrotermálního krasu v Buda Hills. V Českém krasu, sv. 26 jsme při závěrečném shonu zapomněli připojit poděkování J. Krásnému, R. Kadlecové, K. Žákovi a v neposlední řadě též P. Bosákovi. Všem výše uvedeným a mnoha dalším vděčíme za pomoc a cenné rady při vypracovávání našich diplomových prací z nichž byly použity mnohé informace do článků v minulém a tomto Českém krasu. Všem děkujeme a omlouváme se za toto nedopatření. P. Bosákovi a K. Žákovi děkujeme za cenné poznámky a kritické připomínky k rukopisu.

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 21-29, 2 tab., 3 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

pramenů, které se ani po extrémních srážkách nezakalují. Jedná se např. o Rutickou vyvěračku u Chýnova, kde nebylo nikdy pozorováno zakalení (Krejča, úst. sděl.). Dalšími příklady jsou Řimické vyvěračky u Mladče, prameny ve Vápenné v Jeseníkách a mnoho dalších.

V následujícím textu jsou rozlišeny tři typy infiltrace vody z povrchových toků do krasového prostředí, z nichž každý souvisí s určitým charakterem transportu klastického materiálu jeskynním systémem. Každý typ lze jednoduše určit v terénu.

(a) Toky se soustředěně ponářejí v údolích, či rozsáhlých depresích, které mají slepý, či poloslepý uzávěr. V takovém případě musí existující jeskynní systém nejen umožnit průtok značného množství vody po srážkách, ale i transport téměř veškerého klastického materiálu systémem (jinak by došlo k zanesení slepého údolí sedimenty). Příkladem je systém Amatérské jeskyně a Rudického propadání-Býčí skály v Moravském krasu, ale i jeskynní systém mezi ponory a Bartošovou pecí v České křídové pánvi u Turnova (Bruthans a kol. 2001).

(b) Toky se ponářejí soustředěně, avšak ve skrytých ponorech v řečišti. U tohoto typu již nemusí docházet k transportu všech klastů jeskynním systémem. Při povodňích ponory nemusejí hltať celý průtok povrchového toku, ale jen jeho část. Příkladem jsou ponory Křtinského potoka a Řičky v Moravském krasu a ponory v Lesní čtvrti v Vápenné v Jeseníkách. V některých případech je množství sedimentu vnašeného do systému velmi malé, takže jeho usazování v jeskynním systému může být kompenzováno rozšiřováním prostor korozí. Jedná se např. o ponor Špraňku u Javoříčka, či ponory Ztraceného potoka u Vápenné.

(c) Voda z povrchových toků se nesoustředěně* a v malém množství** infiltruje do náplavů. V takovém případě vůbec k transportu klastického materiálu jeskynním systémem nedochází (prameny do nichž proudění směřuje se nezakalují). Značná část povrchového toku pokračuje dále povrchovým korytem a umožňuje nesoustředěnou infiltraci do horninového prostředí na bezpočtu míst podél celé délky toku. Příkladem je ČK a další oblasti zmíněné v kap. 5.

Následující faktory jsou za jinak shodných vnějších podmínek (velikost oblasti, klima, časové měřítko, typ pokryvných útvarů, atd.) rozhodující pro výsledný typ infiltrace v krasovém území: (1) existence překážek mezi místem infiltrace a drenáže, které vylučují vytvoření jeskynního systému v mělce freatické a vadózní zóně (zavrásnění či zaklesnutí karbonátů mezi zónou infiltrace a drenáže do větších hloubek, atd.), (2) četnost propojených puklin, (3) spád mezi místem infiltrace a drenáže a (4) velikost klastů transportovaných povrchovými toky v oblasti infiltrace.

Při absenci překážek mezi místem infiltrace a drenáže platí, že: čím je vyšší četnost propojených puklin, větší spád mezi místem infiltrace a drenáže a menší velikost klastů transportovaných povrchovými toky, tím roste pravděpodobnost vytvoření infiltrace typu (a).

Při vysoké a střední četnosti puklin se vytvářejí jeskynní systémy umožňující průtok značného množství vody. V poměrně krátkém čase dojde k prudkému poklesu hladiny v krasové zvodni a to včetně oblasti ponorů. Proudění podzemní vody je stahováno k jeskynnímu systému. V obou případech se proto v konečné fázi vytváří dendritický vzor jeskynního systému a povrchové toky se zcela, či z podstatné části propadají do podzemí již nedaleko za svým vstupem do krasového území. Zásadním rozdílem mezi oběma případy je rozdílné množství a zrnitost transportovaných sedimentů.

Vysoká četnost puklin vede ke vzniku jeskynních systémů bez většího výskytu sifonových zón (horizontální a smíšené jeskyně, *sensu* Ford a Ewers 1978), které umožňují transport klastického materiálu systémem. Po dostatečně dlouhé době dochází díky gradačním jevům k vytvoření infiltrace typu (a). Při střední četnosti puklin se vytvoří typ (b). Tento typ se vyskytuje i v oblastech s vysokou četností puklin, a to tam kde je v povrchových tocích transportováno velké množství rozměrných klastů (horské oblasti v ČR), nebo tam, kde dosud neuplynula dostatečná doba pro odstranění větších sifonových zón překázejících transportu klastického materiálu, nebo kde se vyskytují překážky bránící vytvoření jeskynního systému v mělce freatické a vadózní zóně (ponor Špraňku u Konického-mladečského krasu). V případě Konického-mladečského krasu je přitom vysoká četnost puklin doložena existencí fosilní horizontální jeskynní úrovně (svrchní patro Javoříčských jeskyní). Při velmi nízké četnosti puklin, nebo při zavrásnění či zaklesnutí karbonátů mezi zónou infiltrace a drenáže do větších hloubek, je začátek vznikajícího jeskynního systému již v zárodku zanášen klastickým materiálem, který nemůže být díky pomalé rychlosti proudění v batyfreatických podmínkách odnášen z jeskynního systému pryč. Ani po velmi dlouhých časových obdobích proto nedojde k snížení hladiny v krasovém prostředí v oblasti infiltrace z povrchových toků. Voda se z povrchového toku vsakuje na značném množství míst (infiltrace typu C). Místa infiltrace se v průběhu času díky ucpávání puklin a změně lokalizace

toku mění. Výsledkem je velké množství malých přítoků do krasového prostředí vytvářejících labyrintový vzor jeskynních systémů. Přesto i v tomto prostředí dochází k soustředování vody z rozsáhlých území a vytváření podzemních toků, které však netransportují klastický materiál a většinou ani nemají volnou hladinu (batyfreatické kanály). Na soustředování podzemního odtoku ukazuje existence velkých pramenů v ČK s povodím, až 10 km² (Bruthans a Zeman 2000). Tok v Chýnovské jeskyni je také jedním z příkladů.

Obdobný typ infiltrace jako je nesoustředěné vsakování z povrchových toků může vzniknout i v jiných podmínkách: (1) prouděním podzemní vody z nekrasových propustných hornin pokrývajících krasové horniny; (2) přítokem vod do krasového prostředí podzemím z rozvětralých zón z okolních nekrasových hornin.

4. Vývoj názorů na speleogenezi Českého krasu

V oblasti se jako první začal genezi jeskyní systematicky zabývat Homola (1947), který předpokládal kvartérní stáří jeskyní a domníval se, že jeskyně vznikaly v souvislosti s vývojem říčních teras. Již Petrbok (1956) však upozornil na neogenní stáří některých jeskyní, a to na základě jejich výplní tvořených pestrými jíly. Mnoho dalších autorů přejímalo vazbu jeskyní na terasy, ať už terasy kvartérní, nebo i vyšší terasy terciérní (Kučera 1985; Tůma 1979; Hromas 1968).

Později byla na základě existence opálové mineralizace (Slačik 1976, 1982; Lysenko a Slačik 1977, 1978) v nejstarších sintrových výplních a představe, že opálová mineralizace tvořila původně v jeskyních celé oblasti jeden dominantní, hladinou kontrolovaný horizont, vytvořena teorie o vzniku největších jeskynních systémů v jednotné výškové úrovni na rozhraní oligocén/miocén. Tato úroveň měla být později rozčleněna neotektonickými pohyby dosahujícími vertikální amplitudy až 200 m (Lysenko 1980; Bosák a Rejl 1982; Bosák 1985).

Komaško (1986) po nálezech opálové mineralizace i v jiných úrovních považuje teorii o jediném horizontu za neudržetelnou. Čílek (1989) analýzou porušení permokarbonských a křídových sedimentů na S od ČK ukazuje na nereálnost tektonických pohybů v řádech stovek metrů (z hlediska zanechání značných následků v současné morfologii), také dokládá, že tektonické pohyby v blízkém okolí ČK dosáhly maximálně prvních desítek metrů. Navrhuje tzv. *exhumační model* ČK, kdy je vznik jeskyní a hlubokých kapes (např. krasová kapsa vyplněná peruckým souvrstvím o mocnosti minimálně 120 m na Dívčích hradě - Zelenka 1984) vysvětlován zahloubením Berounky již před křídovou transgresí na úroveň cca 30 m nad dnešní úroveň řeky; pozdějším zanesením a dalším výrazným zahloubením v paleogénu nebo spodním miocénu (Čílek 1989).

V devadesátých letech se objevuje model vývoje Českého krasu směšovou korozi pod úrovní erozní báze ve dvou hlavních obdobích krasování - v paleogénu a spodní křídě, kdy byly rozsáhlé oblasti ČK protékány řekami. V kvartéru je spíše uvažováno o odnosu výplní, než o významném vzniku jeskyní (Bosák, Čílek a Bednářová 1993). Významným posunem je přijetí faktu, že ke krasování docházelo i ve větších hloubkách pod úrovní současné erozní báze, ve freatické zóně (Bosák, Čílek a Bednářová 1993). Dřívější práce většinou vázaly krasování na úroveň řeky (erozní báze), různá výšková pozice větších jeskynních systémů byla vysvětlována složitými a málo podloženými modely (viz výše). Bosák (1996) diskutuje paleohydrologický model v koněpruské synklinále.

V současné době se začíná uvažovat zejména v koněpruském devonu o vlivu hydrotermálních roztoků na krasování (Zeman, Suchý a Dobeš 1997; Bosák 1998; Čílek 1998; Zeman a Suchý 1999; Dubljanskij a Bosák 1999). Otázkou zůstává stáří tohoto procesu a jeho důležitost pro speleogenezi ČK (Žák 1999).

5. Popis a charakter krasových jevů v Českém krasu a dalších oblastech bez soustředěných ponorů v ČR

V České republice existuje velká řada krasových oblastí, které se liší jak typem infiltrace, tak i rozdílným charakterem podzemních prostor.

Na jedné straně se jedná o území, kde převládá soustředěná infiltrace z povrchových toků (ponory). Příkladem je Moravský kras, ale i menší karbonátové výskyty nacházející se v dynamičtějším reliéfu (kras Králického

* "Nesoustředěnou infiltrací" jsou myšleny ztráty v řádech maximálně několika l.s.⁻¹ připadající na 1 km dlouhý úsek povrchového toku. Pokud se např. 10 l.s.⁻¹ postupně ztrácí během 100 m dlouhého úseku řečiště do náplavů, pak se jedná o soustředěnou infiltraci typu (b).

*** "Malým množstvím" infiltrované vody je myšleno takové množství vody z povrchového toku, že je tok i za průměrných vodních stavů (po většinu času) protékán hluboko do nitra krasového území, nebo je protéká celý.

Sněžníku, kras série Branné, atd.) V těchto oblastech se běžně vyskytují jeskyně protékající toky transportujícími sedimenty (jeskyně Rokytka I u Liberce, Jeskyně Za Hájovnou a U borovice u Vápenné, Tvarožné díry). Speleogeneze v těchto oblastech obecně probíhá podle běžných modelů (např. Ford a Ewers 1978).

Na druhé straně se v ČR nachází řada území, kde ponory a jeskyně protékají podzemními toky transportujícími sedimenty chybí zcela, nebo se vyskytují velmi vzácně. Mezi tato území patří Český kras a následující krasové výskyt, které byly autory zkoumány: Týnčanský kras, Chýnovský kras, kras u Ledče nad Sázavou, karbonátové čočky odkryté v dolu Loreta u Klatov, u Strakonice, u Horažďovic a v Blížné v Pošumaví a zřejmě mnoho dalších nezkoumaných oblastí, zejména v j. a středních Čechách.

Někteří autoři označují tento typ jako „embryonální zkrasování“ (Věšlová, 1980), jiní jako tzv. kras malých krasových oblastí v krystaliniku (Bosák, Čílek a Bednářová 1993, viz též Čílek 1993). Ve zmíněných oblastech se nevyskytují soustředěné ponory na stálých vodotečích. Výjimkou je ponor Tetínského potoka pod obcí v Tetínské roklí v ČR a dnes již zasypaný ponor toku před Strašinskou jeskyní (Kukla a Skřivánek 1955). U některých toků v ČR dochází sice k úbytkům jejich průtoků (Bubovický potok, Švarcava atd.), ale vždy se jedná o pozvolnou infiltraci do sedimentů (ty však v mnoha případech sytí vodou krasové prostředí). Také soustředěné ponory srážkových vod jsou velmi vzácné. V roklí Propadlé vody u Sv. Jana leží několik závrťů, jež slouží jako hltáče vod přitékajících z nekrasových hornin za mimořádných srážkových událostí. Čílek (1992) popisuje hltáče srážkových vod v Beranově lomu a v lomu na Chlumu, jedná se však v obou případech o jevy vzniklé antropogenní činností.

U většiny sledovaných pramenů v ČR tvoří převážnou část vydatnosti voda se značnou střední dobou zdržení - v řádu let až desítek let (Šilar a Záhrubský 1999).

Na území ČR nejsou dnes známy žádné volné toky jeskynními prostorami. V podzemních jezerech je až na výjimky voda s neznatelnou rychlostí proudění. K transportu klastického materiálu skrz jeskynní systémy až na výjimky nedochází. Ve výjimečných případech je transportována pouze suspenze (Arnika - pramen Sv. Jan), nikoli hrubší klasty. V ČR neexistují ani průkazné příklady fosilních jeskyní vzniklých činností stálých podzemních toků transportujících sediment (viz kap. 8).

Pro ČR a kras malých krasových výskytů jsou naopak typické nepravidelné labyrintovitě dutiny, většinou vázané na pukliny, vrstevní nebo zlomové plochy a snadno krasovějící polohy vápenců, zatímco vazba na horizonty rovnoběžné s hladinou podzemní vody prakticky chybí. Mnoho jeskyní vykazuje mimo labyrintových forem, i poměrně dlouhé chodby (Arnoldka, Palachova propast, Buml, Barrandova, Tetínská chodba), které i dnes plní odvodňovací funkci (Arnoldka, Palachova p., atd.). Jeskyně jsou často ukloněny podle směru a sklonu vrstev a příčné tektoniky (Věšlová a kol. 1980). Jsou rozptýleny v širokém rozsahu nadmořských výšek, bez vazby na určitou úroveň (Bosák, Čílek a Bednářová 1993). Jeskyně v ČR mohou končit zcela slepě bez jakéhokoliv pokračování, nebo pokračují jen úzkým kanálkem. Po několika metrech se mohou opět rozšiřovat (Bosák, Čílek a Bednářová 1993). Vznikaly jednoznačně ve freatické zóně a v naprosté většině případů nejeví žádné stopy pozdější vadozní remodelace. V některých jeskyních (Arnoldka) dochází sice po extrémních srážkách k tvorbě splachových toků o vydatnosti setin až prvních desetin l.s⁻¹, tyto ale transportují pouze sedimentární výplně a vlastní jeskyni prakticky nepřetváří.

Celkově bylo v ČR objeveno téměř 400 jeskyní (dutin od délky 1,5 m), naprostá většina v činných a opuštěných lomech (Hromas a Bílková 1998). Nejrozsáhlejší jeskyně mají celkovou délku chodeb i přes 1000 m (Koněpruské j., j. Ementál, jeskyně Na Chlumu a Netopýrka, jeskyně Arnoldka), denivelace dosahuje i přes 100 m (Arnoldka, Podtraťová jeskyně). Jeskyně zasahují do poměrně velkých hloubek, další postup bývá většinou znemožněn mocnými výplněmi sedimentů nebo vodou (viz kap. 7). Míra zaplnění sedimenty, především hlubokých dutin, je značná; na průchodnou jeskyni připadá mnoho kapes vyplněných sedimenty (jak je zřejmé z odkrytí v lomech).

Závrtý a další povrchové krasové jevy jsou v ČR a v dalších krasových oblastech bez soustředěných ponorů v porovnání s klasickými krasovými oblastmi velmi vzácné.

V ostatních krasových oblastech bez soustředěných ponorů se oproti ČR poměrně často (vzhledem k počtu jeskyní) vyskytují menší podzemní toky (v Chýnovské jeskyni, v krasových dutinách dolů Blížná a Loreta u Klatov). Naopak v ČR jsou na cca 380 jeskyní pouze 4 kde dochází k intenzivnějšímu proudění podzemní vody (Únorová propast, Podtraťová jeskyně, Tetínská vyvěračka, Arnika). Rozdíly jsou zřejmě i v menším zastoupení krasových kapes v takových krasových oblastech oproti ČR. Také šedé a červené jíly hojně vyplňující jeskyně v ČR jsou v těchto oblastech vzácné.

Krasové kapsy a intenzita zkrasování v závislosti na hloubce pod povrchem v Českém krasu

Zejména povrch vápenců lochkovu a pragu je pod půdním pokryvem silně zkrasovělý a nerovný, jak je zřejmé z odkrytí v lomech a z výsledků vrtné prozkoumanosti. Kapsy mají vazbu na tektonické linie (Bosák 1995). Krasové kapsy se vyskytují zejména ve starém peneplenizovaném povrchu křídového, respektive paleogenního stáří, přitom deprese jsou různé hluboké (K. Žák ústní sdělení). V oblasti vysokoprocentních ložiskových vápenců v Koněpruské synklinále byla míra zkrasování v závislosti na hloubce zpracována Ovčarovem a kol. (1973). Ovčarov použil metody klouzavých hranolů (detaily viz Ovčarov a kol. 1973, str. 165-171), míra zkrasování byla určena jako rozdíl mezi průměrným obsahem CaO podle všech vzorků a podle vzorků neporušených (v jednotlivých hranolech). Objemové zastoupení krasových kapes (objem výplní kapes v hranolu / celkový objem hranolu) bylo získáno z hodnot zjištěných Ovčarovem a kol. (1973) vydělením hustotou vápence. Výsledky uvádí tabulka 1. Z tabulky a obrázku 1 je evidentní nepřímá závislost míry zkrasování s hloubkou pod povrchem. Podle výchozí a vrtné prozkoumanosti je tomu tak i v ostatních oblastech ČR. Z obrázku 1 a tabulky 1 je zřejmé krasové kapsy zabírají u povrchu 3 % horninového prostředí, v hloubce 10-20 m okolo 1 %, a ve větších hloubkách již pouze desetiny % (jedná se však o podceněné hodnoty, protože do této statistiky nejsou zahrnuty volné dutiny).

Hloubka (m)	Rozdíly v průměrných obsazích CaO			Vypočtený objem krasových výplní (%)			Storativita - pórovitost (%)	
	VLČS	Homolák	Celek	VLČS	Homolák	Celek	Homolák	Sv. Jan
0-2			9,18			3,4		
2-4			6,6			2,4		
4-6			5,94			2,2		
6-8			5,6			2,1		
8-10			5,1			1,9		
0-10	5,90	5,13	5,50	2,2	1,9	2,0		
10-20	3,66	1,49	2,55	1,4	0,6	0,9	0,4-0,5	
20-30	1,74	0,90	1,69	0,6	0,3	0,6		
30-40	1,76	0,67	1,08	0,7	0,2	0,4		
40-50	0,70	0,40	0,17	0,3	0,1	0,1		
50-60	0,35	0,58	0,05	0,1	0,2	0,0		
60-70	1,26	1,03	0,43	0,5	0,4	0,2		
0-70	2,86	1,80	2,18	1,1	0,7	0,8		
přes 100								0,1-0,7

Tabulka 1 Míra zkrasování s hloubkou

Table 1 Rate of karstification with the depth

Pozn.: Hodnoty v druhém až čtvrtém sloupci jsou převzaty od Ovčarova a kol. (1973). V těchto sloupcích jsou vyneseny rozdíly v průměrném obsahu CaO na základě určení podle všech vzorků a podle vzorků neporušených krasováním. Výsledky jsou zpracovány odděleně pro Velkolom Čertovy schody (VLČS), lom Homolák a též pro celé území. V pátém až sedmém sloupci je uveden objem krasových výplní ku celému objemu bloků (%). Ten byl získán výpočtem ze sloupců 2-4 (vydělením hustotou vápence). Poslední dva sloupce uvádí storativitu (porozitu) zjištěnou z integrace vydatnosti pramenů při snižování hladiny na vrtu (detaily viz Bruthans a Zeman 2000).

6. Kras a typy vápenců

Závislost krasování na typech vápenců se první zabýval Homola (1947). Později se jí zabývala Tvrđíková (1986), která navíc přiřadila jednotlivým horninám hydrogeologickou funkci na základě míry zkrasování. Závěry těchto autorů jsou obdobné výsledkům hodnocení krasování, popsanych dále.

Jako určitý objektivní ukazatel náchylnosti hornin ke krasování byla vybrána délka jeskynních chodeb v jednotlivých vápencích. Podklady autoři získali v archivu ČSS a v publikovaných pracích, převážně v sborníku Český kras.

Protože v jeskyních jsou vyvinuty i vertikální a subvertikální úseky chodeb, nebyl používán parametr délka jeskyně (délka chodeb v horizontálním průmětu), nýbrž tzv. absolutní délka (skutečná délka chodeb v 3D, respektive délka myšleného polygonu vedeného chodbami). Do srovnání jsou zahrnuty

jeskyně celého ČR, vyjma koněpruské synklinály, kde je odlišný litologický vývoj vápenců (zkrasování vápenců v koněpruské synklinále je uvedeno zvlášť).

U části chodeb (13,6 %, 1 540 m) se nepodařilo zjistit v jakých horninách jsou vyvinuty. Dále je délka určených chodeb přepočtena na 100 % (9 730 m):

Nejvíce jeskyní je vyvinuto ve vápencích lochkovu a pragu (92,9 %, 9 040 m), z toho v pragu (65,8 %, 6 405 m), v lochkovu (14,6 %, 1 420 m). Zbývajících 12,5 % (1 220 m) se nachází v lochkovu anebo pragu (nerozlišeně). Podíl jednotlivých facií pragu je problematické objektivně vyjádřit, neboť mnoho, zejména větších jeskyní je vyvinuto ve více faciích a nepodařilo se většinou zjistit podíl těchto facií na délce chodeb. Neplatí zde často navíc pravidlo, že by lépe měly krasovět vápence s nejnižší příměsí nerozpustných součástí (Tvrdíková 1986 - zmiňuje silné zkrasování relativně nečistých loděnických vápenců). Např. jeskyně Arnoldka (délka 1 260 m) je, podobně jako mnoho jiných jeskyní, z větší části vyvinuta v loděnických vápencích, které mají vyšší příměs nerozpustných složek (Bruthans a Filippi 1999).

Také zlíčovské vápence (2,3 %, 219 m), jsou zkrasovány místy v celém ČR (s maximem u Prahy). Několik jeskyní je i v silurských přídolských vápencích (0,4 %, 40 m).

Místně intenzivně zkrasověné jsou horniny facie Kozla (silur - liteňské souvrství; 3,9 %, 380 m). Tyto horniny (jejichž intenzita zkrasování se může blížit zkrasování lochkovu a pragu - Bruthans 1999) jsou však zkrasovělé pouze v okolí Šanova kouta u Berouna a jinde v ČR horniny tohoto stáří nekrasoví. Vápence chotečské (0,16 %, 16 m) jsou zkrasovělé pouze v okolí Srbska a v údolí Propadlých vod u Sv. Jana, kde jsou v nich vyvinuty závrtky. Jejich zkrasování u Srbska je poměrně značné (hlavně neprůlezné kanálky, Bruthans 1999). Malé dutiny se vyskytují také v kopaninském souvrství ve štolách v lomech na Amerikách.

Naopak žádné jeskyně nebyly nalezeny ve vápencích třebotovských (obsah nerozpustných součástí kolem 30 %; Chlupáč a kol. 1992), v souvrství liteňském (mimo facie Kozla), v dalejších břidlicích a srbském souvrství.

ÚTVAR	STUPĚŇ	délka jeskynních chodeb (%)	délka jeskynních chodeb (m)	poznámka
Český kras mimo koněpruskou synklinálu				
DEVON	givet	0	0	
	eifel	0,16	16	jen u Srbska
	dalej	0	0	
	zlíchov	2,3	219	
	prag	65,8	6405	
	lochkov	14,6	1420	
	prag a lochkov	12,5	1220	nerozlišeno
SILUR	přídolí	0,4	40	
	ludlow	0,1	10	
	wenlock	3,9	380	jen facie Kozla
	llandoverý	0	0	
Konepruská synklinála				
DEVON	eifel	1	30	akantopygové vápence
	zlíchov + dalej	9	299	suchomastské vápence
	prag	43	1491	konepruské vápence
	lochkov	3	111	lochkovské souvrství
		45	1550	na rozhraní koněpruských a suchomastských vápenců

Tabulka 2 Délka jeskynních chodeb v jednotlivých horninách v Českém krasu
Table 2 The length of cave passages in particular rocks of the Bohemian Karst

Pozn.: Do statistiky byly přidány údaje z jeskyně Ementál a dalších jeskyní, proto se výsledky mírně liší od dříve publikovaných (srv. Bruthans a Zeman 2000). Pokud je ignorováno lokální zkrasování, připadají všechny jeskyně do horninového intervalu přídolí-zlíchov s výrazným maximem v horninách pragu a lochkovu. V koněpruské synklinále sahá zkrasování až do hornin eifel.

Velké množství jeskynních chodeb ve vápencích lochkovu a pragu je poněkud zvýrazněno tím, že je v nich situována většina lomů. Neurčené jeskyně náleží zřejmě horninám lochkovu a pragu, případně blízkému nadloží či podloží a neovlivňují proto významně správnost rozdělení. Podle pozorování na výchozech a v lomech je i zkrasování v menším měřítku (neprůlezné kanálky) přednostně vázáno na tytéž horniny jako velké jeskyně.

V oblasti koněpruské synklinály se u části chodeb (8 %, 289 m) nepodařilo zjistit v jakých horninách jsou vyvinuty. Dále je délka určených chodeb pře-

počtena na 100 % (3 770 m). Jeskyně jsou zejména situovány v koněpruských vápencích stáří pragu (43 %, 1 491 m) a na rozhraní koněpruských a suchomastských vápenců (45 %, 1 550 m). Méně zkrasovělé jsou suchomastské vápence (9 %, 299 m), vápence lochkovského stáří (3 %, 111 m) a akantopygové vápence (1 %, 30 m).

V ČR existuje vztah mezi mírou zkrasování a propustností. Horniny lochkova, pragu ± zlíchova a přídolí tvoří propustný kolektor o mocnosti 120-300 m (Bruthans a Zeman 2000). Propustnost a míra zkrasování hlavního kolektoru klesá ve směru od SZ k JV, v závislosti na faciálních změnách lochkovského a pražského souvrství (Bruthans a Zeman 2000). Není bez zajímavosti, že relativně čisté chotečské vápence prakticky nezkrasověly, ačkoli vápence lochkova krasovějí velmi silně a to včetně kotýzkých vápenců s rohovci (oba horninové typy mají přibližně stejný obsah nerozpustných součástí, Chlupáč a kol. 1992). Vznik jeskyní je obecně podmiňován prouděním podzemní vody po propustných puklinách, mezivrstevních plochách atd. Je zřejmé, že čím mocnější je potencionálně krasovějící souvrství, tím větší je pravděpodobnost propojení propustných puklinových systémů v jeden celek, což je podmínka k oběhu vod a krasování. Je pravděpodobné, že mocnost chotečských vápenců je na rozdíl od hlavního kolektoru příliš malá (20-60 m, Chlupáč a kol. 1992), než aby dovolila propojení puklinových systémů na vzdálenost několika kilometrů a tím krasování (malou propojenost puklinových systémů ukazují i nízké vydatnosti pramenů z chotečského souvrství - viz Bruthans a Zeman 2000). Jiným vysvětlením mohou být i odlišné mechanické vlastnosti chotečských vápenců (nebo jiné chování při vrásnění) vedoucí k vzniku méně příznivému typu puklinové porózy, než je tomu u hornin hlavního kolektoru.

7. Hlubkový dosah krasování

Z modelů simulujících vznik jeskynních systémů (Palmer 1991; Dreybrodt a Siemers 1997) je zřejmé, že neexistuje žádné fyzikální omezení pro vznik jeskyní zasahujících do hloubek mnoha set metrů pod úroveň erozní báze (za předpokladu existence propustných puklin v těchto hloubkách). Modely ukázaly, že ve vzájemném soutěžení zvítězí nakonec nejkratší protokanal (pokud jsou ostatní parametry u protokanálů obdobné). Protokanal je ve skutečných případech většinou situován v hloubkách menších než vyšší desítky metrů pod úroveň erozní báze, kde je vyšší intenzita rozpukání než ve větších hloubkách. Nicméně v půdorysu zasahují protokanály často stovky metrů i více od ideální spojnice mezi ponorem a vývěrem. Proto ani ve vertikálním směru nelze takové výchylky vyloučit. Hlavním důvodem, proč skutečně většina přístupných aktivních jeskyní vede v blízkosti erozní báze, nebo nad ní není samotný korozní proces, ale skutečnost, že soustředěnými ponory se do krasového prostředí dostávají sedimenty, jež musí být podzemní tok schopen z valné části přetransportovat jeskynním systémem. Např. v Dinárském krasu jsou chodby vytvořené autochtonními toky (bez transportu hrubších sedimentů) často zcela freatické, naopak na ponory povrchových toků z nekrasového území bývají vázány mohutné jeskynní úrovně s volnými toky (F. Šusterčíč, úst. sděl. 2000). To plně souhlasí se závěry Forda a Ewersa (1978) o důležitosti sedimentů při gradacích jevů (kap. 3). Pokud totiž podzemní toky netransportují žádný sediment, nemůže se uplatnit ani parageneze (bez sedimentů bude korodován strop, stěny i počva chodby stejnou rychlostí a nebude tak vznikat dovrcní zářez) ani vytváření zkratk (bypassů) okolo hlubokých sifonů (bez sedimentů upcávajících sifon nevzniknou při zvýšení průtoku podzemního toku strmé hydraulické gradienty v prostoru sifonu, které jsou pro vznik bypassů nutné). Jeskyně, které nevznikaly prouděním vody nesoucí klastický materiál jsou proto hlubkově jen velmi málo omezené. K hlubokému oběhu vod a krasování bude docházet zejména tam, kde jsou dobře krasovějící horniny zavrásněny mezi zónou infiltrace a drenáže do značných hloubek (např. v mnohých synklinálách ČR), nebo v oblastech kde jsou vápence strmě ukloněné (mezivrstevní spáry tvoří propustnou porózu s velkým dosahem - Ford a Ewers 1978). Hloubka freatických kolen roste též se snižující se četností propustných puklin (Ford a Ewers 1978).

Vývoj jeskyní v ČR probíhal a i v současnosti probíhá často velmi hluboko pod úroveň erozní báze. Jednoznačným důkazem je Podtráťová jeskyně, která dosahuje do hloubky 67 m pod současný tok Berounky a 57 m pod největší zahloubení řeky (tj. pod skalní dno) za wümského glaciálu (Zapletal 1989). Další dutiny pod úroveň řeky byly nalezeny vrty v hloubkách až 46 m (Věšlová a kol. 1980). Drobné krasové dutinky u lomu Hvíždalka popisuje Brunerová a kol. (1986) z vrtu Ko3 u Kosoře i z hloubky 180 m p.t., tj. z úrovně 160 m n.m. Je zde nutné připomenout, že vrtový průzkum zasahující do těchto hlubokových úrovní je již velmi řídký. Další jeskyni dokumentující hluboký dosah krasování je jeskyně Arnoldka, která má denivelaci více než 111 m, a je velmi pravděpodobné že základní plán jejích prostor vznikl současně a to ve freatické zóně (Bruthans a Filippi 1999). Hloubka dosahu drobného krasování v ČR bude pravděpodobně obdobná hlubokému dosahu hlavního kolek-

toru (lochkov, prag-zlíčov, přídolí) a hloubce oběhu vody v něm, tj. až 500-700 m p.t. (Bruthans a Zeman 2000). Velmi zajímavá je existence hluboké krasové deprese vyplněné peruckým souvrstvím na Dívčích Hradech, kde nebyla navržena báze peruckého souvrství ani v hloubce 120 m, tj. 195 m n.m. (Klein a Zelenka 1991). Také pod Barrandovským mostem narazily dva vrty pod řekou a wřimskou terasou na intergranulární korozi postižené vápence a snad až 30 m mocné souvrství jemných písků a jílu (Habrnál 1977). Vzhledem k nejasnostem v dokumentaci však nelze vyloučit že se ve skutečnosti jedná jen o sled bílých vrstev, bez sedimentů. Čílek, Bosák a Tipková (1995) uvádějí přítomnost intergranulární koroze postižených vápenců ve vrtech v koněpruské synklinále až z hloubky 320 m p.t. (tj. 133 m n.m.). Všechna výše uvedená fakta hovoří o existenci propustných zón zasahujících do značných hloubek, dovolujících hluboký oběh vod a krasování.

Proudění vody hluboko pod erozní bází přitom existuje i ve strukturách, kde je rozvinuta relativně hustá síť kanálů a chodeb při hladině podzemní vody. Např. v Moravském krasu zachytil vrt HV 1 (Taraba 1974) proudění v hloubkách i 500 m p.t., přitom v jeho blízkosti se vyskytuje rozsáhlý drenážní systém Amatérské jeskyně, jehož existenci lze datovat již do miocénu (Panoš 1963; Kadlec a Kadlecová 1995; Dvořák 1998). Také v čockách krystalických vápenců v oblasti Krumlova bylo dokumentováno proudění v hloubkách mnoha set metrů pod terénem, zřejmě spojené s embryonálním krasovněním (Vašta 1984).

8. Otázka speleogeneze Českého krasu

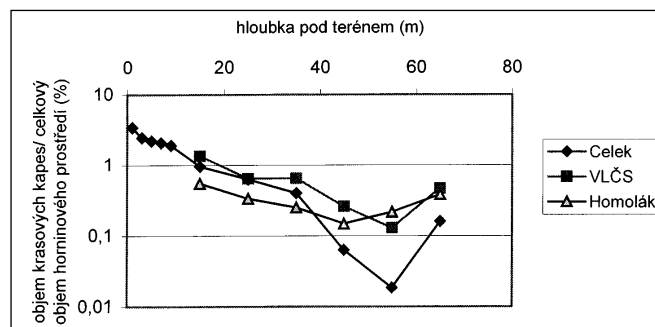
Charakter převážné většiny jeskyní (viz kap. 2 - především častá přítomnost sítí chodeb s mnoha propojeními - "labyrintů") ukazuje, že jeskyně vznikly ve freatické zóně s pomalým prouděním vody; koroze z mnoha menších nesoustředěných přítoků, nikoli koroze jediným větším tokem (viz. Palmer 1991). Na vzniku jeskyní se v určité míře mohla podílet i směšová koroze. Na nesoustředěnost přítoků formujících jeskyně jasně ukazuje i nepřítomnost vadózní remodelace jeskyní. Kdyby byly jeskyně tvořeny v návaznosti na ponory povrchových vodotečí (i s průtokem pouze v prvních l.s⁻¹), musely by být alespoň v některých jeskyních zachovány výrazné stropy vadózní remodelace, kterou by takový tok při poklesu hladiny podzemních vod způsobil.

ČK a další krasová území bez soustředěných ponorů jsou protékána mnoha povrchovými toky, z nichž zejména ty menší a výše položené umožňují nesoustředěnou infiltraci vody do krasového prostředí. Je přitom zřejmé, že podle výsledků matematických a fyzikálních modelů (Palmer 1991; Ford a Ewers 1978) by mělo postupně dojít k vytvoření propojeného podzemního systému a stažení celého povrchového toku do podzemí. Musí tedy existovat faktory bránící ponáření povrchových toků v těchto oblastech. Podle výsledků výzkumů se nejdůležitějším faktorem zdá být příliš nízká četnost propojených puklinových zón a zavrásnění či zaklesnutí karbonátů mezi zónou infiltrace a drenáže do větších hloubek, které spolu s nepřilíš výrazným reliéfem v těchto oblastech neumožňuje transport žádného klastického materiálu (ani suspenze) krasovým prostředím (kap. 3). Pro nízkou četnost propojených puklinových systémů v ČK svědčí několik nezávislých důkazů: (1) nepřítomnost fosilních jeskynních úrovní vzniklých činností ponorných toků; (2) existence pramenů (Koda, Stydlá voda Karlická) vysoko nad erozní bází (přesto, že proudění do těchto pramenů zasahuje do značných hloubek, větších než je úroveň erozní báze) a (3) vysoká teplota některých pramenů (Sv. Jan, Bublák u Chotče) dokazujících velmi hluboký oběh (Kadlecová a Žák, 1998; Bruthans a Zeman 2000).

Jeskyně v oblastech bez soustředěných ponorů v ČR (kap. 5) vznikají nesoustředěnou infiltrací z poměrně koncentrovaných zdrojů, (z povrchových toků - v případě prostředí s velmi nízkou četností puklin, z podzemního koncentrovaného proudění z okolního nekrasového prostředí, případně infiltrací z nadložních pískovců a jiných propustných a polopropustných uloženin pokrývajících krasová území) za podmínek batyfreatického proudění (kap. 3). Při tvorbě nepravidelných profilů a některých labyrintovitých forem se zřejmě uplatňuje rapidní infiltrace povodňových vod do sítí puklin, ucpávání kanálů a vstupů (změny místa infiltrace do krasového prostředí) a směšová koroze.

K intenzivnějšímu rozvoji krasování v ČK mohlo dojít teprve po vytvoření určitého hydraulického gradientu (vyšší ‰ až první ‰), nutného pro hluboký pohyb podzemních vod.

V období po křídové transgresi mohlo k vzniku jeskyní dojít teprve po vytvoření dostatečné povrchové morfologie s rozdíly v nadmořské výšce mezi oblastmi infiltrace a drenáže několik desítek metrů na vzdálenost prvních kilometrů. Nejpozději v období klíneckého stadia (spodní miocén) byla již povrchová morfologie dostatečná pro hluboký oběh vod a krasování, jak je zřejmé z existence nejméně 100 m hlubokých údolních systémů v tomto období (Čílek 2000). V Českém krasu se jeskynní systémy vytvářely několika odlišnými procesy. Postupně budou diskutovány jednotlivé procesy a důkazy pro ně svědčící:



Obrázek 1 Průběh objemu krasových výplní ku celému objemu hranolů (%) v závislosti na hloubce (viz tab. 1, sloupec 5-7)

Figure 1 Volume of karst pockets vs. total volume of rock environment (%) depending on the depth below ground surface (m)

Směšová koroze pod rozsáhlými aluviálními plošinami

Bosák, Čílek a Bednářová (1993), váže vznik jeskyní na období, kdy byly rozsáhlé oblasti Českého krasu protékány řekami (období s rozvojem aluviálních plošin; Bosák 1996). Jeskyně tehdy měly vznikat směšovou korozi pod úrovní erozní báze, míšením podzemních vod s infiltrovanou říční vodou (Bosák, Čílek a Bednářová 1993). Nedostatkem této teorie je nepatrný hydraulický gradient vyplývající z plochého území (sklon aluviálních plošin se pohybuje pod 1 ‰, i v současnosti má Berounka sklon v Českém krasu jen mírně vyšší). Při tak nízkém gradientu si lze intenzivní proudění podzemní vody a vznik jeskyní jen ztěžít představit. Díky nízkému gradientu se bude voda ve vápencích obklopujících říční tok pohybovat pouze v silně propustné připovrchové zóně rozvětrání puklin, případná zóna míšení bude pouze mléčná a vázaná pouze na úzký okraj (břeh) rozsáhlé aluviální plošiny. Míšení říčních vod s vodou hlubšího oběhu z vápenců dále pod rozsáhlými aluviálními plošinami, navíc ve značných hloubkách je prakticky nemožné. Proti této teorii hovoří velký vertikální a plošný rozsah zkrasování a velký hloubkový dosah některých krasových jevů.

V průběhu hydrogeologických prací v Českém krasu byly zjišťovány minimální hydraulické gradienty v regionálním měřítku a to jak z hladin ve vrtech a jeskyních, tak z existence velkých pramenů a jejich vzdálenosti od hlavních vodotečí. Protože prameny odvodňují rozsáhlá povodí, minimální gradienty mezi prameny a většími vodotečemi dokazují platnost minimálního gradientu i pro regionální proudění a preferované cesty. Ukázalo se, že nejnižší gradienty podzemní vody dosahují 0,7 až 2,5 ‰ (Bruthans, 1999). Minimální sklon hladiny podzemní vody je tedy o řád vyšší, než sklon řeky Berounky. S výjimkou povodňových stavů řeky proto k větší infiltraci říčních vod do vápencového masivu docházet nemůže. Tento závěr potvrzují i výsledky současného hydrogeologického průzkumu jeskynních jezer v těsném okolí Berounky, z nichž vyplývá, že za průměrných a nízkých stavů řeky se v jeskynních jezerech vyskytuje voda původem z vápencového prostředí, nikoli z řeky. V Tomáškově propasti, v j. Ementál, Menglerově a Dynamitce, a zřejmě i zatopených kómech v Kruhovém lomu jsou jezera s vodou, převážně skapového původu z blízkého okolí (teplota vody rovná průměrné teplotě okolního prostředí, nízká koncentrace chloridů, nízká mineralizace). V Tetínské vyvěrače a Podtráťové propasti se jedná o významnější vývěry vod s hlubším oběhem a větší sběrnou oblastí (vyšší teplota, vyšší mineralizace a obsah chloridů). Nikde přitom nebyla zaznamenána voda typická pro Berounku (nízká mineralizace a přítomný vysoký obsah chloridů). Je tedy zřejmé, že za průměrných nebo nižších stavů řeky dochází k proudění z vápencového masivu do řeky a k míšení s říční vodou ve vzdálenosti větší než první desítky metrů od řeky již nedochází. Pouze za povodní dochází k intenzivní infiltraci říčních vod do podzemí, za takových okolností však převládají jiné procesy než směšová koroze (rapidní infiltrace za povodní - viz níže). Po skončení povodně říční voda z masivu odtéká zpět do řeky.

Jak je z výše uvedeného zřejmé, směšová koroze pod aluviálními plošinami měla pro vznik jeskyní v ČK pravděpodobně zcela minimální význam. V této stati je nicméně diskutována pouze jediná z mnoha variant směšové koroze (míšení infiltrované říční vody s podzemní vodou z vápenců). Speleogenezi podmiňovanou jiným typem směšové koroze výše uvedené poznámky nevylučují.

Vliv termálních roztoků na krasování

Pokud jde o hydrotermální kras, zásadní otázkou je definování od jaké teploty je voda považována za termální (nebo o kolik °C musí být voda teplejší oproti průměrné teplotě vzduchu v dané oblasti). Scholler (1962) např. považuje za termální již vodu o teplotě o 4 °C vyšší než je průměrná teplota vzduchu v dané oblasti. V takovém případě by se v současnosti v Českém

a Moravském krasu a zřejmě i ve většině dalších oblastí v ČR vyskytovaly termální vody. Bublák u Chotče by mohl být dokonce považován za termální pramen a velká část krasových jevů v Českém krasu by mohla být považována za hydrotermální. Tento přístup tak víceméně zařazuje jakýkoliv hlubší oběh vod (který lze předpokládat prakticky v každé krasové oblasti, kde vápence zasahují do hloubek alespoň 300 m pod povrch) pod termální vody. V tomto článku je za termální považována voda o teplotě alespoň 20 °C, což je definice uváděná v rozsáhlé mezinárodní publikaci týkající se speleogeneze (Dublyansky in Klimchouk et al., 2000). Termální vody se nevyskytují ani v nejhlubších současných prouděních zasahujících do hloubek 500 - 700 m p. t. V třetihorním období s vyšší průměrnou teplotou a vyšším teplotním gradientem (Bosák, 1998; Medaris a kol. 1998) však vody obíhající do této hloubky mohly přesáhnout 30 °C, lze je tak považovat za termální a výsledek jejich korozní činnosti za hydrotermální kras. Za těchto podmínek, lze považovat přítomnost hydrotermálních krasových jevů v cestách hlubokého oběhu a v oblastech tehdejší drenáže hlubšího oběhu za velmi pravděpodobnou a lze uvažovat i krasování míšením těchto vod hlubokého oběhu s mělkým oběhem ve vápencích (srov. Bosák, 1998; viz též Žák 1999), s tím, že k tomu docházelo za alespoň mírně zvlněného reliéfu, nutného pro oběh vod a krasování. Hluboký oběh byl dotován vodou infiltrovanou z křídových hornin zakrývajících vápence, z vápenců a z nesoustředěné infiltrace z povrchových toků.

Tímto způsobem však nelze vysvětlovat vznik hydrotermálních krystalů kalcitu s výrazně vyššími teplotami vzniku dosahujícími 60 až 80 °C pokrývajících stěny některých jeskyní ve VLČS (srovnej Bosák 1999). Bosák (1999) uvádí vznik těchto hydrotermálních dutin pod až 200 m mocným pokryvem křídý v paleogénu-miocénu. Tím by snad bylo možné vysvětlit vysokou teplotu roztoků srážejících kalcitu, roztoky by však musely cirkulovat konvekci v uzavřeném systému pod nepropustným spodnoturovským izolátorem (srov. Bosák 1999). Zařazení vzniku těchto hydrotermálních dutin do terciéru nebylo dosud věrohodně prokázáno (Žák 1999; Žák úst. sděl. 2000; srovnej Bosák 1999). Nehledě na stáří hydrotermálních dutin pokrytých krystaly kalcitu je jejich zastoupení zanedbatelné vůči ostatním jeskyním a větší dutiny byly zatím zjištěny pouze v koněpruské synklinále.

Jedním z méně známých příkladů hydrotermálních jeskyní je Krystalová propáskta v odbočce z hlavní dopravní štolky k Deštivému lomu u Mořiny

(Mexiko). Stěny jeskyně jsou pokryty skalenoedry kalcitu na něž nasedají poloviční klence kalcitu. Dutina je vznikem vázána na hydrotermální žíly vzniklé pravděpodobně někdy během karbonu až triasu (Žák, úst. sděl. 2000).

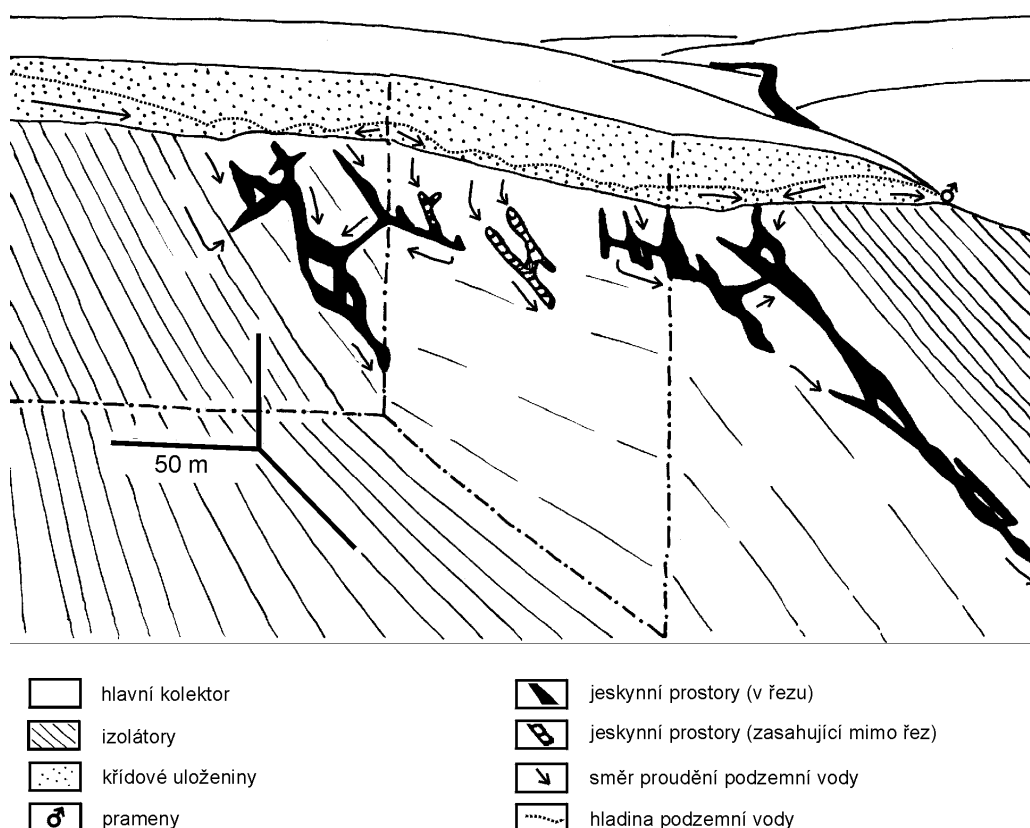
Z pozorování v mnoha krasových oblastech vyplývá, že sférické kapsy nelze považovat za jednoznačný důkaz přítomnosti hydrotermálních roztoků při krasování (jak se to domnívají Suchý a Zeman ve svých četných sděleních, viz jejich práci z roku 1999), v mnoha případech jde o jasné freatické speleogeny. Müller (in Bosák a kol. 1989) m.j. uvádí, že v hydrotermálním krasu jsou tyto formy mnohem častější než jinde (nikoli, že v jiných oblastech chybějí).

Krasování nesoustředěnými přítoky z křídových uloženin

Křídovým uloženinám v nadloží vápenců byla nejprve přisuzována funkce izolátoru (Bosák, Čilek a Bednářová 1993). Krasování pod křídovými uloženinami v oblasti koněpruského devonu popisuje již Bosák (1996, 1999).

Většina toků v oblasti Českého krasu jsou toky epigenetické, je zřejmé, že se zařezávaly do křídového pokryvu, který v té době pokrýval naprostou většinu území. Křídový pokryv je přitom místy dostatečně propustný a umožňuje tak úplnou infiltraci vody do podloží vápenců (viz níže).

Z těchto skutečností a práce Palmera (1991) lze odvodit hydrogeologicky přijatelný model vzniku jeskyní situovaných ve vyšších nadmořských výškách, nehluboko pod úrovní báze křídý v ČR (srov. Bosák, 1996): v paleogénu, se postupně zařezávaly toky do křídového pokryvu a pod něj do hornin paleozoika. S přibývajícím hloubkou údolí (a tím spojeným zvyšováním hydraulického gradientu) se zvyšovala intenzita proudění vody v hlavním kolektoru (prag, lochkov ± zlíčov, přídolí). V důsledku vyšších srážek byla voda v křídovém pokryvu blízko pod povrchem a přetékala prameny na bázi křídového pokryvu do údolí (obr. 2). Značná část vody z křídových hornin však infiltrovala do hlavního kolektoru, který vodu odváděl do pramenů ve dnech údolí zařízlých do vápenců, do vzdálenosti až několika kilometrů, často velmi hlubokými cestami ve vápencích zavrásněných v jádrech synklinál. K infiltraci do hlavního kolektoru docházelo z širokého okolí, i z nadloží okolních hornin, v důsledku deprese v hladině podzemní vody nad hlavním kolektorem. Křídový pokryv chránil vznikající jeskyně před přínosem sedimentů z povrchu. S hloubkou zařezávání toků klesala hladina podzemní vody, vyšší dutiny se dostávaly do



Obrázek 2 Vývoj jeskyní nesoustředěnou infiltrací z křídových hornin v Českém krasu

Figure 2 Speleogenesis caused by diffuse recharge from Cretaceous deposits in the Bohemian Karst

1. regional aquifer, 2. aquitard, 3. Cretaceous deposits, 4. spring, 5. cave (section), 6. cave (extended out of section), 7. groundwater flow direction, 8. water table

vadózní zóny. Protože přítoky do hlavního kolektoru nebyly soustředěné, nedošlo k výrazné remodelaci jeskyní ve vadózní zóně. Postupně se povrchovou erozí ztenčovala mocnost křídového pokryvu. Po jeho denudaci byly jeskyně zanášeny sedimenty a ve svých vodou nezaplavených částech „fosilizovány“.

Výše popsané procesy měly pro vznik jeskyní k dispozici období milionů až desítek milionů let, od paleogénu po miocén až kvartér (v některých oblastech do současnosti). Infiltrací vod z křídových uloženin vznikly pravděpodobně jeskyně v lomu Čerínka (jeskyně Arnoldka, Palachova propast a další), na Amerikách (j. Amerika I a II, komíny ve štolách, atd.), na Parapleti (j. Stará a Nová Aragonitová a další), na Branžovech (j. Čtrnácti pomocníků), u Trněného Újezda, atd. V těchto oblastech, kde se nejvyšší jeskynní prostory nachází pouze nehluboko pod úrovní báze křídových sedimentů si lze jiný způsob vzniku jeskyní jen ztěž představit. Po zařiznutí povrchových vodotečí do hornin paleozoika dále zůstávala okolní krajina pokryta křídovými uloženinami a k jejich úplnému odnosu došlo teprve v době, kdy již byly povrchové toky zahloubeny několik desítek metrů pod úroveň báze křídů a hladina podzemní vody v okolních vápencích též zaklesla, čímž se svrchní část vápenců dostala do neaktivní vadózní zóny. Proti teorii, že tyto jeskyně byly vytvářeny prouděním vod vystupujících z hlubokého oběhu (Bosák, ústní sdělení) svědčí skutečnost, že jeskyně (jejich nejvyšší části) jsou rozesety v mnoha oblastech v nepříliš rozdílných nadmořských výškách, takže případná oblast drenáže je nereálně rozsáhlá (Bruthans a Filippi 1999). Navíc hydraulický gradient by byl za takových podmínek velmi nízký a není ani zřejmá oblast infiltrace vod. Také v koněpruské oblasti může tento typ krasování hrát významnou úlohu (srov. Bosák 1996).

Pramen č. 46A nad Chýnicí (viz Kadlecová a Žák 1998) je dodnes existujícím svědkem takového procesu. Mohutný pramen odvodňuje horniny lochkovu a pragu, prakticky celé jeho povodí je překryto křídovými uloženinami. V jeho povodí nepřesahuje převýšení 60 m. Existence tohoto a dalších pramenů (v Zadní Kopanině, atd.) dokazuje, že vertikální propustnost křídového pokryvu je dostatečná, aby mohlo docházet k infiltraci veškeré vody z křídového pokryvu do podložních hornin. Krasování pod křídovými uloženinami v této oblasti zřejmě stále probíhá.

Podobným způsobem jako křídové uloženiny se mohly uplatnit i mocnější a rozsáhlejší tělesa terciérních sedimentů.

Krasování nesoustředěnou infiltrací z toků a okolních oblastí budovaných nekrasovými horninami

V ČR dochází v současnosti na mnoha místech k nesoustředěné infiltraci vody z menších povrchových vodotečí přes náplavy do vápencového komplexu (kap. 3, typ c). V případě horní části povodí Bubovického potoka (mezi Bubovicemi a vodopády) byly z detailního hydrometrování odhadnuty průměrné ztráty vody na 2-4 l.s⁻¹ (Bruthans 1999), což odpovídá průměrnému podzemnímu odtoku ze srážek z 1 km² v této oblasti (Včislavská a kol. 1980). Intenzita infiltrace je proto pod influentními toky řádově vyšší než infiltrace ze srážek. Voda z influentních toků odtéká často podzemím do jiného povrchového toku vzdáleného až několik kilometrů. Vody z horní části povodí Bubovického potoka pod Bubovicemi odtékají do povodí Loděnice, případně do Berounky. Vody z horního povodí Švarcavy (pod Kuchařkem) odtékají do povodí Radošinského potoka (Bruthans a Zeman 2000). Je velmi pravděpodobné, že k nesoustředěné infiltraci z povrchových toků docházelo i v geologické minulosti.

Tento proces se mohl uplatňovat po dlouhá období na řadě míst v Českém krasu a může tak být vedle krasování pod křídovým pokryvem nejpodstatnějším procesem z hlediska speleogeneze ČR a mohla jím vzniknout značná část jeskyní. Vznik jeskyní přitom není vázán jen na zónu infiltrace, ale na celou oblast proudění včetně zóny drenáže a to v hloubkách až několika stovek metrů pod povrchem (totéž platí i pro infiltraci z křídových uloženin). Je pravděpodobné, že části některých jeskyní v blízkosti Berounky vznikly tímto procesem a teprve později byly remodelovány a rozšířeny rychlou infiltrací povodňových vod řeky (j. Ementál, atd.).

Krasování přítokem podzemních vod z připovrchových rozvětralých zón izolátorů do hlavního kolektoru se v Českém krasu jeví jako nepravděpodobné. Vzhledem k tomu, že horniny izolátorů mají v ČR většinou poměrně vysoké obsahy CaCO₃, budou vody z izolátorů při vstupu do hlavního kolektoru již nasycené. Zcela jiná je situace v ostatních územích bez soustředěných ponorů v ČR. Zejména v krystaliniku, kde horniny obklopující vápence obsahují jen minimální množství CaCO₃, vznikla tímto procesem zřejmě převážná část jeskyní (srov. Čícha 1999).

Krasování vlivem rapidní infiltrace za povodní

Při povodních, ať už na povrchových či podzemních tocích dochází k vytváření krátkodobých extrémních hydraulických gradientů mezi zvýšenou

hladinou v toku a hladinou v puklinovém prostředí. Voda je prudce vtačována do sítě puklin nebo do starších dutin. Po skončení povodně odtéká voda zpět do řeky. Během relativně velmi krátké doby (desítky tisíc let) tyto procesy vytváří jeskynní labyrint (obr. 3). Jedná se o zcela běžný typ krasování (Palmer 1991). Povodňové labyrinty často bývají vloženy do již dříve existujících jeskyní. Jedním z podzemních příkladů je bezesporu i Bludiště v Amatérské jeskyni, které je výsledkem vtačování vody do husté sítě puklin za povodní, kdy zóny se sníženou propustností ležící ve směru odtoku neumožňují dostatečný průtok povodňových vod a hladina se vzdouvá téměř o 20 m (srov. Motýčka a kol. 2000). Jeskyně Ementál v ČR je vynikajícím příkladem labyrintu vázaného na rapidní infiltraci řeky Berounky za povodní (Brom a kol. 2000). Protokosta chodeb byla po zařiznutí řeky do dnešní úrovně (tj. během posledních cca 100-400 ka intenzivně remodelována korozi povodňových vod řeky Berounky; stáří jednotlivých teras viz Týráček a Kovanda 1991). Sedimentární textury ve štěrčích a povodňových hlínách v jeskyni ukazují na transport štěrků v jeskyni během povodní (Brom a kol. 2000). Za poslední významné povodně v roce 1981, kdy se hladina v řece zvedla o více než 5 m nad normál, docházelo k intenzivnímu vceřování vody do jeskyně po celou dobu povodně (Mengler a kol. 1990).

Je velmi pravděpodobné, že mnoho dalších jeskyní v kaňonu Berounky (Dynamitka, Barrandova j., Myší díry, Patrová j., Terasová j., atd.) vzniklo, nebo bylo remodelováno tímto procesem. K tomu docházelo zejména v mladším kvartéru, kdy se řeka zařizla do úzkého kaňonu a kdy byly změny hladiny Berounky během povodní značné. Nicméně v menší míře se tento proces mohl uplatňovat již v terciéru v prostoru celého širokého údolí řeky a též v okolí menších povrchových toků. V spodní chodbě Barrandovy jeskyně se nacházejí vrstvy proudově uložených písků a štěrků s úklonem až 30°, tj. se stejným sklonem jako je sklon chodby. Velmi pravděpodobně se jedná o sedimenty transportované v jeskyni vlivem prudkých změn hladiny v řece za povodní. Pro jeskyně vzniklé, či remodelované infiltrací vody z řeky za povodní je typický hojný výskyt vykroužených kapes a kanálků ve stropích (Ementál, Barrandova j., Dynamitka, atd.), vznikajících buď korozi vodou vtačovanou do puklin, nebo kondenzační korozi ve zbytkových vzduchových kapsách za povodní (Čícha 1999). Charakteristické kapsy se zdají být (vedle labyrintovitě formy a sedimentárních textur) dobrým vodítkem pro prokázání tohoto procesu na vzniku jeskyní. Jiným důležitým znakem je hojná přítomnost říčních povodňových hlín v jeskyních.

Jeskyně vytvořené v návaznosti na soustředěné ponory občasných toků po srážkách

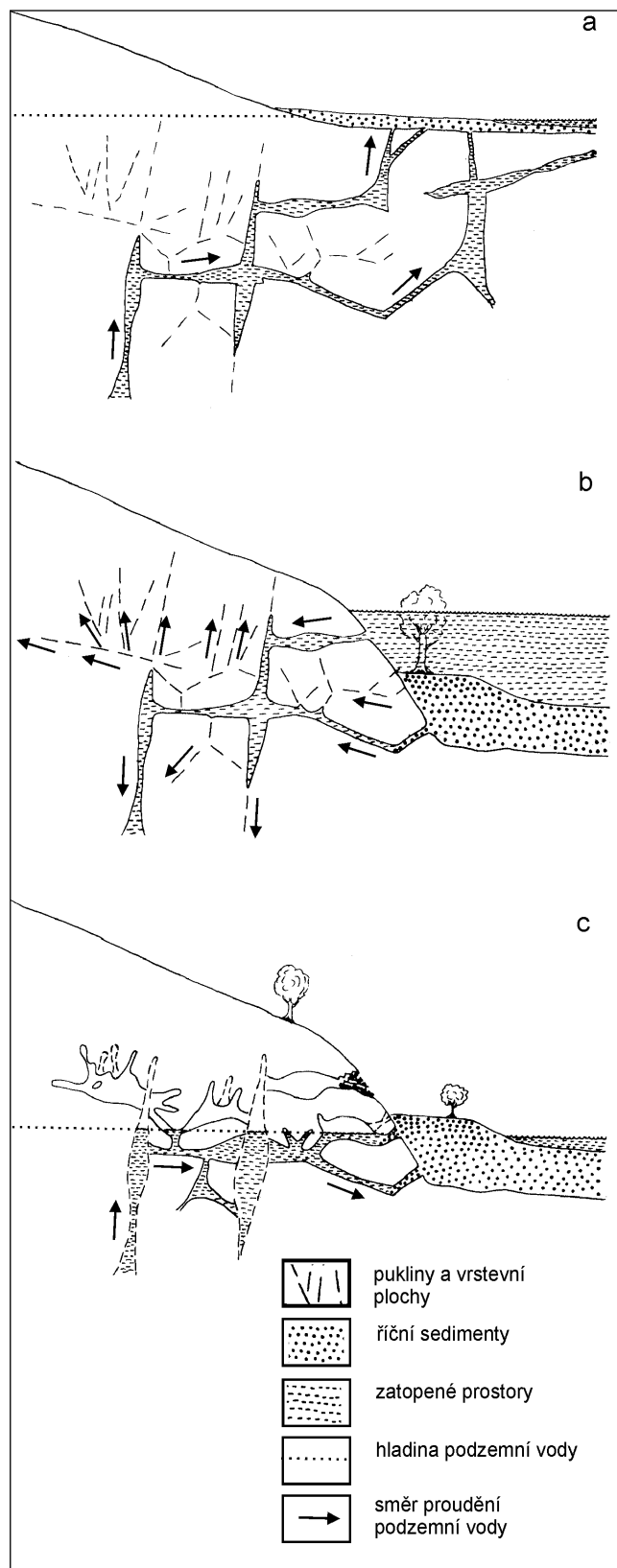
Na kvartérní období je pravděpodobně vázán vznik krasového systému Arnika - Sv. Jan, který je jediným prokazatelně propojeným jeskynním systémem v Českém krasu. V tomto systému dochází po srážkách k turbulentnímu proudění vody a transportu sedimentů ve formě suspenze (Žák a kol. 1996). Zdálnivá rychlost proudění vody mezi Arnikou a Sv. Janem zjištěná ze stopovací zkoušky (Žák a kol. 1996) je poměrně vysoká (1,1 cm.s⁻¹) a odpovídá rychlosti proudění v krasových kanálech (Bruthans 1999). Vývoj jeskyně probíhá v současné době, je vázán na krátká období po mimořádných srážkách, kdy voda do systému proniká ve formě soustředěných toků. Podle morfologie jeskyně se jedná o invazní vadózní jeskyni (*sensu* Ford a Ewers 1978), vznikající vysoko nad již dříve existující hladinou vody v hlavním kolektoru. Jeskynní systém se vyvinul v s. karbonátovém pruhu, který vykazuje největší rozsah propojených puklinových systémů v celém ČR (Bruthans a Zeman 2000).

V geologické minulosti mohly ojediněle rovněž vznikat kratší systémy vázané na soustředěné ponory i v jiných oblastech. Zejména tam, kde se nacházely dostatečně četné puklinové systémy, příhodně situované mezi ponor a vývěr, umožňující transport klastického materiálu vznikajícím krasovým kanálem. Příkladem takového systému může být jeskynní relikt Suchomasty 3, kde Bosák, Horáček a Panoš (in Bosák a kol. 1989) uvádějí existenci miocenního (sarmatského) toku, a snad i další jeskyně. Naprostá většina jeskynních výplní usazených proudící vodou v Českém krasu nese však spíše znaky usazování z krátkých epizodických splachových toků, případně transport povodňovou infiltrací, než na usazování ze stálých toků vázaných na soustředěné ponory.

Krasování v současnosti

Krasové procesy probíhají v ČR většinou skrytě. Ve freatické zóně probíhá krasování vlivem nesoustředěné infiltrace z povrchových toků (např. Bubovický potok a Švarcava), přítoky ze zbytků křídového pokryvu (např. v část ČR pokrytá křídovými sedimenty) a povodňovou infiltrací (např. jeskyně Ementál). Ve vadózní zóně probíhá zejména rozšiřování krasových kapes.

V kvartéru došlo především k vzniku jeskyní vázaných na rychlou infiltraci za povodní. Pro ostatní procesy je kvartér jen malým zlomkem celého období, kdy ke krasování docházelo.



Obrázek 3 Schematizovaný vývoj některých jeskyní v kaňonu Berounky: a) v terciéru a kvartéru dochází prouděním podzemní vody z nesoustředěné infiltrace k vývoji batyfreatických jeskyní; b) Po vytvoření kaňonu Berounky v mladším kvartéru dochází během povodní k intenzivnímu vceřování říčních vod do starších jeskyní a puklinové sítě. Díky extrémním hydraulickým gradientům se nenasyčená říční voda dostává i do drobných puklin, rychle se rozšiřuje a vytváří povodňové labyrinty; c) Situace po vytvoření povodňových labyrintů (stromy jsou znázorněny pro měřítko, nemají vztah k tehdejšímu typu vegetace)

Figure 3 Development of caves by rapid injection in the entrenchment of the Berounka river

1. joints and bedding planes, 2. river deposits, 3. flooded cave passages, 4. water table, 5. groundwater flow direction

9. Závěr

V letech 1994 až 2000 byl proveden rozsáhlý hydrogeologický průzkum ČK a studium charakteru a geneze krasování, založené na zpracování dostupných archivních dat a rozsáhlých terénních pracích. Charakter krasování byl srovnán s dalšími krasovými oblastmi v ČR i zahraničí a s obecnými zákonitostmi speleogeneze publikovanými zahraničními autory. Mezi nejvýznamnější závěry patří:

(1) Pro budoucí charakter krasové krajiny je jedním ze zásadních faktorů schopnost krasového prostředí umožnit transport klastického materiálu jeskynními systémy. Klasická krasová krajina s ponory v slepých a poloslepých údolích a podzemními krasovými toky transportujícími sedimenty může vzniknout pouze při dostatečné četnosti puklin, dostatečném hydraulickém gradientu a po dostatečně dlouhém časovém období. V oblastech, kde nízká četnost puklin (nebo zaklesnutí karbonátů mezi zónou infiltrace a drenáže do značných hloubek) a nízký hydraulický gradient neumožňuje transport žádného klastického materiálu skrz vznikající jeskynní systémy se proto klasická krasová krajina nikdy nevytvoří. Český kras a krasové oblasti bez soustředěných ponorů jsou právě tímto typem prostředí.

(2) Byly rozlišeny tři typy infiltrace vod z povrchových toků, každý je svázán s určitým charakterem transportu klastického materiálu jeskynním systémem. Každý typ lze jednoduše určit v terénu: (a) toky se soustředěně ponářejí v údolích, či rozsáhlých depresích, které mají slepý, či poloslepý uzávěr; (b) toky se ponářejí soustředěně, avšak ve skrytých ponorech v řečišti; (c) voda z povrchových toků se nesoustředěně a v malém množství vsakuje do náplavů.

(3) V ČK se na krasování podílely zejména následující procesy, v některých oblastech probíhají tyto procesy ve větší či menší míře i v současnosti: (a) nesoustředěné přítoky z křídových uloženin; (b) nesoustředěná infiltrace z povrchových toků; (c) rapidní infiltrace za povodní. Ostatní procesy se uplatnily jen místně nebo v menší míře: krasování vázané na (d) termální vody a směšovou korozi a (e) soustředěnou infiltraci v ponorech.

(4) V ostatních krasových oblastech bez soustředěných ponorů byl hlavním procesem odpovědným za vznik jeskyní přítok podzemních vod z přepovrchových rozvětralých zón okolních nekrasových hornin.

(5) Pohyb vod a existence drobného krasování může zasahovat v ČK i v dalších krasových oblastech do hloubek i několika set metrů pod úroveň erozní báze. Erozní báze nepředstavuje pro kras tvořený prouděním vody, které netransportuje klastický materiál žádnou fyzikální hranici a není proto důvod vázat takové krasování na jakékoli terasové úrovně, atd.

Literatura

- Bosák P. (1985): Periody a fáze krasování v Českém krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 11: 36-54.
- Bosák P a kol. (Eds., 1989): *Paleokarst. A systematic and regional review.* - Academia-Elsevier: 1-719. Praha-Amsterdam.
- Bosák P. (1995): Některé výsledky vyhodnocení vrtných prací v oblasti lomu Čerínka. - *Čes. kras (Beroun)*, 21: 27-32.
- Bosák P. (1996): Vývoj krasu a jeskyní v koněpruské oblasti a paleohydrologický model. - *Čes. kras (Beroun)*, 22: 15-22.
- Bosák P. (1998): Variský hydrotermální paleokras a kalcitové žíly ve Velkolomu Čertovy schody-východ. - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 60-64.
- Bosák P. (1999) The evolution of karst and caves in the koněprusy region (Bohemian Karst, Czech Republic), Part II: Hydrothermal paleokarst. - *Acta Carsol.*, 18: 41-61. Ljubljana.
- Bosák P., Čílek V., Bednářová J. (1993): Tertiary morphogeny and karstogenesis of the Bohemian karst. - *Knih. Čes. speleol. spol.*, 21 (Krasové sedimenty): 10-19. Praha.
- Bosák P., Rejl J. (1982): K existenci neotektonicky aktivních linií v centru Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 7: 29-41.
- Brom R., Bruthans J., Kolčava M., Přibíl M. (2000): Velká sýrová loupež. - *Krasová deprese*, 8: 2-13. Praha.
- Brunnerová Z. a kol. (1986): *Prognózní zhodnocení paleozoických vápenců v sv. části Barrandienu.* - MS, Ústř. Úst. geol., Geofond (P53851). Praha.
- Bruthans J. (1999): *Hydrogeologické poměry Českého krasu severně od řeky Berounky.* - MS, dipl. práce, PřFUK: 1-100. Praha.
- Bruthans J., Filippi M. (1999): Výzkum Arnoldky a dalších jeskyní lomu Čerínka a otázky jejich vzniku a vývoje. - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 23-30.
- Bruthans J., Zeman O. (2000): Nové poznatky o hydrogeologii Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 26: 41-50.
- Bruthans J., Zeman O., Vysoká H. (2001): Geologie a hydrogeologie Bartošovy pece o okolí. - *Speleofórum 2001*: 39-44. - Praha
- Buzek F., Kadlecová R., Žák K. (1997): Nitrate pollution of karstic groundwater system. - *International symposium on isotope techniques in the*

study of past and current environmental changes in the hydrosphere and atmosphere, Abstracts, IAEA-SM-349. IAEA Vienna

- Cícha V. (1999): Jeskyně a historická důlní díla v jižních Čechách a na Šumavě. 1-102. Plzeň
- Cílek V. (1989): Exhumace a geomorfologický vývoj Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 15: 97-112.
- Cílek V. (1992): Propady v Českém krasu. - *Speleo (Praba)*, 7: 47-48.
- Cílek V. (1993): Přehled výzkumů Týnčanského krasu. - *Speleo (Praba)*, 10: 29-33.
- Cílek V. (1998): Hydrotermální kras v Namibii a na Kačáku. - *Speleo (Praba)*, 7: 59.
- Cílek V. (2000): Nejnižší a nejvyšší fluvialní terciér Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 26: 49-50.
- Cílek V., Žák K., Dobeš P. (1994): Hydrotermální proces a kras v Čechách. - *Speleo (Praba)*, 17: 26-31.
- Cílek V., Bosák P., Bednářová J. (1995): Intergranular corrosion, infiltrational kaolinitization and epigenetically reddened limestones of the Bohemian Karst, and their influence on karst morphology. - *Stud. Carsol.*, 6: 131-150. Brno.
- Dubjanskij V. J., Bosák P. (1999): Plynokapalně uzavřeniny v krystalech kalcitu z Velkolomu Čertovy schody-východ: výsledky analýz a interpretace. - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 67-71.
- Dreybrodt W and Siemers J. (1997): Early evolution of karst aquifers in limestone: Models on two-dimensional percolation clusters. - *6th Conference on Limestone Hydrology and Fissured Media*, V2: 75-80. Switzerland.
- Dvořák J. (1998): Krasování devonských vápenců Moravského krasu a okolí. - *J. Czech geol. Soc.*, 43, 3. Praha.
- Ford D.C., Ewers R. O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. - *Can. J. Earth Sci.*, 15: 1783-1798.
- Habrnál L. (1977): *Závěrečná zpráva o předběžném inženýrsko geologickém průzkumu pro ZKS-SDO*. - MS, PÚDIS, Geofond (P26042). Praha.
- Homola V. (1947): *Krasové zjevy v Barrandienu*. - MS, rigorózní práce. PŘFUK. Praha.
- Hromas J. (1968): Nové objevy v Koněpruských jeskyních v Českém krasu. - *Čs. kras*, 20: 51-62. Praha
- Hromas J., Bílková D. (1998): *Jeskyně a krasová území České Republiky*. - AOPK, Praha
- Chlupáč I., Havlíček V., Kříž J., Kukul Z., Štorch P. (1992): *Paleozoikum Barrandienu (kambrium - devon)*. - Vyd. Čes. geol. Úst.: 1-296. Praha.
- Kadlec J., Kadlecová R. (1995): Vznik a stáří Amatérské jeskyně. - *Speleo (Praba)*, 20: 16-22.
- Kadlecová R., Žák K. (1998): Krasové prameny Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 17-34.
- Klein V., Zelenka P. (1991): The Cretaceous sediments filling vertical corrosion cavities in limestones of the Barrandian area. - *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 66, 1: 51-59. Praha.
- Klimchouk A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N., Dreybrodt, W. (Eds., 2000): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. - Natl. Speleol. Soc.: 1-521. Huntsville. USA.
- Komaško A. (1986): Opál a jeskyně Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 12: 23-46.
- Kučera B. (1985): Jeskyně skupiny 23 v Českém krasu. - *Čs. kras*, 36: 29-60.
- Kukla J. Skřivánek K. (1955): Limonitická výplň jeskyně u Strašína na Sušicku. - *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 30: 113-126. Praha
- Lysenko V. (1980): Perspektivy speleologického výzkumu v Českém krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 5: 37-39.
- Lysenko V., Slačik J. (1977): Sukcese a chemismus minerálních výplní Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 2: 7-20.
- Lysenko V., Slačik J. (1978): Výskyt opálu v Českém krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 3: 23-37.
- Medaris L.G., Wang H.F., Fournelle J.H., Zimmer J.H., Jelínek E. (1998): A cautionary tale spinel peridotite thermobarometry: an example from xenoliths of Kozákov Volcano, Czech Republic. - In J. Ulrych, V. Cajz, J. Adamovič, Eds.: *Magmatism and Rift Basin Evolution, IGSP 369, Workshop, Final Session*: 80. Český geologický ústav, Praha
- Mengler Z., Nosek P., Hovorka J., Cílek V. (1990): Menglerova jeskyně u Srbska v Českém krasu. - *Čs. kras*, 41: 123. Praha.
- Motýčka Z., Polák P., Sirotek J., Vít J. (2000): Amatérská jeskyně. - 1: 232. Brno.
- Ovčarov K. a kol. (1973): *Vyhodnocení vápenických a cementářských surovin v západní části Barrandienu. 511 1349 107*. - MS, Geindustria, Geofond. Praha.
- Palmer A. N. (1991): Origin and morphology of limestone caves. - *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 103: 1-21.
- Panoš V. (1963): K otázce původu a stáří sečných povrchů v Moravském krasu. - *Čs. kras*, 14: 29-41. Praha.
- Petrbok J. (1956): Český kras ve výzkumu do roku 1950. - *Antropozoikum*, 15: 9-46.
- Scholler, H. (1962): *Les eaux souterraines*. - Masson and Cie. Paris.
- Slačik J. (1976): Luminiscenční typologie kalcitu a jiných jeskyních minerálů. - *Čes. kras (Beroun)*, 1: 44-59.
- Slačik J. (1982): Nové poznatky o geochemii a mineralogii jeskyní I. - *Čes. kras (Beroun)*, 7: 62-66.
- Suchý V., Zeman A. (1999): Hydrotermální původ jeskyní v Českém krasu: nové paradigma. - *Acta Mus. Morav., Sci. Geol.*, LXXXIV: 97-118. Brno.
- Šilar J., Zahrubský K. (1999): Concentración inicial de radiocarbono en aguas subterráneas del Karst de Bohemia Central. - In B. Andreo, F. Carrasco, J.J. Durán (Eds.): *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*. Cueva de Nerja, Nerja (Málaga).
- Taraba J. (1974): *Moravský kras. Dílčí Zpráva za první etapu a mezieta-pu regionálního hydrogeologického průzkumu*. - MS, Geotest Brno, Geofond (P24123).
- Tůma S. (1979): Jeskyně levého břehu Vltavy mezi Malou Chuchlí a ústím Dalejského potoka v Praze. - *Čs. kras*, 31: 35-44. Praha
- Tvrdíková H. (1986): *Hydrogeologické poměry okolí Kódy a Císařské rokle u Srbska*. - MS, diplom. práce PŘF UK. Praha.
- Tyráček J. a Kovanda J. (1991): The Beroun highway - a new key profile for the continental Lower Pleistocene in Central Europe. - *Sbor. Geol. Věd, Ř. A*, 20: 9-37. Praha.
- Vašta V. a kol. (1984): *Zpráva o hydrogeologickém průzkumu dolu Blížná*. - MS, Geofond. Praha.
- Včislav B. a kol. (1980): *Silur-devon Barrandienu - II. fáze - závěrečná zpráva*. - MS, Stavební geologie. Praha.
- White W. (1988): *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. - Oxford University Press, 1-464.
- Zapletal J. (1989): Podtáťová jeskyně - vertikální rozpětí přes 100 m. Zpráva o průzkumné činnosti za období 1981-1989. - *Čes. kras (Beroun)*, 15: 81-85.
- Zelenka P. (1984): Křídové sedimenty v krasové depresi na Dívčích Hradech. - *Čes. kras (Beroun)*, 10: 51-55.
- Zeman A., Suchý V., Dobeš P. (1997): Hydrotermální kalcitové žíly a před-křídové korozní tvary v prostoru Velkolomu Čertovy schody. - *Čes. kras (Beroun)*, 23: 33-40.
- Zeman A., Suchý V. (1999): Vztah hydrotermálních a krasových procesů v Českém krasu: Odpověď na diskuzní příspěvek K. Žáka. - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 63-67.
- Zeman O. (1999): *Hydrogeologické poměry Českého krasu jižně od řeky Berounky*. - MS, diplom. práce, PŘFUK. Praha.
- Zeman O., Bruthans J. (2000): Už víte odkud přitéká vaše voda? - *Speleo (Praba)*, 30: 32-34.
- Zeman O., Bruthans J. (2001): Hydrogeologická tělesa a proudění podzemní vody v Českém krasu. - *Zpr. geol. výzk. v r. 1999*: 103-107, Praha.
- Žák K. (1999): Vztah hydrotermálních a krasových procesů v Českém krasu - diskuze. - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 54-63.
- Žák K., Kadlecová R., Kadlec J., Kolčava M. (1996): Chování krasových pramenů ve Svatém Janu pod Skalou během mimořádných srážkových událostí v květnu a červnu 1995 a nový občasný ponor v údolí Propadlé vody. - *Čes. kras (Beroun)*, 22: 41-47.
- Žák K., Tábořský Z., Lachmanová M., Pudilová M. a Veselovský F. (2001): Využití těžkých minerálů při studiu klastických jeskynních sedimentů. - *Čes. kras (Beroun)*, 27. Beroun.
- Žák K., Hladíková J., Kadlecová R., Ložek V., Cílek V., Kadlec J., Žigová A., Bruthans J., Štátný M. (2001): *Holocenní vápence a krasový pramen ve Svatém Janu pod Skalou v Českém krasu*. - Vyd. Čes. geol. Úst. Praha.

Analýza organické hmoty z tmavě zbarvených vápenců Velkolomu Čertovy schody-západ

The analysis of organic matter from dark coloured limestones in the Velkolom Čertovy schody-západ

Juraj Franců¹, Eva Franců¹, Zbyněk Bobáček¹, Jindřich Hladil², Pavel Bosák²

0. Abstrakt

Dark coloured, coarse-grained, organodetrital type of the Koněprusy Limestones (Pragian, Lower Devonian) from the quarry of Velkolom Čertovy schody-Quarry West (Koneprusy area, Bohemian Karst) were analysed. The analysis of organic matter proved, that following phases of rock evolution can be detected: phase of deposition, phase of hydrothermal mobilisation, phase of deposition in inclusions of crystallizing carbonate. The composition of organic compounds in impregnations of bryozoans and corals corresponds to the sedimentary material derived from Lower Paleozoic plankton, probably of Lower Devonian age, nevertheless, Ordovician to Silurian ages cannot be excluded. Phytane dominance over pristane indicates probable reduction and saline sedimentary environments. The migration of organic matter took part both during the diagenesis of host-rock (Lower Devonian, Pragian) and during the origin of hydrothermal veins bringing material from the depth, causing metasomatic alterations of partly cemented rocks and vein crystallization penetrating fully cemented rock. The youngest structures are represented by neptunian dykes and speleothems of Middle Devonian (the Kačák event) cutting even studied veins. According to pyrolysis, the rock temperature during the bitumen deposition can be estimated up to 90-120 °C.

1. Geologická charakteristika a místo odběru vzorků

Analýzovány byly tři typy černě zbarvených vápenců těžené na v současnosti nejnižší položené 7. etáži Velkolomu Čertovy schody-západ (300 m n.m.). Vápence náležely organodetritickým typům koněpruských vápenců (prag, spodní devon). Podle strukturních a mikrostrukturních znaků v nábrusech a výbrusech představují tyto tři typy hornin tři po sobě následující generace obohacení horniny bitumenem (Hladil a Gabašová 1993). Ve stejném pořadí byly také vzorky očíslovány pro laboratorní zpracování, od čísla 1 do čísla 3.

Vzorek 1

Černošedý hrubozrnný krinoido-mechovko-korálový vápenec (horninový typ č. 8 *sensu* Hladil 1998). Impregnace způsobující tmavě zbarvení horniny jsou vázány výlučně na skeletální části korálů a mechovek. Hornina má velmi tmavě zbarvení a kropenatý vzhled, její tělesa jsou důsledně stratigraficky omezena (nepronikají napříč vrstvami). Vzorek byl odebrán přímo z ca. 1 m velkého bloku tvořeného srůstajícími trsy tabulárního korálu *Favosites intricatus*, kde impregnace obsahující fosfát, jílové minerály, chalcedonový křemen a organickou hmotu (Hladil a Gabašová 1993; Hladil 1997; Langrová, nepubl. 1999) je koncentrována v jemně krystalickém kalcitu voštinovitěho korálového skeletu, zatímco v krystalickém, čirém kalcitovém tmelu vyplňujícím zhruba milimetr široké komůrky korálu chybí. Ve výbrusech je vidět, že impregnovány jsou výlučně úlomky mechovek a korálů, zatím co úlomky lilijic nebo ramenonožců, stejně jako zmíněný krystalický tmel horniny, neobsahují žádné uzavřené s bitumenem. Absence uzavření, které by úlomky štěpnot a dvojitě lamely kalcitu v tmelu horniny, které by úlomky lilijic nasvědčují tomu, že k impregnaci došlo ještě na dně moře nebo v nepevněné vrstvě sedimentu blízko pod mořským dnem, ovšem s následnou resedimentací typu sesuvů spojenou s promícháním různě postižených úlomků. Toto by bylo možné za předpokladu podmořských vývěrů hydrotermálních vod v klidné vodě na úpatí elevace mořského dna.

Vzorek 2

Hrubozrnný krinoido-mechovkový vápenec, s převahou krinoidů (horninový typ č. 9 *sensu* Hladil 1998). Impregnace prostupují také ostatními úlomky živočišných koster a tmelem horniny. Pro tento typ je již, na rozdíl od předešlého, charakteristické překrystalování jak tmelem, tak úlomků krinoidů. Objevuje se mírně zvýšený obsah pyritu, dolomitu a jílových minerálů. Obsah fosfátu je nižší, železa naopak vyšší, než u předešlého horninového typu (Hladil a Gabašová 1993; Hladil 1997; Langrová, nepubl. 1999). Vzhledem k tomu, že se vytvořila nová generace krystalů karbonátu, která prostorově rozptýlila předešlé impregnace na skeletech mechovek a korálů, hornina již nemá černošedou barvu, ale poněkud světlejší odstín tmavě šedi. Kropenatý vzhled je však stále typický. Difúzní a radiálně paprskovitě krystalické struktury pozorované

v nábrusech a výbrusech překrývají původně ostrá rozhraní mezi zrny sedimentu, tj. úlomky organických kostiček, a tmelem horniny. Tyto změny ve stavbě horniny jsou typické pro hydrotermálně metasomatické procesy. Předpokládají migraci fluid soustředěnou zejména do hrubozrnných a původně lépe propustných částí koněpruských vápenců. S tím souvisí rovněž to, že tělesa těchto vápenců nejsou již důsledně stratigraficky omezena jako u předešlého horninového typu, nýbrž často křivkovitě zasahují jak do nadložních, tak i podložních vrstev.

Vzorek 3

Žilné karbonátové výplně s lehce nahnědlými kalcity a až několik milimetrů a centimetrů velkými uzavřeními s bitumenem. Analýzované žíly prosekávají dosti ostře předešlý horninový typ, avšak místy mají ještě pozvolné kontakty s předešlým typem horniny, což naznačuje dosti těsnou časovou následnost. To je zmiňováno proto, že v prostoru koněpruských lomů existuje celá řada hydrotermálních i tzv. neptunických žil, které však nemají bezprostřední vztah k popisovaným strukturám a jsou často jiného stáří. Žilné karbonátové výplně analýzované jako vzorek 3 jsou nesporně starší než spodnogivetské (kačácké) výplně v trhlínách a speleotémách (datování viz Hladil a kol. 1998), protože tyto dutiny s výplněmi studovaný horninový typ protínají.

2. Geochemie organické hmoty

Analýzy byly zpracovány podle požadavků Geologického ústavu AV ČR firmou Ekosoft s.r.o. a Českým geologickým ústavem, laboratorními geochemie v Brně.

Metodika

Analytické kroky zahrnovaly: (1) dekarbonizaci vzorku (rozklad kyselinou a separace organického podílu pro extrakce); (2) stanovení obsahu minerálního a organického uhlíku a síry; (3) měření organické hmoty pyrolyzou Rock-Eval; (4) extrakci vzorku rozpouštědly (izolaci extrahovatelného organického podílu); (5) komponentní analýzu horninového extraktu (podíl frakce nasycených uhlovodíků, aromatických uhlovodíků a NSO sloučenin); (6) analýzu n- a isoprenoidních alkanů ve frakci nasycených uhlovodíků (v rozsahu n-C₁₂ až n-C₃₈; GC-FID; obr. 1 nahoře vlevo); (7) analýzu aromatických uhlovodíků v aromatické frakci (distribuce polyaromatických uhlovodíků, GC-FID; obr. 1 nahoře vpravo); (8) analýzu biomarkerů ve frakci nasycených a aromatických uhlovodíků (zahrnuje celkem tři měření biomarkerů ve frakci nasycených a aromatických uhlovodíků metodou GC/MS včetně vyhodnocení měření a výpočtu indexů); (9) výpočty geochemických indexů (např. CPI, MPI) a návazné interpretace týkající se typu a původu organické hmoty.

Původ organických látek

(1) Celkový obsah organického uhlíku je 0,17-0,33 %. Tento obsah není výjimečně vysoký, ale vůči okolním vápencům v lomovém areálu je ca. 10x vyšší.

(2) Organické látky jsou obsaženy jako uzavření v karbonátových krys- talech. Jsou to převážně bitumeny s převahou alifatických uhlovodíků (obr. 1 dole vlevo).

(3) Kerogen (pevná, nerozpustná část organických látek) je ve všech třech analyzovaných horninách amorfní. Ve všech třech horninách lze větší část kerogenu považovat za vysrážené reziduum migrujících bitumenů.

(4) Poměrně hojný gamaceran (obr. 1 dole vpravo) indikuje mořský planktonní původ organických látek.

(5) Redukční a salinní horninové prostředí je indikováno převahou fyta- nu nad pristanem při zvýšeném obsahu gamaceranu (obr. 1 dole vpravo).

¹ Český geologický ústav, pobočka Brno, Leitnerova 22, Brno

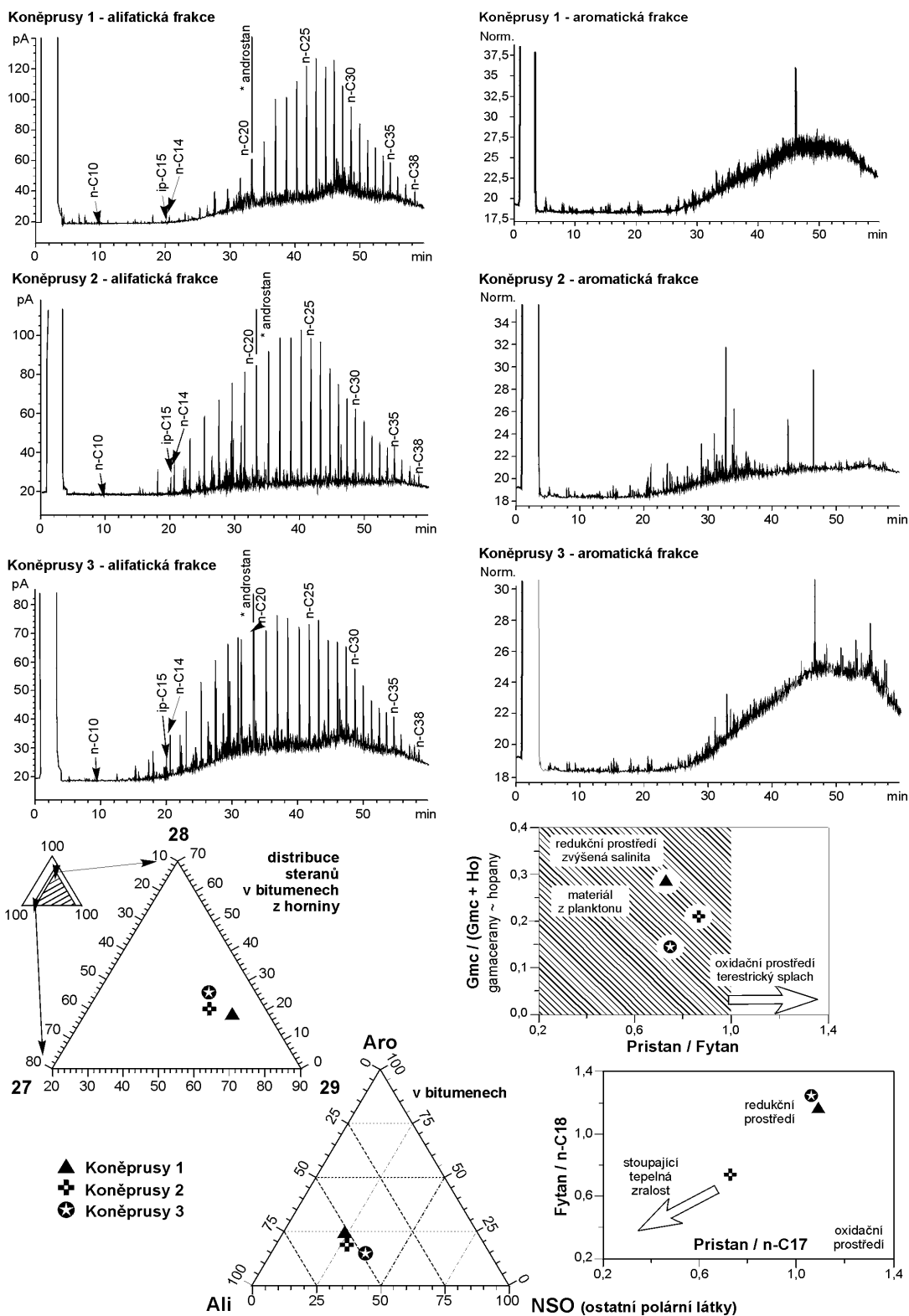
² Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

Práce vznikla ve spolupráci s firmou Velkolom Čertovy schody, a.s. a v rámci CEZ Z3-013-912 GLÚ AV ČR

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 30-33, 1 tab., 1 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8



Obrázek 1 Výsledky organicko-geochemických analýz vzorků

plynové chromatogramy bitumenů nahoře: vpravo - chromatogramy alifatické frakce, vlevo - nahoře chromatogramy aromatické frakce (vz. Koněprusy 1-3)

ternární diagram vlevo dole: distribuce steranů v bitumenech

ternární diagram uprostřed dole: relativní zastoupení nasycených (Ali), aromatických (Aro) a polárních látek (NSO) v bitumenech

diagram dole vyšší: charakteristika bitumenů na základě poměru isoprenoidů (pristanu a fytanu) a biomarkerů (gamaceranu) k hopanu (C_{30})

diagram dole nižší: charakteristika bitumenů na základě poměru isoprenoidů (pristanu a fytanu) k přilehlým n-alkanům

Figure 1 Results of organic geochemical analyses

gas chromatograms of bitumens upper part: left - aliphatic fraction, right - aromatic fraction (samples Koněprusy 1-3)

ternary diagram lower left: sterane distribution in bitumens

ternary diagram lower centre: relative abundance of saturated (Ali), aromatic (Aro) and polar substances (NSO) in bitumens

diagram down upper right: bitumen characteristic based on isoprenoid (pristane and phytane) and biomarker (gamacerane)/hopane (C_{30}) ratio

diagram down lower right: bitumen characteristics based on isoprenoid (pristane and phytane)/n-alkane ratio

	Koněprusy 1	Koněprusy 2	Koněprusy 3
Elementární analýza			
Cmin(%)	12,11	12,07	12,08
Corg (TOC) (%)	0,28	0,33	0,17
Ccelk (%)	12,39	12,40	12,25
Pyrolýza Rock-Eval			
S 1 (mg/g hominy)	0,03	0,01	0,05
S 2 (mg/g hominy)	0,06	0,02	0,14
IH (mg/g Corg)	21	6	82
Tmax (°C)	451	450	453
Základní frakce EOL			
alifatické uhlovodíky (Ali) (%)	33,2	54,1	48,4
aromatické uhlovodíky (Aro) (%)	15,1	19,9	14,8
polární sloučeniny (NSO) (%)	15,5	26	36,8
asfaltény (ASF) (%)	36,2	n	n
Plynová chromatogr. GC-FID			
suma HC (Ali) (mg/g EOL)	28,30	132,20	52,80
CPI (23.25)	0,98	1,02	0,97
CPI (29)	0,93	1,01	1,03
CPI (25.31)	0,93	1,03	0,97
LHCP	0,31	1,19	0,97
Pri/ Fy	0,73	0,86	0,75
Pri/n-C17	1,09	0,72	1,07
Fy/n-C18	1,20	0,74	1,24

Index	Vztah
CPI (23.25)	$0,5 * [(23+25)/(22+24)+(23+25)/(24+26)]$
CPI (29)	$2 * 29 / (28+30)$
CPI (25.31)	$0,5 * [\Sigma(25..31) / \Sigma(24..30) + \Sigma(25..31) / \Sigma(26..32)]$
LHCP	$\Sigma(17..21) / \Sigma(27..31)$
Pri/ Fy	ip-C19 / ip-C20
Pri/n-C17	ip-C19 / n-C17
Fy/n-C18	ip-C20 / n-C18

m/z	Index	Poznámka	Koněprusy 1	Koněprusy 2	Koněprusy 3
217	20S/(R+S)	29 $\alpha\alpha$	0,50	0,46	0,52
217	$\beta\beta/\alpha\alpha+\beta\beta$	29(S+R)	0,59	0,57	0,57
217	$\beta\beta/\alpha\alpha+\beta\beta$	29R	0,60	0,55	0,57
218	%27	$\beta\beta(R+S)$	20,2	25,8	23,0
218	%28	$\beta\beta(R+S)$	18,4	20,3	25,0
218	%29	$\beta\beta(R+S)$	61,5	53,9	52,0
217	dia/ $\alpha\alpha$ R	C27	0,53	0,45	0,51
217	dia/ $\alpha\alpha$ R	C29	0,51	0,46	0,65
191	22S/(R+S)	31 $\alpha\beta$	0,55	0,58	0,60
191	22S/(R+S)	32 $\alpha\beta$	0,59	0,58	0,59
191	Ts/(Ts+Tm)	C27	0,76	0,59	0,67
191	Mo/(Ho+Mo)	C30	0,12	0,13	0,08
191	Gmc/(Gmc+Ho)	C30	0,29	0,21	0,15
178, 192	MPI 1	P, MP	0,42	0,77	0,74
178, 192	Rc (MPI 1)	(%)	0,65	0,86	0,85

Tabulka 1 Výsledky organicko-geochemických analýz
Table 1 Results of organic geochemical analyses

(6) Složení steranů je charakteristické pro mořské karbonátové prostředí z doby před spodnokarbonským stupněm visé (Peters a Moldowan 1993).

(7) Podle prvních srovnávacích vzorků z okolí se zdá, že by mohlo být složení i devonské, tj. nikoliv pouze silurské, či ordovické, jak by vyplývalo z některých úvah o paleozoické kompakci a migraci teplých formačních vod z podloží, např. pozorované defosfatizace a desilicifikace v silur-devonských vápencích (Hladil 1993). Pro spolehlivější doložení bude potřebné provést více srovnávacích analýz.

Tepelná zralost

Tepelná přeměna organických látek odpovídá vrcholnému stádiu hlavní fáze tvorby ropy (sensu Tissot a Welte 1984). Potvrzují to tyto výsledky měření:

(1) T_{max} z pyrolýzy Rock-Eval (450–453 °C), které velmi zhruba odpovídají geologickým teplotám 90–120 °C.

(2) Hodnoty CPI n-alkanů (Carbon Preference Index; tab. 1) jsou v rozmezí 0,93–1,03. Podobné hodnoty uvádí pro silurské bitumeny Suchý a kol. (1996). Z hlediska CPI se jako nejméně zralý a pravděpodobně nejméně alochtonní jeví bitumen ze vzorku Koněprusy 1 (sensu Tissot a Welte, 1984).

(3) Izomerizace biomarkerů - steranů a hopanů - je již ukončená, izomery jsou v tepelně stabilním poměru (viz tab. 1).

(4) Distribuce aromatických biomarkerů - fenantrenu a metylfenantrenů:

Sloučenina	Koněprusy 1	Koněprusy 2	Koněprusy 3
[mg/kg] EOL (extrahovaných organických látek)			
n-C10	4	10	--
n-C11	4	43	67
n-C12	22	132	165
ip-C13	7	37	144
ip-C14	6	75	338
n-C13	68	515	426
ip-C15	13	325	437
n-C14	63	1194	722
ip-C16	69	1383	1060
n-C15	102	2680	1131
n-C16	168	3893	1576
ip-C18	154	3182	1635
n-C17	283	4887	1882
ip-C19	308	3529	2014
n-C18	352	5579	2180
ip-C20	422	4103	2702
n-C19	516	6211	2277
n-C20	773	6364	2251
n-C21	1049	7245	2359
n-C22	1654	7697	2620
n-C23	1675	8056	2407
n-C24	1906	8542	2561
n-C25	2122	8734	2573
n-C26	2315	8064	2559
n-C27	1965	6430	2374
n-C28	2621	5725	2998
n-C29	1943	5065	2511
n-C30	1552	4275	1887
n-C31	1393	3931	1484
n-C32	1057	3088	1113
n-C33	957	2551	991
n-C34	847	2430	1066
n-C35	666	2901	1172
n-C36	532	1182	480
n-C37	429	1295	394
n-C38	293	798	262
suma	28311	132151	52819

Vysvětlivky:

- GC-FID = plyn. chromatogr. nasyc. frakce hornin. extraktů
EOL = extrahované organické látky
n-CX = n-alkany
ip-CX = izoprenoidní uhlovodíky
m/z 217 a 218 = sterany a diasterany
m/z 191 = triterpany
m/z 178 a 192 = fenantren a metylfenantreny
MPI 1 = metylfenantren. index (výp. viz Radke et al. 1991)
Rc (MPI 1) = ekv. odraz. vitrinitu (výp. viz Radke et al. 1991)

index MPI 1 (týkající se teplotní degradace fenantrenů; tab. 3) dává hodnoty odpovídající odraznosti vitrinitu 0,85–0,86 % u vzorků č. 2 a 3 a poněkud nízké 0,65 % u vzorku č. 1 (přepočten podle Radke et al. 1991).

(5) Z hlediska celkového posouzení analyzovaných bitumenů ovšem nelze považovat rozdíl v tepelné zralosti vzorku 1 vůči vzorkům 2 a 3 za nápadně vysoký.

Degradace organických látek

(1) Kapalně uhlovodíky v bitumenech jsou ochuzeny o lehčí složky do C_{15} zřejmě z důvodu difúze.

(2) Hodnoty poměru pristan/n- C_{17} a fytan/n- C_{18} jsou blízké hodnotě 1 (obr. 1 dole vpravo) a to naznačuje, že u takto tepelně zralých bitumenů docházelo k jejich proplachování migrujícími plyny a ke strhávání lehkých n-alkanů.

(3) Celkově lze hodnotit zachovalost kapalných uhlovodíků jako dosti vysokou, nejvíce u vzorku 2.

Vzájemná korelace bitumenů

(1) Organické látky ve všech třech vzorcích (typech hornin) jsou podobného genetického původu. Pravděpodobně jsou odvozeny od spodnopaleozoického mořského planktonu popsaného v karbonátových souvrstvích ordoviku až spodního karbonu (Peters a Moldowan 1993). Ve studovaném přípa-

dě připadá v úvahu, z hlediska geologického omezení stáří kačáckými speleotémami, ordovik až střední devon. Genetickou souvislost mezi vzorky ukazuje zejména distribuce steranů a triterpanů.

(2) Vzorek 1 má podle několika charakteristik nižší tepelnou zralost než vzorky 2 a 3.

3. Závěr

Organická hmota byla analyzována ve třech typech černě a tmavě šedě zbarvených, původně organodetritických a hrubozrnných vápenců spodního devonu (pragu). Vzorky pocházejí z dnes nejnižší položené 7. etáže Velkolomu Čertovy schody-západ a to z jednoho několikametrového bloku. Na texturách bloku a dochovaných odřezcích horniny je vidět posloupnost od zřetelně synsedimentárních impregnací s bitumenem (vzorek 1), přes metasomatické změny po částečném vytmelení horniny (vzorek 2) až po hydrotermální žilné krystalizace (vzorek 3), které jsou však starší než středodevonské kačácké výplně trhlín a speleotém.

Ve všech třech vzorcích je alespoň část amorfního kerogenu vysráženým reziduem migrujících uhlovodíků. Jeho složení ukazuje, že vývoj všech tří typů impregnace organickou hmotou patří k jednomu procesu, kde je společným zdrojem sedimentární organická hmota spodnopaleozoického planktonního původu (stáří od ordoviku do devonu). Převaha fytanu nad pristanem při zvýšeném obsahu gamaceranu ukazuje na redukční a salinní sedimentární prostředí. Tepelná přeměna organických látek odpovídá vrcholnému stádiu hlavní fáze tvorby ropy, a na základě výsledků pyrolýzy lze uvažovat o nejvyšších teplotách migrujících horninových fluid 90-120 °C. Podle CPI n-alkanů lze jako nejméně zralý charakterizovat bitumen ze vzorku 1. Také odraznost vitrinitu jsou nepatrně nižší na tomto vzorku. Izomerizace biomarkerů, steranů a hopanů, je již ukončená. Ochuzení kapalných uhlovodíků v bitumenech o složky do C₁₅ je interpretováno jako druhotné. Blízkost hodnot poměru pristan/n-C₁₇ a fytanu/n-C₁₈ k hodnotě 1 naznačuje možnost strhávání lehkých n-alkanů migrujícími plyny.

Výsledky studia organických látek jsou v interpretačním souladu s dřívější představou o výstupu hydrotermálních vod podél zlomových přívodů, k němuž by mělo docházet v depresích na úpatí spodnodevonské, zlomově tvarované koněpruské elevace. Tyto deprese byly překrývány hrubou krinoidovou a mechovkovou drtí gravitačně transportovanou z jejích svahů (na temeni této elevace se ještě během stupně pragu vytvořil koněpruský útes). Tato karbonátová drt byla, vedle běžných mořských diagenetických procesů, též nepravidelně a skvrnitě přeměňována průniky a vývěry hydrotermálních vod z podloží.

Literatura:

- Hladil J. (1993): Posloupnost diagenetických změn ve vápencích na hraničním stratotypu silur/devon, Klonk u Suchomast. - *Zpr. geol. Výzk. v roce 1991*: 51-53. Praha.
- Hladil J. (1997): Lower Devonian open-sea elevation of Koněprusy: Evolution of reef facies. - In: P. Čejchan and J. Hladil (Eds.), *UNESCO-IGCP Project #335 "Biotic Recoveries from Mass Extinctions" Final Conference "Recoveries '97" Field Trip Book*, 31-36. Eurocongress Centre. Praha.
- Hladil J. (1998): Facie koněpruských vápenců ve Velkolomu Čertovy schody (1994-1997). - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 70-74.
- Hladil J., Gabašová A. (1993): Záchraný geologický výzkum koněpruského rifu v hodině dvanácté. - *Zpr. geol. výzk. v roce 1992*: 33-34. Praha.
- Hladil J., Bosák P., Bek J., Langrová A., Dobrovolný J. (1998): Tmavé výplně jílovitého prachovce v devonském paleokrasu: střední část Velkolomu Čertovy schody-východ, Koněprusy. - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 65-68.
- Peters K.E., Moldowan J.M. (1993): *The biomarker guide*. - Prentice Hall Inc.: 1-360. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Radke M., Welte D.H., Willsch H. (1991): Distribution of alkylated aromatic hydrocarbons and dibenzothiophenes in rocks of the Upper Rhine Graben. - *Chem. Geol.*, 93: 325-341. Amsterdam.
- Suchý V., Rozkošný I., Žák K., Franců J. (1996): Epigenetic dolomitization of the Přídolí formation (Upper Silurian), the Barrandian basin, Czech Republic: implications for burial history of the Lower Paleozoic strata. - *Geologische Rundschau*, 85: 264-277. Kiel.
- Tissot B., Welte D.H. (1984): *Petroleum formation and occurrence*. - Springer Verlag: 1-699. Berlin.

Karbonátem tmelené holocénní sutě u Otročiněvsi a Žloutkovic

(nálezková zpráva)

Carbonate-cemented Holocene scree near Otročiněves and Žloutkovice

Karel Žák¹, Václav Cílek², Vojen Ložek², Karel Zábrubský^{3*}

0. Abstract

We report on finds of carbonate-cemented scree of the Holocene age. New localities are located in the Central Bohemia close to villages of Otročiněves and Žloutkovice, in an area formed by Neoproterozoic carbonate-poor shale-siltstone-graywacke sequence. At both sites the scree cementation was related to discharge of groundwater in the past. Today, groundwater at these sites either does not discharge or forms only minor accumulations of pure calcareous tufa.

Based on the first X-ray determination, the scree cement at Otročiněves is represented by aragonite. High carbonate carbon and oxygen stable isotope data reflect fast kinetic CO₂ escape from the solution and importance of water evaporation for the carbonate deposition. The Žloutkovice locality has calcite cement and different stable isotope data, reflecting minor role of water evaporation and conditions close to isotopic equilibrium during carbonate deposition.

In the Central Bohemia cemented scree occurs at numerous sites. The scree cement is usually composed of carbonate, locally of Fe-hydroxides and rarely of sulfate. Cemented screes were formed within a distinct period of time in older Holocene. Scree cementation was linked with either availability of extensive fresh rock surfaces suitable for leaching, produced by rock congelifraction during the Glacial, or with specific climatic conditions. Later, during the younger Holocene, the scree accumulations were frequently incised by erosion.

1. Úvod

V řadě oblastí ve středních Čechách lze nalézt svahové suťové akumulace (droliny, osypy, suťové kužely a pod.) smíšené chemogenním tmelem různého minerálního složení do pevných či polopevných brekcí. Tmel je nejčastěji karbonátový, poměrně hojně jsou však i lokality s tmelem železitým, vzácně je zmiňován tmel sulfátový. Těmto pozoruhodným akumulacím byla v této oblasti doposud věnována jen malá vědecká pozornost. Obsahují totiž, na rozdíl od akumulací holocénních karbonátových sedimentů při pramenech nebo v povrchových tocích, minimum malakofauny a dalších živočišných a rostlinných zbytků a jejich přesné časové zařazení je proto obtížné. Výskyt holocénních tmelených sůtí ve středočeské oblasti mají jeden typický rys, který je sblíží s akumulacemi pěnoveců při pramenech nebo v povrchových tocích - často jsou postiženy mladoholocénní erozí, která mnohdy prořezává jak akumulace tmelených sůtí tak i pěnoveců až na skalní podloží. Vzhledem k absenci jakýchkoliv paleontologických zbytků nejsou o stáří těchto akumulací k dispozici žádná přesná data. Obecně lze na základě nepřímých dokladů odhadnout, že vznikaly ve starém holocénu, tedy někdy během časového úseku mezi zhruba 11 a 7 tis. let před současností.

Vznik tmelených sůtí ve středočeské oblasti je zajímavý i hydrogeologicky. Nejčastěji se vyskytují při patě svahů nebo ve spodních částech roklí, kde tvoří akumulace zpravidla na jejich bocích. Tmeleny tedy byly původně volné sutě ve strmých svazích, kde by se podzemní vody měly pohybovat při bázi suťové akumulace. Nejintenzivnější tmelení však často probíhalo zpravidla při povrchu suťových akumulací a tmel je často kontaktní, pokrývající ve slabé vrstvě jednotlivé úlomky hornin po celém jejich povrchu a nevyplňující volné prostory úplně. Cementační tmelení sůtí s úplným zaplněním volných prostorů je vzácnější. Ve většině případů lze proto předpokládat vznik tmelu z vody, která stékala nebo vlínala sůtí, nebo v ní případně kondenzovala z vodní páry. Na některých lokalitách při dně roklí mohlo ke vzniku zejména železitého tmelu docházet i v místech mísení vod různého chemismu. Odlišení různých genetických typů tmelených sůtí vyžaduje další podrobné studium.

V krasových oblastech je výskyt karbonátem tmelených sůtí poměrně běžný. V Českém krasu lze nalézt typické ukázky akumulací holocénních tmelených sůtí v horní části Císařské rokle u Srbska, další méně známý výskyt je také na pravém břehu řeky Berounky ve spodní části tzv. Myší rokle (ve svazích někdy zvaných Na Vanovicích nebo Vanovice nad železniční tratí mezi Tomáškovým lomem u Srbska a Karlštejnem). Velké množství karbonátem tmelených sůtí jsou typické pro jižněji položené krasové oblasti, četné jsou i na Slovensku. V těchto případech se však často jedná o jev odlišného stáří a o odlišný genetický typ tmelených sůtí, totiž o sutě vápenců a dolomitů při

úpatí skal, zvláště na jv. svazích, tmelené vydráženým karbonátem, který se uvolnil při rozpouštění těchto hornin za současného vzniku půd ze skupiny terae calcis. Většina karbonátem tmelených sůtí jižněji položených oblastí je pleistocénního nebo dokonce předkvartérního stáří, jak dokazuje jejich malakofauna. Přehled známých lokalit tohoto typu na Slovensku včetně literárních odkazů uvádějí Ložek a Záruba (1965), některé lokality a literární odkazy zmiňuje také Kovanda (1971, str. 79), literaturu věnovanou tomuto typu tmelených sůtí shrnul i Cílek (1999). Tento příspěvek je však zaměřen hlavně na problematiku tmelených sůtí holocénního stáří v nekrasovém prostředí ve středočeské oblasti. Většinu již dříve známých lokalit zmiňovaných v tomto příspěvku nalezl V. Ložek, kromě drobnějších literárních zmínek jim však není věnována v literatuře pozornost.

Známy a pěkný příklad sůtí neoproterozoických sedimentů a vulkanitů tmelených nekarbonátovým tmelem lze nalézt nedaleko Prahy, v Károvském údolí j. od Závisti, kde mocnosti sůtí, tmelených železitým tmelem, dosahují až několika metrů. Erozní relikt podobných suťových brekcí jsou i v sousedním Břežanském dole u Závisti. V oblasti tvořené neoproterozoickými horninami lze nalézt pěnovec a lokálně i karbonátem tmelené sutě také v údolích prořezávajících barrandienské neoproterozoikum na sever od Prahy (např. Fediuk 1993, Zlončická rokle u Kralup nad Vltavou). Zde je nasycení vod karbonátem dáno jak přítomností křídových sedimentů s karbonátovým tmelem v nadloží tak i přítomností karbonátů v neoproterozoických horninách samotných, jako například na lokalitách při úpatí spilitových Větrušických roklí proti Letkám (lok. č. 54 in Kovanda 1971). Přítomnost sůtí tmelených Fe-hydroxidy i v této oblasti naznačuje nálezy úlomků bulžínkových sůtí tmelených právě Fe-hydroxidy v sekundární poloze na východní straně vrchu Řivnáč u Roztok n. Vlt. s. od Prahy.

Pozoruhodné příklady tmelených sůtí lze nalézt i v horninách neoproterozoika v těsném sz. okolí Krivoklátsko-rokycanského pásma. Jsou vázány na pestré litologie s hojnou přítomností alterovaných submarinních vulkanitů původně bazaltového chemismu. Tmelené sutě se vyskytují například v přírodní rezervaci Brdatka u Krivoklátska nebo v údolí Tyterského potoka v prostoru přírodní památky Valachov, další příklad tmelených sůtí je i v Hřebečském luhu nedaleko známé Čertovy skály mezi Tyřovicemi a Nezabudicemi. Těmto výskytům byla doposud věnována jen malá vědecká pozornost. Velmi neobvyklé je, že v některých sulfidových bohatých litologiích je tmel sůtí nikoliv karbonátový, ale sulfátový (sulfátový tmel zmiňován v údolí Tyterského potoka, PP Valachov nad hájovnou Gypsárna, a v jv. části rezervace Brdatka).

Poměrně časté jsou holocénní pěnovec a místy i karbonátem tmelené sutě v prostředí vulkanitů Krivoklátsko-rokycanského pásma a to zejména v jeho sv. části v úseku mezi Skryjemí a Roztoky nad Berounkou. Vývěry vod srážejících karbonát jsou zde většinou vázány na hranici mezi kambrickými vulkanity a podložními horninami svrchního proterozoika, která představuje významný vodonosný horizont (viz např. často v literatuře uváděné prameny U Eremita u Roztok nad Berounkou). Některé ze zdejších výskytů pěnovec souborně podchytil Kovanda (1971), řada akumulací pěnovec a tmelených sůtí v tomto prostoru však dlouhodobě uniká pozornosti. Pěkná dosud nepublikovaná lokalita s tvorbou recentních kaskád pěnovec je například v toku od pramene lokalizovaného cca 300 m sv. od hájovny Kolouch směrem k Račicím nad Berounkou. Jedním ze zdrojů karbonátu jsou v této oblasti poměrně hojné karbonátové žíly a žilky v kambrických vulkanitech.

V nedávné době byly nezávisle dvěma autory tohoto příspěvku nalezeny dvě nové lokality karbonátem tmelených sůtí (Otročiněves, zhruba 7 km sz. od Berouna - K.Ž.; Žloutkovice, zhruba 10 km sz. od Berouna - K.Ž.) v prostředí

¹ Český geologický ústav, Klárov 3, 118 21 Praha 1

² Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

³ Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2

* Ústav jaderného výzkumu, a.s., 250 68 Řež u Prahy

Poděkování: Výzkum navazuje na grant GA ČR 205/99/1307 a na akademický projekt CEZ Z3-013-912.

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 34-35

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

břidlično-drobové facie barrandienského neoproterozoika v širším okolí Nižbora. Uvedené výskyt karbonátů tmelených sutí jako specifického kvartérního sedimentu nejsou v dostupných geologických mapách znázorněny (viz rukopisná základní geologická mapa v Gauss-Krügerově síti, 1:25 000 list M33-76-B-b, redaktor listu J. Cháb 1968, archiv ČGÚ; základní geologická mapa ČR 1:50 000, list 12-32 Zdice, redaktor listu J. Mašek, 1992; geologická a přírodovědná mapa CHKO Křivoklátsko, redaktor J. Mašek, 1999). Protože z tohoto litologického prostředí dosud nebyly karbonátem tmelené sutě popsány, podáváme o nich tuto předběžnou zprávu.

2. Lokalizace a popis tmelených sutí u Otročiněvsi

Lokalita se nachází v levobřežním nárazovém svahu údolí Habrového potoka, při silnici z Otročiněvsi směrem k hájovně u křižovatky Lísa, 200 až 250 m sz. od dolního okraje Otročiněvsi. Výchozy tmelených sutí jsou dobře patrné přímo nad silnicí, po obou stranách nevýrazné erozní rýhy, kterou protéká voda z malého pramene umístěného o několik desítek metrů výše ve svahu. Jedno těleso sutí se nachází těsně jv. od rokle, druhé asi 20 m sz. od ní. Původně se pravděpodobně jednalo o rozsáhlejší akumulaci, která byla postižena pozdější erozí. Bloky tmelených sutí v sekundární pozici lze nalézt i ve spodní části zmíněné erozní rokle. Rozsah tělesa tmelených sutí ve směru do svahu je do 10 m. Maximální mocnost těles tmelené sutě je do jednoho metru. K recentní tvorbě karbonátu z dnešního pramene nedochází, i když mineralizace vody je vysoká (vydatnost pramene kolem 0,1 l.s⁻¹, teplota v říjnu roku 2000 11,1 °C, pH pramene bylo 7,24, koncentrace HCO₃⁻ činí 5,2 meq.l⁻¹, tj. 317,3 mg.l⁻¹, Ca²⁺ 93,7 mg.l⁻¹, Mg²⁺ 57,8 mg.l⁻¹, SiO₂ 18,1 mg.l⁻¹).

Sut samotná představuje akumulace přechodného tvaru mezi nepravidelnými osypy a plochými suťovými kužely, složené z úlomků neoproterozoických drob a břidlic ve velikosti od drobných střípků pod 1 cm až po úlomky o velikosti do zhruba 10 cm. Tmel sutí je kontaktní a je představován čistým bílým krystalickým aragonitem (pro RTG určení vzorkováno čelo akumulace tmelelé sutě). V detailu je struktura tmelu, pokrývajícího většinou úlomky hornin po celém jejich povrchu, radiálně paprskovitá a mocnost povlaku tmelu je mezi 2 a 10 mm. Malakofauna nebyla nalezena.

Hostitelskými horninami je pestrá sekvence drob, prachovců a břidlic barrandienského neoproterozoika, v bližším okolí se nacházejí i drobnější tělesa silicitů. Vulkanity nejsou v povodí pramene v dostupných geologických mapách uváděny. Lokalita se nachází v prostoru poměrně intenzivního tektonického porušení podložních neoproterozoických hornin, v zóně tektonické struktury tzv. Pražského zlomu.

3. Lokalizace a popis tmelených sutí u Žloutkovic

Výskyt tmelených sutí a nečistých pěnoveců se nacházejí v přírodní rezervaci Kabečnice u Žloutkovic, na levém břehu řeky Berounky. Zatím zde byly zjištěny tři výskyt tmelených sutí, které označujeme ve směru od J k S čísly 1, 2 a 3. Dva jižnější výskyt (lokalita 1 a 2) jsou vázány na spodní části strmých, zlomově podmíněných a dnes suchých roklí, které se nacházejí zhruba ve střední části rezervace. Lze je poměrně snadno nalézt z cestičky, která prochází svahem paralelně s řekou, zhruba 700 m ssz. od železničního mostu ve Žloutkovicích, výškově 30 až 50 m nad řekou (na břehu řeky pod roklemi zde jsou dvě osamocené chaty). V jižnější z obou roklí (lok. 1) zbývá relikt masivních, karbonátem tmelených sutí na boku rokle, zbytek akumulace byl odstraněn mladou erozí. Tmelená sut má v tomto případě téměř úplně zaplněné volné prostory (cementační tmel). V severnější roklí (lok. 2) naznačují relikt tmelených sutí na jejich bocích existenci akumulace dlouhé původně zhruba 40 m a mocné až 2 m. Bloky tmelených sutí v sekundární pozici mají velikost do 1 m. Tmel sutí v této roklí je kontaktní, podobný lokalitě Otročiněves. Velká většina akumulace byla také vyklizena mladou erozí. Ani v jedné roklí dnes žádné prameny nevysvěrají a rokle jsou, s výjimkou period přívalem dešťů, suché. Další výskyt tmelených sutí je dále k SSZ, proti místu, kde je na protějším břehu řeky rekreační středisko s restaurací (lokalita 3). Rozsáhlý relikt tmelelé sutě o mocnosti do 1 m se zde nachází na sz. boku širší rokle, asi 20 m od řeky Berounky. V ose rokle vyvěrá malý pramen, který sráží karbonát i v současnosti a pod ním jsou drobné kaskády recentních čistých pěnoveců. Další občasný pramen srážející karbonát se nachází v další roklí jiz. směrem. Tmel na lokalitě Žloutkovice se na základě prvních analýz jeví jako převážně kalcitový.

4. Analytická data a diskuse

Na jednom vzorku karbonátového tmelu sutí od Otročiněvsi a na dvou vzorcích ze Žloutkovic bylo stanoveno i izotopové složení uhlíku a kyslíku karbonátu, které může přinést doplňující informace o podmínkách vzniku karbonátu. Obě lokality se izotopovým složením uhlíku a kyslíku karbonátu liší. Výsledné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ -1,5 ‰ a $\delta^{18}\text{O}$ -6,6 ‰ (PDB) pro lokalitu Otročiněves

jsou zřetelně vyšší než pro lokalitu Žloutkovice (cementační tmel $\delta^{13}\text{C}$ -10,8 ‰ a $\delta^{18}\text{O}$ -7,4 ‰, kontaktní tmel $\delta^{13}\text{C}$ -8,6 ‰ a $\delta^{18}\text{O}$ -7,2 ‰). To je v souladu s mineralogickým charakterem tmelu - vzorek z Otročiněvsi je tvořen převážně aragonitem, zatímco vzorky ze Žloutkovic jsou kalcitové. Zatímco vzorky ze Žloutkovic jsou blízké izotopovému složení uhlíku a kyslíku pěnoveců Českého krasu a vznikaly hlavně pomalým rovnovážným únikem CO₂ z roztoku bez podstatného odparu vody, vzorek z Otročiněvsi je odlišný. Izotopová data z Otročiněvsi tak jednoznačně dokládají vliv rychlého nerovnovážného (kinetického) úniku CO₂ z roztoku a vliv odparu vody při ukládání karbonátu. Je pravděpodobné, že mechanismus depozice karbonátů může být proměnlivý i v rámci jedné akumulace. Tato problematika proto vyžaduje podrobnější studium a odběr více vzorků.

Otázkou je, jaký byl zdroj karbonátu podzemních vod, které studované těleso sutí stmelily. S největší pravděpodobností se jedná o mobilizaci karbonátu z křemen-karbonátových žil a žilek, nebo karbonátu podřízené přítomného v neoproterozoických sedimentárních horninách samotných. Nelze vyloučit ani přítomnost podřízených vložek nečistých karbonátových hornin v neoproterozoických sekvencích (výskyt karbonátových hornin v barrandienském neoproterozoiku je věnováno monotematické číslo Věstníku ČGÚ č. 3/ 2000). Vzhledem k tomu, že dnes ke tmelení sutí ani na jedné z lokalit nedochází je zřejmé, že ke vzniku popisovaných akumulací došlo za odlišných podmínek. Co o těchto podmínkách můžeme říci a jaké jsou obecné rysy fenoménu holocenních tmelených sutí ve středočeské oblasti?

(1) Jedná se o poměrně obecný rys starého holocénu. Tmel sutí bývá dotykový a může mít železitý, karbonátový či sulfátový. Na stáří je usuzováno ze superpozice (v Císařské roklí v Českém krasu jsou tmelené sutě starší než pěnovec), pozice v boku údolí a postižení akumulací mladou erozí.

(2) V průběhu posledního glaciálu převládalo mechanické zvětrávání - gelifrakce (kongelifrakce) a gelivace, které se často projevovало tvorbou spíše drobnozrnných, střípkovitých či kamínkovitých sutí. Při tomto mechanickém zvětrávání docházelo k poměrně značnému "otevření" horniny obsahující karbonáty či sulfidy. Při podstatně teplejším a vlhčím holocenním zvětrávání pravděpodobně probíhalo intenzivní chemické zvětrávání původních glaciálních mrazových drtí. To mělo za následek počáteční rychlé uvolňování složek, které sutě stmelily. Po zpomalení procesu či vyčerpání tohoto bohatého zdroje ve středním holocénu, již k tmelení sutí nedochází. Určitou analogií jsou například sulfidy bohaté a dnes sádrovce a jarositem tmelené haldy starých hornických děl (Kutná Hora, Jílové). V Příbrami se v oblasti dolu Lill a Jarošovka vyskytovaly důlní odvaly staré asi 80 až 110 let, tmelené asi 1-2 mm mocným aragonitovým kontaktním tmelem (místy s modrým vivianitem). To ukazuje, že při bohatém zdroji tmelu, může klima hrát podřadnou úlohu.

(3) Starý holocén není z klimatického hlediska zásadně odlišný od průměrných holocenních podmínek. Klimatickou příčinu tvorby tmelených sutí můžeme hledat buď v nějakém, třeba krátkodobém klimatickém extrému (horká suchá léta následující po vlhkém jarním období) anebo - a to pravděpodobněji - v jiných vlastnostech substrátu a vegetačního pokryvu. Půdní pokryv byl ve starém holocénu podstatně méně vyvinut anebo, zvláště v prudkých svazích, téměř úplně scházel. Zároveň i lesní pokryv byl řídký, rozvolněný a na většině sledovaných míst byl pravděpodobně tvořen (zakrslými) doubravami. Hlavní tvorba mocných půdních horizontů probíhala až během tepleho a vlhkého středního holocénu. Očekávané nikoliv klimatické, ale stanovištní podmínky se na sledovaných lokalitách blíží ve starém holocénu podmínkám dnešní středočeské oblasti, jež je nejbližším územím s intenzivní současnou tvorbou tmelených sutí. Tenký půdní pokryv nezpomaluje oběh vod a umožňuje rychlý, nerovnovážný odpar.

(4) Největší četnost výskytu karbonátem tmelených sutí je v oblasti tvořené horninami barrandienského neoproterozoika.

Celá problematika tmelených sutí holocenního stáří ve středočeské oblasti si zaslouží dalšího podrobnějšího výzkumu.

Literatura:

- Čílek V. (1999): Staropleistocenní sutě Slovenského krasu a jejich význam pro tvorbu krasového reliéfu. - In: P. Bella (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*: 36-41. Liptovský Mikuláš.
- Fediuk F. (1993): Recentní pěnovec ve Zlončické roklí u Kralup nad Vltavou. - *J. Czech Geol. Soc.*, 38: 110-112. Praha.
- Kovanda J. (1971): Kvartérní vápence Československa. - *Sbor. Geol. Věd., Antropozoikum*, 7: 7-236. Praha.
- Ložek V., Záruha Q. (1965): Pleistocenní suťové brekie v krasových oblastech Slovenska. - *Čs. kras*, 16: 67-76. Praha.

Nová lokalita bílých vrstev v Portálové jeskyni v Kavčím lomu (Montáncé) u Tetína

(nálezková zpráva)

A new locality of "white beds" in the Portálka Cave in the Kavčí (Montánka) Quarry near Tetín

Karel Žák¹, Jiří Frýda¹, Jiří Bruthans², Jaroslav Kadlec³, Roman Živor⁴

0. Abstract

In the Portálová Cave, located in the Kavčí (Montánka) Quarry near Tetín, about 25 m above the present level of the Berounka River, limestones affected by intergranular corrosion have been found. These soft, chalky, light-colored altered limestones are called "white beds" in local terminology. Intergranular corrosion is specific, slow, low-temperature alteration, during which fine grained rock matrix is dissolved while larger calcite crystals and calcite fossils are preserved. This process is probably related to deep phreatic circulation of organic compounds-rich groundwater during Cretaceous and/or Tertiary. Formation of clay minerals probably occurs in situ in the altered rock. During a late stage of the alteration process, grains of clay minerals and quartz can also mechanically infiltrate into the porous rock.

Segments of "white beds", up to 1 m thick (shading 8 in Fig. 1), occur in the Portálová Cave in a secondary position, within Quaternary sandy, silty and clayey sediments. In the altered rock clay minerals replaced some Devonian microfossils (mostly tentaculites). These secondary replacements are of green color, because of increased Cu content of up to 2 %. While X-ray determination indicates illite as the main mineral of the pseudomorphs, electron microprobe data indicate more complex mineral chemistry with a significant hydrobiotite component. Based on the X-ray determination illite dominates in the <2 µm size fraction of the altered rock.

During the Quaternary speleogenetic processes, corrosion has been more important than erosion and abrasion by transported material, preserving blocks of altered limestones in cave sediments. Some parts of the cave could have existed already during the Tertiary.

1. Úvod

Tradičním názvem bílé vrstvy (dále zkr. BV) jsou v Českém krasu označovány výskyty silurských a devonských vápenců postižené zvláštním typem zvětrávání - intergranulární korozi. Typickým rysem tohoto procesu je postupné selektivní rozpouštění jemnozrnného mikritového tmelu horniny při zachování drobných karbonátových fosilií a hrubě krystalických zrn kalcitu. Porovitost horniny postupně narůstá, ale hlavní texturní znaky horniny, jako jsou například původní vrstevnatost nebo poloha litologicky odlišných vložek, zůstávají v raných stádiích celého procesu zachovány. V hornině vznikají postupně i novotvořené nekarbonátové minerály a v pozdním stadiu celého procesu mohou být do silně porézní horniny mechanicky infiltrována klastická zrna jílových minerálů nebo křemene (Čílek, Bosák a Bednářová 1995). V konečném stadiu se původní stavba celé horniny zhroutí a vznikne písčité eluvium karbonátových součástek promíšené novotvořenými nekarbonátovými minerály a klastickými příměsími přinesenými z povrchu. Ani v tomto stadiu však ještě nedojde k úplnému odvápnění horniny. BV jsou zpravidla světlých barev, od špinavě bílé až do světlých žlutých, okrových či narůžovělých odstínů.

Jedním z nejpozoruhodnějších rysů BV je skutečnost, že při korozním procesu, který vede až k úplnému odstranění jemnozrnného karbonátového tmelu horniny, nejsou tímto rozpouštěním stejně intenzivně napadeny i karbonátové mikrofosilie, které často zůstávají v bílých vrstvách přítomny v hojném množství a v jedinečném zachování i těch nejmenších detailů karbonátových schránek. Proto byli první badatelé, které otázka BV zaujala, právě paleontologové (viz přehled citací in Petr a kol. 1997 a Martínková 1997).

Geochemií a mineralogií a vznikem BV v Českém krasu se dosud zabývalo jen několik prací. Katzer (1888) se pokusil na základě stanovení nerozpustného zbytku v normálních vápencích a v BV odhadnout, z jakého množství rozpouštěných vápenců BV vznikly. Tato úvaha však byla založena na nesprávném předpokladu, že do BV nedochází k přínosu silikátových minerálů a křemene z vnějšku. Termín intergranulární krasování zavedl do literatury Ovčarov (1973), který předpokládal, že vznik BV souvisí s málo pohyblivými podzemními vodami. Geochemií BV se zabývali i Petr a kol. (1997), ti se však zaměřili na chemismus mikrofosilií a nikoliv na proces vzniku BV samotný. Také tyto autoři předpokládají, že BV vznikaly v určitých obdobích rozpouštěním vápen-

ců podél tektonických zón podzemními vodami. Petrologií a geologií BV se zabývala ve své diplomové práci i Martínková (1997), avšak bez podstatných závěrů o jejich genezi. Nejvýznamnější práci vyjadřující se ke genezi BV v Českém krasu je studie Čílka, Bosáka a Bednářové (1995), zaměřená na geochemii, mineralogii a vznik BV ve vazbě na období se specifickým klimatem a na vztahy BV ke geomorfologickému vývoji. Autoři této práce dospěli k závěru, že BV vznikají pomalým rozpouštěním vápenců za mechanického přínosu klastických zrn kaolinitu (# illitu) a křemene z vnějšku. Tento proces nazývají infiltrační kaolinizací a spojují s ním i vznik až několik centimetrů mocných limonitových krust, případně mechanickou infiltraci Fe hydroxidů. O vzniku jílových minerálů nebo křemene *in situ* z cirkulujících roztoků neuvažují, s tímto názorem je však v rozporu v jejich práci zmiňovaný nálezkový silicifikovaný mikrofosilií v BV.

V této nálezkové zprávě užíváme tradičního názvu bílé vrstvy (BV) v původním užším slova smyslu, tedy pouze pro ty případy alterovaných vápenců, u kterých zůstanou zachovány původní texturní znaky, jako je například vrstevnatost nebo přítomnost jílových proplátek nebo rohovcových křemitých vložek v hornině v původních pozicích, a kdy BV nejsou ještě zcela odvápněny (mají minimálně 10 % karbonátu) a mají značnou mocnost (decimetry až metry). Některé práce z poslední doby z oblasti Českého krasu zahrnují pod termín BV (v širším slova smyslu) i některé další výskyty vápenců zvětralých makroskopicky podobným způsobem, například málo mocné povlaky na stěnách jeskyní nebo na povrchu vápencových klastů v nekarbonátových jeskynních sedimentech často i kvartérního stáří (Bruthans a Filipi 1999; Brom a kol. 2000), nebo i téměř úplně odvápněné výplně krasových depresí (Čílek, Bosák a Bednářová 1995). Výplně takových depresí („krasových kapes“) jsou často chaoticky proviřeny a obsahují promíšené sedimenty různého složení a vzniku, s velkým podílem nekarbonátového klastického materiálu zakleslého do deprese shora. Pro úvahy o vzniku BV a pro odběr vzorků k laboratorním rozborům má zásadní důležitost přesné odlišení těchto dvou případů, tedy BV vzniklých *in situ* a redeponovaných BV promíšených s klastickým materiálem.

Přeměna na BV postihla vápence podél některých tektonicky porušených zón často do značných hloubek pod povrchem, poměrně běžná je i v okolí krasových depresí (kapes) vyplněných sedimenty a v okolí některých jeskyní. Častá je zejména tam, kde se v nadloží krasových hornin Českého krasu nacházejí nekarbonátové klastické sedimenty křídového nebo terciárního stáří. Regionálně je proto nejvíce výskyt BV znám v sv. části Českého krasu, v oblasti, která se geograficky překrývá s tzv. Třebotovskou plošinou, tedy s plochým, zarovnaným a velmi starým reliéfem. V této oblasti se BV poměrně hojně vyskytují jak v údolích zářezávajících se do této plošiny (např. Prokopské údolí, údolí Radotínského potoka), tak i v lomech nebo ve štolách (např. v oblasti Amerik). V jz. části Českého krasu, zhruba od linie Loděnice - Karlštejn dále k jz., je výskyt BV méně častý. Jeden z nálezu kaolinických zvětralin zmiňuje Bosák (1978) ze stěny horní etáže lomu Alkazar (též lom V Kozle, Hostím I.) na levém břehu řeky Berounky mezi Berounem a Srbskem. Zóna tektonicky porušených vápenců postižených přeměnou na klasické BV zde má mocnost do 1 m a délku několik desítek metrů. Nad i pod touto alterovanou zónou jsou nepostižené vápence. Mladší jeskyně, vyplněné staropleistocenními terasovými šterky a povodňovými hlínami Berounky zde zpravidla končí na této zvětralinové zóně nebo v její blízkosti, což naznačuje význam BV pro pozdější speleogenezi (viz též Čílek, Bosák a Bednářová 1995).

¹ Český geologický ústav, Klárov 3, 118 21 Praha 1

² Přírodovědecká fakulta UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2

³ Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

⁴ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, V Holešovičkách 41, 180 00 Praha 8
Poděkování: členům Speleologické skupiny Tetín, jmenovitě Jakubovi Zelinkovi, děkujeme za uvedení na lokalitu a pomoc při odběru vzorků. Výzkum byl částečně podpořen projektem CEZ Z3-013-912 GLÚ AV ČR.

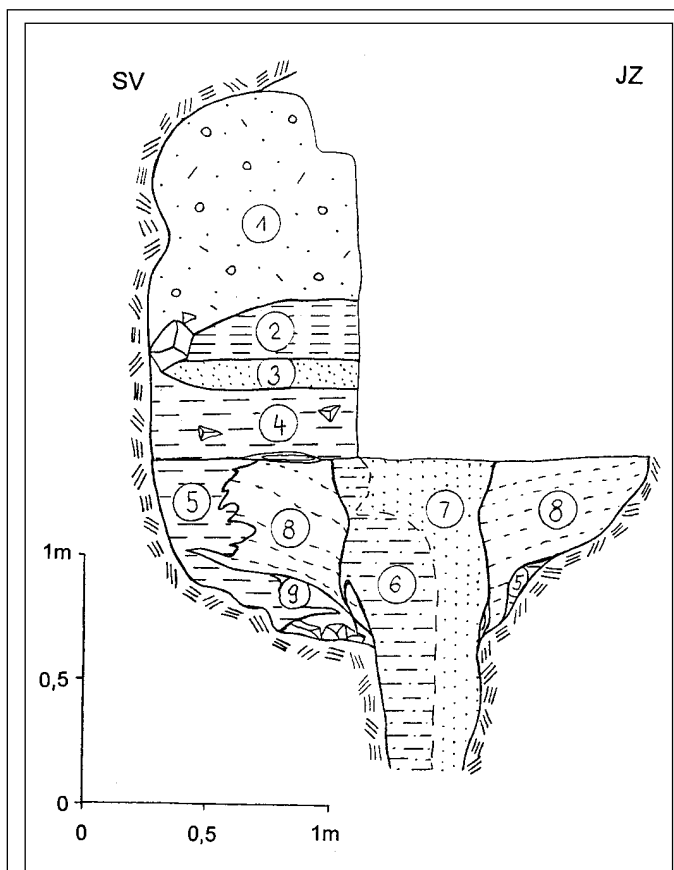
Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 36-39, 1 tab., 3 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

Intergranulární korozi postižené vápence zasahují do značných hloubek i v koněpruské oblasti (ve vrtech až do úrovně kolem 130 m n. m., viz odkazy in Cílek et al. 1995). Podobným způsobem postižené vápence byly zjištěny i ve vrtech při stavbě barrandovského mostu v Praze, do úrovně kolem 159 m n. m. (Habrnl 1997).

V této nálezové zprávě upozorňujeme na novou lokalitu BV, která byla odkryta v klastických jeskynních sedimentech při výkopech prováděných členy České speleologické společnosti, ZO 1-02 Tetín, v Portálové jeskyni v Kavčím lomu u Tetína. Na tento výskyt BV upozorňujeme proto, že je mimořádně zajímavý svou značnou mocností, geologickou pozicí, pozoruhodnou mineralogií BV a dobrým zachováním mikrofosilií pro paleontologický výzkum devonských vápenců. Lokalita je navíc relativně snadno přístupná a chráněná před přímým vlivem povětrnosti.



Obrázek 1 Profil jeskynními sedimenty s bílými vrstvami v Portálové jeskyni, u odbočky jeskyně Metro.

1- komplex čokovitě vyklíňujících poloh písčitého prachu, jemnozrnného písku a drobnozrnného šterku (polozablené až dokonale zablené valouny křemene a silicitu, max. 4 cm velké) a vápencovými klasty velkými až 10 cm, na povrchu komplexu leží 15 cm mocná poloha drobnozrnného písčitého šterku a v jejím podloží 3 cm mocná vrstvička čokoládového kostkovitého rozpávaného jílu; 2 - jílovitý prach, žlutý, prizmaticky rozpávaný až prachovitý jíl, hnědý, kostkovitě rozpávaný; 3 - písek, středně až hrubě zrnitý, hnědý, místy písčité šterky, drobnozrnný, valounky křemene do 5 mm; 4 - prachovitý jíl, světle hnědý, kostkovitě rozpávaný, ojedinělé vápencové klasty s korodovaným povrchem až 20 cm velké, na bázi polohy je vysrážena Fe-krusta; 5 - dttó 4, chybí vápencové klasty; 6 - písek, středně až hrubě zrnitý, světle hnědý; 7 - písek, hrubozrnný, světle hnědý, až písčité šterky, drobnozrnný s polozablenými až dokonale zablenými valouny křemene velkými do 1 cm (jeden valoun je dlouhý 6 cm) a klasty vápence velkými až 7 cm (pouze na povrchu přeměněnými na BV, ve vrstvičce mocné několik mm); 8 - světlé BV se žlutými až světlé hnědými laminami, které reprezentují původní jílovité proplásky v dvorecko-prokopských vápencích; 9 - BV, pestře zbarvené (růžová, žlutá, bílá)

Figure 1 Cave sediments with white beds in the Portálová Cave.

1 - sandy silt, fine-grained sand, fine-grained gravel, limestone clasts, 2 - clayey silt to silty clay, 3 - sand, medium- to coarse-grained, 4 - silty clay with limestone clasts, 5 - silty clay, 6 - sand, medium- to coarse-grained, 7 - gravel, 8 - white beds, light-coloured, 9 - white beds, varicoloured

2. Popis lokality

Portálová jeskyně (ev. č. 1401) se nachází ve střední části hlavní stěny Kavčího lomu (Montánky), zhruba 25 m nad dnešní úrovní hladiny řeky Berounky. První zmínka o ní je již v práci Homoly (1947), avšak bez uvedením názvu jeskyně. Vlastní název a dokumentace jeskyně byly do literatury uvedeny Lysenkem (1968). V roce 1987 se podařilo v průběhu prolonačních prací propojit hlavní chodbu Portálové jeskyně s 5,5 m dlouhou jeskyní Metro. Prolonační práce na lokalitě provádí přerušovaně již po několik desítek let speleologická skupina Tetín. Celý systém měl v roce 1996 délku 111 m (Živor 1996) a prolonační práce dále pokračují.

BV se v Portálové jeskyni nacházejí v polohách mocných až 1 m v tzv. Hlavní chodbě v podloží zhruba 1,5 m mocného souvrství jeskynních klastik (střídající se písčité šterky, písky a prachy). Velmi pěkný odkryv je v Hlavní chodbě bezprostředně u odbočky jeskyně Metro (viz. obr. 1, odtud odebrán vzorek 1) a BV dále pokračovaly v podloží tohoto souvrství šterků, písků a prachů i v úseku Hlavní chodby směřující od tohoto místa dále k JZ, kde byla většina sedimentární výplně chodby vytěžena. Druhý vzorek pro laboratorní rozbor byl odebrán z jednoho z umělých stupňů v sedimentu ve dně při konci Hlavní chodby, za výrazným meandrem, zhruba 10 m jz. od odbočky jeskyně Metro.

Vztahy klastických sedimentů a BV jsou v jeskyni složité. Bloky BV jsou v sekundární pozici, vrstvy v nich mají odlišný sklon od vrstevnatosti okolních vápenců a bloky BV jsou proříznuty úzkým korytem s mladšími sedimenty. Úlomky vápenců v tomto prořezávajícím korytě nejsou přeměnou na BV postiženy, kromě málo mocné kůry na jejich povrchu. Mladší písčité sedimenty se vyskytují i v nejhlubší, korytovité a meandrující části chodby, pod partiemi s BV.

BV jsou v Portálové jeskyni vyvinuty v deskovitých dvorecko-prokopských vápencích, které obsahují tenké břidličné proplásky. Zvětrávací proces přeměnil vápence na šedobílou směs hojných karbonátových mikrofosilií, drobných karbonátových zrn prachové velikosti a zrn jílových minerálů. Přitom veškeré texturní znaky vápence jako jsou vrstevnatost a přítomnost do 1 cm mocných jílovitých proplásků na hranicích mezi jednotlivými lavičkami vápenců zůstaly zachovány, takže na první pohled se hornina jeví jako normální vápence. Přeměna nepostoupila do takového stadia, aby došlo ke zhroucení původní stavby horniny a původní objem alterovaných partií zůstává zachován. BV jsou poměrně pevné, nepřiliš rozpávané, ve vodě je však lze poměrně snadno rozpavit.

3. Odběr vzorků a laboratorní metody

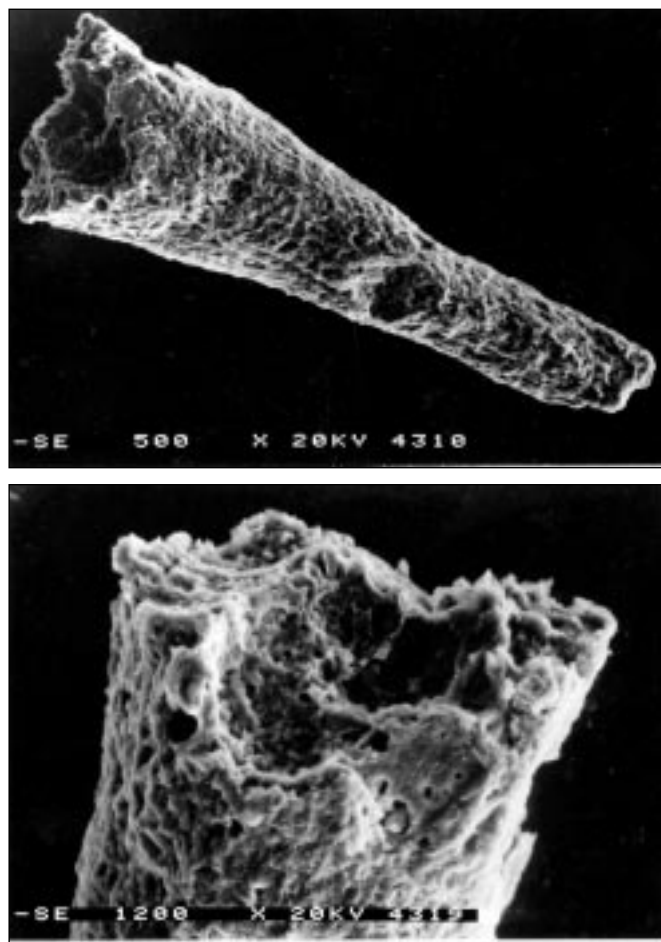
Vzorky ve formě bloku o velikosti cca 10x10x5 cm byly vyříznuty špachtlí ze stěny výkopu. Vzorky byly poté postupně vysušeny na vzduchu a v sušárně při teplotě 60 °C až do konstantní hmotnosti. Jedna z důležitých fyzikálních vlastností BV je jejich objemová hmotnost, podle které lze hrubě odhadnout pórovitost horniny, která je důležitá pro úvahy o vzniku BV. Proto byla na obou odebraných vzorcích stanovena objemová hmotnost (včetně pórů). Vzorek 1 vykázal objemovou hmotnost 1,51 g.cm⁻³ a vzorek 2 objemovou hmotnost 1,48 g.cm⁻³, což odpovídá pórovitosti studovaných BV okolo 40 %.

Ze vzorků bílých vrstev potom byly mechanicky odstraněny partie, odpovídající původním jílovitým propláskům mezi jednotlivými vrstvami vápenců. Každý ze dvou vzorků byl poté rozdělen na dvě části. První z nich byla zhomogenizována a bylo na ní provedeno coulometricky stanovení obsahu karbonátu, zbývajících v přeměněném vápenci. Druhá část byla rozplavena a rozdělena síťováním a sedimentací na jednotlivé velikostní frakce. Frakce nad 0,063 mm byla studována mikroskopicky a byla zachována pro mikropaleontologický rozbor. Metasomaticky přeměněné mikrofosilie nahrazené nekarbonátovými minerály nalezené v této frakci byly studovány pomocí rentgenové difrakce a elektronové mikroskopy. Frakce pod 2 mm byla použita pro rentgenové stanovení jílových minerálů. Pro posouzení, zda během přeměny horniny došlo ke vzniku novotvořeného karbonátu, byly provedeny i analýzy izotopového složení uhlíku a kyslíku karbonátu mikrofosilií a jemnozrnné karbonátové matrix horniny.

4. Mineralogická a geochemická charakteristika BV z Portálové jeskyně

Ve vzorcích BV vzniklých přeměnou vápenců je kalcit stále ještě naprosto dominantním minerálem. Vzorky BV odpovídající původním vápencovým lavičkám dvorecko-prokopských vápenců vykázaly obsahy 84,12 % CaCO₃ (vzorek 1) a 86,56 % CaCO₃ (vzorek 2).

Ve velikostní frakci nad 0,063 mm se kromě karbonátových součástek (hrubě krystalických zrn kalcitu a kalcitových mikrofosilií) vyskytují ojediněle, pravděpodobně klastická zrna křemene a klastická zrna muskovitu o velikosti až do 0,2 mm. Tyto klastické součástky byly do BV infiltrovány mechanicky z vnějšku. Nejzajímavější bylo zjištění poměrně hojných nekarbonátových

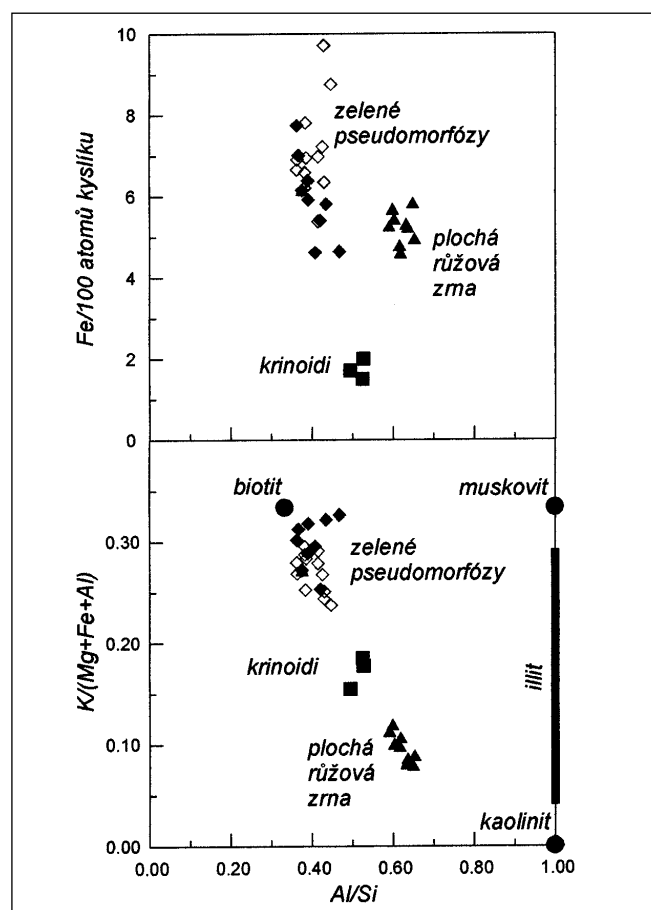


Obrázek 2 Schránka blíže neurčeného tentakulita, metasomaticky nahražená novotvořenou jílovou frakcí s obsahem do 2 % Cu. Snímek z elektronového mikroskopu ukazuje celou schránku a detail. Detailní snímek ukazuje povrchovou strukturu a pórovitost vzniklé pseudomorfózy po původně karbonátové schránce. Skutečná velikost celé schránky je 0,5 mm, barva v normálním světle sytě zelená

Figure 2 Tentaculite test partly metasomatically altered by authigenic clay fraction containing up to 2 % of Cu. Photos from electron microscope show the whole test and its detail. The detailed one shows the surface structure and porosity of pseudomorphosis after originally carbonate test. The real size of the test is 0.5 mm, colour in normal light was pale green

vých pseudomorfóz mikrofosilií, zejména tentakulitů (obr. 2). Tyto pseudomorfózy mají světle až sytě zelenou barvu, jejich typická velikost je v desetinách milimetru (maximálně až do jednoho milimetru). Rentgenová stanovení prokázalo, že pseudomorfózy po drobných fosiliích jsou tvořeny hlavně fylsilikátem blízkým illitu (jílový minerál obsahující až 7 % K_2O). Chemismus těchto pseudomorfóz byl studován pomocí elektronové mikrosondy (tab. 1, obr. 3). Studované objekty (pseudomorfózy mikrofosilií) jsou tvořeny porézní, zelenou hmotou, která je pravděpodobně složena ze zrn více fází (minerálů) submikroskopických rozměrů. Tyto zelené pseudomorfózy jsou hojnější ve vzorku 1, ve vzorku 2 se vyskytují ojediněle. Mikrosondová stanovení udávají v těchto zelených pseudomorfózách až 2 % Cu. Pokud tyto objekty byly vystaveny působení zředěné HCl ztratily částečně své zelené zbarvení a obsah Cu, ale celkové složení pseudomorfóz zůstalo bez podstatných změn (obr. 3). Tato skutečnost nasvědčuje tomu, že zelené zbarvení pseudomorfóz je způsobeno samostatnou minerální fází (malachitem?). Chemismus pseudomorfóz mikrofosilií padá blíže složení biotitu než muskovitu či illitu (obr. 3, tab. 1), který byly identifikovány rentgenovou difrakcí. Mikrosondové analýzy ukázaly, že pseudomorfózy mikrofosilií jsou v měřítku metody (několik kubických mikrometrů) homogenní. Nelze však vyloučit, že jsou v menším měřítku tvořeny směsí několika minerálů, i když poměrně stálého chemického složení. Pro genezi bílých vrstev je však podstatné, že chemismus pseudomorfóz mikrofosilií svědčí o vysokých aktivitách některých prvků (K, Al, Si, Mg, Fe, P, Cu) v roztocích způsobujících nahrazení jejich karbonátových schránek.

Vzorek 2 obsahuje hojná lososově růžová až načervenalá novotvořená zrna s mastným leskem, většinou tvaru plochých povlaků a destiček, která jsou také



Obrázek 3 Chemismus vybraných součástek BV z Portállové jeskyně, stanovený pomocí elektronové mikrosondy. Zelené pseudomorfózy po fosiliích byly separovány dvěma různými způsoby, rozpuštěním karbonátu pomocí zředěné HCl (prázdné symboly) a ručním vybíráním z rozpuštěného vzorku (plné symboly). Ve spodní části obrázku je velkými plnými kroužky znázorněna pozice čistého biotitu, muskovitu a kaolinitu a silnou čarou složení illitu

Figure 3 Chemical composition of selected white beds from the Portállová Cave (microprobe). Green pseudomorphs after fossils were separated by dissolution of carbonate in hydrochloric acid (free symbols) and by hand selection of washed sample (full symbols). Full circles in lower part of the figure represent position of pure biotite, muscovite and kaolinite, thick line represents illite composition

tvořena fylsilikátem a zbarvena příměsí goethitu. Složení těchto zrn (tab. 1, obr. 3) je blízké složení pseudomorfóz po mikrofosiliích, ale tato zrna mají systematicky více Al a méně K. Složení fylsilikátů na površích karbonátových fosilií (krinoidi) je intermediální mezi složením pseudomorfóz po mikrofosiliích a růžových zrn (obr. 3).

Ve velikostní frakci pod 2 μ m, separované z obou vzorků BV, byl u vzorku 1 i u vzorku 2 zjištěn pomocí rentgenového stanovení jako hlavní složka jílový minerál blízký illitu. Tato velikostní frakce dále obsahuje kromě karbonátových zrn ještě goethit a u vzorku 1 menší podíl pravděpodobně novotvořeného sideritu. Kaolinit, tradičně uváděný jako hlavní jílový minerál BV, nebyl zjištěn v žádném ze vzorků.

Pro posouzení otázky zda během přeměny vápence na BV dochází kromě rozpouštění jednotlivých karbonátových součástek paleozoického vápence i ke tvorbě novotvořených karbonátů, byla použita geochemie stabilních izotopů C a O v karbonátu. Bez ohledu na podmínky vzniku BV, novotvořený karbonát v žádném případě nemůže napodobit izotopové složení uhlíku a kyslíku charakteristické pro mořské vápence. Samostatně byly analyzovány separované schránky mikrofosilií i jemnozrnná složka horniny. Při teplotě kyselého rozkladu vzorku 25 °C, při které nedojde k rozložení sideritu, byla výsledná data pro devonské mikrofosilie a jemnozrnný karbonát BV se v podstatě identická, rozdíly jak v izotopovém složení uhlíku tak kyslíku byl jen mírně větší než chyba stanovení a data byla v oblasti typické pro mořské vápence. Tato data dokládají, že během vzniku studovaných BV novotvořený karbonát nevznikal (kromě nepatrného podílu sideritu). Pokus o samostatnou analýzu sideritu (kyselý rozklad při 100 °C, po předchozím odstranění kalcitu reakcí při 25 °C po

dobu 1 hodiny) poskytl jen minimální množství plynu, jehož izotopové složení nemohlo být přesně stanoveno.

5. Otázka vzniku BV

Pokud je karbonátová hornina atakována kyselým roztokem, dojde obecně k rozpouštění všech jejích karbonátových součástí na jediné ostře ohraničené korozní frontě (jako například na hranici mezi půdami ze skupiny *terrae calcis* a vápencem). Proces vzniku BV je odlišný, protože k rozpouštění dochází uvnitř mikropórů vápence, korozní fronta je méně ostrá a zóna za ní není zcela odvápněná. To naznačuje, že korozní proces není způsoben silně kyselými roztoky, ale spíše roztoky zhruba neutrálními. S tím je v souladu i běžná přítomnost jílových minerálů s obsahem K_2O v BV, tedy minerálů, které jsou v kyslejších prostředích nestabilní. Je zřejmé, že na rozpouštěcím procesu vedoucímu ke vzniku BV se nepodílí hlavně H_2CO_3 odvozená z oxidu uhličitého z půdní zóny, ale nějaký jiný faktor.

Při delikátním rozpouštěcím procesu, který dává vzniknout BV, mohou mít vliv tyto skutečnosti:

(1) Huminové a jiné organické kyseliny jsou v teplém a vlhkém klimatu obsaženy v infiltrujících vodách v dosti vysokých koncentracích. Při prvním styku s vápencem jsou rychle neutralizovány (stejně jako H_2CO_3 přecházející na HCO_3^-). Tyto organické kyseliny si však i po neutralizaci zachovávají značnou komplexační rozpouštěcí schopnost.

(2) Tento organický obsah infiltrujících vod může být bakteriálně konzumován za vzniku CO_2 přímo v pórech horniny kde může *in situ* produkovat další kyselou rozpouštěcí schopnost vod.

(3) Celý proces intergranulárního rozpouštění bude mnohem intenzivnější za teplejšího klimatu, protože při zvýšené teplotě klesá viskozita a povrchové napětí vody, takže se zrychluje její pohyb v pórech horniny.

(4) Vzhledem k deficitu Si, Al a K ve vápencích je, pokud uvažujeme o vzniku zjištěných jílových minerálů *in situ*, zapotřebí přinášet tyto prvky do přeměňované horniny z vnějšku (prvky uvolňované do vod rozkladem zejména muskovitu v klastických písčitéch sedimentech na povrchu krasu) nebo je uvolňovat rozkladem zrn klastického muskovitu infiltrovaného do horniny většími póry přímo v zóně, kde vznikají BV.

(5) Mineralogie BV naznačuje, že celý proces probíhal pravděpodobně v redukčním prostředí, to naznačuje jednak přítomnost sideritu (aktivita Fe^{2+} dostatečně vysoká na to, aby vznikl tento minerál, není v oxidačních podmínkách dosažena), a dále absence masivních akumulací minerálů železa a manganu, které by musely být přítomny, když by vznik BV byl vázán na hranici mezi oxidačním a redukčním prostředím.

6. Význam nálezu BV pro úvahy o vzniku jeskyně

Nález BV považujeme za významný nejen pro poznání geneze Portálové jeskyně samotné, ale i pro všeobecné úvahy a vývoji jeskynních systémů v údolí Berounky. Pokud přijmeme všeobecně rozšířený názor, že vznik mocných BV vyžaduje dlouhá období specifického klimatu, které panovalo v některých obdobích křídý nebo terciéru, a že kvartérní klimatické cykly neskýtaly pro vznik mocných BV dostatečně dlouhá klimaticky vhodná období, lze dojít k následujícím úvahám:

(1) Přítomnost BV v nízké výškové úrovni nad řekou Berouňkou naznačuje, že Portálová jeskyně, která byla dosud většinou považována spolu s Terasovou jeskyní v toméž lomu za typického reprezentanta kvartérních jeskyní vázaných na kaňonovitě údolí Berounky, vznikla složitějším vícestupňovým procesem.

(2) Alterace vápenců za vzniku BV proběhla ve starší geologické minulosti, pravděpodobně během terciéru (?křídý), hluboko ve freatické zóně. Zda došlo již v tomto stadiu v souvislosti se vznikem BV k vytvoření jeskynních dutin není zřejmé.

(3) V kvartéru, během zařezávání kaňonu řeky Berounky, došlo k oživení speleogeneze v prostoru Portálové jeskyně. Morfologie jeskyně, obzvláště přítomnost labyrintovitých morfologicky komplikovaných forem v prostoru za hlavním portálem naznačuje, že se jedná o systém vzniklý hlavně korozně, za podstatného vlivu natlačování říčních vod do narušených zón skalního masivu během povodňových stavů v řece. Pro existenci vadových procesů a transportu klastik však svědčí vadový charakter meandrujícího koryta v úseku Hlavní chodby od odbočky jeskyně Metro dále do masivu. Při těchto procesech došlo i k vyplnění částí chodeb klastickými sedimenty. Bloky hornin, přeměněné na BV, se uvolnily, zaklesly do klastických sedimentů a byly jimi posléze pohřbeny. Transport velkého množství klastického materiálu jeskyní je však vyloučen, neboť by muselo dojít k úplnému vyklizení málo mechanicky odolných BV. Je zřejmé, že u Portálové jeskyně byla pro její vznik koroze mnohem významnější než eroze, tato koroze přednostně atakovala zóny s BV, ve kterých mohly již existovat starší, pravděpodobně terciérní, primární dutiny a chodby.

	Tentakulit	Růžová zrna	Článek krinoida
Na ₂ O	0,88	1,34	1,19
MgO	3,93	2,08	2,00
Al ₂ O ₃	17,28	28,05	6,74
SiO ₂	54,20	53,62	15,05
P ₂ O ₅	0,22	0,53	0,71
K ₂ O	7,77	3,43	1,87
CaO	1,16	0,00	68,86
TiO ₂	0,34	1,01	0,10
MnO	0,00	0,10	0,02
FeO	12,12	10,00	2,99
CuO	2,21	0,03	0,85
Suma	100,00	100,00	100,00

Tabulka 1 Chemismus typické pseudomorfózy schránky tentakulita (ze vzorku 1), novotvořených růžových zrn (ze vzorku 2) a částečně přeměněného článku krinoida (ze vzorku 2). Elektronová mikrosonda, dopočteno do 100 %.

Table 1 Chemical composition of typical pseudomorphosis of tentaculite test (from sample No. 1), authigenic rosy grains (from sample No. 2) and partly altered krinoid stem (from sample No. 2). Electron microprobe, calculated up to 100 %

Literatura:

- Bosák P. (1978): Výplň krasových dutin v lomu V Kozle u Srbska, předběžná zpráva. - *Čes. kras (Beroun)*, 3: 51-56.
- Brom R., Bruthans J., Kolčava M., Příbil M. M. (2000): Velká sýrová loupež. První předběžná zpráva o objevu jeskyně Ementál v Českém krasu. - *Kras. Deprese*, 7: 2-13.
- Bruthans J., Filippi M. (1999): Výzkum Arnoldky a dalších jeskyní lomu Čeřinka a otázky jejich vzniku a vývoje. - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 23-30.
- Cílek V., Bosák P., Bednářová J. (1995): Intergranular corrosion, infiltrational kaolinization and epigenetically reddened limestones of the Bohemian Karst, and their influence on karst morphology. - *Stud. Carsol.*, 6: 131-150. Brno.
- Habrnál L. (1977): *Závěrečná zpráva o předběžném inženýrsko geologickém průzkumu pro ZKS-SDO*. - MS, Nepublikovaná zpráva PÚDIS. Geofond. Praha.
- Homola V. (1947): *Krasové zjevy v Barrandienu*. - MS, Rigorósní práce, MS Přírodověd. Fak. Univ. Karlovy. Praha.
- Katzer F. (1888): Über die Verwitterung der Kalksteine der Barrande'schen Etage Gg1. - *Jb. K.-Kön. Geol. Reichsanst.*, 37, 1887: 387-396. Wien.
- Lysenko V. (1968): Kavčí jeskyně na pravém břehu Berounky mezi Tetínem a Srbskem. - *Čs. kras*, 19: 117-119. Praha.
- Martínková M. (1997): *Geologie a petrologie tzv. bílých vrstev v paleozoiku Barrandienu*. - MS, Diplomová práce, Přírodověd. Fak. Univ. Karlovy. Praha.
- Ovčarov K. (1973): Vyhodnocení krasových jevů při ložiskovém průzkumu v koněpruském devonu. - *Geol. Průzk.*, 15, 7, 175: 211-212. Praha.
- Petr V., Prokop R.J., Mihaljevič M., Šebek O. (1997): Chemical composition of the crinoid skeletal remains (Echinodermata) in weathered limestones of the Bohemian Lower Devonian (Barrandian area). - *J. Czech Geol. Soc.*, 42, 1-2 (1997): 41-58. Praha.
- Živor R. (1996): *Popis významných jeskyní*. - In: L. Pecka a R. Živor (Eds.): Tetín speleologický a historický, *Knih. Čes. Speleol. Spol.*, 30: 22-31. Praha.

Chemismus atmosférických srážek v oblasti Českého krasu

Případová studie: Velkolom Čertovy schody

Chemistry of the atmospheric precipitation in the Bohemian Karst. A case study: The Čertovy Schody Quarry.

Irena Dobešová¹, Václav Cílek¹, Petr Skřivan¹, Miloš Burian¹

0. Abstract

Atmospheric deposition fluxes of selected chemical elements were monitored in the broader region of the Bohemian Karst throughout the years 1997 - 2000, with emphasis to the activities in the Čertovy schody quarry. Results obtained in the Karst region are compared with monitored fluxes in a reference rural region in Central Bohemia, approx. 30 km SE from Prague. Main findings are as follows: (1) deposition fluxes of elements in the monitored region of the Bohemian Karst (with the exception of localities KJB, KJK) generally agree with the corresponding fluxes of the reference rural region; (2) deposition fluxes of Cu, Zn, Be, As, Cd, F and SO_4^{2-} mainly originate in the large distant emission sources (coal burning power plants), main source of Pb is the combustion of leaded gasoline; (3) deposition fluxes of elements with significant contribution of emissions from coal fired power plants (Cu, Zn, Be, As, Cd, F and SO_4^{2-}) show temporal decrease resulting from the flue gasses desulfurization; (4) local emission sources (mainly from the industrial and urban agglomeration of Beroun) affect the deposition fluxes of Cu, Zn, Pb, (Cd, SO_4^{2-}); (5) terrigenous dust containing soil- and rock particles enriches the deposition fluxes of Mn, Sr, Mg, Ca, Al and Fe especially on the exposed localities inside and around the quarry; (6) the sequestering effect of forest trees for solid atmospheric aerosol, which affects the composition of the precipitation below the tree canopies (the throughfall), was demonstrated in Cu, Zn, Na, Mg, Ca, Al and Fe; (7) surface of the tree crowns adsorbs also the acid gaseous compounds of F, Cl, S, and N, which is reflected in the chemistry of the throughfall; (8) essential elements and their homologues Cu, Mn, Zn, K, Mg, Ca, (Sr) and N affect the composition of throughfall by the metabolic products of the vegetation which are washed out- and leached from the surface of its assimilation organs by the acid precipitation; (9) annual fluxes of the mostly toxic trace elements Cu, Zn, Pb, As and Cd surprisingly show increase in 2000, which is difficult to explain and therefore needs further data collection, and (10) interpretation of the deposition fluxes of Be and Cr was embarrassed by the insufficient detection limit of their analytical determination.

1. Úvod

Počínaje rokem 1997 se geochemický tým Geologického ústavu AV ČR systematicky věnoval sledování atmosférické depozice vybraných hlavních a stopových prvků na pěti stanovištích v těsném okolí Velkolomu Čertovy schody (Martínek, Cílek a Skřivan 1998). Soubor byl posléze od roku 1999 doplněn dalšími dvěma lokalitami ležícími ve středu Berouna a na okraji berounské kotliny (Martínek 1999; obr. 1). Získané výsledky jsou srovnávány s dlouhodobě sledovanou lokalitou ležící v dobře zachovaném lesním komplexu NPR Voděradských bučin (Skřivan a kol. 1995; Skřivan, Navrátil a Burian 2000) i s výsledky získanými na síti lokalit projektu BIOGEMON totožnou nebo velmi blízkou metodikou. Toto srovnání považujeme za nezbytné k tomu, abychom odlišili lokální geochemický signál od industriálního pozadí širšího okolí Prahy v okruhu asi 40 km od centra města (viz Kukul a Reichman 2000, str.122-141). Kromě sledování chemismu atmosférických a podkorunových srážek byla věnována pozornost geochemickému složení krasových vod koněpruské oblasti (nepublikováno), půdám (Žigová a Štátný 2000) a skalním kůrám (Cílek, Skřivan a Martínek 1998).

Geochemický výzkum atmosférické depozice v koněpruské oblasti včetně dvou stanovišť v rámci berounské kotliny má tyto důležité specifické rysy:

(1) síť odběrných stanovišť leží v blízkém i vzdálenějším okolí jednoho z největších lomů na území ČR a navíc v hodnotné části Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Český kras uvnitř či poblíž tří národních přírodních rezervací (Kotýz, Zlatý kůň a Klonk) a jedné přírodní rezervace (Kobyla). Rozmístění odběrných bodů tak umožňuje posoudit vliv industriálního gigantu na citlivý systém Českého krasu,

(2) pět ze sedmi odběrných míst je umístěno na vápencovém podkladu, zatímco ostatní malá povodí sledovaná v rámci projektu BIOGEMON leží na intermediárním až kyselém podloží. V rámci lomového provozu (trhací práce, doprava, drcení a mletí) vzniká neurčitelné množství vápencového prachu, které se rozptýluje po okolí a dochází tak k neúmyslnému vápnění. Množství

prachu se po zavedení moderních technologií počátkem 90. let prudce snížilo. Projevilo se to opticky pozorovatelnou redukcí světlých, prašných povlaků na listech v okolí lomu,

(3) koněpruská oblast se svými strmými lomovými stěnami (Císařský lom - 80m) a složitou morfologií má specifické, nerovnoměrné mikroklimatické poměry, které mohou výsledný chemismus atmosférické depozice ovlivňovat v míře srovnatelné či v některých měsících vyšší než je lokální signál. Na vrcholu Zlatého koně v přímém dosahu větrů z berounské kotliny tak je v některých obdobích roku možné pozorovat vyšší sumární obsahy těžkých kovů než na odměrném místě u lomové komunikace.

2. Přehled vzorkovaných lokalit

Monitoring chemického složení celkové atmosférické depozice (kumulativní vzorky srážek na volné ploše) a podkorunových srážek (throughfall, srážky pod korunami stromů) je prováděn celkem na sedmi lokalitách (obr. 1):

Lokalita KJ1 - situována na vrcholu kopce Zlatý kůň nad s. okrajem Velkolomu Čertovy schody (VLČS).

Lokalita KJ2 - situována uvnitř VLČS, cca 150 m z. od hlavní brány.

Lokalita KJ3 - umístěna na jv. okraji VLČS na odkryté hornině, která bude postupně vytěžena.

Lokalita KJ4 a KJ5 leží blízko sebe, cca 400 m v. od lok. KJ3, uvnitř zalesněné oblasti obklopující lom. První lokalita je umístěna pod buky, druhá lokalita je pod korunami smrků.

Lokalita KJK je situována na vrcholu kopce Na Čihadle, nad v. okrajem lomu Kosov, 400 m sv. od kopce Kosov. Nejkratší vzdálenost lokality od dálnice Praha-Plzeň je cca 2,5 km.

Lokalita KJB je umístěna v historickém centru Berouna na dvoře Musea Českého krasu. Nachází se přibližně 700 m od dálnice.

3. Metody odběru, úpravy a analýzy vzorků

Vzorky jednotlivých forem atmosférické depozice byly zachycovány do skleněných nálevek chráněných proti znečištění ptáky (srážky na volné ploše) nebo na povrchu speciálních skleněných kuželů (podkorunové srážky) a jímány v 1 litrových PE lahvích, upevněných v držáku umístěném 1,5 m nad zemí. Kapalně vzorky byly chráněny zředěnou ultračistou kyselinou dusičnou před případnými ztrátami způsobenými adsorpcí kovů na stěny vzorkovacích lahví. Lahve byly měněny jednou za měsíc, zabaleny do PE sáčků a převezeny do laboratoře, kde byly vzorky zváženy za účelem zjištění jejich objemu (nezbytné pro výpočet depozičních toků), dále byla měřena jejich vodivost a pH. Nato byly vzorky filtrovány membránovým filtrem (filtry o velikosti pórů 0,45 mm). Se vzorky bylo zacházeno s maximální opatrností, aby se zabránilo možné kontaminaci a ztrátě analytu. Bližší informace o metodách odběru a zpracování vzorků uvádí práce Skřivan a kol. (2000). Koncentrace jednotlivých minoritních a stopových prvků byly stanoveny pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie (FAAS) nebo atomové absorpční spektrometrie s grafitovou kytou (GAAS) v laboratořích GLÚ AV ČR, Praha. Hlavní prvky byly stanoveny pomocí FAAS, anionty chromatograficky (HPLC: Cl⁻, SO_4^{2-} , NO_3^-), iontově selektivní elektrodou (ISE: F⁻) a titrací (TITR: HCO_3^-) v laboratořích Českého geologického ústavu v Praze. V průběhu let 1997-2000 bylo v oblasti Českého

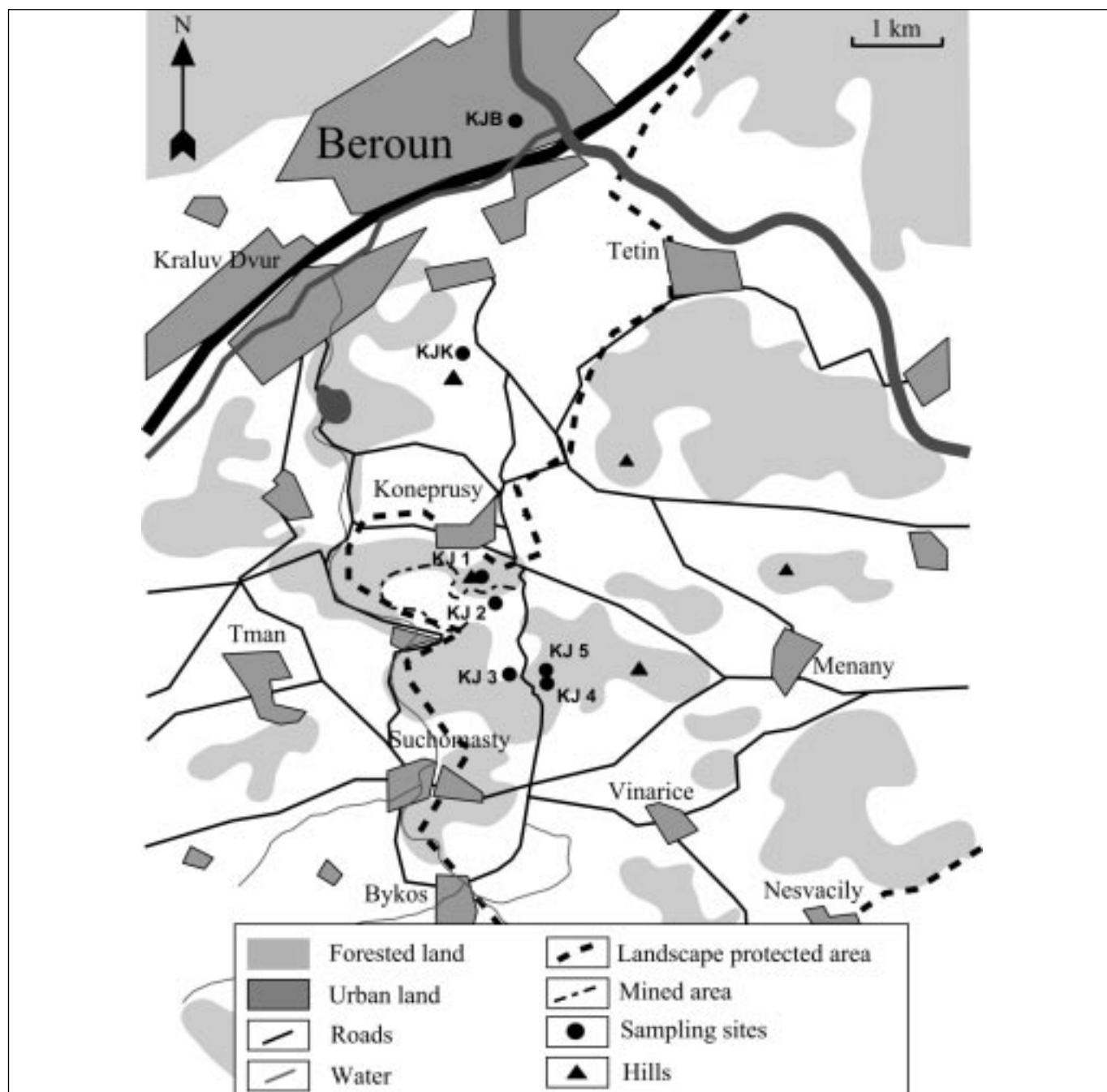
¹ Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6

Práce vznikla ve spolupráci s firmou Velkolom Čertovy schody, a.s. a v rámci CEZ Z3-013-912 GLÚ AV ČR

Geochemický výzkum atmosférických srážek koněpruské oblasti je hrazen ze tří finančních zdrojů. Jedná se především o prostředky poskytnuté Velkolomem Čertovy schody a.s., dále z prostředků projektu MŽP/ČGÚ GEOMON a dále z výzkumných prostředků záměru GLÚ AV ČR CEZ Z3-013-912. Kromě toho děkujeme zejména Dr. I. Jančářkové z Muzea Českého krasu v Berouně za poskytnutí možnosti umístění odběrné stanice na dvoře Muzea, paní J. Čámpulové za péči o srážkoměrné zařízení v Koněpruských jeskyních a panu A. Komaškovi, řediteli Koněpruských jeskyní, za všestrannou podporu výzkumů. Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 40-46, 3 tab., 8 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8



Obrázek 1 Schematická mapa monitorované oblasti s lokalitami odběru vzorků
 Figure 1 Schematic map of the monitored region with the sampling localities

krasu získáno na 7 000 analytických dat. Tato data popisují v detailu chemické složení atmosférických srážek, depoziční toky prvků a jejich trendy.

4. Výsledky

Výsledky monitoringu jsou prezentovány v tabulkách 1, 2 a 3. Tabulka 1 obsahuje hodnoty ročních úhrnů depozičních toků (vždy za hydrologický rok) vybraných minoritních a stopových prvků, vyjádřené v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Tabulka 2 ukazuje depoziční toky hlavních kationtů a aniontů (v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) a v tabulce 3 jsou shrnuty hodnoty depozičních toků vybraných majoritních, minoritních a stopových prvků v referenční venkovské oblasti Kostelce nad Černými lesy, cca 30 km jv. od Prahy. Základní charakteristiky jednotlivých prvků jsou uvedeny v následujících kapitolách.

Minoritní a stopové prvky

Měď

Depoziční toky mědi v prostředí jsou charakterizovány značným antropogenním zatížením. Mezi hlavní emisní zdroje mědi ve světové atmosféře je nutno počítat pyrometalurgii Cu, Ni a Zn, spalování uhlí a kapalných fosilních paliv, výrobu železa a oceli a spalování komunálního odpadu (Nriagu a Pacyna

1988). V České republice pravděpodobně dominuje spalování hnědého uhlí v elektrárnách. Atmosférické depoziční toky mědi v ČR obecně vykazují sestupnou tendenci. Roční toky v oblasti VLČS (Lok. KJ1 - KJ3) jsou přibližně dvojnásobné ve srovnání s referenční venkovskou oblastí středních Čech na Černokostecku (tab. 3). Vysoké hodnoty na lokalitách KJK a KJB pravděpodobně odrážejí vlivy berounské průmyslové zóny a hustou dopravu na dálnici Praha-Plzeň, což může být také příčinou vyšších toků na lokalitách KJ1, 2 a 3. Vysoké hodnoty toků v bukovém a smrkovém throughfallu (lokalita KJ4, KJ5) odrážejí význam stromů při zachycování jemných částic atmosférického aerosolu z přízemních vrstev atmosféry. Látkové toky mědi ve throughfallu mohou ovšem také obsahovat rozpustný podíl metabolitů stromové vegetace, který je vymýván z jejich asimilačních orgánů dešťovými srážkami.

Mangan

Depoziční toky Mn ve srážkách na volné ploše (lok. KJ1 - 3) jsou podstatně nižší než jejich ekvivalenty v referenční oblasti (lok. TR, ARB), přičemž tyto jsou patrně kontaminovány kapičkami throughfallu z blízké stromové vegetace. Vyšší tok na KJ2 pravděpodobně odráží obsah Mn v prachových částicích, které jsou z valné části tvořeny těžkým kalcitem. Vydatné toky Mn v obou

loc.	year	Cu	Mn	Zn	Pb	Be	As	Sr	Cd	Cr
KJ1	1997	<i>655</i>	<i>4174</i>	<i>3850</i>	<i>1191</i>	<i>14,4</i>	<i>557</i>	<i>1325</i>	<i>31,6</i>	<i>116</i>
	1998	702	3067	5070	702	13,3	264	1188	29,8	180
	1999	611	3597	4724	359	7,8	174	1104	17,5	98
	2000	332	3448	3925	700	10,1	492	872	24,5	240
KJ2	1997	<i>718</i>	<i>11599</i>	<i>3709</i>	<i>1085</i>	<i>19,3</i>	<i>504</i>	<i>3985</i>	<i>16,5</i>	<i>139</i>
	1998	844	12754	4441	941	20,9	245	4630	17,3	268
	1999	625	8818	4258	720	10,2	181	2605	11,5	121
	2000	357	15176	3785	1009	12,2	516	4228	17,0	173
KJ3	1997	<i>381</i>	<i>2448</i>	<i>3280</i>	<i>1798</i>	<i>13,0</i>	<i>562</i>	<i>772</i>	<i>65,9</i>	<i>99</i>
	1998	739	3152	4526	805	11,1	185	829	29,7	148
	1999	331	3032	5227	613	8,8	181	695	26,8	109
	2000	319	3664	3544	868	10,1	460	709	24,7	318
KJ4	1997	<i>1473</i>	<i>75484</i>	<i>9933</i>	<i>1185</i>	<i>14,8</i>	<i>365</i>	<i>1890</i>	<i>24,7</i>	<i>69</i>
	1998	1001	48261	6666	808	10,6	159	1047	24,9	108
	1999	602	27790	6967	666	5,8	157	886	17,4	72
	2000	1206	73268	12015	1877	15,4	737	2383	42,8	179
KJ5	1997	<i>1937</i>	<i>40246</i>	<i>16105</i>	<i>747</i>	<i>26,2</i>	<i>467</i>	<i>4238</i>	<i>94,2</i>	<i>117</i>
	1998	2362	40521	19853	776	30,7	454	4571	122,1	243
	1999	1555	32492	17347	624	14,5	246	3224	82,8	170
	2000	4528	75383	28943	1679	13,0	666	9244	163,1	239
KJK	1998*	<i>4594</i>	<i>26644</i>	<i>30239</i>	<i>3562</i>	<i>37,5</i>	<i>1406</i>	<i>6027</i>	<i>113,7</i>	<i>469</i>
	1999	738	17029	6760	1273	15,1	268	4851	24,0	409
	2000	1292	29920	16100	3501	28,0	549	6654	106,5	756
KJB	1998*	<i>1726</i>	<i>17893</i>	<i>47058</i>	<i>4278</i>	<i>42,7</i>	<i>1044</i>	<i>3895</i>	<i>42,7</i>	<i>533</i>
	1999	1465	8324	14021	1766	11,7	632	1537	21,3	204
	2000	2400	9660	13452	2012	12,1	828	1830	35,4	239

Tabulka 1 Depoziční toky vybraných minoritních a stopových prvků (v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) v oblasti Českého krasuTable 1 Bohemian Karst region - fluxes of selected minor- and trace elements (all in $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$)

Pozn.: hodnoty psané kurzívou byly vypočteny z údajů neúplného hydrologického roku (values in italics were calculated from data of incomplete hydrological year)

*/ hodnoty s nízkou hladinou významnosti (vypočtené pouze ze dvou monitorovaných měsíců)

data with low significance (calculated from two monitored months only)

typech throughfallu na lok. KJ4, KJ5, stejně jako ve throughfallu v referenčních zalesněných lokalitách (LP6, LP7) pocházejí z metabolitů vegetace.

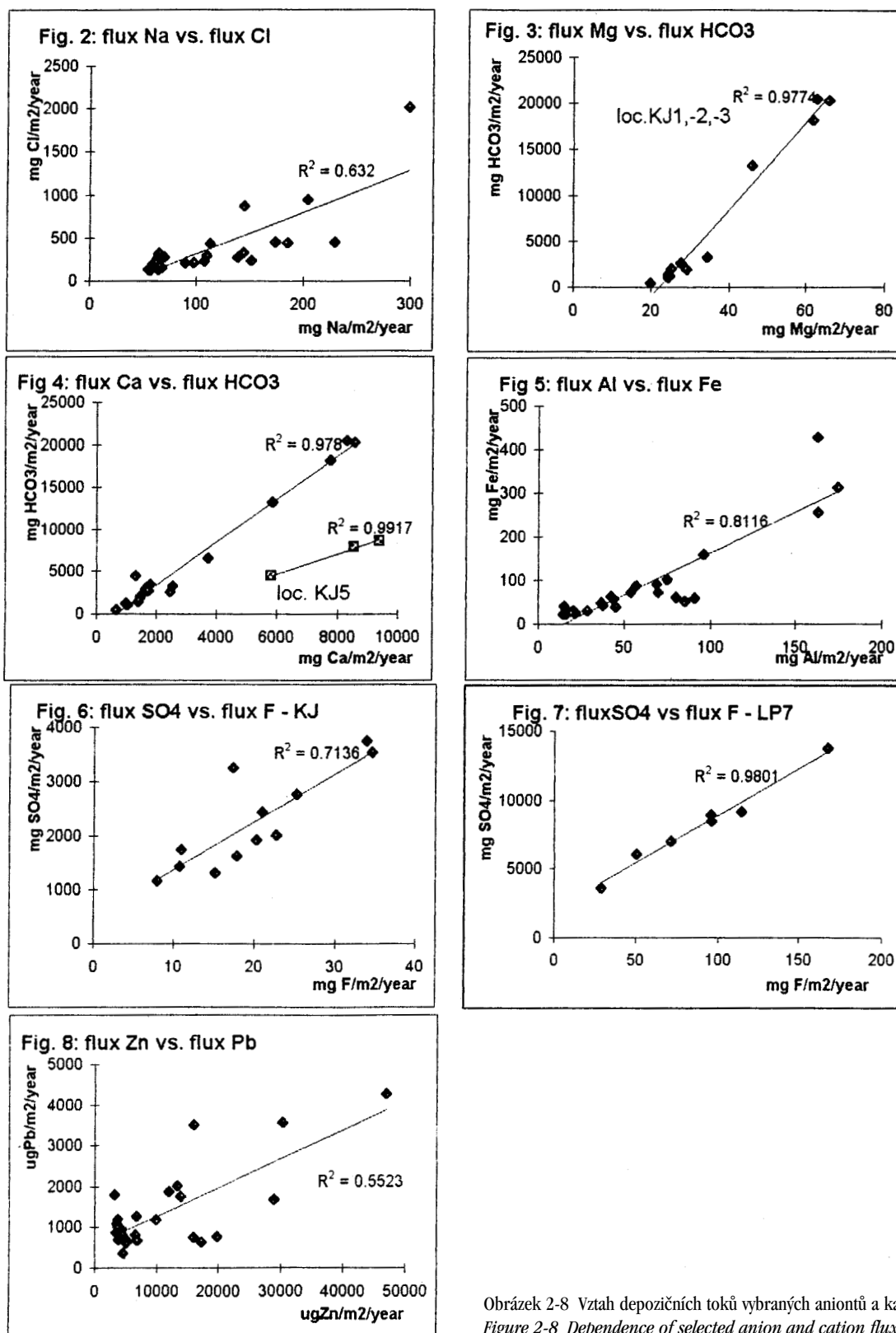
Zinek

Zn je, podobně jako Cu, jeden z běžných antropogenních kontaminantů městské a průmyslové atmosféry. Jeho celosvětové depoziční toky jsou nejvíce ovlivněny hutní výrobou zinku, spalováním uhlí a komunálního odpadu a výrobou železa/oceli. Naše výsledky z lokalit přiléhajících k VLČS odpovídají tokům v referenční venkovské oblasti. Podobné toky Zn ve třech lokalitách, totiž KJ1 na vrcholku Zlatého koně, na prašné lokalitě KJ2 uvnitř VLČS a na „čistší“ lokalitě KJ3 (srovnej údaje pro Fe a Al), v porovnání s podstatně vyššími hodnotami na KJK a zvláště na KJB poukazují na význam významného vzdálenějšího emisního zdroje Zn. Na druhé straně, podstatně vyšší toky Zn v obou typech throughfallu v obou porovnávaných oblastech potvrzují vymývací efekt stromového porostu a snad také příspěvek jeho metabolitů, které obsahují také tento esenciální prvek. Je obtížné odhadnout podíl metabolitů, protože vápencové podloží, které je obecně chudé na většinu stopových, zejména kovových prvků, je porušeno krasovými depresemi. Ty mohou být vyplněny podobně jako velká odkrytá deprese ve v. části lomu Kobyla zvětralými vulkanity, které obsahují zvýšené koncentrace Cu, Ni, Co a dalších prvků (Žigová a Šťastný 2000). Mn-oxidy

nalézané v krasových výplních běžně obsahují 0,4-0,8 % Cu, Zn, Co a Ni. O možnosti sekundárního obohacení krasových zvětralin svědčí i nálezy fosfátu skandia - kolbeckitu, které byly učiněny přímo v prostoru lomu (Čálek a Šťastný 1996).

Olovo

Údaje z konce 80. let uvádějí spalování olovnatého benzínu jako daleko nejvýznamnější celosvětový emisní zdroj Pb (Nriagu a Pacyna 1988). Naše výsledky z referenční oblasti ukazují podstatný pokles depozičních toků Pb za posledních 5 let, který významně koreluje s poklesem prodeje olovnatého benzínu. Toto pozorování není zcela potvrzeno v oblasti krasu, protože depoziční toky Pb na všech zde sledovaných lokalitách výrazně vzrostly v roce 2000. Vysoké toky na lokalitách které jsou situovány blízko k frekventované dálnici Praha-Plzeň (KJK a KJB) zřetelně odrážejí vliv mobilních zdrojů Pb. Ostatní monitorované lokality jsou patrně také do určité míry ovlivněny tímto emisním zdrojem Pb, ale ostrý vzrůst depozičních toků Pb na lokalitách KJ1 - 5 a na KJK spíše indikuje nárůst intensity místní dopravy. Olovo je toxický stopový prvek bez jakékoliv známého fyziologického významu pro rostlinný metabolismus. To je dokumentováno podobnými hodnotami a tendencemi toků Pb na otevřených lokalitách (KJ1-3) a ve throughfallu (KJ4-5) v letech 1997 až 1999. Obtížně je



Obrázek 2-8 Vztah depozičních toků vybraných aniontů a kationtů
 Figure 2-8 Dependence of selected anion and cation fluxes

však možno vysvětlit překvapivě vysoké toky Pb na těchto lokalitách v roce 2000. Monitoring depozičních toků Pb v roce 2001, kdy již bude zakázána distribuce olovnatého benzínu, by měl přinést nové informace k vyřešení otázky zdrojů olova v místním ovzduší.

Beryllium

Hlavním zdrojem tohoto vzácného toxického prvku v atmosféře jsou pravděpodobně emise z provozu uhelných elektráren. Současné úplné odsíření českých elektráren je provázeno významným snížením depozice sloučenin síry, mírným nárůstem pH srážek a poklesem depozičních toků prvků, které jsou

běžnou součástí kouřových plynů, včetně Be. Přesné stanovení depozičních toků Be v letech 1999 a 2000 je zatíženo nedostatečným detekčním limitem analytického stanovení Be. Koncentrace Be ve všech typech vzorků odebraných v průběhu těchto posledních dvou let byla ve skutečnosti z 90 % pod detekčním limitem stanovení, které je 0,04 µg.l⁻¹. Depoziční toky Be v referenční oblasti v letech 1999 a 2000 (tab. 3) jsou podstatně nižší. Tyto hodnoty však byly vypočteny ze skutečných hodnot koncentrací, získaných po zahuštění vzorků odpařováním. Velikost depozičních toků Be je nicméně v obou oblastech pravděpodobně srovnatelná a je nejnižší ze všech monitorovaných prvků.

Arzen

Celosvětové antropogenní emisní zdroje As souvisejí s pyrometalurgickou výrobou Cu, Ni, Pb a Zn, spalováním uhlí a výrobou železa. Dominantním zdrojem As v ovzduší ČR jsou uhelné elektrárny. Velikost depozičních toků As v oblasti Českého krasu je v dobré shodě s toky referenční venkovské oblasti. Výrazný pokles všech depozičních toků As v obou oblastech v průběhu let 1997 až 1999 dokládá účinnost postupného odsíření kouřových plynů elektráren. Vysoké hodnoty toků na městské lokalitě KJB naznačuje vliv místních emisních zdrojů, účinek lesních porostů (lok. KJ4, KJ5) na velikost depozičních toků As není významný. Všeobecný nárůst depozičních toků As v roce 2000 je významným jevem, jeho vysvětlení však překračuje rámec této zprávy a bude zřejmě vyžadovat další studium tohoto problému.

Stroncium

Sr je prvek žíravých zemin, který pravidelně doprovází geochemii Ca, zvláště v karbonatických horninách. Velikost depozičních toků Sr na monitorovaných lokalitách oblasti Českého krasu je tudíž podmíněna obsahem terigenního prachu v odebraných vzorcích. Největší toky Sr byly z tohoto důvodu nalezeny na lok. KJ2 (uvnitř lomu) a na lok. KJK. Vysoké depoziční toky v zalesněných územích, zvláště ve smrkovém throughfallu (KJ5) jsou způsobeny

hlavně metabolickými toky Sr, které v nich také doprovází esenciální vápník. Toky Sr v referenční oblasti (tab. 3) jsou srovnatelné s lokalitami Českého krasu, které jsou nejméně zatíženy (KJ3) terigenním prachem.

Chrom

Světové antropogenní emise Cr vznikají hlavně při výrobě oceli a železa a při spalování uhlí. Depoziční toky Cr na všech lokalitách oblasti krasu jsou nízké a jsou zde opět ovlivněny skutečností, že ve víc než 50 % vzorků je koncentrace Cr pod mezí detekce jeho analytického stanovení. Poněkud vyšší tok Cr na KJK a KJB by mohl souviset buď s vysokým obsahem terigenního prachu nebo s průmyslovými aktivitami v berounské aglomeraci. Porovnání s referenční oblastí zde není možné pro absenci relevantních dat.

Hlavní kationty a anionty**Sodík**

Sodík je hojná součást horninotvorných minerálů a půd. V ovzduší je přítomen jako hlavní složka oceánského spreje a terigenního prachu. Rozdíly v rozsahu toků Na, uvedených v tabulce 2, jsou způsobeny hlavně okamžitým prouděním vzduchových mas a obsahem terigenního prachu v jednotlivých vzorcích, ve throughfallu pak zachytem prachových částic v korunách stromů.

loc.	year	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	F ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	N _{tot}
KJ1	1997	99	51,3	34,6	2541	45,3	39,0	25,3	206	3268	2768	496
	1998	68	46,5	27,9	1737	21,3	30,0	22,8	153	2662	2007	532
	1999	64	47,3	25,4	1482	15,6	40,3	10,8	255	2054	1420	585
	2000	90	53	29,4	1474	15,6	22,8	10,9	210	1902	1737	529
KJ2	1997	111	56,8	65,9	8564	70,2	71,2	33,9	290	20256	3747	446
	1998	145	63,9	61,8	7768	54,1	71,1	34,6	327	18195	3541	425
	1999	114	63,3	46,2	5852	36,8	47,1	21,0	433	13236	2433	444
	2000	174	86,0	62,9	8310	42,7	62,6	17,4	455	20411	3254	516
KJ3	1997	64	29,4	24,5	1397	28,9	30,3	20,4	129	1386	1912	421
	1998	57	45,1	24,6	1050	22,1	26,2	17,9	118	1091	1619	487
	1999	56	19,1	20,1	668	16,6	21,6	8,0	133	455	1161	475
	2000	66	35,5	24,9	1005	15,1	21,2	15,2	167	1269	1315	501
KJ4	1997	65	628	95,0	5282	37,8	42,4	51,8	323	10749	3320	602
	1998	64	1183	82,4	2240	21,8	23,8	26,3	242	5206	2178	518
	1999	59	387	48,0	1847	19,9	27,5	15,6	187	2872	1646	576
	2000	70,7	633	67	3395	43,9	57,5	16,0	276	8046	1828	695
KJ5	1997	145	1729	176	8537	85,5	52,1	129,5	872	7896	12346	2523
	1998	299	3186	266	9408	91,1	59,0	172,2	2010	8533	18699	2770
	1999	204	1416	168	5842	80,7	61,8	67,0	945	4436	9615	2118
	2000	156	2440	198	6038	75,6	102,0	56,6	1091	5379	9008	1758
KJK	1998*	65	45,8	39,3	1314	163,2	428,9	13,5	134	1570	1989	612
	1999	108	65,6	49,9	2467	163,2	256,0	13,4	306	4432	1407	527
	2000	139	69,0	46,0	1645	174,5	313,8	12,3	276	2844	1482	579
KJB	1998*	152	75,9	71,6	3728	96,6	159,2	22,8	234	6534	3671	1196
	1999	186	62,1	47,3	1755	57,6	86,3	13,3	440	2690	1520	356
	2000	229	147,5	63,8	1814	69,5	90,5	13,8	452	3435	1785	574

Tabulka 2 Depoziční toky hlavních kationtů a aniontů (v mg.m⁻².rok⁻¹) v oblasti Českého krasu

Table 2 Bohemian Karst region - fluxes of major cations and anions (all in mg/m².yr)

Pozn. viz. tab 1 (notes: see Tab 1)

Srážky na volné ploše - bulk precipitation on an open place

element		Cu	Mn	Zn	Pb	Be	As	Cd	Sr	Mg	Ca	Fe	F ⁻	SO ₄ ²⁻	N _{tot}
loc.	year	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr	ug/m ² .yr
TR	1997	377	12072	5274	2279	15,8	563	30,83	880	45,9	289	32,2	27,4	2684	874
	1998	351	23437	5010	1598	14,0	331	37,37	789	37,8	285	25,5	16,8	1837	438
	1999	260	10832	4792	812	4,1	272	26,20	393	31,9	186	15,7	6,3	575	458
	2000		15514	7156		3,3	436		513						
ARB	1997	659	8874	5846	1600	12,5	418	30,2	778						
	1998	362	14046	4308	1099	13,1	263	36,2	689						
	1999	160	6247	2887	448	7,4	154	22,8	334						
	2000		13332	5433		2,7	195		574						
Beech throughfall															
LP6	1997	822	44343	7421	885	8,1	300	33,0	1057	170	533	23,6	36,0	2252	624
	1998	431	68110	5193	599	15,5	213	32,8	1218	927	822	17,0	28,4	2234	424
	1999	159	32884	3801	224	3,9	92	19,5	751	114	451	6,1	14,8	1487	697
	2000		45388	4537		6,6	198		1053						
Spruce throughfall															
LP7	1997	551	94834	9050	807	11,7	367	56,2	1787	280	728	33,0	71,8	7033	1538
	1998	489	91431	7186	*	11,7	374	43,2	1538	295	666	24,7	50,5	6077	1439
	1999	193	70570	5904	776	8,3	158	29,8	1211	171	487	13,0	29,0	3602	1379
	2000		85878	6815		8,3	208		1547						

Tabulka 3 Depoziční toky vybraných prvků v referenční venkovské oblasti středních Čech

Table 3 Fluxes of selected compared elements in a reference rural Central Bohemian region.

Pozn.: */ znehodnoceno střelbou (spoiled by shooting)

Dobrá úroveň korelace toků Na a Cl (obr. 2) naznačuje, že hlavním zdrojem Na v ovzduší je oceánský sprej.

Draslík

K je, jako hlavní složka půd a minerálů, běžně přítomen v terigenním prachu. Je však současně jedním ze tří hlavních nutrientů vegetace. Toto je také hlavním důvodem velmi vysokých toků K ve throughfallu (lok. KJ4 a KJ5, tab. 2).

Hořčík

Původ Mg v atmosférické depozici je nutno hledat v oceánském spreji a v oblasti Českého krasu zvláště v terigenním prachu, který je tvořen jemnými půdními a minerálními částicemi. Lokality na volné ploše více zatížené prachovými částicemi (KJ2, KJK, KJB) skutečně vykazují silnější toky Mg ve srovnání s čistšími lokalitami (KJ1, KJ3). Depoziční toky Mg na lok. KJ+, 2 a 3 výborně korelují s toky HCO₃⁻ (obr. 3) což naznačuje, že dominantním zdrojem Mg v ovzduší jsou jemné částice horninového podloží. Totéž platí i pro Ca, Al a Fe, což jsou hlavní komponenty podloží a půdního pokryvu (viz níže). Mg, stejně jako Ca, hraje významnou úlohu v rostlinném metabolismu. O tom svědčí vysoký tok Mg (a Ca) ve throughfallu (KJ4, KJ5, LP6, LP7).

Vápník

Ca je hlavní složkou horniny těžené v lomu. Intenzita toků Ca je proto závislá hlavně na obsahu terigenního prachu v ovzduší. Mnohem nižší toky Ca v referenční oblasti zde odrážejí nízký obsah vápníku v podloží (granity, písčovce). Velmi silná korelace toků Ca a HCO₃⁻ (obr. 4) ukazuje částice CaCO₃ jako hlavní zdroj Ca v depozičním toku. Všeobecně silné toky Ca ve throughfallu (KJ4, KJ5) odrážejí vymývání efekt lesních stromů, ale dokládají také (LP6, LP7 v Tab. 3) vyluhování metabolitů, které jsou smývány z asimilačních orgánů stromů mokřými srážkami. Tři odlehle body na obrázku 4, které ukazují toky Ca ve smrkovém throughfallu, potvrzují příspěvek metabolického Ca.

Hliník

Al je typický a hojný terigenní prvek (koncentrace Al v běžných půdách a horninách jsou jednotky až víc než 10 %). Tato charakteristika označuje terigenní prach jako dominantní zdroj Al v atmosférické depozici. Tato skutečnost je doložena dobrou úrovní korelace mezi toky Al a Fe (viz obr. 5). Depoziční toky hliníku, stejně jako železa, indikují skutečné lokality KJK, KJB a KJ2 (uvnitř lomu) jako nejvíce zatížené terigenním prachem. Záchytný účinek korun stromů je opět potvrzen vysokými toky Al ve smrkovém throughfallu.

Železo

Fe je běžný prvek terigenního prachu, který normálně obsahuje několik % Fe. Depoziční toky železa jsou v obou porovnávaných oblastech (Český kras, Kostelec) dobře srovnatelné, přičemž nejvyšší jsou v městské oblasti Berouna.

Fluoridy

Plnný fluorovodík (HF) je jedním z minoritních toxických acidifikantů mokré depozice. Fluoridový anion, stejně jako plynné sloučeniny síry, dusíku a chloru, je silně adsorbován na povrchu nadzemních částí stromů, kde pak zatěžuje a ohrožuje povrch jejich živých tkání. Silná adsorpce F⁻ je potvrzena jeho vyššími toky ve throughfallu (na lok. KJ4 a zvláště KJ5, v referenční oblasti na LP6 a LP7). Totéž platí také pro chloridový ion, síru a částečně také pro dusík (v tab. 2 uvedeny jako Cl⁻, SO₄²⁻ a N_{tot}). Mírně zvýšený tok F⁻ na „prašné“ lokalitě KJ2 může být přisouzen přítomnosti F v těžené hornině. Lokality situované na volné ploše v obou oblastech však vykazují podobné hodnoty toků fluoru, což pravděpodobně ukazuje na shodné odlehle emisní zdroje. Dobrá úroveň korelace mezi toky F⁻ a SO₄²⁻ (viz obr. 6, 7, zde pro smrkový throughfall v letech 1993-1999) ukazuje význam společných zdrojů obou aniontů. Nižší úroveň korelace v oblasti krasu (obr. 6) naznačuje také určité místní zdroje těkavých sloučenin síry v ovzduší. Všeobecně se snižující trendy depozičních toků F⁻ v čase ukazují na velké uhelné elektrárny jako možné emisní zdroje fluoru a dokládají vzrůstající účinnost čištění jejich kouřových plynů.

Chloridy

Chloridový ion (společně s Na) je hlavní složkou oceánského spreje. Stechiometrický přebytek Cl⁻ vzhledem k Na (1,3 až 2,5 v depozici na volné ploše, 2,0 až 4,4 ve throughfallu) dokazuje přítomnost plynných forem Cl v ovzduší. Neexistence trendů Cl v průběhu času ukazuje na odlišné zdroje atmosférických iontů Cl⁻ oproti F⁻.

Ubličtany

Intenzita karbonátových toků (vyjádřená v tab. 2 jako HCO₃⁻) na lokalitách situovaných na volné ploše, a také u bukového throughfallu, koreluje vynikajícím způsobem (r²=0,978) s odpovídajícími toky Ca (viz obr. 4). Jediné tři odlehle body s odlišnou směrnici přísluší poměru Ca/HCO₃⁻ ve smrkovém throughfallu, což dobře dokládá příspěvek Ca z metabolitů. Jak mohlo být očekáváno, nejvyšší karbonátové toky byly zaznamenány na lok. KJ2, která je situována uvnitř lomu.

Síryny

Depoziční toky síry v tabulce 2 vyjádřené jako SO₄²⁻, pocházejí z přirozených emisních zdrojů (biologická a vulkanická aktivita, jež produkují plynné sloučeniny H₂S, (CH₃)₂S, SO, a další sloučeniny síry), z oceánského spreje a především z antropogenních emisních zdrojů, zahrnujících především spalování všech typů fosilních paliv a pyrometalurgické procesy. Postupný pokles depozičních toků síry v čase dokumentuje účinek odseření velkých uhelných elektráren a potvrzuje také význam velkých odlehle emisních zdrojů pro depozici S v monitorované oblasti. Mohutné toky SO₄²⁻ ve smrkovém throughfallu (loc. KJ5, LP7) potvrzují význam depozice plynných sloučenin síry, která

je výsledkem adsorpce jejich těkavých sloučenin na povrch asimilačních orgánů vegetace. Mírně zvýšené toky na lokalitách KJ2 a KJB pravděpodobně indikují částečný vliv místních emisních zdrojů.

Dusík

Toky dusíku (vyjádřené v tab. 2 jako N_{tot}) představují sumu amonných (NH_4^+) a dusičnanových (NO_3^-) iontů s ohledem na možnost vzájemných biologických transformací těchto dvou forem dusíku v průběhu odběru vzorků. Emise těkavých sloučenin dusíku pocházejí ze spalování fosilních paliv (NO_x) a degradace organické hmoty (NH_4^+). Všechny plynné formy dusíku (s výjimkou elementárního N_2) jsou postupně atmosférickým kyslíkem oxidovány (za spolupůsobení UV záření) na dusičnanový anion. Monitorovaná oblast představuje typickou středoevropskou krajinu, kde jsou hlavními zdroji sloučenin dusíku v atmosféře antropogenní vlivy, zahrnující spalování fosilních paliv (hlavně uhlí) ve stacionárních emisních zdrojích a při dopravě. Monitorované depoziční toky dusíku jsou pozoruhodně stále a podobně veliké jako v referenční venkovské oblasti (tab. 3). Jediné zvýšené toky N byly zjištěny (v obou oblastech) ve throughfallu (zvláště pod korunami smrku - lok. KJ5, LP7). Důvody jsou zde podobné jako u depozice síry, navíc však je zde nutno uvažovat vliv metabolické aktivity vegetace.

5. Souhrn hlavních výsledků

Atmosférické depoziční toky vybraných chemických prvků byly monitorovány v širší oblasti Českého krasu v průběhu let 1997 až 2000, se zřetelem k aktivitám ve VLČS. Výsledky získané v oblasti Krasu jsou porovnávány s monitorovanými látkovými toky v referenční venkovské oblasti středních Čech, cca. 30 km jv. od Prahy. Hodnoty ročních toků prvků (vyjádřené v $\mu g/mg \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$) jsou uvedeny v tabulkách 1, 2 a 3. Na základě získaných dat je možno formulovat následující závěry:

(1) depoziční toky prvků v monitorované oblasti Českého krasu (s výjimkou lokalit KJK, KJB) všeobecně odpovídají tokům v referenční venkovské oblasti,

(2) depoziční toky Cu, Zn, Be, As, Cd, F a SO_4^{2-} pocházejí hlavně z velkých vzdálených emisních zdrojů (elektrárny spalujících uhlí), hlavním zdrojem Pb je spalování olovnatého benzinu,

(3) depoziční toky prvků s významným podílem emisí z uhelných elektráren (Cu, Zn, Be, As, Cd, F a SO_4^{2-}) vykazují postupný pokles, který je důsledkem odsiřování kouřových plynů,

(4) Místní emisní zdroje (hlavně z průmyslové a sídlištní aglomerace Berouna) ovlivňují depoziční toky Cu, Zn, Pb, (Cd, SO_4^{2-}),

(5) terigenní prach obsahující půdní a horninové částice obohacuje depoziční toky Mn, Sr, Mg, Ca, Al a Fe zvláště v exponovaných lokalitách uvnitř a v okolí VLČS,

(6) význam lesních stromů pro zachyt tuhého atmosférického aerosolu, který pak ovlivňuje složení srážek pod korunami stromů (throughfall), byl prokázán u Cu, Zn, Na, Mg, Ca, Al a Fe,

(7) na povrch korun stromů jsou rovněž adsorbovány kyselé plynné sloučeniny F, Cl, S a N, což se odráží v chemickém složení throughfallu,

(8) Esenciální prvky a jejich homology Cu, Mn, Zn, K, Mg, Ca, (Sr) a N ovlivňují složení throughfallu metabolickými produkty vegetace, které jsou smývány a louženy s povrchu jejich asimilačních orgánů kyselými srážkami,

(9) hodnoty ročních depozičních toků toxických stopových prvků Cu, Zn, Pb, As a Cd překvapivě vykazují v roce 2000 nárůst, který je obtížně vysvětlitelný a vyžaduje proto další sběr dat a

(10) interpretace depozičních toků Be a Cr je komplikována příliš vysokým detekčním limitem jejich analytického stanovení s ohledem na jejich koncentraci v monitorovaných vzorcích.

6. Závěr: Lokální a regionální geochemický signál

Na 7 000 analytických dat atmosférické depozice v koněpruské oblasti a další analýzy zejména půd a vod vytvářejí dobré předpoklady srovnání s několika desítkami tisíc analytických dat získaných podobnou metodikou v širším okolí Prahy (Skřivan, Navrátil a Burian 2000; Kukul a Reichman 2000). Konepruská oblast patří ve středočeském kontextu k průměrně čistým oblastem. Chemismus atmosférické depozice je s výjimkou silného lokálního zdroje terigenního prachu (zvýšené obsahy Ca, Mg, Mn, Sr, Al, Fe) ovlivňován hlavně industriálním pozadovým znečištěním regionálního charakteru. V menší míře se rovněž uplatňuje místní emisní aktivita, tvořená pravděpodobně jak spadem z lokálních topenišť, tak i z provozu vápenky.

Celkový trend vývoje kontaminací ukazuje na postupné vyčišťování způsobené pravděpodobně omezením emisí tepelných elektráren. Neplatí to však pro zdroje znečištění související s automobilovým provozem. Nárůst depozičních toků olova na všech monitorovaných lokalitách je pravděpodobně důsled-

kem vzrůstu intenzity automobilové dopravy na dálnici Praha - Plzeň. Významná korelace mezi depozičními toky Pb a Zn ($R^2 = 0,5523$, viz. obr. 8) naznačuje v souladu s dříve publikovanými údaji (Skřivan, Hanuš a Houdková 1988), že i určitý podíl zinku pochází z tohoto emisního zdroje. O tom, že vývoj kontaminací však není beze zbytku předvídatelný svědčí neočekávané zvýšení geochemických toků SO_4^{2-} , As, Pb a patrně též Be, Cd a Cr v roce 2000. K podobnému jevu došlo v krušnohorské oblasti v roce 1996 (Kukul a Reichman 2000), kdy se z nejasných důvodů (anomální meteorologická situace?) podstatně zvýšila depozice síry, což vedlo k další vlně odumírání stromů. Z metodického hlediska je nutné zdůraznit, že každým rokem geochemického monitoringu se podstatně zvyšuje výpovědní hodnota o průběhu geochemických toků v životním prostředí dané oblasti. Pro přesnější odhad nakolik jsou lokální kontaminace ovlivňovány provozem vápenky a nakolik místními topeništi by byl vhodný alespoň orientační odběr atmosférické depozice v intravilánu obce Tmaň nebo Suchomasty.

Literatura

- Čílek V., Skřivan P., Martínek J. (1998): Antropogenní sádrovcové a karbonátové kúry z okolí Králova Dvora. - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 51-55.
- Čílek V., Štátný M. (1996): Kolbeckit v metahaloysitových krasových výplních Velkolomu Čertovy schody- Východ. - *Speleo (Praha)*, 21: 34-36.
- Kukul Z., Reichman F. (2000): *Horninové prostředí České republiky, jeho stav a ochrana*. - Čes. geol. Úst.: 1-189. Praha.
- Martínek J., Čílek V., Skřivan P. (1998): První rok systematického monitoringu chemického složení atmosférické depozice v koněpruské oblasti. - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 46-50.
- Martínek J. (1999): Atmosférická depozice v okolí Velkolomu Čertovy schody. - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 46-51.
- Nriagu J., Pacyna J.M. (1988): Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace elements. - *Nature*, 333 (6169): 134-139. London.
- Skřivan P., Hanuš V., Houdková Z. (1988): Výsledky studia antropogenní kontaminace půd v Quitu, Ekvádor. - Sbor. semináře: *Těžké kovy v životním prostředí*: 1-12. České Budějovice.
- Skřivan P., Rusek J., Fottová D., Burian M., Minařík L. (1995): Factors affecting the content of heavy metals in bulk atmospheric precipitation, throughfall and stemflow in central Bohemia, Czech Republic. - *Water, Air, and Soil Pollut.*, 85, Vol. 2: 841-846.
- Skřivan P., Navrátil T., Burian M. (2000): Ten years of monitoring the atmospheric inputs at the Černokostecko region, Central Bohemia. - *Sci. Agricult. Bohem.*, 31, 2: 139-154.
- Skřivan P., Minařík L., Burian M., Martínek J., Žigová A., Dobešová I., Kvídová O., Navrátil T., Fottová D. (2000): Biogeochemistry of beryllium in an experimental forested landscape of the Lesní potok catchment in Central Bohemia, Czech Republic. - *GeoLines*, 12: 41-62. Praha.
- Žigová A., Štátný M. (2000): Soil cover of Přední Kobyla site (Bohemian Karst) genesis: Role of clay minerals. - *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Geol.*, 28-29: 117-124. Brno.

Nový přístup k sanaci a rekultivaci lomů s uplatněním hledisek krajinného rázu

(zahazování důsledků hornické činnosti po povrchové těžbě vápencových a stavebních surovin - vytváření nové morfologie povrchu)

The new approach to quarry reclamation with the respect of application of landscape character

Václav Štefek¹

0. Abstract

Rescue and recultivation of exhausted areas (after mining finished) is requested by the present legislation. Nevertheless, it represents the focus of numerous scientific directions, opinions and requests of nature conservation. The nature and landscape conservation should be respected in the project of reclamation and during the process of approval of the mining activity. In our practice, we are facing with opposite ideas. Also the terminology and characters of activities have not been sometimes unified and they have different definitions. The practical attempt of reclamation of one large limestone quarry is discussed in all the steps starting with the general project and finishing by the practical steps on quarry walls.

1. Úvod

Sanace a rekultivace vytěžených prostorů (po ukončení dobývání) je požadována současnou legislativou (zákony a vyhláškami), ale je i záležitostí řady vědních oborů. V projekci a procesu povolování hornické činnosti by měly být zohledněny rovněž názory a požadavky pracovníků ochrany přírody. V praxi se setkáváme často s hledisky a postoji zcela protichůdnými. Také terminologie (z různých oborů, škol, kanceláří, lokálního užívání) a charakteristiky činností nejsou někdy zcela jednoznačné a mají různé definice. Proto uvádím vysvětlení několika termínů a hledisek.

Podle § 31, odst. 5 a 6 horního zákona (zák. č. 44/1988 Sb.) se za **sana-ci** považuje odstranění škod na krajinně komplexní úpravou území a územních struktur.

Sanace je činnost směřující k provádění vhodných úprav pozemků narušených těžbou tak, aby tvarem, uložením zeminy a vodními poměry byly připraveny pro rekultivaci pozemků dotčených vlivy dobývání podle zákona č. 61/1977 Sb. (lesní zákon) a zákona č. 334/1992 Sb. (zákon o ochraně zemědělského půdního fondu). Z uvedených zákonů vyplývá, že sanace jsou terénní úpravy, které vytváří předpoklady pro budoucí rekultivace nebo pro jiné využití území po ukončení hornické činnosti.

K zajištění sanace je těžební organizace povinná vytvářet rezervu finančních prostředků. Smyslem vytváření této finanční rezervy je, aby při plánování dobývání vyhradního ložiska byla záruka, že v průběhu a zejména při ukončení dobývání bude mít organizace dostatek finančních prostředků ke včasnému a řádnému zabezpečení sanace a rekultivace pozemků dotčených dobýváním vyhradních ložisek.

Dle metodického pokynu Českého báňského úřadu jsou **sanace** terénní úpravy, které vytváří podmínky pro budoucí rekultivace pozemků dotčených těžbou, popřípadě pro jiné využití daného území po ukončení hornické činnosti. To je ve shodě se zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu (§ 8, odst. 1, písm. c), kdy se sanací rozumí provádění vhodných úprav pozemků narušených těžbou tak, aby tvarem, uložením zeminy a vodními poměry byly připraveny pro rekultivaci, pokud provedení rekultivace připadá v úvahu.

Rekultivaci je možno obecně označit proces, jehož cílem je upravit plochy poškozené jinou (v našem případě hornickou) činností tak, aby se staly způsobilé k dalšímu využití v krajinně (ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 36/1987 Sb. je míněno zemědělské výrobě).

Revitalizace doslovně znamená návrat do života a obvykle se jí rozumí náprava antropogenně ovlivněné krajiny do stavu blízkého před započatím lidských zásahů. Většinou se jedná o postupný proces, jenž vede ke kompromisu mezi přírodní a antropogenní krajinou. Výsledný stav lze označit za přirozeně funkční zapojení do krajiny (Čílek a Hladil 1996; Lysenko 1996). Podobný význam jako revitalizace má výraz **renaturalizace** - obnovení původního přírodního stavu po skončení lidského zásahu jako je těžba.

2. Souhrnný plán sanace a rekultivace (generel rekultivace)

Souhrnným plánem sanace a rekultivace pozemků dotčených vlivem dobývání se rozumí řešení komplexní úpravy území a územních struktur dotčených

těžbou v návaznosti na plánované využití území po ukončení dobývání. Souhrnný plán sanace a rekultivace je koncepční materiál, který vychází z územně plánovací dokumentace a řeší oblast zahazování důsledků dobývání na povrch s výhledem do konce životnosti dolu nebo lomu a po jejím ukončení.

Plán sanace a rekultivace

Plánem sanace a rekultivace území dotčeného vlivem dobývání se rozumí součást plánu otírky, přípravy a dobývání zpracovaná v rozsahu požadovaném příslušnou vyhláškou.

Administrativní opatření vztahující se k problematice sanace a rekultivace

Územně plánovací dokumentace se vytváří obvykle na deset let, přitom hornická činnost trvá většinou delší dobu. Oproti jiným průmyslovým činnostem jsou značnou zátěží velké počáteční investice, přitom ekonomická návratnost je dlouhodobá a spojená se specifickými riziky.

Možnost těžby a technologického využívání vápenců, kamene a písku je vázáno na konkrétní nezastupitelné území. Jednak musí existovat ověřená akumulace hornin požadovaných technologických vlastností, ale musí splňovat i řadu dalších požadavků na dobývání, dopravu, hydrogeologické podmínky a pod.

Specifický problém ve využívání vápencových surovin je obecný v rámci celé ČR, neboť všechny oblasti skalních výchozů hornin, zvláště karbonátových, jsou svým způsobem výjimečné morfologií povrchu, charakterem půd a vod, druhy vegetace a fauny, ale i krasovými jevy, paleontologickými a archeologickými nálezy, vývěry podzemních vod a krajinným rázem. Proto jsou ve značném rozsahu i předmětem ochrany přírody. Přírodní a kulturní hodnoty jsou obvykle legislativně chráněny vyhlášením chráněné krajinné oblasti (CHKO), přírodních rezervací, přírodních památek a dalších druhů ochrany přírody.

Na druhou stranu je nutno si uvědomit, že řada dnes dominantních tvarů v krajinně je antropogenního původu - převážně po dřívější důlní činnosti nebo z doby výstavby komunikací (železnic a silnic). V tomto smyslu je na příklad vytvořen ve značné míře dnešní krajinný ráz údolí Vltavy na jižním okraji Prahy, Berounky a Prokopského údolí. Příkladem může být prostor podolského stadionu, skalní stěna nad kostelíkem v Podolí, zářez trati mezi Prahou a Chuchlí včetně Barrandovy skály, skalní stěny (staré lomy) mezi Karlštejnem a Srbskem na pravém břehu Berounky, ale i staré lomy pod Zlatým koňem. Při tvorbě nové morfologie prostoru po ukončení těžbě, respektive návrhu, využíváme náměty z okolní přírody (původní přírodní tvary), ale i morfologii starých lomů již dříve opuštěných, které dnes už náleží do kulturní krajiny a vytváří její krajinný ráz. Proto při hodnocení úprav prostorů po ukončení těžbě převažuje snaha o uplatnění návrhů morfologie obdobné nebo blízké přírodním tvarům a v souladu s krajinným rázem.

V území CHKO nebo v území jinak přírodně cenném obvykle navrhuje využití prostoru po ukončení těžbě k cílům směřujícím k posílení přírodních funkcí a ve svém důsledku k vytvoření území ekologické stability. I když se jedná o antropogenní útvar, je důležitá funkčnost tohoto prostředí. Těžební činností vzniklé odkryvy, často značného rozsahu, se přímo nabízejí k zachování jako studijní a naučné přírodovědné lokality, což dokládá řada chráněných území vyhlášených právě ve starých lomech (srv. též Čílek 1999).

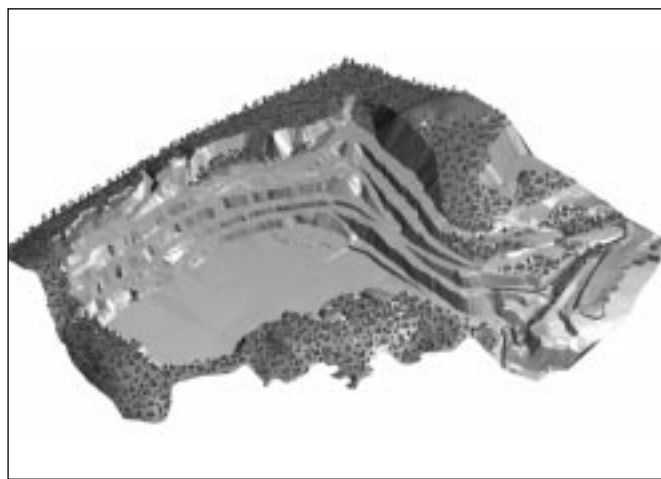
Nejen těžba, ale i projekce sanačních úprav a využití prostoru po ukončení těžbě jsou prováděny na základě současných znalostí technických možností, názorů a legislativních pravidel a dalších aspektů, které se jistě budou v čase vyvíjet a měnit. Týká se to aspektů hospodářských (těžba, technologie výroby, doprava), společenských (občanských a právních), biologických (zachování biologické diversity), ale i krajinného rázu a budoucího využití území.

¹ GET s.r.o., Korunovační 29, 170 00 Praha 7, e-mail: get@get.cz; www.get.cz

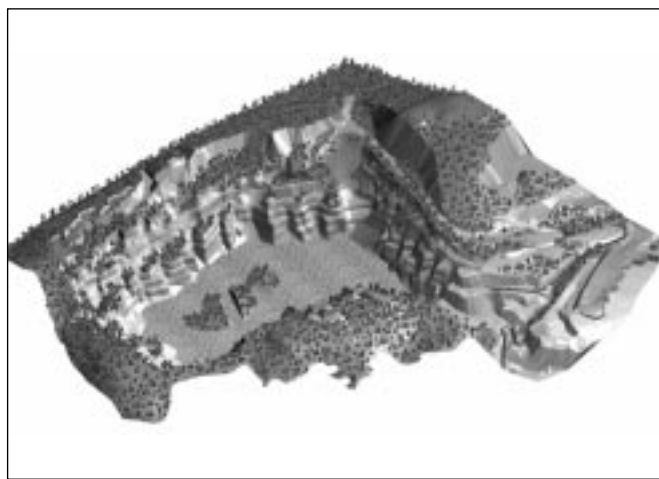
Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 47-50, 8 obr.

ISSN 1211-1643

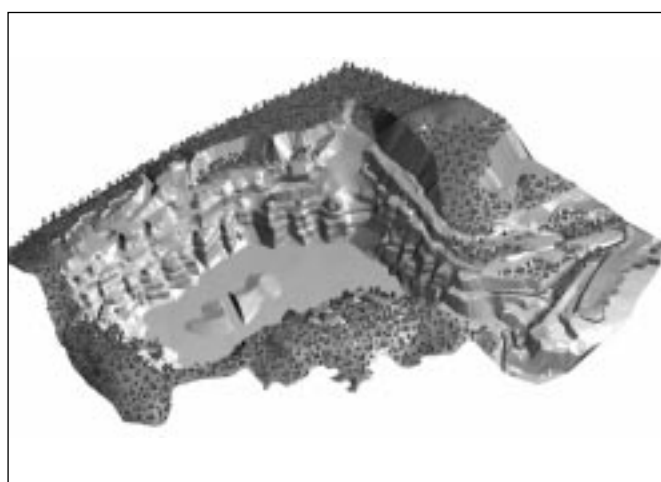
ISBN 80-902098-5-8



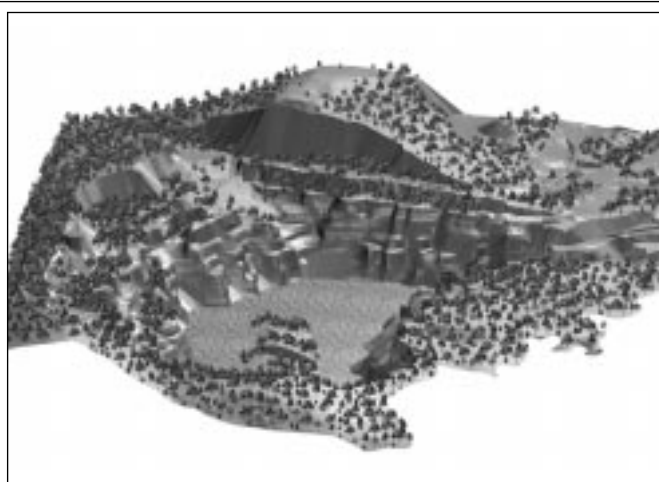
Obrázek 1 Pohled od JZ na současný stav lomu VČS-západ
Figure 1 The present state of the VČS-Quarry West, view from the SW



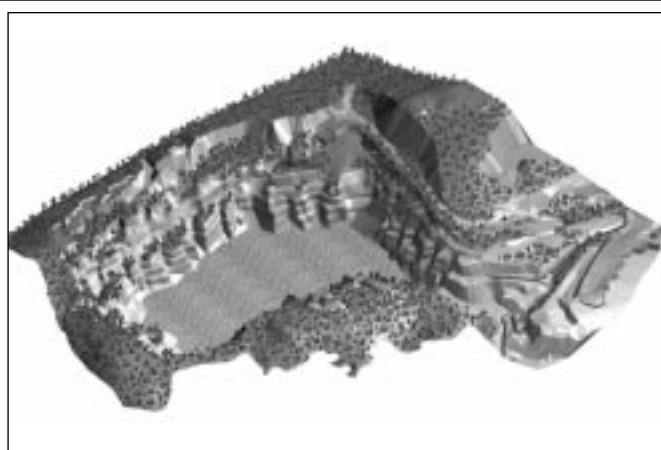
Obrázek 4 Pohled od JZ na prostor lomu po rekultivaci (s ostrovem)
Figure 4 The VČS-Quarry West after reclamation with island, view from the SW



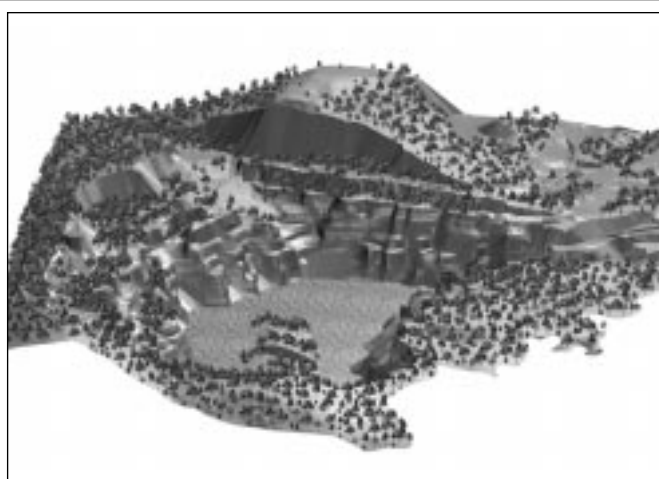
Obrázek 2 Pohled od JZ na prostor lomu po dotěžení
Figure 2 View on the VČS-Quarry West after exploitation, view from the SW



Obrázek 5 Pohled od ZJZ na prostor lomu po rekultivaci
Figure 5 The VČS-Quarry West after reclamation, view from the WSW



Obrázek 3 Pohled od JZ na prostor lomu po rekultivaci (bez ostrova)
Figure 3 The VČS-Quarry West after reclamation without the island, view from the SW



Obrázek 6 Pohled od V na prostor lomu po rekultivaci
Figure 6 The VČS-Quarry West after reclamation, view from the E

3. Konečný tvar lomu jako důsledek tvaru ložiska a použitých těžebních metod

Vymezení ložiska je určováno na základě geologicko-technologických vlastností hornin a báňsko-technických podmínek potenciální těžby. Na základě geologického průzkumu je určeno vymezení geologických zásob a projekčně určen prostor k vytěžení.

Těžební metody (dříve a dnes)

Historické těžební metody byly provozovány s převahou ruční práce, bez vysokých nároků na bezpečnost. V důsledku toho výsledné tvary lomu po vytě-

žení bývají morfologicky členité, obvykle jsou malého rozsahu a přitom jejich tvar je podmíněn diskontinuitami horninového prostředí. Proto vznikala morfologie blízká tvarům vzniklým přirozenými přírodními procesy a obvykle nejsou ani v rozporu s dnešními požadavky na krajinný ráz (dnes jsou součástí krajiny).

50. a 60. léta 20. století lze označit jako období postupného přechodu od ruční těžby k průmyslové, i když v některých těžebních společnostech byly zavedeny průmyslové metody již dříve. V některých lomech se těží dodnes a přešlo se zcela na průmyslové metody těžby. Pokud byla těžba ukončena v 50. a 60. letech, jsou v některých případech považovány za technickou



Obrázek 7 Pohled od SZ na prostor lomu po rekultivaci
Figure 7 The VČS-Quarry West after reclamation, view from the NW



Obrázek 8 Pohled z ostrova na jihovýchodní stěny lomu po rekultivaci
Figure 8 The VČS-Quarry West after reclamation, view to the SE walls from the island

památku a krajinně ceněny (Velká a Malá Amerika), nebo jsou využity jako stavební pozemky.

70. léta až po současnost se vyznačují koncentrací těžební činnosti na jednotlivá ložiska a vznikem průmyslové těžby velkého rozsahu. Obvykle jsou kladeny značné nároky na objemy těžby, na bezpečnostní zásady a dobývací metody s využitím velkokapacitních mechanismů, které vedou k vzniku geometrizovaných tvarů, především horizontálních etáží velkého rozsahu v pravidelném výškovém intervalu. Z hlediska okolní přírody, respektive krajiny vznikají antropogenní technické tvary v krajině cizí.

Možnosti **projekce tvarů povrchové morfologie po ukončení těžby** jsou limitovány konečným stavem lomu, technickými možnostmi, vytvořenými finančními prostředky na sanaci a rekultivaci a stavem horninového prostředí. Při respektování výchozích podmínek je možno tuto novou morfologii navrhovat, realizovat a vytvářet předpoklady budoucího využití území. Právě hledisko **krajinného rázu** je jedním z významných faktorů, zvláště pokud se po ukončení hornické činnosti uvažuje o využití prostorů jako přírodní prostředí.

Do jisté míry je obdobná problematika u **zářezů tratí a silnic** a odkrytých vzniklých pro další účely.

Souhrnný plán sanace a rekultivace a návrhy na využití prostoru po ukončené těžbě

Návrhy sanačních úprav jsou zpracovány pro území projektované těžby nebo lomy, které jsou dlouhodobě provozovány a těžba v nich ještě bude pokračovat. Uvedené lomy se nacházejí v krajinně cenných oblastech z hledisek přírodních, krajinných, historických, kulturních. Těžbu je nutno hodnotit nejen jako ekologickou zátěž, ale i jako zdroj ekonomické tvorby a pracovních míst. Přináší však rovněž možnost vytvoření nových pozitivních krajinných hodnot, nových krajinných prvků, náhradních biotopů, a také míst pro vzdělání a rekreaci v nové krajině. Sanace a rekultivace neznamenají jen technické zahlazení důsledků těžby, ale i tvorbu předpokladů dlouhodobé ekologické stability.

Hlavní výchozí hlediska pro projekční řešení způsobu zahlazení důsledků dobývání

- Hospodářské a občanské využití území (současné i plánované) - výrobní činnost (průmysl, zemědělství, výstavba, doprava) - obvykle jsou promítnuty do územně plánovací dokumentace.
- Vlivy osídlení (městské aglomerace) - osobní doprava, rekreace, sportovní aktivity a pod.
- Ochrana přírody obecně.

■ **Krajinný ráz**, historický a kulturní vývoj území, přírodní a kulturní hodnoty morfologie území širšího okolí a území určeného k dobývání (po ukončení těžby). Krajinný ráz je přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti. Je souborem typických přírodních a člověkem vytvořených znaků, které vytvářejí obraz dané krajiny a mají svoji estetickou a přírodní hodnotu.

Využití prostoru po těžbě

Posouzení musí vycházet z komplexních poznatků a hledisek legislativních, technických, ekonomických, ale i estetických a biologických. Je nutno vycházet z možností závěrných svahů a jejich předpokládaných tvarů po úpravě a vhodného cílového využití:

- zemědělské využití
- lesnické využití
- stavební pozemek (budovy, komunikace)
- vodohospodářské využití (nádrže na vodu, vodojemy atd.)
- rekreačně sportovní
- přírodní prostředí (ÚSES, biokoridory atd.)
- objekty studijní a naučné (např. stratigrafické profily, paleontologické lokality, chráněné přírodní lokality)
- technické památky
- kombinace uvedených hledisek

Při návrzích konečné morfologie je třeba vycházet především ze závěrečného tvaru vytěženého lomu (respektive projektovaného tvaru lomu, protože tato činnost je předepsána jako součást stanovení dobývacího prostoru). Další hlediska by již měla sledovat souvislosti v krajině a začlenění nově vzniklého objektu do okolního prostředí. Návrhy by pak měly doporučit úpravy směřující k cílenému tvaru. Zde je nutno zvážit možnosti provedení, ale i požadavky na detailní morfologii, která by měla vycházet z charakteru horninového masivu, orientace a četnosti diskontinuit, okolní povrchové morfologie (nebo i širšího okolí) a charakteru skalních výchozů na daném horninovém typu. Je třeba respektovat charakter odlučnosti, způsob zvětrávání, převažující vlivy utváření konečné morfologie, ale i mechanické vlastnosti a jiné aspekty. Dalším hlediskem jsou i hydrogeologické a hydrologické poměry na ložisku i v okolí a možnost vytvoření lomového jezera. V principu to znamená tvořit analogické tvary, které vznikají dlouhodobou geologickou činností, respektive tvary, které by neměly být v zásadním rozporu s těmito útvary. Tím je možno dosáhnout určitého souladu s přirozenou modelací terénu vzniklou přírodními přirozenými a dlouhodobými procesy. Samozřejmě lze očekávat, že během doby bude vytvořená morfologie dotvarovaná přírodními procesy (vznik ronových rýh, prohloubení a vyplavení zářezů, výplavové kužely, stabilizace sutových svahů a pod.). Příkladem mohou být i tvary starých lomů vzniklých těžebními způsoby s převahou ruční práce.

V rámci sanačních úprav je někdy možno vytvořit podmínky pro vznik lomového jezera. Možnosti takových zásahů je nutno posuzovat podle konkrétních podmínek na ložisku.

Hlavní zásady biologické rekultivace

V rámci revitalizace území může být provedena i výsadba vegetace. Jedná se převážně o dřeviny (stromy a keře) v druzích obvyklých v širším území, nebo o výsev rostlinných směsí. Většinou se jedná o iniciační vegetaci na podporu přirozeného rozšíření místních rostlinných druhů. Nedoporučuje se využívat zeminy mimo prostor lokality z důvodů zavlečení jiných plevelných druhů rostlin. Pokud není nutné rychlé ozelenění, je možno ponechat prostor přirozenému rozšíření okolních druhů rostlin - přirozená retrodukce. Možností kombinace přirozené a řízené retrodukce je mnoho a je nutno vycházet z konkrétní situace a požadavků.

4. Oblast CHKO Český kras

U lomů v oblasti CHKO hledáme především nejvhodnější způsoby harmonického začlenění vytěženého prostoru do krajiny, obohacení krajinné morfologie a využití jako přírodovědných objektů (viz též Čílek a Ložek 1992). Přirozené při hledání vhodného návrhu využití se není možno obejít bez konzultací s pracovníky CHKO. Pro zmíněnou oblast vydala Správa CHKO (SCHKO) rámcové zásady pro sanaci a rekultivaci. Ty jsou pak dále upřesňovány v konkrétních zásadách a koncepcích pro jednotlivá ložiska, které jsou již zcela konkrétní a vymezují cílové zaměření. Přirozené je nutné nalézt shodné stanovisko zástupce těžaře i ochrany přírody a obecních úřadů.

Velkolom Čertovy schody-západ - ložisko Koněprusy

Území Velkolomu Čertovy schody-západ (VČS-Z) je dlouhodobě využíváno k těžbě vápenců. V prostoru lomu o rozměrech cca 800x500 m o několika horizontálních těžebních etážích je projektováno zahloubení a po ukončení

těžby se předpokládá vznik volné vodní hladiny. Návrh sanačních prací byl realizován v j. a z. lomové stěně (Štefek a kol. 1997).

Zásady užití pro tvorbu nové morfologie vychází jednak z přímých požadavků SCHKO, jednak z cílového využití daného prostoru. V případě lomu VČS-Z byl přijat návrh na zřízení geologického parku. Vzhledem k bohatosti fosilní fauny v tomto prostoru a rozsáhlým odkryvům vzniklým těžební činností bylo využito této pestrosti k zachování naučných a studijních lokalit. Výběr míst k ponechání v současné podobě, kde byla zastížena významná fosilní společenstva nebo zajímavé facie, byl proveden na základě doporučení pracovníků AV ČR (Cílek a Hladil 1996) s přihlédnutím k pracím prof. I. Chlupáče. Mimo zmíněné vybrané lokality budou i ostatní vzniklé odkryvy významnými objekty značného přírodovědného významu.

Při tvorbě morfologie, respektive návrhu, byly využívány náměty z okolní přírody (původní přírodní tvary), ale i morfologie starých lomů již dříve opuštěných, které dnes už náleží do zdejší krajiny a vytvářejí její krajinný ráz. To je i případ tvarování lomů VČS-Z, kde analogické tvary navrhované morfologie lze hledat především v j. svahu Zlatého koně. Při návrhu úprav zdejšího prostoru převažují požadavky na přírodní charakter krajinného rázu. Zpracované návrhy v zásadě znamenají zrušení v přírodě nepřírodných rozsáhlých horizontálních prvků (etáží).

Celkový návrh sanačních a rekultivačních úprav

Pro sanaci prostoru po hornické činnosti doporučujeme zrušení horizontálních etáží, které v pravidelných intervalech dělí svahy lomu. Návrh je zpracován s cílem vytvořit skalní svahy, jejichž vzhled bude blízký přirozeným přírodním tvarům, respektive tvarům, které mohly vzniknout přirozenými přírodními procesy. Nelze však zcela potlačit vzniklé antropogenní tvary.

Úprava skalních svahů a návazné činnosti směřují k vytvoření dobrých podmínek pro revitalizaci území po ukončené hornické činnosti a zaházení následků těžby. Postupná sanace vytvoří časový prostor pro biologickou rekultivaci, a to jak řízenou, tak přirozenou retrodukci. Cílem je vytvořit nové morfologicky složité tvary, nebo zachovat skalní stěny v současné podobě (vybrané geologické lokality). Partie určené k biologické rekultivaci budou vyžadovat navezení hlinitých materiálů.

Modelace lomových stěn

Modelací lomových stěn se projekt snaží vytvářet skalní útesy a dílčí plošiny (terásky), které jsou pro samovolné rozšiřování flory a fauny vhodné a zároveň i charakteristické pro krasové krajiny. Pod horní, celkem skalnatou částí prostoru, se pak budou formovat různě svažité skalní terény, suťové kužely a náspy z místních substrátů (obr. 1 až 8). Tam, kde je to technicky proveditelné, vzniknou roklinky a terénní prohlubně. Projekt počítá s vytvořením prostředí vhodných k výskytu vlhkomilné vegetace, dočasných jarních tůní a napáječek pro místní faunu. To je ostatně významné i pro migrující živočichy. Cílem je vytvoření co nejbohatšího spektra ekotonů s rozdílnými mikroklimatickými podmínkami.

Podrobné zpracování modelace skalních stěn a osypů bylo zpracováno v mapové dokumentaci a fyzickém modelu prostoru v měřítku 1:1 000. Tam je detailně řešeno i dno lomu po vytěžení, kde je navržena vodní plocha. Je řešena s alternativou členění napříč rozděleným ostrovem, záměrně v prostoru tektonické poruchy (srv. obr. 4). Z hlediska botanického a zoologického zájmu je tvorba této plochy důležitým prvkem budoucího ekosystému oblasti lomu jako vyhledávané refugium a hnízdiště a bude prostorem pro rozvoj zde jinak vzácné vlhkomilné flory a fauny.

Snahou projektu je zajistit přítomnost původních druhů a vytvořit takové podmínky a předpoklady, aby mohlo v budoucnu samovolně docházet k formování a reprodukci místních přirozených společenstev.

Projekt se tedy záměrně snaží vyvarovat takových rekultivačních zásahů, jejichž výsledkem by byl vznik tzv. zelených pouští. Podobná velkoplošná a často monokulturně rekultivovaná území se nikdy nezapojí do okolní krajiny a nepodporí přirozené funkce přírody, jako například zemědělské a lesnické rekultivace. Technologická náročnost zmíněných rekultivací a energie do nich vložená se pak projevuje jako kontraproduktivní. Výsledkem projektu sanace a rekultivace VČS-Z bude pozvolný a přirozený proces renaturalizace místních šípákových a habrových doubrav, skalních a xerothermních travních společenstev s volně rostoucími keřovými porosty a s vodní plochou.

Návaznost na předchozí práce

Prostory s ukončenou těžbou představují j. a z. lomové stěny po bázi 338 m n.m., které byly již z větší části sanačně upraveny a kde byly zahájeny rekultivační práce. Návaznost spočívá v obdobném pojetí řešení celého prostoru, a tedy i volbě obdobných skalních tvarů a morfologie povrchu severní a východní lomové stěny.

Poznámky z realizace předchozích etap sanace území po ukončení těžby (j. a z. stěna)

Při vlastním provádění sanačních prací na j. a z. lomové stěně lomu VČS-Z v roce 1998 byly ověřeny technické postupy realizace projekčních záměrů. Zkušenosti získané během realizace sanačních prací ukazují, že není účelné projekci prací rozpracovat až do naprostých detailů. Základním požadavkem zůstává výsledná morfologie území po sanačních úpravách, která je předepsána projednaným a schváleným projektem (modelem a další dokumentací). Výsledných tvarů skalních stěn, suťových svahů, zářezů a plošin je možné dosáhnout do jisté míry různými postupy a s využitím i odlišné mechanizace než bylo předpokládáno. Z uvedených důvodů byly konkretizovány a podrobně dokumentovány pouze výsledné tvary skalních stěn a celková morfologie prostoru po sanačních úpravách. Technické řešení a technologické postupy jsou navrhovány pouze modelově pro charakteristické morfologické tvary (modelové řezy), respektive jak jich dosáhnout a jakou technologií. Při vlastní realizaci sanačních prací je možno využít těchto modelových návrhů, případně je modifikovat podle konkrétní zastížené situace, technických i časových možností.

Severní a východní lomové stěny

V návaznosti na ukončení těžby bude postupně prováděna sanace dotěženého prostoru a následná rekultivace. Vývoj v čase podpoří urychlení revitalizačního procesu celého prostoru.

Literatura

- Cílek V., Ložek V. (1992): Ekologická těžba v koněpruské oblasti. - *Ochrana přírody*, 3.
- Cílek V., Hladil J. (1996): *Tvorba postindustriální krajiny*. - MS, Studie GLÚ AV ČR, Praha.
- Cílek V. (1999): Revitalizace lomů, principy, návrhy, metodiky. - *Ochrana přírody*, 3.
- Lysenko V. (1996): *Funkční začlenění těžbou dotčeného území do krajiny*. - MS, Studie MŽP, Praha.
- Štefek V. et al. (1997): *Projekt báňsko-technického řešení sanace a rekultivace jižní a západní stěny lomu VČS-západ*. - MS, GET s.r.o. Praha.
- Autor 3D modelů a pohledů - RNDr. Bohumil Brož, GET s.r.o. Praha.

Z dějin padělatelství zkamenělin u nás, aneb „celí“ krinoidi z barrandienského siluru

From the history of forgery of fossils in our country: the „complete“ crinoids from the Silurian of the Barrandian

Rudolf J. Prokop¹

Druhá polovina 19. století znamenala pro paleontologii určitý zlom. Zkameněliny přestávají být objektem intenzivního výzkumu relativně úzké skupiny odborníků a „zasvěcených laiků“ a zájem o ně se rozšiřuje i do kruhů příležitostných sběratelů a bohužel i do okruhu lidí, kterým ani tak nezáleží na poznání pradávného života jako na tom, aby měli doma nějakou tu kuriozitu - pokud možno takovou, kterou nemá soused. Protože tito „sběratelé“ měli obvykle dost peněz, ale málo chuti se trmácet po lomech a namáhavě vytloukat fosilie z pevných hornin, rozvinul se v oblasti středočeských starších prvohor (dnešního Barrandienu) velký obchod; mezi skalníky na jedné straně a movitými zájemci o fosilní „speciality“ na straně druhé. Bylo již mnohokrát popsáno, jak tito „sběratelé“ žádali na lamačích především trilobity a navíc trilobity celé!

Každý, kdo se alespoň trochu orientuje v paleontologii, ví, že najít celého trilobitu, navíc patřičně dekorativního, aby se hodil do „cinkostnu“ nebo na římsu krbu, je (až na nepatrné výjimky) problém. A tak to skalníci vyřešili po svém: začali slepovat různé části krunýřů nejrůznějších druhů a tak vytvářeli žádané „celé“ trilobity - a patřiční zájemci tyto divuplné splácániny ochotně kupovali a ochotně drazé platili. Obchod to musel být přenáramný a po skromných začátcích pak značně rozsáhlý. Desítky až stovky těchto padělků trilobitů, pocházejících zejména z devonských vápenců okolí Berouna a Prahy, svědčí o tom, že jejich výroba musela být téměř manufakturní. Původně „zdebily“ soukromé sbírky a později sbírky muzeí a škol, kam se obvykle dostávaly po smrti majitele. Po pravdě řečeno, výroba těchto padělků byla na vysoké řemeslné úrovni a jejich kvalita vynikající. Skalníci používali pro spojení jednotlivých dílů nebo úlomků jemně rozemletou mateřskou horninu fosilie a tu míchali s patřičným lepidlem. Vzniklou hmotu ještě případně dobarvili nebo patinovali. Dnes, po více než stu letech, se dá spojovací hmota i vizuálně odlišit od skutečné horniny, ale v době, kdy byla čerstvá a neovětřalá, by její vzhled

a charakter mohl oklamat i leckteré profesionály. Ale jen to pojídlo samozřejmě, ne strašidylko, které takto vzniklo.

Donedávna byli známi jen takto „upravení“ trilobiti, případně něco málo loděnkovitých hlavonožců, u kterých se zdála schránka třeba příliš krátká, nevýrazně zdobená, nebo málo spirální. Před několika lety jsem ale ve sbírkách paleontologického oddělení Národního muzea objevil tři roztodivné slepenice **krinoidů**, které svědčí o tom, že se fantazie i obchodní rejstřík středočeských skalníků vydávaly i cestami vpravdě neprošlapanými - alespoň o historických padělcích lilijic z ciziny není dosud nic známo. Všechny tři padělky jsou „smontovány“ z kosterních částí krinoidů druhu *Scyphocrinites elegans* Zenker, 1833, izolovaných z typických černošedých přídolských vápenců svrchního siluru.

O původní lokalitě zkamenělin není samozřejmě nic známo, ale podle charakteru horniny i fosilizace je nanejvýše pravděpodobné, že pocházejí z odkryvů u Karlštejna.

První kus (kat. č. L 32973, obr. 1) je složen z laterálně zmáčklé spodní části kalysu (tj. kalicha a pevných brachiálů). K hornímu okraji úlomku jsou přitmeleny paralelně uspořádané stonky dalších exemplářů lilijic, které zde vlastně představují ramena. Druhý jedinec (L 32974, obr. 2) představuje „umně“ spojení mírně dokulata otlučené spodní partie kalysu jednoho, a střední části volných ramen dalšího exempláře. Třetí exemplář (L 32975, obr. 3) je kombinace víceméně subparalelně zachovaných částí stonků několika kusů, na které je nalepena báze kalysu velkého exempláře jiného scyfokrinitida. Ve všech případech byl použit profesionální tmel českých skalníků a spoje mezi úlomky byly velmi umně patinovány, takže se ještě dnes na první pohled těžko odliší od pravé horniny. Všechny tři padělky jsou uloženy ve sbírkách paleontologického oddělení Národního muzea (Přírodovědeckého muzea) a evidovány v katalogu L.



Obrázek 1 Falsum krinoida č. 1
(foto R. Prokop, neběleno)
Figure 1 Forgery of crinoid
(photo by R. Prokop)



Obrázek 2 Falsum krinoida č. 2
(foto R. Prokop, neběleno)
Figure 2 Forgery of crinoid
(photo by R. Prokop)



Obrázek 3 Falsum krinoida č. 3
(foto R. Prokop, neběleno)
Figure 3 Forgery of crinoid
(photo by R. Prokop)

Rozměry v mm:	max. délka	max. šířka
L 32973	105	64
L 32974	130	100
L 32975	75	55

¹ Národní muzeum, Václavské nám. 68, 115 79 Praha 1
Čes. kras (Beroun), 27 (2001), str. 51, 3 foto
ISSN 1211-1643
ISBN 80-902098-5-8

Živá příroda

Rozšíření obojživelníků v CHKO Český kras

Amphibians in the Bohemian Karst

Jaroslav Veselý¹

0. Abstract

In the Protected landscape area of the Bohemian Karst, following appearances of nine species of amphibians have been confirmed (Common toad - *Bufo bufo*, Green toad - *Bufo viridis*, Marsh frog - *Rana ridibunda*, Agile frog - *Rana dalmatina*, Common frog - *Rana temporaria*, Alpine Newt - *Triturus alpestris*, Crested Newt - *Triturus cristatus*, Smooth Newt - *Triturus vulgaris* and Fire salamander - *Salamandra salamandra*). Following appearances have not been confirmed: Edible (green) frog - *Rana esculenta* kl. and Tree frog - *Hyla arborea*, i.e., recently there is not any known locality in the Landscape Protected Area of the Bohemian Karst. Also the appearance of Fire bellied toad - *Bombina bombina* has not been confirmed. This species was formerly known from locality near villages of Měňany, Tobolka, Kozolupy and Karlštejn (unoriginal locality on private garden). In the present time, it is quite certain that population of Fire bellied toad - *Bombina bombina* - extinct in a studied region. The data on possible occurrence of Yellow-Bellied toad - *Bombina variegata*, Common Spadefoot - *Pelobates fuscus* and Running Toad - *Bofo calamita* - seem to be highly improbable.

1. Úvod

Tato práce má za úkol upřesnit rozšíření obojživelníků v Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Český kras. Jedná se o další ucelenou práci, na toto téma, která doplňuje zprávu Moravce (1999) o faunistickém výzkumu obojživelníků a plazů v CHKO Český kras. Dřívější údaje o rozšíření obojživelníků v CHKO Český kras jsou jenom kusé a roztržité, z velké části se mnohé lokality nedají přesně určit. V mnohých případech docházelo i k chybnému určení obojživelníků, jako je tomu u kuněk, blatnice skvrnitě a ropuchy krátkonohé. Velký přínos této práce spočívá především v přesné identifikaci zkoumaných lokalit. Nedílnou součástí této práce je i určení stavu lokalit a jejich možná ochrana.

2. Metodika práce

Práce vznikla tak, že v době rozmnožování obojživelníků (od února do června) došlo k prohlédnutí a vylovení všech možných lokalit, kde by mohlo k rozmnožování docházet. Vzhledem k tomu, že obojživelníci většinou jako místo rozmnožování volí stojatou, nebo pomalu tekoucí vodu, byly potoky s rychle tekoucí vodou vyloučeny ze seznamu zkoumaných lokalit (zde se jedná spíše o potvrzení výskytu mlouka skvrnitě než o výskyt jiných druhů obojživelníků).

3. Zkoumané lokality

Lokality psané podtržením nebyly kontrolovány, vzhledem k nepřístupnosti (soukromé zahrady, areály atd.).

- 1) Rybníček v údolí mezi osadami Na Stráži a Sulavou (Na Stráži) - 605123d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*, *Triturus cristatus*
- 2) Rybníček Budenický- 605122b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 3) Návesní rybníček v Kosoři - 605111d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*,
pokus o mezidruhový amplexus mezi samicí *B. bufo* a samcem *B. viridis* a druhý mezi samicí *B. viridis* a samcem *B. temporaria* (Veselý, Zach)
- 4) Rybníček v Kosořské roklí
- 5) Návesní rybníček V chaloupkách u Mořinky - 605156a - *Bufo bufo*
- 6) Požární nádrž pod Mořinkou - 605156b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*
- 7) Návesní rybníček na Mořince před bývalou Jednotou - 605155d - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*
- 8) Rybníček na začátku obce Karlík - 605145d - *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*

9) Horní návesní rybníček ve Vonoklasech

- 10) Louže nad Vonoklasy na Hradinovském kopci - 605134c - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*
- 11) Rybníček na Kodě v zahradě pana Chvojky
- 12) Rybníček na Kodě proti Kodske studánce - 605036b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 13) Návesní rybníček v Korně - 605027b - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 14) Velký Korenský rybník - 605027b,d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 15) Rybník Obora u Litně - 605028b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*, *Triturus cristatus*
- 16) Koupaliště nad Všeradicemi - 615032c - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 17) Návesní rybníček ve Vinařicích - 615041d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*
- 18) Požární nádrž na okraji Vinařic - 615041d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 19) Rybníček nad Měňany - 605038a - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Rana ridibunda*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*
- 20) Koupaliště v Měňanech - 605038b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*
- 21) Tůňka u Bykoše - 615051a - negativní
- 22) Mlýnský rybník v Suchomastech - 615061b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 23) Betonový rybníček nad Obecním úřadem v Suchomastech - 615061a - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*
- 24) Rybník Musílek v Suchomastech - 615061d - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 25) Rybník u osady Arian u Chotče - 605121d - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 26) Rybníček v Břesnici v Srbska - 605015a - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus alpestris*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*
- 27) Rybníček pod Bubovicemi - 605013b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 28) Návesní rybníček v Bubovicích - 605183c - *Bufo bufo*
- 29) Rybníček pod hospodou v Bubovicích - 605183a - negativní
- 30) Koupaliště v Bubovicích - 605183a - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus cristatus*
- 31) Rybníček u křižovatky pod Mořinou u Selské hospody - 605164c - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*
- 32) Horní návesní rybník v Mořině - 605164c - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*
- 33) Rybníček v Mořině na zahradě pana Zikána
- 34) Dolní návesní rybník v Mořině - 605164c - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 35) Rybníček na kraji Mořiny naproti Vodičkům - 605174d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 36) Lom Velká Amerika - 605174a,b - negativní

¹ Správa CHKO Český kras, 267 18 Karlštejn 85

Poděkování: tato práce vznikla především díky pomoci Václava Zacha, Michala Krebse a Lenky Veselé, kteří mi pomohli s kontrolou a výlovem lokalit

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), XX-XX

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

- 37) Rybníček na potoce Kluček - 605135b - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 38) Rybníček v zahradě v obci Vonoklasy
- 39) Rybníček v zahradě v obci Vonoklasy
- 40) Rybníček za Havlíčkovým mlýnem - 605067a - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 41) Návesní rybník v obci Tobolka - 605047b - *Bufo bufo*
- 42) Rybníček pod obcí Tobolka - 605047b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Triturus vulgaris*
- 43) Návesní rybník v Tetíně - 605035a - *Bufo bufo*
- 44) Dolní rybník na Golfovém hřišti - 605186c - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*
- 45) Horní rybník na Golfovém hřišti - 605186c - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*
- 46) Rybníček u silnice na Krupnou - 605016d - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 47) Rybníček u polní cesty z Krupné na Měňany - 605017a - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 48) Rybníček u polní cesty z Krupné na Měňany těsně nad 47 - 605017a - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 49) Rybníček v Dolních Vlencích pod drůbežárnou - 605018b - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 50) Rybníček v Dolních Vlencích pod číslem 49 - 605018b - vypuštěný
- 51) Horní návesní rybníček v Třebotově - 605123a - negativní
- 52) Dolní návesní rybníček v Třebotově - 605133b - *Bufo bufo*
- 53) Nádržka u čističky v Třebotově - 605123a
- 54) Starý bazének v areálu nemocnice v Třebotově - 605123a - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 55) Trousílkův (Pekárkův) rybník - 605133c - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 56) Tůmův rybník pod Roblínem - 605143d - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 57) Rybníček nad Mejštríkovým mlýnem v Solopyscích - 605124a - vypuštěný
- 58) Rybníček na zahradě v obci Roblín
- 59) Rybníček na zahradě v obci Roblín
- 60) Rybníček na zahradě v obci Roblín
- 61) Rybníček u Štíčků v Dolním Roblíně
- 62) Rybníček v Chotči pod zastávkou - 605132b - negativní
- 63) Návesní rybníček v Chotči nad Obecním úřadem - 605132b - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*
- 64) Rybníček pod skalou v Chotči
- 65) Rybníček u Malého mlýna - 605131a - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 66) Velký rybník u Měchurovského mlýna na Chotči - 605131d - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 67) Menší rybník u Měchurovského mlýna na Chotči - 605131d - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*
- 68) Strouha pod Měchurovským mlýnem na Chotči - 605131d - negativní
- 69) Dolní rybník v Zadní Kopanině na zahradě
- 70) Horní rybník v Zadní Kopanině v koňském výběhu
- 71) Rybník v Radotínském údolí nad Špačkovým mlýnem - 595118c, 605111a - vypuštěný
- 72) Rybníček v Radotínském údolí nad Cikánkou
- 73) Rybník v cementárně Radotín
- 74) Lom Malá Amerika - 605184c,d - *Bufo bufo*
- 75) Rybníček před bažinou v Jánské - 605012a - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 76) Jezírko v lomu Paraple - 605013a - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*
- 77) Jezírko v Nových Dvanáctkách - 605184d - negativní vyschlé
- 78) Jezírko v lomu Mexiko - 605174a,c - *Bufo bufo*
- 79) Nádrž ve statku na Mořině
- 80) Nádrž ve statku na Mořině
- 81) Požární nádrž na Nové Vráži
- 82) Nádrž ve Vonoklasech
- 83) Rybníček ve Vonoklasech na zahradě
- 84) Rybník v Bělči pod Hoškem - 605187c,d - *Bufo bufo*, *Rana ridibunda*
- 85) Rybníček v bažině pod Jánskou - 605012a - negativní velká olejová skvrna
- 86) Rybníček v zahradě v Karlickém údolí v chatách
- 87) Jezírko v pískovně na Sulavě - 605112d - *Rana temporaria*
- 88) Jezírko pod Tobolskou stepí - 605046d - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*

- 89) Kaliště v z. části Tobolského vrchu - 605046c - *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*
- 90) Kaliště ve v. části Tobolského vrchu - 605046d - *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*
- 91) Kaliště na Mokřém vrchu - 605184a - *Rana temporaria*
- 92) Kaliště na Rešných - 605184b - *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*
- 93) Kaliště na Dřínové hoře - 605185a - *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*
- 94) Jezírko pod Královskou studánkou - 605015b - *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 95) Kaliště pod Školou - 605185a - negativní
- 96) Kaliště na Skalce - 605185c - negativní
- 97) Požární nádrž v Koněprusích - 605057a - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana temporaria*
- 98) Jezírko ve Velkolomu Čertovy schody - 605067d - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 99) Kaliště nad lomem Kobyla - 605058b - *Bufo bufo*, *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*, *Triturus vulgaris*
- 100) Jezírko v Červeném lomu - 605058b - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Triturus vulgaris*
- 101) Nový horní rybníček za Bělčí - 605088b - *Rana ridibunda*
- 102) Nový dolní rybníček za Bělčí - 605188b - *Rana ridibunda*
- 103) Kaliště na Bacíně - 615031a - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*
- 104) Rybníček u silnice nad hřbitovem v Bubovicích (mimo CHKO) - 605173a - *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*, *Triturus vulgaris*, *Triturus cristatus*
- 105) Slepé rameno Kačáku, nad drůbežárnou v Sedlci - 605012a - *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*
- 106) Rybníček v Nesvačilech - 615022a - negativní
- 107) Tůňky u křižovatky pod Holým vrchem - 605163d - negativní
- 108) Rybníček u Dubeckého mlýna
- 109) Jezírko nad Dubem sedmi bratří - 605185b - *Bufo bufo*, *Rana dalmatina*, *Rana temporaria*

4. Popis nalezených druhů

Ropucha obecná (*Bufo bufo*) byla zjištěna na 60 lokalitách, což činí 73,2 %. O tomto obojživelníkovi se dá říct, že se vyskytuje na celém území CHKO Český kras, což je v souladu s výsledky Moravce, který ji hodnotí jako nejrozšířenějšího a nejhojnějšího obojživelníka v Českém krasu. S tím, že v poslední době dochází k rapidnímu úbytku populace, který je nejlépe znát právě v době tahu, především na rybnících v Mořině, kde se počet migrujících žab snížil za poslední tři roky skoro o 50 %. K ohrožení dochází především na lokalitách, kde musí v době tahu ropucha obecná přecházet silnici (Mořina, Měňany a další návesní rybníky). Mezi další negativní faktory patří především chov kachen a nadměrný chov ryb v rybnících. V požární nádrži v Kosoři byl při průzkumu zapsán mezidruhový amplexus ropuchy obecné a ropuchy zelené (viz ropucha zelená).

Ropucha zelená (*Bufo viridis*) byla zjištěna na 24 lokalitách, což činí 29,3 %. Bylo zjištěno, že ropucha zelená preferuje k rozmnožování především jezírka v lomech a betonové požární nádržky, kde je nižší sloupec vodní hladiny. Její rozšíření v CHKO je celoplošné s tím, že ji lze nejčastěji pozorovat v noci v prostoru lomu a to především v lomech kde dosud probíhá těžba (lom Čeřinka, Holý vrch atd.). Na lokalitách byly zjišťovány pouze jednotlivé exempláře, pouze v požární nádrži v Kosoři bylo pozorováno několik desítek exemplářů (okolo 60 kusů). Zde byl též pozorován mezidruhový amplexus mezi samičí ropuchy obecné a samcem ropuchy zelené a obzvlášť paradoxní pokus o amplexus mezi samičí ropuchy zelené a samcem skokana hnědého. Ohrožené ropuchy zelené spočívá především v zavážení jezírek v lomech a menších vodních nádržích.

Skokan skřehotavý (*Rana ridibunda*) byl zjištěn na 20 lokalitách, což činí 24,4 %. V CHKO Český kras se vyskytuje dost početná populace okolo řeky Berounky, hlavně pak mezi Karlštejnem a Srbskem a pod Tetínem. Mimo řeku Berounku obývá skokan skřehotavý větší rybníky, v některých dokonce patří v době rozmnožování k dominantním druhům. Jedná se především o rybník Obora u Litně a velký rybník v Korně. Větší populace se nachází také v betonové nádrži pod obcí Mořinka. Zajímavé zjištění výskytu pochází především z nově vytvořených rybníků u Bělče, kde ke zjištění tohoto druhu došlo ještě též rok, kdy byly rybníky postaveny. Ohrožení tohoto druhu spočívá především v nadměrném chovu ryb a kachen, kde je skokan skřehotavý považován za škůdce (především na plůdkách), proto může být na nějakých lokalitách

záměrně huben. Další negativním faktorem je vysoké znečištění vod domovními splašky z vesnic. Při průzkumu jsme našli čerstvě mrtvé jedince (13 kusů) v betonové nádrži pod obcí Mořinka.

Skokan štíhlý (*Rana dalmatina*) byl zjištěn na 53 lokalitách, což činí 64,6 %. Moravec tento druh považuje za nejhojnějšího a nejrozšířenějšího skokana v Českém krasu. I když náš průzkum ukazuje, že více rozšířený je skokan hnědý, zde ovšem na rozdíl od skokana štíhlého, došlo k potvrzení výskytu skoro vždy pouze několika málo exemplářů, kdežto u skokana štíhlého se jednalo skoro vždy o několik desítek exemplářů na lokalitě. Dá se zcela jistě souhlasit z míněním Moravce, že tento skokan upřednostňuje otevřená stanoviště. Co se týče společného výskytu na lokalitách se skokanem hnědým v CHKO, byl zjištěn na většině kontrolovaných lokalit, s tím že skokan hnědý zde byl zjištěn pouze v ojedinělých exemplářích, to ovšem neplatí o lokalitách umístěných v lesních porostech, nebo poblíž nich.

Skokan hnědý (*Rana temporaria*) byl zjištěn na 56 lokalitách, což činí 68,3 %. V CHKO Český kras se vyskytuje po celém území na vhodných lokalitách. Byl zjištěn na více lokalitách než skokan štíhlý, ale jednalo se o zjištění jen několika málo exemplářů. To ovšem neplatí pro lesní lokality (především kaliště), kde byl zcela jistě dominantním druhem žab. Společně se skokanem štíhlým se vyskytoval na většině kontrolovaných lokalit. V poslední době je patrný velký úbytek v tohoto druhu v celé sledované oblasti. Jeho ohrožení spočívá především v zavalení lesních tůňek a ve větších úpravách lesních vodotečí.

Čolek horský (*Triturus alpestris*) byl zjištěn pouze na jedné lokalitě v počtu 5 exemplářů, což činí pouze 1,2 %. Moravec o tomto druhu píše, že Český kras neposkytuje optimální podmínky pro jeho výskyt, ten je znám pouze z jedné lokality při jihovýchodní hranici CHKO a jehož ojedinělý náález byl zaznamenán u Srbska, nelze ovšem vzácně okrajový výskyt vyloučit. Nám se tento druh povedlo potvrdit pouze v rybníčku v Břesnici u Srbska. Domníváme se, že výskyt čolka horského bude v CHKO vázán pouze na studené lokality. Jeho přesné rozšíření bude nadále potřeba upřesnit.

Čolek velký (*Triturus cristatus*) byl zjištěn na 8 lokalitách, což činí 9,7 %. Patří mezi nejohroženějšího ocasatého obojživelníka v CHKO, který se dříve vyskytoval na mnohých lokalitách. V dnešní době se vyskytuje na 8 lokalitách z nichž mezi nejvýznamnější patří především Louže (polní rybníček) na Hradinovském kopci u Vonoklas, rybníček na Stráži a požární nádrž pod Mořinkou. Na ostatních lokalitách byl odchycen pouze jednotlivě do 3 exemplářů. Nejvíce jich bylo odchyceno v Louži u Vonoklas a to 18 jedinců. Jeho ohrožení spočívá především v chemizaci vod a nadměrném chovu kachen a ryb. Velmi negativní vliv má i snížení vodní hladiny, nebo vypuštění rybníka před zimou, kde může dojít k promrznutí dna rybníka (rybník Obora).

Čolek obecný (*Triturus vulgaris*) byl zjištěn na 24 lokalitách, což činí 29,3 %. V CHKO Český kras se čolek obecný vyskytuje po celém území ostrůvkovitě na vhodných lokalitách, ale v poslední době tento druh rapidně mizí. Největší populace nalezené v CHKO se nacházejí na menších rybníčcích a to jak v lese (Na Stráži), tak i mezi poli (Louže u Vonoklas). Ohrožení spočívá především v chemizaci vody ze zemědělské výroby a znečištění odpady z lidských sídel. Dalším ohrožujícím faktorem je zavalení malých tůňek.

Mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*) vzhledem k jinému využívání místa pro rozmnožování (využívá čisté tekoucí vody v listnatém, nebo smíšeném lese z převahou listnatých stromů) jsou zde zařazeny pouze v přehledu shrnuté lokality, na kterých byl výskyt mloka skvrnitého v letošním roce ověřen. Potok Šanův kout nalezeny pouze 2 larvy v nádrže pod pramenem (6.6.2000 Veselý, Zach), Šachetský potok nalezeno 17 larev v úseku pod Klapicí (9.6.2000 Veselý, Veselá), Císařský potok v Kodě nalezeno 21 larev po celém potoku (12.6.2000 Veselý, Veselá, Zach, Krebs), Kodský potok nalezeno 12 larev (12.6.2000 Veselý, Veselá, Zach, Krebs), Bubovický potok nalezeny pouze 2 larvy v úseku pod bubovickými vodopády a jedna pod rybníčkem v Břesnici (13.6.2000 Veselý, Zach, Krebs), Budňanský potok nalezeny pouze 4 larvy a dva dospělí jedinci (15.6.2000 Veselý, Veselá) Karlický potok 6 larev v traventinovém přítoku (21.6.2000 Veselý) a potok Švarcava nalezeno pouze 5 larev (20.6.2000 Veselý) v úseku pod osadou Kala.

5. Závěr

V CHKO Český kras byl potvrzen výskyt devíti druhů obojživelníků (ropucha obecná - *Bufo bufo*, ropucha zelená - *Bufo viridis*, skokan skřehotavý - *Rana ridibunda*, skokan štíhlý - *Rana dalmatina*, skokan hnědý - *Rana temporaria*, čolek horský - *Triturus alpestris*, čolek velký - *Triturus cristatus*,

čolek obecný - *Triturus vulgaris* a mlok skvrnitý - *Salamandra salamandra*) Nebyl potvrzen výskyt skokana zeleného (*Rana esculenta* kl.) a rosničky zelené (*Hyla arborea*), u které v současné době není známa žádná lokalita výskytu v CHKO. Kuňky obecné (*Bombina bombina*), která je z dřívějška známá z lokalit u Měňan, Tobolky, Kozolup a Karlštejna (nepůvodní lokalita na soukromé zahradě), dnes je zcela jisté, že kuňka obecná s CHKO Český kras zcela vymizela. Zcela byl vyvrácen dohad o možnosti výskytu kuňky žlutobřiché (*Bombina variegata*), blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*) a ropuchy krátkonohé (*Bufo calamita*), které byli v některých pracích uváděny.

Literatura

■ Moravec J. (1999): *Výsledky faunistického výzkumu obojživelníků a plazů-zpráva*. - MS, Národní muzeum. Praha.

Zprávy z akcí

Setkání jeskyňářů v Českém krasu 6. - 8. 10. 2000 na Tetíně

Ladislav Pecka¹

Po dlouhá léta tradiční akce, pořádaná do roku 1990 ZO ČSS 1-06 Speleoklub, jaksi scházela ve spektru speleologických akcí. To bylo námětem diskusí na mnoha setkáních, pracovních i nepracovních. Z iniciativy tetínského ZO 1-02 se setkání konalo v symbolickém roce 50. výročí objevu jeskyně na Zlatém koni u Koněprus a roce 25. výročí objevu jeskyně Martina v polesí Koda u Tetína.

Za pochopení a podporu naší akce děkujeme jak starostovi obce p. Hejnovi a obecnímu zastupitelstvu, ale i předcházejícímu nájemci kulturního domu p. Špírákovi i novému nájemci p. Matějčkově.

Program byl tradiční, exkurse na lokality. Zajistily je skupiny ZO 1-02, 1-06, 1-11 - jeskyně Nad Kačákem, lomy na Chlumu, Beranův, Kavčí s jeskynními lokalitami. Podle prezenční listiny se sešlo 41 účastníků ze 13 skupin. Přes polovinu účastníků tvořili členové ZO 1-02 Tetín a 1-11 Barrandien. Mimo střední Čechy zde byli i zástupci ZO 4-01 a 3-05 (Plzeň, Liberec), krátkou chvíli se objevil i náš přítel a manžel naší členky Berndt Kahlert, člen DAV Frankfurt nad Mohanem.

Hitem dne bylo přemostění lomu Pod hradem, uskutečněné členy Speleozáchranné služby. Travers o délce cca 120 m, za takřka nepřetržitého deště, byl sledován místními obyvateli a občas i turisty. Potěšila i solidarita s promoklými borci, vyjádřená hrncem čaje od místní občanky.

V sobotu večer v sále kulturního domu proběhl program, jak jinak než kulturní. Promítání videa z nových prostor v jeskyni Nad Kačákem bylo první prezentací tohoto objevu na veřejnosti. Po té Petr Kadlec ze ZO 1-02 promítl diapozitivy z Nového Zélandu, kde se účastnili spolu s P.Cibulkou za naší skupinu expedici v Bohemii (objev jeskyňářů z Albeřic). Petr komentoval živě, popis jeskyně doplnil recepty na úpravu vačice possum. Expedice se mu jevila jako úspěšná, neboť po záplavě výzdoby a obřích rozměrů v Bohemii byl odměněn důlními díly na Zélandu. Následovaly diapozitivy z Ponoru u Ještěřího jezírka na Silické planině ve Slovenském krasu a nabídka na expedici tamtéž. Jako obvykle, po shlédnutí záběrů z 1 180 m dlouhé ponorové jeskyně se nikdo nepřihlásil.

Asi nejhodnotnější částí večera bylo krátké vystoupení krasového děda Zdeňka Březiny - pamětníka objevování koněpruských jeskyní. Sice jsem tvrdil, že jsme ho odchytli pro potřeby karlístejnského Vax muzea, které zakládá Sín krasové slávy, ale za účastníky a pořadatele mu děkuji tímto za jeho krátké vystoupení.

V rámci akce byla prezentace fy. Condor, berounského výrobce spacích pytlů, stanů, batohů a bund.

Vše zakončila diskuse, obvyklá na podobných akcích. Kecal o se a hrálo až do rána. Dojmy z akce je potřeba nechat rozležet a zvážit pro a proti.

Na závěr - akce se zdařila i přes počáteční zmatky i nepřízeň počasí. Sešli se zde vlastně činní jeskyňáři Českého krasu - a to ve služebním rozpětí 50 let. Děkujeme všem účastníkům a těšíme se na shledanou na prvním setkání nového milénia.

Setkání 2001 proběhlo v termínu 5. - 7. října. Účastnilo se 92 registrovaných účastníků + další neregistrovaní, včetně dvou skautských družin. Přes travers putovalo okolo 60 borců, nejstarší M. Zelinka z Berouna (58 let, otec našeho předsedy). Za pomoc děkujeme generálnímu sponzorovi fy. Hrdlička s.r.o. a dále firmám Pavexim a Condor.



Obrázek 1 Pohled na účastníky setkání (foto A. Štreit 2000)
Figure 1 Participants of the event (Photo by A. Štreit 2000)



Obrázek 2 Příprava na travers (foto A. Štreit 2000)
Figure 2 The preparation for traverse (Photo by A. Štreit 2000)

¹ ZO ČSS 1-02 Tetín
Čes. kras (Beroun), 27 (2001), str. 55, 2 foto
ISSN 1211-1643
ISBN 80-902098-5-8

Výročí

Otomar Pravoslav Novák (1851-1892) a Berounsko

Otomar Pravoslav Novák (1851-1892) and the Beroun region

Radvan Horný¹, Naděžda Zdobnická¹

0. Abstract

The ingenious Czech palaeontologist, professor Otomar Pravoslav Novák (1851-1892), a disciple of Antonín Frič, Jan Krejčí, and Joachim Barrande, is tightly connected with the region of the Bohemian Karst. Study of archive documents carried out in connection with the exhibition devoted to his birth anniversary in the National Museum, Prague brought interesting data about his life and about relation of him and his family to the Beroun territory.

His mother Aloisie came from the Piperger family originally from Olešná near Komárov. She married Jan Novák, native of southern Moravia, a financial officer of the Fürstenberg estates at Nižbor (formerly Nová Huť) near Beroun. Nevertheless, O. P. Novák was born in East-Bohemian Hradec Králové where the family moved shortly before his birth in 1851.

*Influenced by his uncle, the Czech geologist Karel Feistmantel, O. P. Novák joined the Czech Museum where he became a disciple and later assistant of professor Antonín Frič. In about 1874 A. Frič introduced him to Joachim Barrande, who received him well and finally appointed him one of the two continuators of his unfinished magnificent work *Système silurien du centre de la Bohême*.*

Since 1881, Jan Wilt, the husband of Novák's sister Růžena, got a place of a school-teacher and headmaster of the Liteň primary school. Thus Liteň became a Novák's basis for field excursions and a refuge during unhappy and painful days.

In 1888, O. P. Novák obtained a professorship of Palaeontology at the Prague Czech University. Tragically, he suffered from tuberculosis and deceased in Liteň in 1892.

*During the twenty years of his scientific life, Novák published 32 papers and monographs dealing with trilobites and other arthropods, dacryconarids, hyolithes, Cretaceous bryozoans and echinoids, and other groups of invertebrate fossils, all excellently illustrated by himself. Unfortunately his largest work, the second Supplement of Barrande's *Trilobites*, however, remained unpublished.*

1. Úvod

Geniální paleontolog Otomar Pravoslav Novák, jehož 150. výročí narození letos vzpomínáme, je znám především ze svého rozsáhlého díla, věnovaného fosilním živočichům, zvláště trilobitům. Daleko méně se dochovalo zpráv o jeho vynikající pedagogické činnosti na české technice a zejména na české univerzitě, kde působil na filozofické fakultě postupně jako asistent profesora J. Krejčího, docent, mimořádný profesor bez platu a konečně od roku 1888 jako řádný profesor. Zcela nepatrné a skoro zanedbatelné jsou zmínky o jeho osobním životě, s nimiž se setkáváme tu a tam v několika existujících nekrologích a biografických článcích (Štolc 1890, 1892; Kafka 1892; Purkyně 1892; Kořenský 1899; Kettner 1931, 1967; Prantl 1951, aj.). Většinou se týkají jen konce jeho života, jehož příčinou byla plicní tuberkulóza; zemřel ve věku pouhých jednačtyřiceti let.

Národní muzeum v Praze letos připravilo k uctění stopadesátiletého výročí Novákova narození výstavu, která kromě prezentace jeho úplného díla odkrývá v dobovém rámci druhé poloviny devatenáctého století i značný počet dokumentů, ilustrujících jeho rodinné zázemí, vztahy k nejruznějším osobnostem našeho kulturního života a další, dosud neznámá fakta.

Podstatnou a nejcennější součástí Novákovy osobnosti je jeho dílo. Během dvaceti let badatelské činnosti publikoval 32 titulů, které dokládají neobyčejnou šíři jeho znalostí a témat. Jsou to četná krátká zásadní sdělení i velké monografie, které vyžadovaly vždy několika let podrobného výzkumu včetně terénní práce a zahraničního srovnávacího studia fosilií, pečlivého kreslení, zdoluhavé tvorby a korektur litografických desek, a často i složitého jednání s nakladateli a tiskaři.

Uvážíme-li tehdejší technické podmínky, např. ruční psaní rukopisů a sázení sazby, omezenou možnost dopravy a neexistenci telefonního styku, je



Obr. 1. Profesor Otomar Pravoslav Novák (1851-1892). Jediný známý portrét, fotografie od Jana Tomáše

Fig. 1. Professor Otomar Pravoslav Novák (1851-1892). The only known portrait, a photograph by Jan Tomáš

pro nás těžko uvěřitelné, že to mohl zastat jediný člověk - i když šlo o badatele mimořádně schopného a pracovitého. A to vedle asistentských a pedagogických povinností, kurátorských úvazků v muzeu, kde pečoval o Barrandovu sbírku, a v posledních letech vedle těžkých útrap, jež mu způsobovala nevyhlášená plicní choroba.

Nejvíce prací, deset, věnoval trilobitům, a z těch velký počet druhům z Českého krasu; další skupinou byli prvohorní a třetihorní koryši - šest prací. Po třech sděleních věnoval stratigrafickým problémům českého devonu včetně hraničních vrstev mezi silurem a devonem a třetihornímu i karbonskému hmyzu.

Dvě práce pojednávají o prvohorních hlavonožcích, dvě o křídových ježovkách a dvě o nových lokalitách ordovických fosilií. Jedno sdělení je věnováno devonskému ramenonožci a ve třech velkých monografiích jsou zpracovány prvohorní hyoliti, tentakuliti a křídové mechovky. V rukopise zůstal další díl křídových ježovek a rozsáhlý druhý suplement trilobitů, připravovaný jako součást Barrandova díla *Système silurien du centre de la Bohême*. Novákovy paleontologické práce mají společný rys - dokonalé ilustrace. Všechny předlohy pro litografie kreslil sám.

1) Paleontologické oddělení, Přírodovědecké muzeum, Národní muzeum, Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 56-59, 3 obr.

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

Při studiu Novákovy knihovny, archivní pozůstalosti a mnoha dalších pramenů jsme zjistili zajímavé vazby rodiny Novákových a Nováka samotného na Berounsko. Kromě známé skutečnosti, že zemřel ve škole v Litni, objevili jsme záznamy o pobytu jeho rodičů v Nové Huti (Nižboru), doklady příbuzenského svazku s rodinou známého geologa ing. Karla Feistmantla, který působil ve Staré Huti (Hýskově) a podařilo se nám shromáždit mnoho informací, ilustrujících jeho život, jeho výzkum na Berounsku a vysvětlujících jeho vztah k Litni.

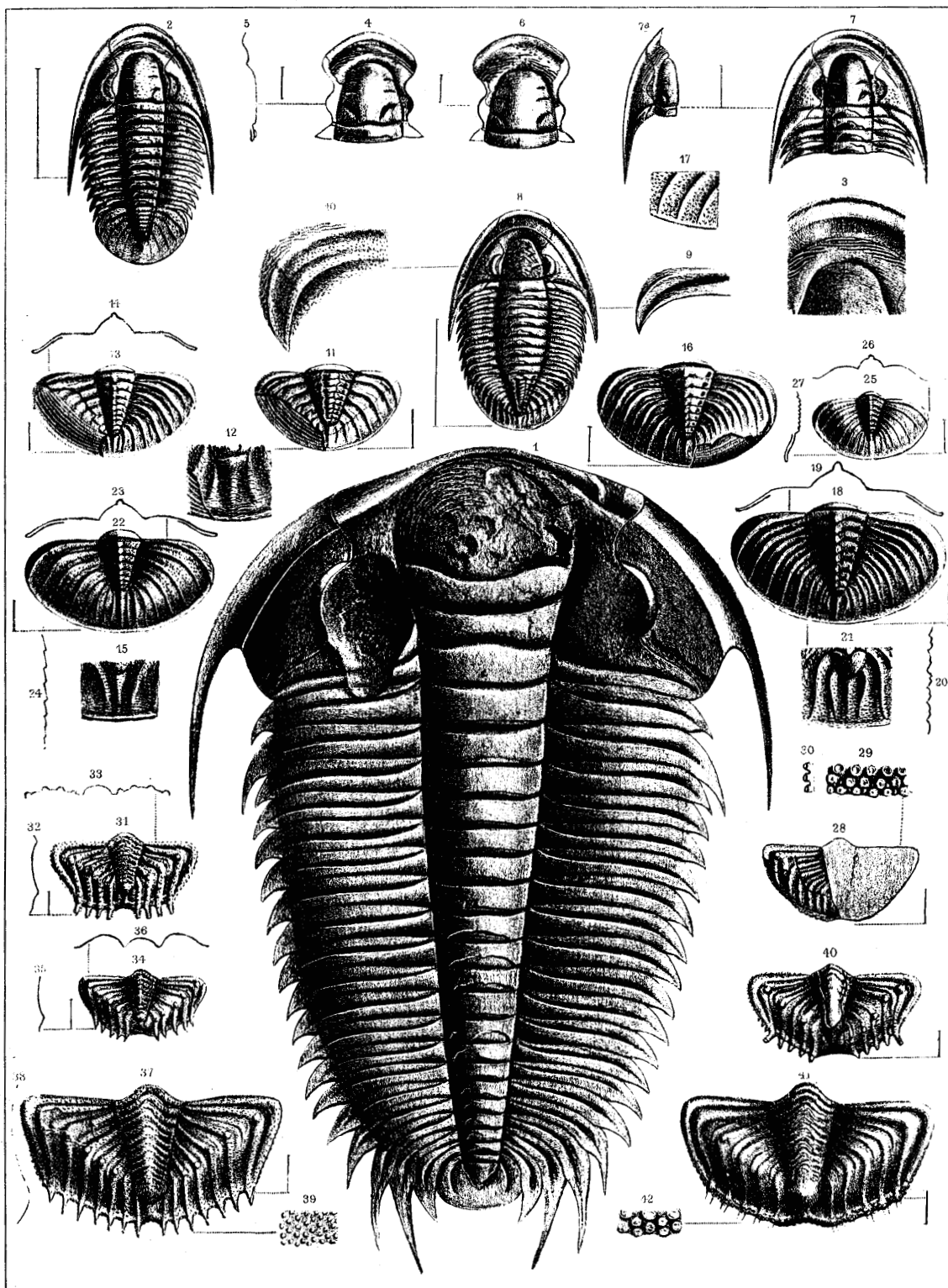
Podrobnější přehled výsledků našeho studia je publikován v 39. ročníku časopisu Muzejní a vlastivědná práce (Horný a Zdobnická, 2001).

2. Nová Huť (Nižbor)

Rodiče O. P. Nováka původně žili v Nové Huti (dnešním Nižboru), č.p. 39. Starý dům byl později přestavěn. Otec Jan, zaměstnaný jako kontrolor na fürstenberském panství, se narodil v Pustném mlýně na hostimském panství na

Syst. Silur de Bohême. Vol. I. Suppl. II.

Pl. 3.



O. Novák ad nat. delin. et lith. 1885.

Imp. Farský Prague.

Obr. 2. Novákova litografická tabule č. 3 z nepublikovaného druhého supplementu Barrandova díla *Système silurien du centre de la Bohême, Part I, Trilobites*. Archiv Národního muzea, Praha

Fig. 2. Novák's lithographic plate No. 3 from the unpublished second supplement of Barrande's *Système silurien du centre de la Bohême, Part I, Trilobites*. Archives of the National Museum, Prague

Znojmsku. Matka Aloisie, rozená Pipergróvá, byla poslední, pátou dcerou politického správce, který pocházel z Olešné u Komárova na Hořovicích. Novákovým se v Nové Huti narodily tři děti: Albína (Běla) (1846), Růžena (1848) a Bohumil (1849). Nedlouho po narození Bohumila se rodina přestěhovala do Hradce Králové, kde se 16. listopadu 1851 narodilo čtvrté dítě, Otomar Pravoslav (v německy, francouzsky a anglicky publikovaných pracích se v souladu s německým zápisem ve farní matrice psal Ottomar.) Další běh jeho života se odehrával v Hradci Králové a v Praze.

Novákovi se v Nové Huti jistě dobře znali s Karlem Feistmantlem, který byl ředitelem fürstenberských hutí. Při nějaké příležitosti - snad u Fürstenbergů nebo před narozením Albíny - se Karel Feistmantel seznámil s Novákovou sestřenicí Františkou Nechvátalovou, dcerou Novákovy sestry Kateřiny a Josefa Nechvátala, mlynáře z hostimského panství u Znojma. Dne 3. ledna 1846 je nacházíme oba zapsané pod číslem 85 ve Zkušební knize zasnubů snoubenců, farním dokumentu původně uloženém v Nové Huti (Nižboru) (nyní ve Státním okresním archivu Beroun), která měla na rozdíl od Staré Huti (Hýskova) kostel. 20. listopadu 1848 se narodil ve Staré Huti Otakar Feistmantel, významný český paleobotanik, který působil osm let v Kalkatě, popsal prvohorní flóru Indie a Tasmánie a později byl řádným profesorem na české technice v Praze.

Otakar Feistmantel byl tedy bratrancem Otomara Nováka, jak ostatně dokládají věnování vepsaná do vědeckých publikací, darovaných O. Novákovi, i oslovení v některých dopisech, zasílaných Novákovi z Kalkaty. V dopisech někdy Otomara žádá, aby „pozdravoval Albinu, Rozu a Bohumila, a také strejce a tetu“ - tedy Otomarovy sourozence a rodiče.

Vraťme se však ještě ke Karlu Feistmantlovi. Jako geolog a paleontolog se zajímal hlavně o zkamenělé rostlinstvo středoevropského karbonu a permu, ale věnoval se i mineralogii a petrologii. Znal se dobře s Joachimem Barrandem, jenž po něm pojmenoval ordovického ramenonožce *Lingula feistmanteli* (dnes *Hyperobolus feistmanteli*). Svým zájmem bezprostředně ovlivnil syna Otakara, a těžko pochybovat o tom, že by byl neměl - jako strýc - podobný vliv i na svého synovce. Otakar i Otomar vystudovali lékařskou fakultu, a oba se pak věnovali paleontologii.

3. Výzkum trilobitů

Ještě jako vysokoškolský student docházel Otomar Novák do českého muzea (Musea království Českého), tehdy umístěného v Nostickém paláci v ulici Na Příkopě. Přijal ho jako volontéra pozdější ředitel zoologických a paleontologických sbírek Antonín Frič, scházel se zde i v terénu s „otcem české geologie“ Janem Krejčím, a později - v roce 1873 - se stal prvním Fričovým asistentem. Frič mu ukládal práci se sbírkami - pořádat a určovat sběry mechovek ze Středozemního moře a sbírku trilobitů, tehdy zakoupenou od strahovského opata H. J. Zeidlera, a připravoval ho tak na budoucí vědeckou práci. Asi v roce 1874 ho představil Joachimovi Barrandovi. Barrande oceňoval jeho skromnost, jazykové znalosti, kreslířské nadání, znalost literatury, zkamenělin i terénu a považoval ho za svého žáka; později ho ustanovil za jednoho ze dvou pokračovatelů svého nedokončeného díla *Système silurien du centre de la Bohême*.

Novák si oblíbil trilobity - charakteristické zkameněliny z usazenin českých starších prvohor, zejména z útvarů ordovik, silur a devon. Svým studiem a sběry obohacoval Barrandovo dílo. Nejvíce ho na trilobitech upoutaly hypostomy, štůtky rozmanitého tvaru, které za života zvířete kryly ústní orgány. Zkamenělé se nacházejí buď volně nebo na svém původním místě na spodní straně hlavy, zpravidla u stočeného trilobita. Novák je intenzivně hledal v terénu - a proto se opět dostáváme na Berounsko. Právě zde, dokonce i v blízkosti Berouna, bylo tehdy v lůmcích a lomech mnoho nalezišť v silurských a devonských souvrstvích, odkud sběratelé četné zkameněliny včetně trilobitů získávali. Byly zde i jámy, vykopané „skalníky“, většinou bývalými dělníky z lomů, najatými sběrateli. Mnohé nechal kopat Joachim Barrande, ale některé pamatovaly Ignáce Havla (Hawle), berounského krajského, jehož sbírku později koupil Barrande.

V Novákových publikacích a rukopisech nacházíme důvěrně známá jména lokalit - Lištice, Tetín, Damil, Dlouhá hora, Králův Dvůr, Zahořany, Koněprusy, Měňany...

Novák se dobře znal se skalníky. Jak zapsal V. Plas (1952, 1970), jeden z nich, Tomáš Marek, mu kolem roku 1930 osobně sdělil, že po smrti Barranda sbíral pro prof. J. Krejčího a prof. Nováka, a dokonce byl přítomen smrti prof. Nováka v Litni. Vzájemné styky Nováka s Markem dokládá mimo jiné i dopis, který psal Novákovi profesor Krejčí z Vídně 1. dubna 1881. Žádal ho, aby pro anglického badatele T. Davidsona opatřil dva druhy ramenonožce *Merista*, od každého asi tak kopu, a aby pro ně do Koněprus poslal Tomáše Marka. Jako závdavek přiložil pět zlatek. Marek pocházel z Berouna a patřil mezi nejzkušenější a nejbystřejší skalníky, protože mnoho let pracoval pro Barranda.

V české studii o hypostomech, publikované v osmém ročníku časopisu „Vesmír“ z roku 1878, čteme s úžasem o množství celých trilobitů, které bylo možno tehdy - kolem roku 1870 - nasbírat. Dnes patří k ojedinělým vzácnostem. Nechme však promluvit autora:

„Obežřelým roztloukáním úplně stočených exemplářů podařilo se mi nalézt ret [= hypostom] při značné části trilobitů jmenovitě v horninách hlinitých. Takovým způsobem zjištěny byly rty od *Illeenus Wallenbergianus*, *Ill. Zeidleri*, *Dalmania Phillipsi* atd. Při horninách vápenitých, dutina skořápkou uzavřená, velmi často teprve pozdějším vykrystalizováním se vyplnila hmotou krystalickou. Při takovém pochodu ústroje, nalézající se v dutině této, se zničily a taktéž jen zřídka sledujeme hypostom v souvislosti se zvířetem samým. Tak má se to téměř u veškerých druhů trilobitů z bělavých vápenců od dlouhé Hory, jako jsou *Acidaspis Leonhardi*, *Harpes ungula*, *Cyphaspis Burmeisteri* atd., vyskytující se zde v úžasném množství. U velkého množství rozvěvených [= roztloučených] exemplářů možno pozorovati nitro vyplněno hlatěmi [= krystaly] velmi průsvitného vápence. Totéž pozoroval jsem i u trilobitů z bělavých vápenců Koněpruských, odkudž bylo velké množství stočených jednotlivců rozvěveno. V ohledu tom mnohem příznivější jsou nesnadno krystalující vápence pásma bránického. Rozevíráním stočených exemplářů ve vrstvách těch nadmíru hojně se vyskytujících druhů rodu *Phacops* podařilo se mi ret téměř u veškerých druhů nade vši pochybnost zjistiti.“ (Jména trilobitů byla ponechána v původním znění.)

Novák se dobře znal i s Martinem Duslem, berounským podnikatelem, který vlastnil nesmírně cennou sbírku vzácných nálezů, hlavně z okolí Berouna, a zpřístupňoval ji Novákovi ke studiu (např. křídlo karbonského rovnokřídlého hmyzu *Gryllacris* ze Stradonic). Dusl nejprve o prodeji sbírky českému muzeu uvažoval, ale jak vysvítá z dopisu profesora Krejčího, zasláného Novákovi z Vídně 17. března 1882, nakonec se rozhodl jinak. Sběrka nejasně skončila (v berounském Muzeu Českého krasu není doložena; Jančaříková 1998); částečně byla prodána do Vídně a částečně patrně rozdána (Vávra 1899, Hampl 1937, Topinka 2000), třebaže profesor Frič v roce 1907 ve „Vesmíru“ naléhavě nabádal, aby se stala základem místního muzea berounského okresu.

Druhou největší a nejcennější sbírkou fosilií z českých starších prvohor, především z území Českého krasu, byla po sbírce Barrandově sbírka Michala Šáryho, pražského majitele pivovaru. Šáry sbírku původně přislíbil českému muzeu, ale dědici ji nakonec prodali - přes odpor Friče, Krejčího a dalších osobností - do muzea v Harvardově univerzitě. Během roku 1882 prodával prof. Krejčí jako poslanec říšské rady ve Vídni, a v několika dopisech instruoval Nováka, jak zachránit toto bohatství české zemi. Nepodařilo se však z ní v Čechách zachovat ani Barrandovy originály. Nakonec bylo rozhodnuto, že sbírka bude v Cambridgi (USA) vybalena za přítomnosti Nováka, ale nakonec sešlo i z této Novákovy mise.

Fakta o Novákově zamýšlené cestě do USA nebyla až dosud známá, právě tak jako úvaha o přijetí asistentského místa u profesora C. F. Roemera ve Vratislavi (Wróclaw) v roce 1874. Ve snaze zlepšit si finanční situaci zamýšlel později Novák pracovat jako geolog a paleontolog ve Státním indickém geologickém ústavu v Kalkatě po Otakaru Feistmantlovi v roce 1883. O tomto vážně koncipovaném, avšak nenaplněném záměru existuje obsáhlá korespondence s Otakarem Feistmantlem z roku 1882.

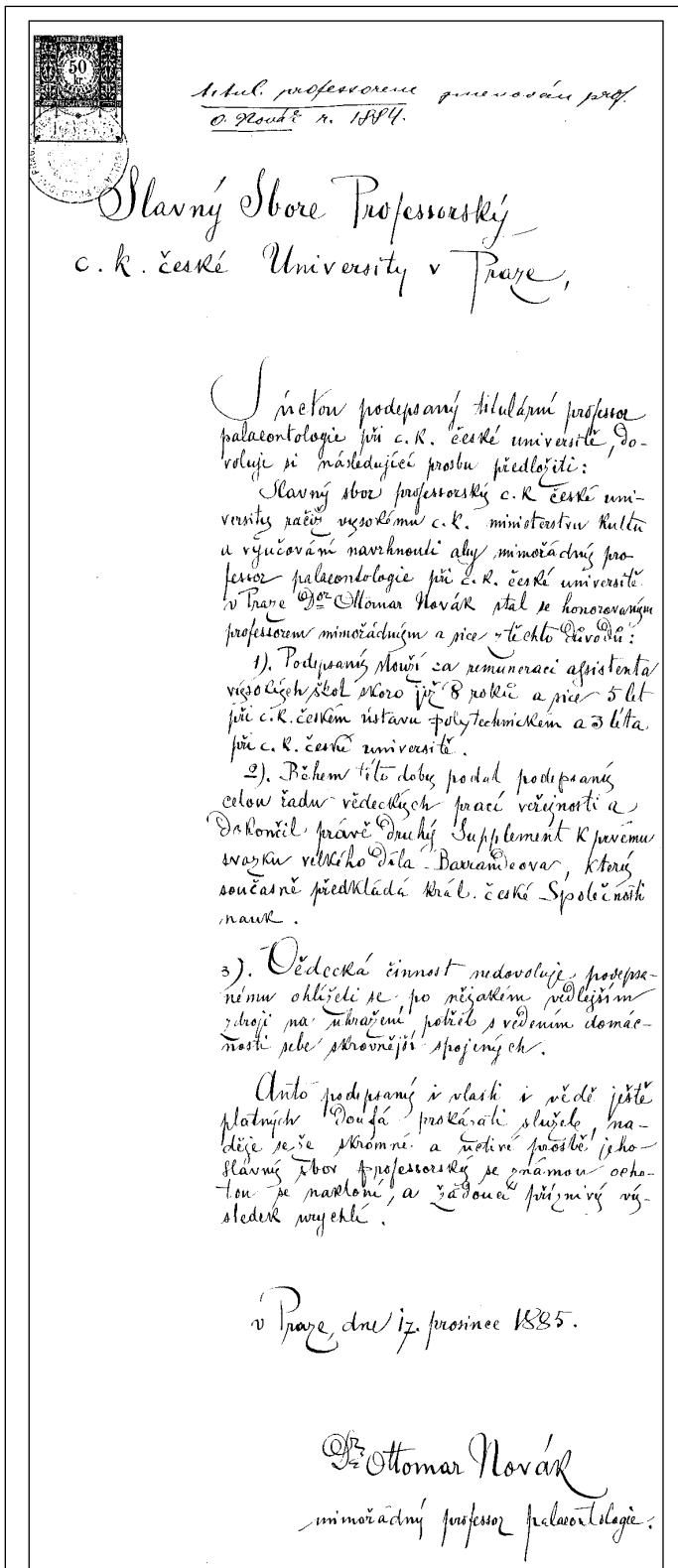
4. Liteň

Růžena, sestra Otomara Nováka, absolvovala v Praze pedagogickou školu a vyučovala ve vícece škole v Hořovicích. Na této škole tehdy působil učitel Jan Wilt, velmi schopný pedagog, který pocházel z mlýna pod Zbirohem. Roku 1877 se s Růženou Novákovou oženil, a ještě za pobytu v Hořovicích se jim narodil první syn, Pravoslav (1879). Od 1. ledna 1881 nastoupil Wilt na místo správce a později ředitele školy v Litni u Berouna. Velmi se zasloužil o její rozšíření a modernizaci. Založil i „Pamětní knihu školy obecné v Litni“, kam zapsal svůj podrobný životopis. V Litni se Wiltovým narodili synové Ivan (1882) a Hanuš (1888). Jan Wilt zastával funkci řídícího učitele až do pensionování v roce 1906, kdy se rodina přestěhovala do Prahy.

Růženin snátek otevřel Otakaru Novákovi netušenou možnost získat v Litni základnu pro paleontologické exkurze do terénu, zejména do blízkých lomů u Měňan a Koněprus. V rodině své sestry a švagra, kteří bydleli v přízemí školy, nacházel i útočiště před životními problémy a uchýlval se sem i později v době manželské krize a nemoci. Věřil, že prosluněná krajina na jižním okraji karlístejnské pahorkatiny může mít i blahodárný vliv na jeho zdraví, když pobyt v Itálii nepřinesly očekávané účinky.

Jak je naznačeno v různých biografických článcích, soukromý život Novákův nebyl šťastný. Trvalým problémem byl nedostatek finančních prostředků, neboť většinu ze svých asistentských a muzejních platů věnoval na výzkum, zahraniční studijní cesty a na úhradu nákladných litografických tabulí.

Po několik let se snažil získat placené profesorské místo na fakultě, což se stalo teprve po smrti profesora Krejčího v roce 1888, čtyři roky před smrtí. Jak se nám podařilo zjistit, Novák se po dosažení mimořádné profesury v roce 1884 oženil po několikaleté známosti s Eleonorou Fiedlerovou. V roce 1887 se jim narodila dcera Alena. Pracovní zaujetí, finanční nesnáze a zřejmě i pokračující nemoc manželství rozvrátily, takže v posledních letech většinou bydlel opět sám ve fakultním bytě ve Spálené ulici. Po jeho smrti se Alena stala univerzální dědičkou a jejím poručníkem Novákových švagrů, řídící učitel v Litni Jan Wilt. V „Pamětní knize školy obecné v Litni“ je zajímavý soubor podpisů,



Obr. 3. Novákova žádost o placenou mimořádnou profesuru ze 17. prosince 1885. Archiv Univerzity Karlovy, Praha

Fig. 3. Novák's request for professor in ordinary of December 17th, 1885. Archives of the Charles University, Prague

„Podpisy pánů hodnostářů školních a P. T. pánů hostů, kteří školu zdejší na-
vštívili, jakož i členů sboru učitelského zde působících“. Je mezi nimi i podpis
Běly Novákové, učitelky z Prahy, bohužel nedatovaný. Je možné, že je z červen-
ce 1892, kdy spolu se sestrou Růžnou a matkou ošetřovaly těžce nemocného
bratra (Štolc 1892).

Koncem března 1892 se profesor Novák vrátil z několikaměsíčního léčeb-
ného pobytu v Itálii, a jak píše Prantl (1951), „snad ještě churavější než před-
tím“. Stačil ještě podat žádost o rozvod, ale nedočkal se ani prvního stání.
Odjel do Litně. Traduje se, že ještě navštívil některá paleontologická naleziště;
posledním snad byly Barrandovy jámy nad Lištičí u Berouna, kam ho pravdě-
podobně doprovázel Tomáš Marek a odkud byl při záchvatu chřelí krve pře-
vezen do Litně. Pro to však již nemáme důkazy.

Záznam o úmrtí a pohřbu profesora Nováka od řídícího učitele Wilta,
Novákova švagra, je zanesen v „Pamětní knize školy obecné v Litni“ v zápise
o průběhu roku 1892 na straně 147: „Dne 28. m. července r. 1892 zemřel ve
škole po delší nemoci v 41. roce věku svého neduhem plicním p. Otomara
Novák, doktor fil., řádný profesor geologie a paleontologie při c. k. české uni-
versitě Karlo-Ferdinandské v Praze atd., který zde meškal u svého švakra, říd.
učitele za příčinou svého zotavení. Velmi skvělý pohřeb zesnulého, jehož
súčastnilo se mnoho profesorů, učenců a učitelů vůkolních konal se dne
31. července 1892., a tělesná schránka jeho uložena na místním hřbitově
k věčnému odpočinku.“ K tomuto odstavci později Wilt připsal marginální
poznámku: „Dne 30./7. 94 postavena na rov jeho náhrobní deska jeho matkou
a sestrou.“

Je velmi pravděpodobné, že posledním chvílím Otomara Nováka byl přito-
men i jeho velký přítel a příznivec, v té době děkan filozofické fakulty, profe-
sor Karel Vrba. Odeslal totiž 28. července v 21.00 hodin večer z Lochovic na
děkanát v Celetné ulici telegram, který je uložen v Archivu Karlovy univerzity.
Přijímající úředník v Praze zaznamenal však jako datum odeslání 29. červenec,
a to se pak objevilo na fakultním úmrtním oznámení i v jiných dokumentech
jako chybné datum úmrtí.

Literatura:

- Frič, A. (1907): Sbírání silurských zkamenělin v Čechách. - *Vesmír*, 36: 113, 114.
- Hampl, F. (1899): *Mezi berounskými branami*. - Osvěta: 1-119. Praha.
- Horný, R., Zdobnická, N. (2001): 150 let od narození Otomara P. Nováka, muzejníka, pedagoga a mimořádně nadaného paleontologa. - *Muz. vlastivěd. Práce*, 39: 95-111.
- Jančaříková, I. (1998): Historie berounského muzea s přihlédnutím ke geo-
logickým sbírkám. - *Čes. Kras*, 24: 5, 6.
- Kafka, J. (1892): Prof. Dr. Otomara Novák. - *Vesmír*, 21: 257, 258.
- Kettner, R. (1931): Vývoj české přírodovědy. - L. Viniklár (Ed.): *Přírodově-
decký klub*: 145. Praha.
- Kettner, R. (1967): Otomara Pravoslav Novák (1851-1892). - *Čas. Mineral.
Geol.*, 12: 360, 361.
- Kořenský, J. (1899): III. Geologie. 2. Útvar silurský. - F. Hansl (Ed.): *Smí-
chovsko a Zbraslavsko*: 42. Praha.
- Plas, V. (1952): Jeden z bezejmenných. - *Vesmír*, 31: 24.
- Plas, V. (1970): Joachim Barrande in the field. - *Čas. Mineral. Geol.*,
15: 59-63.
- Prantl, F. (1951): Sté výročí narození Prof. Dr. Otomara Nováka. - *Čas. Nár.
Muz., Ř. přírodověd.*, 120: 85-90.
- Purkyně, C. (1892): Prof. Dr. Otomara Novák. - *Živa*, 2: 317-319.
- Štolc, A. (1890): Profesor dr. Otomara Novák. - *Zlatá Praha*, 7: 190.
- Štolc, A. (1892): Prof. Dr. Otomara Novák. - *Světovzor*, 26: 456.
- Topinka, J. (2000): Sága rodu Dušů. - *Čes. Kras*, 26: 56-58.
- Vávra, J. (1899): *Paměti královského města Berouna*. - Tiskem A. Čistec-
kého, nákladem E. Hojky: 1-422. Beroun.

Bosákovy abrahámoviny (Bosákoviny)

Irena Jančaříková¹

Ano přátelé, je to tak! Nenechme se zmást Pavlovým mladistvým vzhledem a neutuchajícím elánem. Ve skutečnosti je to již ctihodný kmet! Narodil se v Praze dne 14. srpna 1951. Absolvování mateřské školy, základní školy, střední školy i autoškoly v Praze proběhlo celkem v poklidu a není na něm nic pozoruhodného. Teprve po absolvování katedry geologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze v roce 1974 se Pavel začal velmi intenzivně a velmi úspěšně věnovat geologii. V letech 1974-1978 působil jako aspirant na katedře geologie PŘF UK. V roce 1976 získal titul RNDr. Roku 1978 se stal asistentem v Geologickém ústavu ČSAV v Praze, roku 1979 ve Státní knihovně a v letech 1980-1981 v Geologické knihovně Karlovy Univerzity. Poměrně nadlouho (1982-1992) zakotvil Pavel jako výzkumný pracovník v Geoindustrii GMS Praha. V roce 1982 získal titul CSc. V letech 1992-1994 působil v GMS a.s. Praha nejprve jako vedoucí výzkumný pracovník, později jako manažer průzkumu. V letech 1994-1996 byl Pavel tzv. na volné noze coby soukromý konzultant. Od roku 1996 dosud řediteluje v Geologickém ústavu AV ČR v Praze. V roce 1998 získal ve Varšavě titul dr. hab., který mu byl v ČR uznán jako DrSc.

RNDr. Pavel Bosák, DrSc. je odborníkem zejména v oblasti karsologie a sedimentologie. Konkrétně se zabývá problémy karsologie a paleokarsologie, geologie a vývoje krasu, krasové geomorfologie, petrologie a sedimentologie karbonátových hornin, sedimentologie terestrických a mořských siliciklastik, bazénové analýzy, geomorfologie, životního prostředí, ochrany přírody, přírodních surovin a zdrojů a jejich využití a ochrany. Pavel je spoluzakladatelem paleokarsologie jako samostatného vědního oboru v rámci karsologie a speleologie.

Činnost Pavla Bosáka je skutečně neuvěřitelná. Podílel se na zpracování celkem 35 projektů u nás i v zahraničí. Z toho 7 projektů se týká oblasti Českého krasu. Je to zejména geologické a karsologické vyhodnocení těžby vápenců ve Velkolomu Čertovy schody a přepočty zásob vápenců v koněpruské oblasti. V lomu Čerínka-západ potom probíhal projekt zaměřený na geologický průzkum vápenců a na karsologii. Kromě Českého krasu působí Pavel také v Moravském krasu, na Děčínsku, na Mělnicku, na Pálavě, na Tišnovsku, ve strážském bloku, v krkonošsko-jizerské oblasti, ve svratecké klenbě aj. Co se týče zahraničních projektů, pracoval či pracuje Pavel na Slovensku, ve Slovinsku, na Bahamách, v Iránu, Libyi, Francii, v bývalém SSSR a v Polsku.

Není divu, že své bohaté zkušenosti a nabyté poznatky předává prostřednictvím přednášek studentům přírodovědecké fakulty UK v Praze. Pozoruhodné jsou zejména jeho výběrové přednášky „Základy karsologie a paleokarsologie“ a „Pánevová analýza“.

Pavel Bosák je právem považován za vynikajícího experta v oblasti karsologie, kde se angažuje po stránce vědecké i organizační. V jeskyňářském hnutí působí od pradávna, od roku 1966. Je zakládajícím členem České speleologické společnosti (ČSS) v roce 1978. Zde také od počátku pracuje jako místopředseda ústřední odborné komise vědecké.

Od roku 1989 je členem představenstva ČSS. Za svou činnost byl oceněn stříbrnou medailí ČSS. Pavel aktivně působí i v Mezinárodní speleologické unii (UIS), kde byl v roce 1993 zvolen generálním tajemníkem. V UIS pracoval Pavel také jako prezident komise pro paleokras a speleochronologii a jako člen komise pro fyziku, chemii a hydrogeologii krasu. Pavel je i dopisujícím členem Mezinárodní geografické unie. V neposlední řadě je jubilant ještě členem National Speleological Society, U.S.A., členem České geologické společnosti a členem vědecké rady Přírodovědecké fakulty Masarykovy Univerzity v Brně.

Poměrně kuriózním a málo známým faktem je, že Pavel získal v roce 1999 čestné občanství města Samchok v Korei.

Ve výčtu Bosákovy činnosti nelze opomenout jeho členství celkem v osmi redakčních radách. Pavel je členem redakční rady sborníku Český kras od založení v roce 1976 a editorem od roku 1998. Od roku 1994 je členem redakční rady mezinárodního časopisu International Journal of Speleology. Jako vedoucí redaktor působí od roku 1993 v informačním bulletinu Mezinárodní speleologické unie, který má název UIS Bulletin. V roce 2000 se stal členem redakční rady polského recenzovaného časopisu Geologos. Jako vedoucí redaktor působil v mezinárodním časopise Československý kras publikovaném Českou speleologickou společností. V roce 1990 bylo vydávání Československého krasu přerušeno. Stejně tak se od roku 1990 nevydává v Brně mezinárodní časopis Studia Carsologica, kde byl Pavel členem redakční rady. Od založení zpravodaje ČSS s názvem Speleo v roce 1990 působí Pavel



P. Bosák na konferenci 7th International Cave Bear Symposium (Trieste - Opicina)

Foto: Dott. Ruggiero Calligaris (Museo Civico Di Storia Naturale, Trieste), říjen 2001

v jeho redakční radě. V letech 1996-1998 byl členem redakční rady GeoLines, vydávaného Geologickým ústavem AV ČR.

Bosákova činnost publikační je vskutku neuvěřitelná. Je autorem či spoluautorem 341 prací a 227 nepublikovaných výzkumných a průzkumných zpráv, 20 prací má nyní v tisku. V závěru příspěvku je uvedena bibliografie nejvýznamnějších prací.

Z výše uvedeného výčtu Bosákovy aktivity je zřejmé, že Pavel rozhodně není použitelný jako vzorek typického českého muže sedícího v bačkorách s pivem v ruce u televize. Tím samozřejmě není vůbec řečeno, že by se alkohol ani nedotkl. Chci jen naznačit, že Pavla lze považovat za těžkého workoholika. Nejvýstižněji Bosáka charakterizoval V. Cílek, když o něm prohlásil, že to je „velký malý muž“.

Závěrem ještě musím uvést osobní vzpomínku na Pavla Bosáka, která mě snad alespoň trochu opravňuje k napsání tohoto příspěvku. V roce 1986 jsme s manželkou Tondou vyrazili do španělské Barcelony, kde se konal Mezinárodní

¹ Muzeum Českého krasu, 266 01 Beroun čp. 88,

E-mail: irena.jancarikova @ cbox.cz

Čes. kras (Beroun), 27 (2001), 60-63, 1 foto

ISSN 1211-1643

ISBN 80-902098-5-8

speleologický kongres. Byla to zároveň naše svatební cesta. Autem nás doprovodil právě Pavel Bosák s Pepou Ryšavým. A tak se stalo, že jsem Pavla blíže poznala na svatební cestě. Od té doby na něj nedám dopustit. Je velmi milý, vtipný, chytrý, pohotový a hodný.

Drahý oslavenče, k Tvým narozeninám Ti všichni přejeme, aby Tvůj dosa-
vadní úspěšný život pokračoval ještě úspěšněji, aby se Ti splnila všechna přání,
aby Ti sloužilo zdravíčko, a aby ses ještě dlouho a dlouho mohl věnovat své
oblíbené práci a milované rodině.

Vybraná bibliografie:

- Bosák P. (1971): Kalcit nebo aragonit. - *Krasový sbor.*, 4: 53. Praha.
- Bosák P. (1975): Krasové jevy na kopci Květnice u Tišnova. - *Stalagmit*, 2: 3-4. Praha.
- Bosák P. (1976): Krasové jevy Horského Krymu. - *Čes. kras (Beroun)*, 1: 85-88.
- Bosák P. (1976): Několik zajímavých krápníkových útvarů ze Zlatého koně (výsledky analys rentgenogramů, DTA a infračervené spektrografie). - *Krasový sbor.*, 5: 50-53. Praha.
- Bosák P. (1977): Aplikace prostorového znázornění jeskyní metodou vertikálních vrstevnic. - *Čs. kras*, 29: 122-124. Praha.
- Bosák P. (1977): Spodnokřídový fosilní kras v Evropě. - *Čes. kras (Beroun)*, 2: 59-64.
- Bosák P. (1978): Geneza i wiek warstw rudických w Krasie Morawskim (CSRS). - *Kras i Speleol.*, 2(11): 27-37. Katowice.
- Bosák P. (1978): Rudická plošina v Moravském krasu-část III. Petrografie a diagenese karbonátů a silicitů jurského reliktu u Olomučan. - *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 63: 7-28. Brno.
- Bosák P. (1978): Výplně krasových dutin svrchní etáže lomu V Kozle u Srbska (předběžná zpráva). - *Čes. kras (Beroun)*, 3: 51-56.
- Bosák P. (1980): Krasové jevy v okolí obce Čebín na Tišnovsku a jejich stáří. - *Čs. kras*, 30 (1978): 125-128. Praha.
- Bosák P. (1980): Pozycja stratigraficzna osadów w Sali Lwa w Jaskini Niedzwiedziej w Kletnie (Sudety). - *Kras i speleol.*, 3(12): 81-90. Katowice.
- Bosák P. (1980): Spodnokřídový fosilní kras Rudické plošiny v Moravském krasu. - *Čs. kras*, 31 (1979): 57-67. Praha.
- Bosák P. (1980): Úloha vlastností karbonátových hornin na proces krasové-
ní. - *Čes. kras (Beroun)*, 5: 47-54.
- Bosák P. (1980): Zloza kopalín užitkových obszarów weglanowych zwi-
azane ze zjawiskami krasowymi. - *Kras i speleol.*, 3 (12): 81-90. Katowice.
- Bosák P. (1981): The development of the Lower Cretaceous karst. A com-
parison with the plate tectonics. - *Proc. 8th. Int. Speleol. Congr., Bowling
Green*, I: 170-173.
- Bosák P. (1981): The Lower Cretaceous paleokarst in the Moravian Karst
(Czechoslovakia). - *Proc. 8th Int. Speleol. Congr., Bowling Green*, I: 164-166.
- Bosák P. (1981): Terminologie a studium starých krasových jevů. - *Čes. kras
(Beroun)*, 6: 58-66.
- Bosák P. (1982): Kras hřbetu Karžantau (z. Tjan-šan) v jižním Kazachstánu
(Střední Asie, SSSR). - *Stalagmit*, 3-4: 1-2. Praha.
- Bosák P. (1982): Krasové jevy v okolí města Zellah (Libye). - *Stalagmit*,
3-4: 3-4. Praha.
- Bosák P. (1982): Příspěvek k poznání geneze keříčkovitých karbonátových
krystalů - jeskynních antoditů. - *Čes. kras (Beroun)*, 7: 15-22.
- Bosák P. (1983): Late Quaternary sediments in the Niedzwiedzia Cave in
Kletno (Sudetes, Poland). - *Proc. Eur. Reg. Conf. Speleol.*, 2: 21-25. Sofia.
- Bosák P. (1983): *New Trends in Speleology. Excursion Guide.* - ČSVTS-ČSS: 1-32. Praha.
- Bosák P. (1983): Palinspastická rekonstrukce sedimentačního prostoru
devonu tišnovských brunnid. - *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 58, 6: 341-348. Praha.
- Bosák P. (1983): Polycyclic development of karst phenomena in the Tišnov
area (Western Moravia, Czechoslovakia). - *Proc. Eur. Reg. Conf. Speleo.*, 2: 253-
256. Sofia.
- Bosák P. (1983): Doc. RNDr. Vladimír Náprstek, CSc. šedesátiletý. -
Univ. Zpr., 3: 63-64. Praha.
- Bosák P. (1984): Fosilní a paleokrasové jevy - terminologie. - in P. Bosák
(Ed.): *Sborník prací ke 100. výročí narození Jaroslava Petrboha*, Stalagmit:
38-39. Praha.
- Bosák P. (Ed.; 1984): Krasové jevy vrchu Turolu u Mikulova. - *Stud. ČSAV*,
5: 1-108. Praha.
- Bosák P. (1984): *New Trends in Speleology. Excursion Guide - Moravian
Karst.* - Čes. speleol. spol., ČSVTS ÚGG ČSAV: 1-39. Praha.
- Bosák P. (1984): Organická hmota v devonských karbonátových horninách

na Tišnovsku. - *Čas. Mineral. Geol.*, 29, 1: 41-52. Praha.

- Bosák P. (1985): Periody a fáze krasování v Českém krasu. - *Čes. kras
(Beroun)*, 11: 36-55.
- Bosák P. (1986): Hydrothermal and Superficial Paleokarst of the Oshskie
Gorki Area (Kirghizia, USSR). - *Com. 9 Congr. Int. Espeleol.*, 1: 198. Barce-
lona.
- Bosák P. (1986): Karst of the Karzhantau Ridge (Western Tchien-Shan
USSR). - *Com. 9 Congr. Int. Espeleol., España 1986*, 1: 178. Barcelona.
- Bosák P. (1986): Turkestán-Alaj '84. - *Speleofórum*, Sbor. Ref.: 4. Brno.
- Bosák P. (1986): Výsledky komplexního výzkumu Kolowratovy štoly na vápe-
nec u Lorety (okres Klatovy). - *Stalagmit*, 1-2 (1983): 5-6. Praha.
- Bosák P. (1987): Paleokras - klíč k paleogeografii a stratigrafii kontinentál-
ních period. - 3. *Pracovní Sem. z paleoekologie. Sbor. Konf.*: 2-14. Kat. geol.
paleontol. Přírodověd. fak. UJEP. Brno.
- Bosák P. (Ed.; 1988): *Jeskyňářství v teorii a praxi.* - Stát. zeměd. nakl.:
1-216. Praha.
- Bosák P. (1989): *Bohemian Karst.* - Pre-Congress Field Trip Guide of the
10th International Congress of Speleology 1989, Czechoslovakia, August 6-13,
1989: 4-16. Inst. Geogr. Cs. Acad. Sci. and Czech Speleol. Soc. Brno.
- Bosák P. (1989): Mountainous karst of the Karzhantau Ridge (southern
Kazakhstan, USSR): Phenomena and Development. - *Problemy kompleksnogo
izučeniya karsta gornych stran. Sbor. Mater. mežd. Simp. speleologov, SSSR,
Tbilisi - Cchaltubo - Suchumi, 5-12.X.1987*: 99-102. Mecniereba. Tbilisi.
- Bosák P. (1989): Osady czwartorzędowe jaskini. - in A. Jahn, S. Kozłowski,
T. Wiszniowska (Eds.): *Jaskinia Niedzwiedzia w Kletnie. Badania i udo-
stepnianie*: 241-254. Ossolineum. Wrocław.
- Bosák P. (Red.; 1989): Sborník příspěvků. Vědecký program 2. sjezdu České
speleologické společnosti. - *Knih. Čes. speleol. spol.*, 13: 1-67. Praha.
- Bosák P. (1989): Scientific programme of the Czech speleological society. -
Czech Speleological Society 1986-1989: 7-9. Praha.
- Bosák P. (1989): Sedimenty profilu v lomu Kletno III (Masív Králického
Sněžníku, Polsko). - *Čs. kras*, 40: 81-89. Praha.
- Bosák P. (1990): Paleokarst - A key to paleogeography and stratigraphy of
continental periods. - *Proc. 10th Int. Congr. Speleol.*, III: 716-718. Budapest.
- Bosák P. (1990): Revizní návštěva lokality Holštejnská jeskyně a přilehlých
prostor systému. - *Speleo (Praha)*, 2: 33-35.
- Bosák P. (1990): Tropical paleokarst of the Bohemian Massif in
Czechoslovakia. - *Stud. Carsol.*, 3: 19-26. Brno.
- Bosák P. (1991): 'Ayn az Zayanah a Al Kuwayfiah - největší známý krasový
systém v Libyi. - *Speleo (Praha)*, 6: 27.
- Bosák P. (1991): General characteristics of the karst of the Bohemian Massif
in Czechoslovakia. - *Newsletter, IGCP Project 299*: 29-30. Inst. Karst Geol.
Guilin.
- Bosák P. (1991): Jurassic tower paleokarst in the Southern Kirghizia (USS).
- *Stud. Carsol.*, 4: 5-13. Brno.
- Bosák P. (1991): Karst periods and tectonics: the Bohemian Massif of
Czechoslovakia. - *Terra Abs.*, 3, 1: 238. Oxford.
- Bosák P. (1991): Kolowrat Gallery: An Unique Underground Limestone Mine
near Loreta, West Bohemia. - *3rd Int. Symp. Underground Quarries, Napoli
Castel dell'Ovo 10-14 July 1991. Programma*: 24. Napoli.
- Bosák P. (1991): Phreatic cave system of the Blížná graphite deposit, South
Bohemia, Czechoslovakia. - *Stud. Carsol.*, 5: 7-35. Brno.
- Bosák P. (1992): Litologie rozpustných hornin. - in J. Příbýl a kol.: *Základy
karsologie a speleologie*: 37-42. Academia. Praha.
- Bosák P. (1992): Radim Kettner a kras. - *Čes. kras (Beroun)*, 17: 52-54.
- Bosák P. (1993): Bohemian Karst. - *Bohemia Subterranea. The review of
localities, 22.-28th August 1993 Prague*: 7-17. Čes. speleol. spol. Praha.
- Bosák P. (1993): Karst phenomena in the Bandar-e Khamir area, SE Iran. -
Knih. Čes. speleol. spol., 21 (Karst sediments. The fossil record of climate
oscillations and environmental changes): 74-78. Praha.
- Bosák P. (1993): Paleokras v líšském souvrství měnské pánve? - *Knih. Čes.
speleol. spol.*, 21 (Karst sediments. The fossil record of climate oscillations
and environmental changes): 82-83. Praha.
- Bosák P. (1993): Předběžné výsledky hodnocení zkrasování v koněpruské
oblasti. - *Čes. kras (Beroun)*, 18: 14-20.
- Bosák P. (1993): Salt karst in Zagros Fold Belt (SE Iran) (abs.). - *Proc. XI.
Int. Congr. Speleol.*: 9. Beijing.
- Bosák P. (1993): Vývoj krasu na ložisku Tjuja-Mujun v Kyrgyzstánu. - *Knih.
Čes. speleol. spol.*, 21 (Karst sediments. The fossil record of climate oscillati-
ons and environmental changes): 61-68. Praha.
- Bosák P. (1994): Nový pohled na vznik krasových jevů Horní Moravy. - in
J. Řehák, Ed.: *Kras Sudet, IV. symposium o krasu krkonošsko-jesenické
soustavy*. Knih. Čes. speleol. spol., 24: 55-59. Praha.

- Bosák P. (1994): Kolowrat Gallery: An unique underground limestone mine near Loreta, West Bohemia. - *Atti 3rd Int. Sympos. on Underground Quarries*: 226-229. Club Alpino Ital., Soc. Speleol. Ital. Napoli.
- Bosák P. (1994): Několik poznámek k vývoji tvarů chodeb ve Tvarožných děrách. - in J. Řehák, Ed.: *Kras Sudet, IV. sympozium o krasu krkonošsko-jesenické soustavy*. Knih. Čes. speleol. spol., 24: 65-67. Praha.
- Bosák P. (1994): Nové geologické struktury ve VČS-východ. - *Čes. kras (Beroun)*, 19: 37-39.
- Bosák P. (1995): The Město Coal Basin: Problems of Correlations in Hidden Basins (Central Bohemian Coal Basins, Czech Republic). - *Europ. Coal Conf., Prague 1995, Abstracts*: 7. Fac. Sci. Charles Univ., Czech Geol. Surv., Geol. Soc. London. Praha.
- Bosák P. (1995): Některé výsledky vyhodnocení vrtných prací v oblasti lomu Čerínka (Český kras). - *Čes. kras (Beroun)*, 21: 27-33.
- Bosák P. (1995): Paleokarst of the Bohemian Massif in the Czech Republic: Short review. - *Acta Carsol.*, 24: 109-121. Ljubljana.
- Bosák P. (1996): The evolution of karst and caves in the Koněprusy region (Bohemian Karst, Czech Republic) and paleohydrologic model. - *Acta Carsol.*, 25: 57-67. Ljubljana.
- Bosák P. (1996): Vývoj krasu a jeskyně v koněpruské oblasti a paleohydrologický model (Český kras, Česká republika). - *Čes. kras (Beroun)*, 22: 15-22.
- Bosák P. (1997): Pseudokrasový fenomén: esej o mé nejistotě. - in L. Stárka, D. Bílková (Eds.): *Pseudokrasové jevy v horninách České křídové pánve. Sborník příspěvků ze semináře*: 1-2. AOPK. Praha.
- Bosák P. (1997): Paleokarst of the Bohemian Massif in the Czech Republic: an overview and synthesis. - *Int. J. Speleol.*, 24 (1995), 1-2: 3-40.
- Bosák P. (1997): Poznámky k morfologii širšího okolí Koněprus (Český kras, Česká republika). - *Čes. kras (Beroun)*, 23: 19-32.
- Bosák P. (1998): The evolution of karst and caves in the Koněprusy region (Bohemian Karst, Czech Republic), part II: hydrothermal paleokarst. - *Acta Carsol.*, XXVII/2, 3: 41-61. Ljubljana.
- Bosák P. (1998): Projevy předkřídového krasování (karbon-cenoman) v Barrandienu (Česká republika). - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 56-59.
- Bosák P. (1998): Variský hydrotermální paleokras a kalcitové žíly ve Velkolomu Čertovy schody-východ (Český kras, Česká republika). - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 60-64.
- Bosák P. (Ed., 2000): *Excursion Guide. Climate Changes-The Karst Record II. Pre-Conference Excursion: Moravian Karst and North Moravian Karst*. - Inst. Geol., Acad. Sci. CR: 1-60. Praha.
- Bosák P., Bílková D., Stárka L. (1995): Karsologické členění ČR. - in V. Čílek (Ed.): *Svět v podzemí. Sbor. příspěvků z 1. Nár. speleol. kongr. ČSS v Jedovnicích*, 25.-27.11.94. Knih. Čes. speleol. spol., 25: 14-18. Praha.
- Bosák P., Bruthans J., Fillippi M., Svoboda T., Šmíd J. (1999): Karst and caves in salt diapirs, SE Zagros Mts., Islamic Republic of Iran. - *Acta Carsologica*, 28/2, 2: 41-75. Ljubljana.
- Bosák P., Bruthans J., Fillippi M., Svoboda T., Šmíd J. (1999): Solný kras v jv. Zagrosu, Írán. - *Speleofórum* 99: 41-46. Čes. speleol. spol. Praha.
- Bosák P., Čílek V., Bednářová J. (1993): Tertiary morphogeny and karstogenesis of the Bohemian Karst. - *Knih. Čes. speleol. spol.*, 21 (Karst Sediments. The fossil record of climate oscillations and environmental changes): 10-19. Praha.
- Bosák P., Čílek V., Tipková J. (1992): Le Karst de Bohême au Tertiaire. - in J.-N. Salomon et R. Maire (Eds.): *Karsts et évolutions climatiques*: 401-410. Presses Universitaires de Bordeaux. Talence.
- Bosák P., Čadek J., Horáček I., Tůma S., Ulrych J., (1983): The development of the Na Turoldu Cave (Southern Moravia, Czechoslovakia). - *Proc. Eur. Reg. Conf. Speleol.*, 2: 247-252. Sofia.
- Bosák P., Demek J., Horáček I. (1981): Fossilní kras. - *Stalaktit, Mimořádná Příl.*, 1/81: 1-15. Praha.
- Bosák P., Ford D.C., Glazek J., Horáček I. (Eds.; 1989): *Paleokarst. A Systematic and Regional Review*. - Elsevier - Academia: 1-728. Amsterdam-Praha.
- Bosák P., Glazek J., Gradzinski, Wójcik Z. (1978): Problemy genezy i wieku osadów typu rudického wypełniających kopalne formy krasowe. - *Kras i Speleol.*, 2(11): 11-15. Katowice.
- Bosák P., Glazek J., Gradzinski R., Wójcik Z. (1979): Genesis and age of sediments of the Rudice type in fossil-karst depressions. - *Čas. Mineral. Geol.*, 24, 2: 147-154. Praha.
- Bosák P., Glazek J., Horáček I., Szykiewicz A. (1982): New locality of Early Pleistocene vertebrates - Zabia Cave at Podlesice, Central Poland. - *Acta Geol. Polon.*, 32, 3-4: 217-226. Warszawa.
- Bosák P., Hladil J., Otava J., Panoš V. (1989): *Moravian Karst*. - Pre-Congress Field Trip Guide of the 10th International Congress of Speleology 1989, Czechoslovakia, August 6-13, 1989: 19-31. Inst. Geogr. Cs. Acad. Sci. and Czech Speleol. Soc. Brno.
- Bosák P., Horáček I. (1981): The investigation of old karst phenomena of the Bohemian Massif in Czechoslovakia. A preliminary regional evaluation. - *Proc. 8th Int. Speleo. Congr., Bowling Green*, 1: 167-169.
- Bosák P., Horáček I. (1982): Kwartérní sedimenty jeskyně Niedzwiedzia v Kletně (Polsko). - *Čs. kras*, 33: 79-89. Praha.
- Bosák P., Horáček I., Sýkora J., Tůma S. (1985): Krasové jevy hřbetu Karžantau (západní Tan-Šan, jižní Kazachstán). - *Čs. kras*, 36: 85-96. Praha.
- Bosák P., Horušícký R. (1977): Současný stav výzkumu krasových jevů Ještědského hřbetu. - *Čs. kras*, 29: 47-52. Praha.
- Bosák P., Hýšek J. (1994): Petrologie sedimentů Mramorového lomu a Tvarožných děr. - in J. Řehák, Ed.: *Kras Sudet, IV. sympozium o krasu krkonošsko-jesenické soustavy*. Knih. Čes. speleol. spol., 24: 67-76. Praha.
- Bosák P., Hýšek J. (1994): Přikrytý kras v Mramorovém lomu: model vývoje. - in J. Řehák, Ed.: *Kras Sudet, IV. sympozium o krasu krkonošsko-jesenické soustavy*. Knih. Čes. speleol. spol., 24: 59-64. Praha.
- Bosák P., Jančařík A. (1986): *Krasová turistika*. - Učební text pro cvičitele III. a II. třídy. Tělovýchovná škola ČUV ČSTV. Olympia: 1-156. Praha.
- Bosák P., Jaroš J., Spudil J., Sulovský P., Václavěk V. (1998): Salt Plugs in the Eastern Zagros, Iran: Results of Regional Geological Reconnaissance. - *Geolines (Praha)*, 7: 1-178.
- Bosák P., Kadlec J., Otava J., Polák P., Vít J. (1999): *Exkurzní průvodce, Moravský kras, Česká republika. Excursion Guide, Moravian Karst, Czech Republic*. - Čes. speleol. spol: 1-55+1-55. Praha.
- Bosák P., Koroš I. (1991): Mining versus karst hydrogeology: Václav graphite mine near Bližná, South Bohemia, Czechoslovakia. - *Proc. Int. Conf. Environmental Changes in Karst Areas - I.G.U.- U.I.S. - Italy 15-27 Sept. 1991*. Quad. Dip. Geogr., 13: 177-183. Padova.
- Bosák P., Lysenko V. (1989): The evolution of the Bohemian Karst. - *Proc. 10th Int. Congr. Speleol.*, II: 688. Budapest.
- Bosák P., Mihevc A., Pruner P., Melka K., Venhodová D., Langrová A. (1999): Cave fill in the Črnotiče Quarry, SW Slovenia: Palaeomagnetic, mineralogical and geochemical study. - *Acta Carsol.*, 28/2, 2: 15-39. Ljubljana.
- Bosák P., Nekovář Č. (1977): Příspěvek k problematice "brumovid" ve svratecké klenbě. - *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 62: 31-42. Brno.
- Bosák P., Nekovář Č. (1980): Drobné krasové jevy v krystalických vápencích u Lysic na Moravě. - *Čs. kras*, 30 (1978): 123-125. Praha.
- Bosák P., Nekovář Č. (1982): Pobřežní krasové jevy neogénního stáří od Zbraslavce - okres Blansko. - *Čs. kras*, 33: 103-104. Praha.
- Bosák P., Nekovář Č. (1988): Bloková stavba centra svratecké klenby v okolí Tišnova. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, Neužil Vol., 4 (1985): 395-402. Praha.
- Bosák P., Nekovář Č., Zelenka P. (1976): *Krym: Přehled geologické stavby a průvodce k exkurzím*. - Katedra geol., Přírodověd. fak. Univ. Karlovy: 1-51. Praha.
- Bosák P., Pruner P., Mihevc A., Zupan Hajna N. (2000): Magnetostratigraphy and unconformities in cave sediments: case study from the Classical Karst, SW Slovenia. - *Geologos*, 5: 13-30. Poznaň.
- Bosák P., Pruner P., Zupan Hajna N. (1998): Paleomagnetic research of cave sediments in SW Slovenia. - *Acta Carsol.*, XXVII/2, 3: 151-179. Ljubljana.
- Bosák P., Rejl J. (1982): K existenci neotektonicky aktivních linií v centru Českého krasu. - *Čes. kras (Beroun)*, 7: 29-41.
- Bosák P., Seidl K. (1994): Současný stav těžby vápenců v České republice. - in F. Reichman (Ed.): *Přehled ekologicky zaměřených geologických výzkumných prací v roce 1993*: 28-30. Min. život. prostředí. Praha.
- Bosák P., Sekyra J., Woller F. (1994): Qararás of the Sarír al Qattúsah, central Libya. - *Proc. Europ. Conf. Speleol., Héléline, Belgium*, 2, Bull. Soc. Geogr. Liège, 29 (1993): 169-175.
- Bosák P., Sýkora J., Tůma S. (1976): Zpráva o výzkumu výplní jeskyně Vestibul (Chlupáčova sluj) na Kobyle u Koněprus. - *Čes. kras (Beroun)*, 1: 28-43.
- Bosák P., Sýkora J., Tůma S. (1983): Krasové jevy lokality Loreta u Klatov. - *Zpr. Muz. Západočes. Kraje - Přír.*, 26-27: 15-27. Plzeň.
- Bosák P., Tásler R. (1991): Geologie zkoumané oblasti/Geology of the Area of Interest. - in R. Tásler (Ed.): *Owen 90. New Zealand*: 22-24. Čes. speleol. spol. Albeřice. Trutnov.
- Bosák P., Tůma S. (1984): Krasové a abrazní jevy černomořského pobřeží v okolí Kamen Brjágu. - *Čs. kras*, 34: 89-105. Praha.
- Bosák P., Tůma S., Sýkora J. (1980): Nález aragonitu v lomu na Kobyle u Koněprus. - *Čs. kras*, 30 (1978): 29-40. Praha.

- Bosák P., Žbánek J. (1992): Geologické poměry ložiska černého uhlí Mělník-Benátky nad Jizerou. - *Geol. Průzk.*, 34, 11(407): 325 - 330. Praha.
- Bella P., Bosák P., Glazek J., Gradziński M., Hercman H., Kadlec J., Nowicki T., Pruner P. (2000): *Excursion Guide. Climate Changes-The Karst Record II. Post-Conference Excursion: Poland & Slovakia.* - Inst. Geol. Sci., Polish Acad. Sci.: 22-26. Kraków.
- Čilek V., Bosák P., Bednářová J. (1995): Intergranular corrosion, infiltrational kaolinization and epigenetically reddened limestones of the Bohemian Karst, and their influence on karst morphology. - *Stud. Carsol.*, 6: 131-150. Brno.
- Čilek V., Bosák P., Melka K., Žák K., Langrová A., Osborne A. (1998): Mineralogické výzkumy v Ochtínské aragonitové jeskyni. - *Sinter*, 3: 7-12. Liptovský Mikuláš.
- Čilek V., Bosák P., Štátný M. (1998): Karst structures and related phenomena revealed in the underground quarries of the Maastricht-Riemst region (the Netherlands - Belgium). - in J. Orbons (Ed.): *Proc. Symp. on Souterrains Riemst Maastricht, August 1995*: 59-63.
- Domáci L., Röhlich P., Bosák P. (1991): Neogene to Pleistocene Continental Deposits in Northern Fazzan and the Central Sirt Basin. - *Geology of Libya*, vol V: 1785-1801. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.
- Dubljanskij J.V., Bosák P. (1999): Plynokapalné uzavřeniny v krystalech kalcitu z Velkolomu Čertovy schody-východ: výsledky analýz a interpretace (Fluid inclusions in calcite crystals from the Velkolom Čertovy schody Quarry-East (Bohemian Karst): results of analyses and interpretation). - *Čes. kras (Beroun)*, 25: 67-74.
- Glazek J., Bosák P. (2000): Paleokarst record of environmental changes in the geological past. - *Guidebook & Abstracts. Climate Changes-The karst Record II*: 59-60. Kraków.
- Hanzlíková E., Bosák P. (1977): Microfossils and microfacies of the Jurassic relict near Olomučany (Blansko district). - *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 52: 73-79. Praha.
- Hladil J., Bosák P., Bek J., Langrová A. (1998): Devonský paleokras ve Velkolomu Čertovy schody-východ. - *Čes. kras (Beroun)*, 24: 65-68.
- Horáček I., Bosák P. (1985): Výplně krasových dutin na Turoldu u Mikulova. - in P. Havlíček, J. Kovanda: *Nové výzkumy kvartéru v okolí Pavlovských vrchů*. Sbor. geol. Věd, Ř. A., 16: 21-59. Praha.
- Horušický R., Bosák P. (1977): Die Erforschung der Karstvorkommen auf dem Jeschenkamm in Lausitzer Gebirge (ČSSR). - *Der Höhlenforscher*, 9, 4: 54-58. Dresden.
- Němec J., Bosák P. (1980): Geologie a paleontologie a krasové jevy chráněného území Kobyla. - *Bohemia Centralis*, 9: 7-26. Praha.
- Pruner P., Bosák P., Kadlec J., Venhodová D., Bella P. (2000): Paleomagnetický výzkum sedimentárních výplní vybraných jeskyní na Slovensku. - *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. 2. vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou pri príležitosti 30. výročia založenia Správy slovenských jaskýň a 70. výročia objavenia jaskyne Driny, 16.-19. novembra 1999, Demänovská Dolina. Zborník referátov*: 13-25. Liptovský Mikuláš.
- Rejl J., Bosák P. (1983): Contribution of remote sensing analysis to the knowledge of neotectonic active structures in the central part of the Bohemian Karst. - in A. Jančařík (Ed.): *New Trends in Speleology*, Proc.: 49-57. Praha.
- Suchý V., Zeman A., Bosák P., Dobeš P., Hladíková J., Jačková I. (1997): Hydrothermal calcite veins and the origin of Caves in the Lower Paleozoic of the Barrandian Basin, Czech Republic: evidence of extensive (post?) Variscan fluid flow. - *GAEA heidelbergensis*, 3: 325. Inst. Geol. Palaeontol., Ruprecht-Karls-Univ. Heidelberg.
- Štefek V., Bosák P. (1993): Morfologie terasového stupně u Kruhového lomu mezi Srbskem a Tetínem. - *Čes. kras (Beroun)*, 18: 26-28.
- Tůma S., Bosák P. (1981): Historie a způsob těžby v Kolowratově šachtě (Loreta u Klatov). - *Rozpr. Nár. techn. Muz. (Praha), Stud. Dějin Horn.*, 11: 139-142.
- Tůma S., Sýkora J., Bosák P. (1983): New types of the aragonite from Bohemian and Moravian Caves. - *Proc. Eur. Reg. Conf. Speleol.*, 2: 110-112. Sofia.
- Ulrych J., Pivec E., Žák K., Bendl J., Bosák P. (1993): Alkaline and Ultramafic Carbonate Lamprophyres in Central Bohemian Carboniferous Basins, Czech Republic. - *Mineral. Petrol.*, 48: 65-81.
- Zeman A., Suchý V., Dobeš P., Hladíková J., Jačková I., Bosák P. (1997): Hydrotermální kalcitové žíly a předkřídové korozní tvary v prostoru Velkolomu Čertovy schody (první výsledky). - *Čes. kras (Beroun)*, 23: 33-40.
- Žbánek J., Bosák P. (1988): Předběžné výsledky vyhledávacího průzkumu na černé uhlí v oblasti Mělník-Benátky nad Jizerou. - in B. Kříbek (Ed.): *Nové trendy a poznatky v československé ložiskové geologii*: 243-245. Přírodověd. fak. Univ. Karlovy. Praha.
- Žitň J., Nekvasilová O., Bosák P., Svobodová M., Štemproková-Jírová D., Štátný M. (1997): Rocky coast facies of the Cenomanian-Turonian Boundary interval at Velim (Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic). First part. - *Věst. Čes. geol. Úst.*, 72, 1: 83-102.

RNDr. Josef Beneš (* 29. 8. 1927 - † 19. 2. 2001)

Když se počátkem listopadu loňského roku "Joska" na chvíli zastavil v paleontologickém oddělení Národního muzea, nikdo z nás netušil, že to bylo setkání poslední. Muzeum navštěvoval dosti pravidelně, většinou proto, aby si půjčil literaturu potřebnou především k určování osteologického materiálu, který vyhodnocoval pro různá okresní muzea i archeologická pracoviště, s nimiž spolupracoval. Poseděl s námi u kávy, podělil se o pár dobrých vtípů a humorných historek ze života a připomněl nám tak společně strávená léta v paleontologickém oddělení Národního muzea, kde prožil bezmála třicet let. Jako důchodce rozhodně nezahálel. Zájem o determinaci převážně nových osteologických nálezů, získávaných v souvislosti s probíhajícím archeologickým výzkumem, často přesahoval jeho časové možnosti. Úzce spolupracoval např. s Muzeem hlavního města Prahy, Okresním muzeem v Nymburce i Středočeským muzeem v Rostokách. Zde se podílel i na přípravě výstavy *Věčný? svět zvířat*, realizované v roce 2000. Pokračoval i v publikační činnosti při popularizaci paleontologie. Společně s manželkou se po několik let věnoval třídění a uspořádávání knihovny redemptoristů na Svaté Hoře u Příbrami, kde trávil i několik dní v týdnu a úzce spolupracoval i s Knihovnou Národního muzea. Pak bylo třeba rezervovat si dostatek času na vnučata a najít si alespoň chvíli na svou životní zálibu, kterou mu byla vážná hudba. Té se totiž aktivně věnoval od mládí. Ještě v listopadu 2000 hrál v amatérském symfonickém orchestru Academia. Kromě oblíbené violy dokázal zahrát i na mnohé jiné hudební nástroje; nezapomenutelná byla jeho hra na kropicí konev, kterou předvedl v okruhu svých přátel. V muzeu kdysi vedl smyčcové trio, pro které upravoval partitury. Po práci se scházeli s kolegou R. Horným i bývalým ředitelem V. Denksteinem a s chutí "muzicírovali". Jako zaměstnanec Národního muzea byl navíc počátkem 60. let jedním z posluchačů dirigentského oddělení Lidové konzervatoře v Praze.

RNDr. Josef Beneš se narodil 29. 8. 1927 Kladně-Kročehleveh. V roce 1946, po dvouletém vynuceném přerušení studia, kdy byl nasazen k Technische Nothilfe, maturoval na Státním reálném gymnáziu v Kladně. Studia na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy s aprobací středoškolského profesora (obory přírodopis a zeměpis) ukončil v roce 1950. Pedagogickou činnost zahájil v pohraničí - na gymnasiu v Kadani, odkud byl přeložen do Plané u Mariánských Lázní. V roce 1953 se oženil. Toto manželství vydrželo sedm let; trpělo totiž stálým odloučením, neboť manželka bydlela u svých rodičů v Hradci Králové. V roce 1954 se J. Beneš vrátil do Prahy a nastoupil na uvolněné místo sbírkového asistenta katedry paleontologie Univerzity Karlovy. V roce 1961 byl přijat na uvolněné místo odborného pracovníka v paleontologickém oddělení Národního muzea jako kurátor osteologických sbírek. Vystřídal zde středoškolského profesora V. Mosteckého, který do té doby zpracovával pleistocenní osteologické nálezy z Českého krasu, pocházející zejména ze sběrů prof. J. Petrůky. Dr. Beneš tak pokračoval v započatém muzeologickém a vědeckém zpracovávání obrovského množství materiálu zejména z okolí Koněprus (lomu Kobyla, z jeskyní na Zlatém koni) a dalších lokalit v Českém krasu. Sám se aktivně podílel na terénních výzkumech Aksamitovy brány a jeskyní v lomu na Chlumu u Srbska (4. sluj), kde po několik sezón dobýval z jeskynních hlin pozůstatky savců poslední doby ledové.

Záhy po nástupu do Národního muzea se podruhé oženil; z tohoto manželství měl dvě děti. V roce 1975, po jmenování Dr. R. Horného ředitelem Přírodovědeckého muzea, se stal vedoucím paleontologického oddělení Národního muzea. V této funkci setrval až do svého odchodu do důchodu na konci roku 1988. Jeho bezmála třicetileté působení v Národním muzeu je spojeno s mimořádným úsilím, které vynaložil na revizi a nové uspořádání osteologických sbírek. Ve své vědecké činnosti se zaměřil především na výzkum čtvrtohorních lišek Českého a Moravského krasu würmské doby ledové. Významnou měrou se podílel na instalaci paleontologické expozice v roce 1967; byl autorem celkové koncepce výstavního sálu věnovaného českým čtvrtohorám (tato expozice zanikla v souvislosti s uvolněním sálu pro expozici antropologickou, do té doby v Národním muzeu neexistující) i části vývojové expozice věnované obratlovcům. Spolupracoval též při výběru a vyhledávání vhodných kosterních pozůstatků obratlovců v části nové expozice věnované českým čtvrtohorám v roce 1993.

S vřelým vztahem k jeskyním souviselo i jeho působení ve výboru České speleologické společnosti. Mnoho času a svého pedagogického talentu věnoval popularizaci paleontologie v přednáškách, je autorem *Přehledu paleontologie* (1966) určeného žákům preparátorské školy, mnoho let působil jako stálý spolupracovník redakce ABC mladých přírodovědců. Ve světě je znám mimo jiné jako autor výpravné publikace o vyhynulém tvorstvu, ilustrované



RNDr. J. Beneš při paleontologických výzkumech Aksamitovy brány na Kotýsu.

Foto V. Stárka

Dr. J. Beneš during palaeontological research of the Aksamitova brána Cave. Photo V. Stárka

akademickým malířem Z. Burianem a vydané v různých jazykových mutacích v 70. a 80. letech nakladatelstvím Artia. Kniha *Dinosauri* (1993), vydaná nakladatelstvím Fénix, vznikla již ve spolupráci s malířem Z. Bergrem; ten také ilustroval další Benešovu knížku *Pravěká zvířata*, vydanou Státním pedagogickým nakladatelstvím v roce 1992. Je též spoluautorem edičně velmi úspěšné publikace *Fossils of the World*, vydané nakladatelstvími Artia a Aventinum v různých jazykových mutacích koncem 80. let a v letech 90tých.

Z aktivního života vytrhla našeho bývalého spolupracovníka a kolegu až zhoubná choroba, které podlehl ve věku 73 let. S lítostí vzpomínáme na tiché, houževnaté, neobyčejně pracovitě a svědomitého člověka i příjemného spoléháče, který Národnímu muzeu odevzdal velmi mnoho z času, který mu byl vyměřen. Díky němu jsou čtvrtohorní osteologické sbírky muzeologicky nejlépe zpracované části paleontologických sbírek. V okruhu svých kolegů se postaral o nejednu příjemně strávenou chvíli při ranní či odpolední kávě, kdy suché zprávy z porad dokázal vtipně okořenit některým ze svých životních zážitků či historek. S přibývajícím věkem se každému z nás leccos vytrácí z paměti; muzeum má ale jinou paměť a pokud tato naše národní "kaplička" bude stát, jeho práce zde bude trvale zachována.

Vojtěch Turek

PRVNÍ CELOSTÁTNÍ ZASEDÁNÍ NÁRODNÍ SEKCE EVROPSKÉ ASOCIACE PRO OCHRANU GEOLOGICKÉHO DĚDICTVÍ ProGEO

(FIRST MEETING OF THE BOHEMIAN WORKING GROUP OF THE EUROPEAN ASSOCIATION ON THE CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE ProGEO)

RNDr. Jiří Kříž a Mgr. Petr Budil

(Český geologický ústav, P. S. 85, Praha 011, 118 21)



Abstract: First meeting of the National working group of the European Association on the Conservation of the Geological Heritage ProGEO was held on June 4th, 2001, in Prague, under the patronage of the Czech Geological Survey.

Čtvrtého června 2001 proběhlo v Praze na půdě Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy první celostátní zasedání národní sekce Evropské asociace pro ochranu geologického dědictví ProGEO. Toto zasedání bylo uspořádáno výborem české sekce, pod záštitou Českého geologického ústavu.

Evropská asociace pro ochranu geologického dědictví ProGEO je asociací všech ochránců především neživé přírody a zástupců geovědních oborů, kteří jsou zapojeni do ochrany geologických objektů. Patří mezi ně pracovníci muzeí, geologických ústavů, škol, výzkumných pracovišť a ti, kteří se zabývají turistickým ruchem. Ve výboru asociace působí řada velmi známých a respektovaných ochránců geologického dědictví. Cílem asociace je ochrana geologických objektů a krajiny ve všech státech Evropy a její integrace s ostatními formami ochrany. ProGEO je asociací otevřenou všem a většina evropských zemí je jejími členy. ProGEO se stalo mezinárodní a vpravdě demokratickou silou, která má možnosti a legitimní práva podporovat ochranu geologických objektů v Evropě - je jedinou asociací tohoto typu. První mezinárodní sympozium v Digne ve Francii v r. 1991 akceptovalo Mezinárodní deklaraci ochrany geologické paměti Země a položilo základ pro další činnost asociace a její spolupráci s organizací UNESCO.

Česká republika se podílela na vzniku asociace ProGEO od jejího počátku účastí zástupců Českého geologického ústavu na zasedáních a účastí na tvorbě jejích stanov. Její oficiální členství se datuje od přijetí Českého geologického ústavu v Praze za člena asociace a ustavením výboru národní sekce v roce 1998. Národní sekce ProGEO uspořádala v roce 2000 v Praze mezinárodní plenární zasedání ProGEO, spojené s exkurzemi do geologicky nejvýznamnějších oblastí Českého masívu. Ochrana geologických objektů má v České republice dlouholetou tradici. Řada geologických lokalit a významných geologických oblastí je chráněna díky "Zákonu o státní ochraně přírody" z roku 1956 a další podle zákona č. 114/1992 Sb. "O ochraně přírody a krajiny". Česká republika byla jednou z prvních evropských zemí, která se mohla opírat o podobné zákony. Řada evropských zemí se do dnešních dob potýká s nedostatkem podobné legislativy. Ve většině evropských zemí je ProGEO v současné době aktivním tvůrcem databází geologických lokalit a území, které si zasluhují ochranu v souladu s mezinárodní dekla-

rací ochrany geologické paměti Země. Česká republika svou aktivitou i zde poněkud předběhla vývoj v ostatní Evropě tím, že řada lokalit geologického charakteru je již chráněna. Databáze, kterou před lety začal budovat Český geologický ústav, však nutně potřebuje k úplnosti ještě mnoho spolupráce s dalšími pracovišti i se širší veřejností.

Zasedání se zúčastnilo celkem 28 zástupců institucí, jejichž činnost zahrnuje i ochranu geologických objektů, spolu s dalšími zájemci z řad odborné veřejnosti. Předneseno bylo šest příspěvků, ve kterých zástupci výboru ProGEO a pozvaní hosté přítomné seznámili s aktivitami výboru národní sekce v uplynulých dvou letech. Česká republika je vyzývána k aktivní účasti na řadě projektů asociace jako je databáze evropsky významných geologických lokalit GEOSITES. Připravuje se vytvoření společné pracovní skupiny zaměřené na Český masiv, která by zahrnovala Českou republiku, Spolkovou republiku Německo a Rakousko. Další příspěvky se týkaly některých legislativních i praktických aspektů ochrany geologicky hodnotných lokalit a území v naší zemi i s úlohy muzeí při ochraně našeho geologického dědictví. Na závěr byli účastníci zasedání seznámeni se současným stavem evidence Registru geologických lokalit ČGÚ. Následovalo promítnutí videopořadu Jizvy Země, které zprostředkovala Dr. Gregorová z Moravského zemského muzea. Poté proběhla diskuse k předneseným příspěvkům i k další náplni činnosti národní sekce. Vhodné by bylo rozšířit naše členství v asociaci (které zatím za naši zemi zprostředkovává pouze Český geologický ústav) také o jiné organizace a individuální členy. Do budoucna bude také nutné více vzájemně koordinovat naše aktivity směřující k ochraně významných geologických lokalit i geologicky hodnotných území. Právě ProGEO představuje vhodnou platformu, na níž je možno tuto otázku řešit.

Další informace o činnosti asociace poskytne tajemník národní sekce ProGEO Mgr. Petr Budil, Český geologický ústav, P. S. 85, Praha 011, 118 21, tel. 24002523, budil@cgu.cz, nebo předseda národní sekce ProGEO RNDr. Jiří Kříž, CSc., Český geologický ústav, P. S. 85, Praha 011, 118 21, tel. 24002614, kriz@cgu.cz. S činností Evropské asociace ProGEO včetně všech dosud vydaných čísel bulletinu ProGEO NEWS se sami můžete seznámit na oficiálních webových stránkách Evropské asociace ProGEO: <http://www.sgu.se/hotell/progeo/>.





Skokan štíhlý, Mořina

foto: Jiří Moravec



Skokan hnědý, Karlštejn

foto: Jiří Moravec



Ropucha zelená, Koněprusy

foto: Jiří Moravec

