



ARAGONIT

vedecký a odborný časopis Správy slovenských jaskýň

Časopis uverejňuje:

- pôvodné vedecké príspevky z geologického, geomorfologického, klimatologického, hydrologického, biologického, archeologického a historického výskumu krasu a jaskýň, najmä z územia Slovenska
- odborné príspevky zo speleologického prieskumu, dokumentácie a ochrany jaskýň
- informatívne články zo speleologických podujatí
- recenzie vybraných publikácií

Vydavateľ: Štátna ochrana prírody SR, Tajovského ul. 28B, 974 01 Banská Bystrica
IČO 17 058 520

Adresa redakcie: Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; e-mail: pavel.bella@ssj.sk

Zodpovedný redaktor: RNDr. Ján Zuskin

Hlavný editor: doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

Výkonný redaktor: Mgr. Miroslav Kudla

Redakčná rada: prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Ing. Peter Gažík, Dr. hab. Michal Gradziński, Mgr. Dagmar Haviarová, PhD., doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., doc. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., Ing. Ľubica Nudžíková, doc. Mgr. Martin Sabol, PhD., RNDr. Ján Zelinka

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3569/09

ISSN 1335-213X

<http://www.ssj.sk/edicna-cinnost/aragonit/>

ARAGONIT

ročník 22, číslo 2/ október 2017

Recenzenti vedeckých príspevkov z výskumu krasu a jaskýň: RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., RNDr. Miloš Gregor, PhD.

© Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš

Redaktor: Mgr. Bohuslav Kortman

Grafická úprava a sadzba: Ing. Ján Kasák

Tlač: Ekonoprint družstvo, Martin

Figures on the cover page:

(1) Jasovská jaskyňa. Foto: P. Staník

(2) Jaskyňa Hladový prameň, Čachtický kras. Foto: P. Staník

(3) 3D model južnej časti Demänovskej doliny. Spracoval: P. Herich (príloha k abstraktu na stranách 72–74)

(4) Brestovská jaskyňa. Foto: P. Staník

OBSAH / CONTENTS

VÝSKUM KRASU A JASKÝŇ / RESEARCH OF KARST AND CAVES

P. Bella: Morfológické odlišnosti fluvialne modelovaných jaskynných úrovní v centrálnej, prechodnej a okrajovej časti Západných Karpát / Morphological differences of fluvially modelled cave levels in the central, transitional and marginal parts of the Western Carpathians	43
P. Bella – D. Haviarová: Typy jaskynných jazier na Slovensku podľa geologických a geomorfologických podmienok a procesov ich vzniku / Types of cave lakes in Slovakia according to geological and geomorphological conditions and processes of their origin	49
P. Bella – P. Bosák: Sulfurické jaskyne vytvorené v dôsledku oxidácie pyritu – špecifický typ hypogénnej speleogenézy / Sulphuric caves originated due to pyrite oxidation – a specific type of hypogene speleogenesis	57

SPRÁVY A AKTUALITY / REPORTS AND NEWS

M. Kudla: Reinštalácia panelovej expozície vo vstupnom areáli Jasovskej jaskyne / Reinstallation of panel exposition in the entrance area of Jasovská Cave	59
L. Gaál: Otvorili sme náučný chodník v Gombaseku / We have opened the educational trail in Gombasek	59
L. Gaál: Čistenie ponorov v Slovenskom krase / Cleaning of sinks in the Slovak Karst	60
L. Nudzíková – A. Laurincová: Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2016 / Show caves attendance in 2016	61
J. Vajs: Jaskyňa Cueva del Viento, Kanárske ostrovy / Cueva del Viento Cave, Canary Islands	61

KARSOLOGICKÁ A SPELEOLOGICKÁ LITERATÚRA / KARSTOLOGICAL AND SPELEOLOGICAL LITERATURE

P. Bella: T. Slabe: Jamske skalne oblike, sled razvoja slovenskih kraških jam	63
---	----

Desať vedeckých konferencií „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“ v rokoch 1997 – 2015 / Ten scientific conferences „Research, Use and Protection of Caves“ in 1997 – 2015	63
---	----

ABSTRAKTY / ABSTRACTS

11. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“ / 11th scientific conference “Research, Use and Protection of Caves”	65
--	----

MORFOLOGICKÉ ODLIŠNOSTI FLUVIÁLNE MODELOVANÝCH JASKYNNÝCH ÚROVNÍ V CENTRÁLNEJ, PRECHODNEJ A OKRAJOVEJ ČASTI ZÁPADNÝCH KARPÁT

Pavel Bella

Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk
Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok; Pavel.Bella@ku.sk

P. Bella: Morphological differences of fluvially modelled cave levels in the central, transitional and marginal parts of the Western Carpathians

Abstract: The cave levels in the Demänová Valley on the northern side of the Nízke Tatry Mts., Dobšiná-Stratená cave system in the southern part of the Slovenský raj (Slovak Paradise) and Domica Cave in the southern part of the Slovenský kras (Slovak Karst), a part of the cross-boundary cave system with the Hungarian Baradla Cave, represent the best developed and most extensive cave levels in the Western Carpathians. They were formed by underground allogenic streams in relation to the stabilized erosion base, their development is correlated with the formation of planar landforms on the surface (river terrace surfaces, pediments or planation surfaces). Certain differences, recognized in the morphology of these cave levels, point to their development under partially different conditions in the central, transitional and peripheral parts of the Western Carpathians. Within the framework of the morphostructural subdivision of the Western Carpathians (Minár et al., 2011), the Nízke Tatry Mts. belong to the Central Region (Tatra Subregion), the Slovak Paradise to the Transitional Region (Slovenské rudohorie Subregion) and the southern edge of the Slovak Karst and the adjacent Aggtelek Karst to the South-East Region (South-East Marginal Subregion). The morphology of studied cave levels can be differentiated by flat ceilings and the continuous courses of ceiling and side channels as well as aggraded riverbeds. Morphologically, these cave levels represent: (1) epiphreatic and vadose canyon passages with distinctive side channels and meander notches (the main development level of the Demänová cave system); (2) epiphreatic tunnel passages with an aggraded floor enlarged by side channels and meander notches (the upper passage of the Okno Cave, Demänová Valley); (3) wide epiphreatic passages with a flat ceiling (the IVth development level of the Dobšiná-Stratená cave system); (4) epiphreatic tunnel passages with a distinctive ceiling channel (the upper development level of the Domica Cave); (5) epiphreatic and vadose, tunnel or canyon passages with a ceiling channel, smaller side channels and an aggraded floor (the lower development level of the Domica Cave with the Styx riverbed). Within the morphology of cave levels formed in the Middle to Late Pliocene, the wide flat ceilings and the large extent of the IVth development level of the Dobšiná-Stratená cave system, in comparison with the shorter level of the Okno Cave, probably resulted from the longer period and more intensive formation of cave levels in the Transitional Region (Slovenské rudohorie Subregion) than in the Central Region (Tatra Subregion) of the Western Carpathians. The longer-term stabilized erosion base on the surface was the result of a partially different tectonic regime in the relevant parts of the Western Carpathians. The upper development level of the Domica Cave was formed by allogenic streams that transported a lot of gravel into the underground. Their aggradation in the cave passage caused a paragenetic development of this level with the formation of a ceiling channel (upward erosion). Similarly, from the cave levels formed in the Early Pleistocene, the longer and more levelled lower passage of the Domica Cave, continuing through the Baradla Cave to the outflow Jósavá part of this cross-boundary cave system, is a sign of the longer period of the cave level formation in the South-East Region (South-East Marginal Subregion) than in the Central Region (Tatra Subregion). The lower development level of the Domica (the main levelled passage of the Domica-Baradla cave system) was created in relation to the formation of the lower part of significant pediment in the Jósava Valley during the slowdown or interruption of tectonic uplift of the area, while the IVth development level of the Demänová cave system in relation to the river terrace of Demänovka Stream and Váh River in the Liptov Basin, probably at the time of the changing dynamics of water flows in response to rhythmic climate changes in the tectonically uplifting area. In the studied caves, the levels originated in the Middle to Late Pliocene have an inclination 3 to 4 ‰, while the levels originated in the Early Pleistocene 7.5 to 10 ‰. The smaller inclination of the cave level from the Middle to Late Pliocene is probably related mainly to the longer-term stabilized erosion base on the surface.

Key words: karst geomorphology, speleology, cave morphology, levelled river cave, Slovakia

ÚVOD

Jaskynné úrovne, predstavujúce horizontálne alebo takmer horizontálne chodby vytvorené vo vzťahu k stabilizovanej eróznej báze na povrchu, sú dôležité nielen z hľadiska rekonštrukcie vývoja jaskýň, ale aj georeliéfu v ich okolí (vo vnútrozemských oblastiach sa jaskynné úrovne korelujú s riečnymi terasami, pedimentmi alebo zarovnanými povrchmi).

Medzi najlepšie vytvorené a najrozsiahlejšie jaskynné úrovne v Západných Karpatoch patria jaskynné úrovne v Demänovskej doline na severnej strane Nízkyh Tatier, v Dobšínsko-stratenskom jaskynnom systéme v južnej časti Slovenského raja a v jaskyni Domica v južnej časti Slovenského krasu (súčasť cezhraničného jaskynného systému s maďarskou jaskyňou Baradla). V prípade týchto jaskýň ide

o riečne vytvorené jaskynné úrovne (prislúchajúce *niveau* typu riečnych korýt v zmysle Bögliho, 1978). V ich morfológii však vidieť určité odlišnosti, ktoré poukazujú na ich vývoj v čiastočne rozdielnych podmienkach.

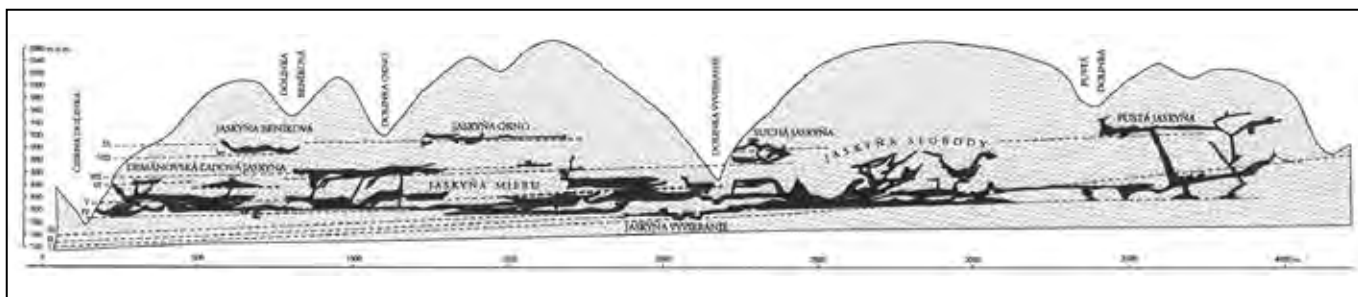
V tomto príspevku sa sumarizujú a bližšie charakterizujú morfológické odlišnosti uvedených jaskynných úrovní nachádzajúcich sa v centrálnej, prechodnej a okrajovej časti Západných Karpát a analyzujú sa príčiny ich sčasti odlišného vývoja. Výrazné úrovňové chodby sú aj v Jaskyni mŕtvych netopierov v Dumbierskom krase (centrálna časť Nízkyh Tatier), v ktorej však doteraz nebol vykonaný detailnejší geomorfologický výskum.

SKÚMANÉ ÚROVNĽOVÉ JASKYNE

Demänovský jaskynný systém a jaskyňa Okno v Demänovskej doline. V stredohor-

skom rozčlenenom alogénom krase Demänovskej doliny na severnej strane Nízkyh Tatier sa epifreatické, riečne modelované takmer horizontálne chodby jaskynných úrovní vytvorili v nadväznosti na bývalú úroveň výverov ponorných alochtónnych vôd. Droppa (1966, 1972a) vyčlenil v Demänovskej doline deväť jaskynných úrovní, ktoré koreloval s vývojom riečnych terás Váhu v strednej časti Liptovskej kotliny a jeho prítokov.

Najvýraznejšia IV. jaskynná úroveň so sklonom okolo 10 ‰ sa ťahne od Demänovskej ľadovej jaskyne (Dóm trosiek, Kmeťov a Halašov dóm, Čierna galéria, Závrťový dóm a Jazerná sieň) cez Demänovskú jaskyňu mieru (chodba vedúca od Dómu objaviteľov, horné časti Zrúteného a Vodopádového dómu, spodné časti Ružovej galérie s Koncertnou sieňou) do Demänovskej jaskyne slobody (Suchá chodba, stredná časť Veľkého dómu



Obr. 1. Jaskynné úrovne v Demänovskej doline, Nízke Tatry (Droppa, 1972a)

Fig. 1. Cave levels in the Demänov Valley, Nízke Tatry Mts. (Droppa, 1972a)

a Prízemia, Chrlíčový dóm, Kráľova galéria a Ružová sieň; obr. 1). Tejto vývojovej úrovni Droppa (1966, 1972a) priradil „mindelský“ vek, resp. glaciál mindel 2 (Bella et al., 2011 ju vyčlenili ako V. vývojovú úroveň). S cieľom presnejšie určiť jej vek sa datovali sintre a fluviálne sedimenty (pomocou metódy U-series a kozmogénnych nuklidov ^{10}Be a ^{26}Al) a skúmal sa ich paleomagnetizmus. Bazálna podlahová sintrová kôra v chodbe pri Závrťovom dóme (Demänovská ľadová jaskyňa), staršia ako 350-tisíc a mladšia ako 1,2 mil. rokov (datovaná metódou U-series), je uložená na jemnozrnných klastických sedimentoch s normálnou magnetickou polaritou, ktoré sú mladšie ako 780-tisíc rokov (Hercman et al., 1997). Žulový štrk a piesok, uložený pod týmito sedimentmi, bol do podzemia splavený v spodnom pleistocéne (datovanie pomocou kozmogénnych nuklidov). Podobný vek majú podlahové sintrové kôry v strednej časti Ružovej galérie (Demänovská jaskyňa mieru) a v Suchoj chodbe (Demänovská jaskyňa sloboď) (Hercman et al., 2000).

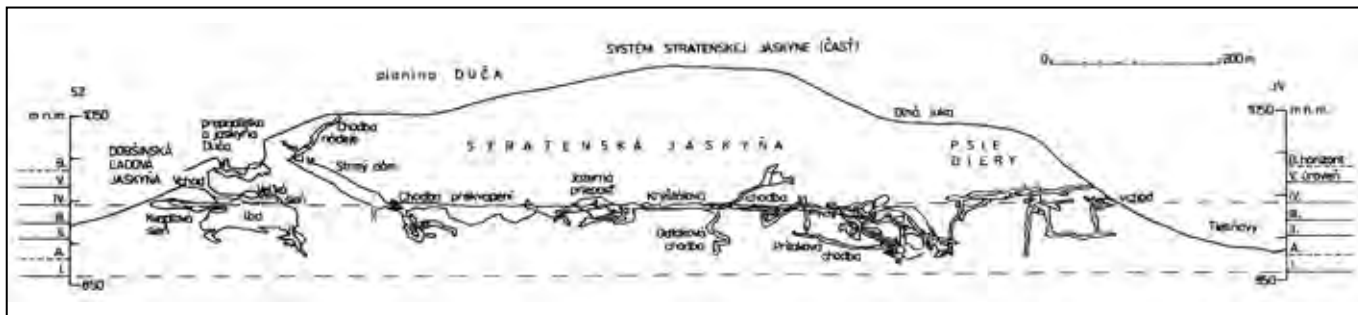
Podľa Droppu (1966, 1972a) najvyššiu a najstaršiu úroveň predstavuje takmer horizontálna chodba jaskyne Okno so sklonom 3 ‰ (obr. 1). Keďže sa nachádza pod vrchnopliocénymi svahovými odpočinkami, po-

važuje ju za predkvartérnu. Volko-Starohorský (1925, 1927) predpokladal, že jaskyňu Okno vytvoril ponorný alochtónny vodný tok v „diluviume“ (zastarané označenie pleistocénu). Datovaním metódou U-series sa v jaskyni Okno zistili sintre staršie ako 1,2 mil. rokov a časť sedimentov má normálnu magnetickú polaritu, pravdepodobne prislúchajúcu epoke Olduvai – 1,77 až 1,95 mil. rokov (Kadlec et al., 2004). K tejto úrovni pravdepodobne prislúchajú aj horné časti Pustej jaskyne (Bella et al., 2011), do ktorých bol žulový piesok splavený vo vrchnom pliocéne (datovanie pomocou kozmogénnych nuklidov).

Stratenská jaskyňa a Dobšinská ľadová jaskyňa. Spolu s jaskyňou Psie diery tvoria Dobšinsko-stratenský jaskynný systém, ktorý sa nachádza v južnej časti Slovenského raja. Vytvárali ho alochtónne podzemné vodné toky, ponárajúce sa z rieky Hnilca a potoka Tiesňavy v nadväznosti na etapovité zahlbovanie doliny Hnilca. Najvýraznejšia IV. vývojová úroveň Dobšinsko-stratenského jaskynného systému leží vo výške 930 – 950 m n. m. a dosahuje sklon iba 3 ‰ (Tulis a Novotný, 1989). Tiahne sa od Dobšinskej ľadovej jaskyne (jej horné nezaľadnené časti) a tvorí hlavnú chodbu Stratenskej jaskyne (obr. 2). Jej priestory v Dobšinskej ľadovej jaskyni sú

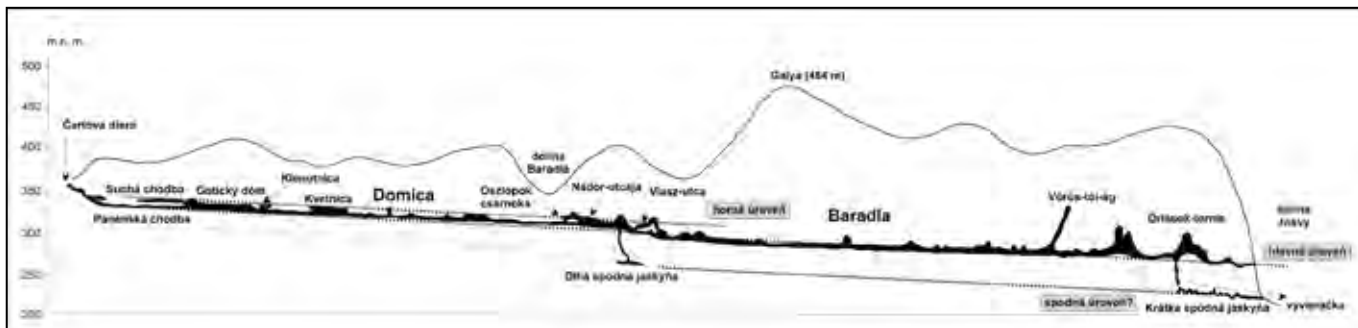
105 m a na východnom okraji Stratenskej jaskyne 125 m nad terajším dnom doliny Hnilca. Vývoj tejto rozsiahlej jaskynnej úrovne sa koreluje s vrchnopliocénou poriečnou rovňou (Jakál, 1971; Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný a Tulis, 2005). Vzhľadom na vyššiu polohu nad medzimeandrovými (vrchnopliocénymi?) plošinkami v doline Hnilca sa horná úrovňová časť Dobšinskej ľadovej jaskyne podľa Droppu (1980) vytvárala v strednom pliocéne. Keďže vek pochovania kremitého štrku v hornej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne je $3,03 \pm 0,4$ mil. rokov, zodpovedajúca IV. úroveň Dobšinsko-stratenského jaskynného systému bola vytvorená najneskôr vo vrchnom pliocéne (Bella et al., 2014b).

Domica. Je slovenskou časťou cezhraničného slovensko-maďarského jaskynného systému Domica-Baradla, ktorý sa vytvoril na južnom okraji Silickej planiny (Slovenský kras) a v príľahlej časti Aggteleckého krasu v nadväznosti na etapovité zahlbovanie doliny Jószy ústiacej do doliny Bodvy (obr. 3). Úroveň chodby v jaskyni Domica sú vo výškach 338 m a 326 m n. m. (Droppa, 1972b; Jakál, 1975). Horná úroveň, ktorá vedie Suchou chodbou, hornou časťou Gotického dómu (I. plavba) a Klenotnicou, má sklon 4 ‰. V jaskyni Baradla hornej úrovni zodpovedajú úseky



Obr. 2. Vývojové úrovne a horizonty Dobšinsko-stratenského jaskynného systému, Slovenský raj (Tulis a Novotný, 1989)

Fig. 2. Development levels and horizons of the Dobšinská-Stratenský cave system, Slovak Paradise (Tulis and Novotný, 1989)



Obr. 3. Vývojové úrovne jaskynného systému Domica-Baradla, Slovenský kras a Aggtelecký kras (podľa Kesslera, 1938, Droppu, 1961 a Gaála, 2008; upravené)

Fig. 3. Development levels of the Domica-Baradla cave system, Slovak Karst and Aggtelek Karst (after Kessler, 1938, Droppa, 1961 and Gaál, 2008; modified)

Oszlopok csarnoka (Paradicsom-ág), Denevér-ág a Viasz-utca, nachádzajúce sa 11 m nad súčasným riečiskom Styxu (Kessler, 1938; Kovács, 1970). Chodba vývojovej úrovne s riečiskom Styxu, ktorá tvorí hlavnú časť jaskynného systému, mierne klesá (so sklonom okolo 7,5 ‰) od Panenskej chodby až do výverovej oblasti v Jósfať (260 až 270 m n. m.). Bývalá výverová časť tejto jaskynnej úrovne leží 40 m nad Krátkou spodnou jaskyňou, ústiacou na povrch vyvieračkou. Zvykne sa považovať za najnižšiu úroveň (Szenthe, 1970; Jakucs, 2000; Gaál, 2008; Veress a Unger, 2015), avšak morfológicky ide o horizontálne epifreatické úseky prerušované freatickými kolennami oscilujúcimi vo výške 220 až 230 m n. m. (Szilágyi, 1982; Ford, 2000). Nepredstavuje „pravú“ jaskynnú úroveň, ale subhorizontálny kanál v prvotnom, resp. postupnom štádiu vývoja úrovňových segmentov. Vertikálny rozdiel medzi hlavnou vývojovou úrovňou vedúcou až do Jósfať a nižšie položenými drenážnymi subhorizontálnymi kanálmi sa zväčšuje smerom k výverovej časti jaskynného systému (Roth, 1940).

Na základe vrtu v Panenskej chodbe, kde sedimenty siahajú do hĺbky 17 m pod agra-dované riečisko Styxu (Droppa, 1972b), sa aj v Domici predpokladá nižšia, sedimentmi vyplnená úroveň vo výške 318 m n. m. (Jakál, 1975; Gaál, 2008). Zatiaľ však nebola na ďalších miestach potvrdená. Skálne podložie agra-dovaného riečiska pravdepodobne nemá rovnomerný sklon, pretože v Gotickom dome je hrúbka fluvialných sedimentov iba 6 m (Benický in Roth, 1937).

Podľa Droppu (1972b) sa jaskyňa Domica začala vytvárať v pliocéne (podobne uvažujú niektorí ďalší autori). Fluvialne sedimenty, pochádzajúce z poltárskeho súvrstvia, boli do vrchnej vývojovej úrovne jaskyne Domica splavené pred 3,47±0,78 mil. rokov (Bella et al., 2014a). Samotná chodba hornej úrovne je staršia. Ďalšie datovanie pomocou kozmogénnych nuklidov potvrdzuje, že štrk uložený na okraji Panenskej chodby bol do podzemia splavený v spodnom pleistocéne. Úrovňové chodby jaskynného systému Domica-Baradla sa pravdepodobne vytvárali v nadväznosti na postupné formovanie výrazného pedimentu zachovaného v doline Jósvy (pliocénneho veku podľa Lángy, 1955).

METODICKÝ PRÍSTUP

Eróznodennudačné i akumulčné tvary jaskynného reliéfu sú výsledkom pôsobenia určitých morfogenetických procesov. V našom prípade na základe charakteru skálnych tvarov v chodbách jaskynných úrovní, ako aj fluvialných agra-dácií podláh možno rekonštruovať hydrografické podmienky počas ich vytvárania alochtónnym podzemným vodným tokom. Odlišnosti v celkovej morfológii úrovňových chodieb i zastúpení menších morfológických tvarov na ich podlahách, stenách a stropoch poukazujú na určité vývojové odlišnosti horeuvedených jaskynných úrovní. S cieľom komplexnejšieho objasnenia morfogenetických odlišností treba porovnávaciu morfológickú analýzu foriem jaskynného reliéfu doplniť súbornejšou rekonštrukciou vývoja reliéfu v okolí skúmaných jaskýň v čase



Obr. 4. Stratenská jaskyňa, chodba IV. vývojovej úrovne so širokým zarovnaným stropom. Foto: F. Mihál
Fig. 4. Stratenská Cave, the passage of the IVth development level with a wide flat ceiling. Photo: F. Mihál

vytvárania úrovňových chodieb v ich podzemí vrátane tektonického režimu v centrálnej, prechodnej a okrajovej časti Západných Karpát.

HLAVNÉ MORFOLOGICKÉ ODLIŠNOSTI

Skúmané jaskynné úrovne predstavujú: (1) tunelovité, miestami kaňonovité chodby s výraznými bočnými korytami a meandrami (hlavná vývojová úroveň Demänovského jaskynného systému); (2) úseky širokej klenbovitej alebo tunelovitej chodby s agra-dovanou riečiskovou podlahou, miestami sčasti rozplavenou a/alebo zosunutou do nižšie položených priestorov (horná úrovňová chodba jaskyne Okno); (3) široké chodby so zarovnaným stropom (IV. vývojová úroveň Dobšinsko-stratenského jaskynného systému); (4) tunelovité chodby s výrazným stropným korytom (horná úrov-

ňová chodba jaskyne Domica); (5) tunelovité, miestami kaňonovité chodby so stropným korytom, menšími bočnými korytami a podlahou tvorenou agra-dovaným riečiskom (hlavná úrovňová chodba jaskyne Domica s riečiskom Styxu) (pozri Bella a Veselský, 2015; tab. 1).

Z hľadiska celkovej morfológie (priečnych rezov) iba chodba IV. vývojovej úrovne Dobšinsko-stratenského jaskynného systému je vcelku širšia ako vyššia (široká do 46 m a vysoká do 18,7 m) a má aj veľmi malý sklon v smere bývalého prúdenia vody (3 ‰), t. j. pri jej vytváraní výraznejšie prevládala bočná erózia. V morfológii tejto úrovňovej chodby pôsobeniu bočnej erózie a planácie zodpovedá výrazný zarovnaný strop (nepodmienený štruktúrne vrstvovými plochami vápencov), ako aj výrazné bočné korytá (Tulis a Novotný, 1989; obr. 4). Široká a nízka chodba s klenbovým stropom a agra-dovanou podlahou je v ju-



Obr. 5. Jaskyňa Okno, široká úrovňová chodba s podlahou tvorenou bývalým agra-dovaným riečiskom. Foto: P. Bella
Fig. 5. Okno Cave, a wide levelled passage with the floor represented by a former agra-dated riverbed. Photo: P. Bella



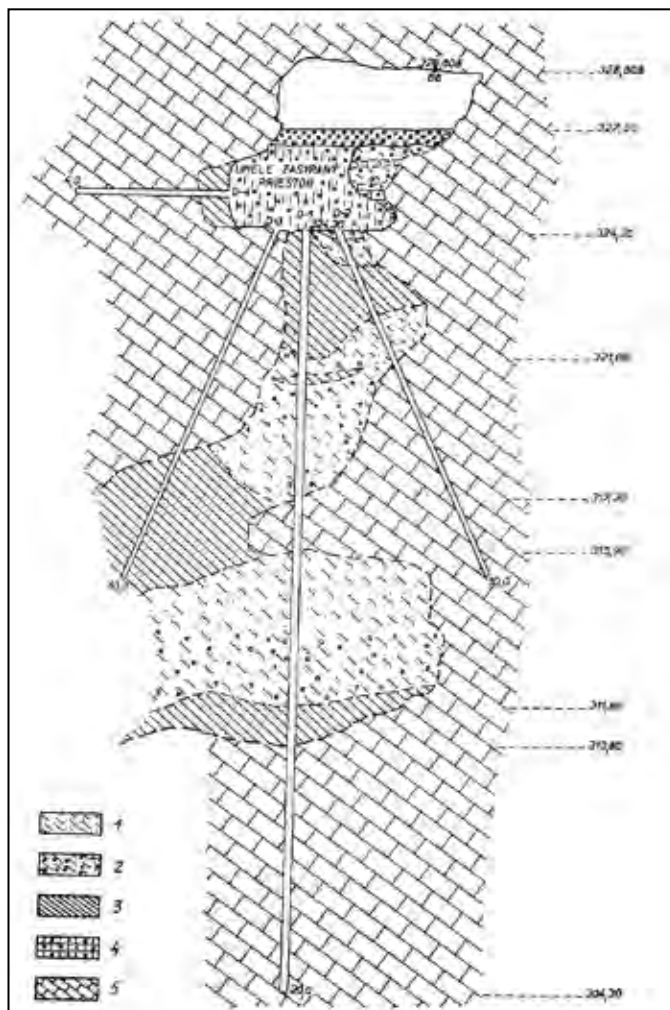
Obr. 6. Jaskyňa Domica, chodba hornej vývojovej úrovne so stropným korytom. Foto: P. Bella

Fig. 6. Domica Cave, the passage of upper development level with a ceiling channel. Photo: P. Bella

hozápadnejšej časti jaskyne Okno (Nánosová chodba široká 6 až 12 m a vysoká zväčša 1,5 až 2,5 m, s podlahou tvorenou alochtónnymi štrkami; obr. 5). Široké a nízke úrovňové chodby sa miestami vytvorili aj v ďalších opisovaných jaskyniach, resp. jaskynných systémoch (napr. úsek hlavnej vývojovej úrovne Demänovského jaskynného systému v Demänovskej jaskyni mieru medzi Zrúteným dómom a ústím Gulôčkovej chodby alebo Viasz-utca na hornej úrovni jaskyne Baradla).

Hlavnými čiastkovými morfológickými tvarmi, na základe ktorých možno odlíšiť morfológiu úrovňových chodieb skúmaných jaskýň, sú široké zarovnané stropy, viac-menej súvislý priebeh stropných korýt (nie krátke, minoritné úseky stropných korýt), výrazné bočné korytá a súvislý priebeh fluvialne agra-dovaných podláh (tab. 1). Charakteristickou črtou IV. vývojovej úrovne Dobšinsko-straten-ského jaskynného systému je široký zarovnaný strop (Tulis a Novotný, 1989; obr. 4). Zarovnaný strop v takejto podobe a veľkosti nie je na Slovensku vytvorený v žiadnej inej jaskyni.

Horná vývojová úroveň jaskyne Domica sa vyznačuje výrazným stropným korytom, jej hlavná úroveň najmä súvislým fluvialne agra-dovaným riečiskom (Roth, 1937; Mann et al., 1949; Droppa, 1972b a ďalší; obr. 6 a 7). Meandrové ohyby chodby hlavnej úrovne jaskyne Domica (pred štátnou hranicou) sú dôsledkom bočnej erózie, spôsobenej laterálnym prekladaním koryta Styxu na agra-dovanom riečisku, pod-rezané kratšími bočnými korytovitými zázrezmi (obr. 8). Po-



Obr. 7. Jaskyňa Domica, chodba hlavnej vývojovej úrovne s agra-dovaným riečiskom. Foto: P. Bella. Geologický vrt v Panenskej chodbe: 1 – ílovitý piesok, 2 – záilovaný piesčito-štrk, 3 – piesčito-íla ílovitá hlina, 4 – drobnozrnné zlepenec s kalcitovým a piesčito-vápnitým tmelom, 5 – wettersteinské vápence (Droppa, 1972b)

Fig. 7. Domica Cave, the passage of main development level with an aggraded riverbed. Photo: P. Bella. Borehole in the Panenská Passage: 1 – clayey sand, 2 – clayey sandy gravel, 3 – sandy clay and clayey loam, 4 – fine-grained conglomerates with a calcite and sand-calcareous cement, 5 – Wetterstein Limestone (Droppa, 1972b)



Obr. 8. Jaskyňa Domica, bočný korytovitý zázrez na okraji agra-dovaného riečiska Styxu vyhlbený pod meandrovým ohybom chodby hlavnej vývojovej úrovne. Foto: P. Bella

Fig. 8. Domica Cave, a side channel at the edge of aggraded riverbed of the Styx cut under the meander curve of the passage of main development level. Photo: P. Bella

dobne v niektorých úsekoch maďarskej časti jaskynného systému Domica-Baradla spodné časti chodieb hlavnej úrovne (na okraji riečiska) laterálne zmenili svoj priebeh v súvislosti

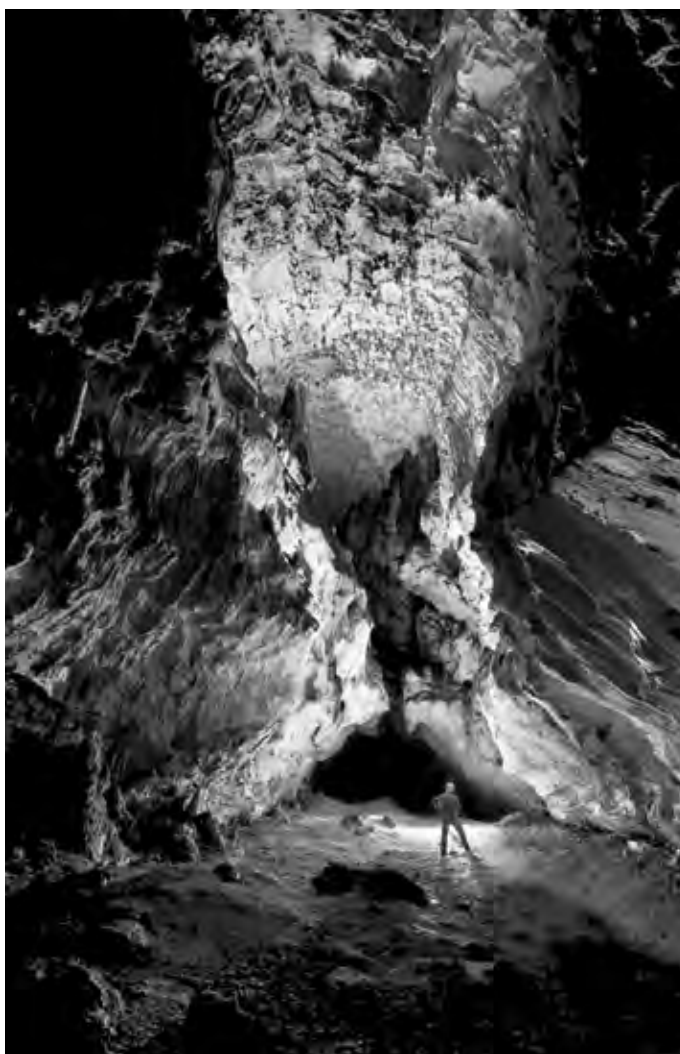
s migráciou meandrových ohybov spôsobenou bočnou eróziou na nárazovom brehu (Jakucs, 2000). V chodbách IV. vývojovej úrovne Demänovského jaskynného systému sú početné bočné korytá, miestami sa vytvorili terasové stupne (napr. v Mramorovom riečisku Demänovskej jaskyne slobody). V niektorých chodbách vytvorených pozdĺž strmých vertikálnych porúch počas viacerých vývojových fáz

Dropa (1972a) rozlíšil dve vývojové úrovne nad sebou (napr. v Čiernej galérii Demänovskej ľadovej jaskyne; obr. 9). Úrovňová chodba jaskyne Okno je na viacerých miestach rozšírená bočnými korytami.

INTERPRETÁCIA A DISKUSIA

V rámci morfoštruktúrneho členenia Západných Karpát (Minár et al., 2011) Nízke Tatry patria do Centrálného regiónu (Tatranský subregión), Slovenský raj do Prechodného regiónu (subregión Slovenské rudohorie) a južný okraj Slovenského krasu vrátane Aggteleškého krasu do Juhovýchodného regiónu (Juhovýchodný okrajový subregión). Poloha skúmaných jaskýňných úrovní v rámci morfoštruktúrneho členenia Západných Karpát je uvedená na obr. 10.

Z opisovaných jaskýňných úrovní sa v strednom až vrchnom pliocéne vytvorila úrovňová chodba jaskyne Okno (Dropa, 1972a), IV. vývojová úroveň Dobšinsko-stratenského jaskýňného systému (Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný a Tulis, 2005; Bella et al., 2014b) a horná úroveň jaskyne Domica (Bella et al., 2014a). Porovnávať ich morfológiu možno usúdiť, že široké zarovnané stropy a rozsah IV. vývojovej úrovne Dobšinsko-stratenského jaskýňného systému v porovnaní s úrovňou jaskyne Okno sú prejavom



Obr. 9. Demänovská ľadová jaskyňa, Čierna galéria, kaňonovitá dvojúrovňová chodba (podľa Dropa, 1972a). Foto: P. Staník
Fig. 9. Demänová Ice Cave, Black Gallery, a canyon-like two-levelled passage (after Dropa, 1972a). Photo: P. Staník

dlhšieho obdobia a intenzívnejšieho vytvárania jaskýňnej úrovne v Prechodnom regióne, subregión Slovenské rudohorie ako v Centrálnom regióne, Tatranský subregión. Dlhodobšie stabilizovaná erózná báza na povrchu bola dôsledkom sčasti odlišného tektonického režimu v príslušných častiach Západných Karpát. Obe tieto jaskýňné úrovne vytvorili trvalé alochtónne vodné toky. Novotný (1993) predpokladá, že IV. vývojová úroveň Dobšinsko-stratenského jaskýňného systému sa vytvárala počas dlhodobej vertikálnej stabilizácie územia v rumane, ktorá trvala 1,5 až 2 mil. rokov. Na základe veľkosti štrkových okruhlakov a zodpovedajúcej rýchlosti vodného prúdu spôsobujúceho ich transport a veľkosti príslušného profilu jaskýňnej chodby Tulis a Novotný (1989) predpokladajú podstatne vyššie prietoky alochtónnych vodných tokov v čase transportu a vyprázdňovania štrkov zo IV. vývojovej úrovne v porovnaní so súčasnými prietokmi Hnilca a Tiesňav v Stratenej a jej okolí (pravdepodobne v dôsledku humídnejšej klímy). Vzhľadom na podstatne menšie množstvo štrkov splavených do jaskyne Okno možno predpokladať, že v tom čase prietoky ponorných vôd boli väčšie v Dobšinsko-stratenskom jaskýňnom systéme. Chodbu hornej vývojovej úrovne jaskyne Domica viackrát vytváral občasný vodný

Tab. 1. Morfológické odlišnosti vývojových úrovní skúmaných jaskýň
Table 1. Morphological differences of the development levels of investigated caves

Jaskyňa / úsek jaskyne		Celková morfológia jaskýňnej úrovne	Sklon [%]	Menšie morfológické tvary		
				Podlaha	Steny	Strop
IV. vývojová úroveň Demänovského jaskýňného systému (podľa Dropa, 1972a)		tunelovité, miestami kaňonovité chodby prerušované bývalými sífónmi (freatickými slučkami), rozširujúce sa pred odtokovými sífónmi alebo inými prekážkami odtoku vody	10	podlaha laterálne rozšírená bočnými korytami, miestami zrútená, zvyšky fluviálnych sedimentov (prevažne alochtónnych štrkov)	bočné koryto, meandrovité zárezy	krátke úseky stropných koryt v bývalých freatických sífónoch
jaskyňa Okno, úrovňový úsek v hornej časti jaskyne		úseky širokej klenbovitej alebo tunelovitej chodby s prevažne fluviálne agradovanou podlahou (zväčša pokrytou mladšími sedimentmi), miestami sčasti rozplavenou a/alebo zosunutou do nižšie položených priestorov	3	podlaha miestami laterálne rozšírená bočnými korytami, fluviálne agradovaná podlaha (prevažne alochtónne štrky), zväčša pokrytá mladšími jemnozrnnými a chemogénnymi sedimentmi	miestami bočné korytá a meandrovité zárezy	široký klenbovitý strop, úseky stropných koryt
IV. vývojová úroveň Dobšinsko-stratenského jaskýňného systému		široká chodba so zarovnaným stropom	3	agradovaná podlaha, miestami rozplavená alebo zrútená, zvyšky fluviálnych sedimentov (prevažne alochtónnych štrkov)	stupňovité bočné korytá, meandrovité zárezy	zarovnaný strop, úseky stropného koryta
jaskyňa Domica	horná úroveň	tunelovitá chodba s výrazným stropným korytom	4	podlaha pokrytá jemnozrnnými sedimentmi	bočné korytá	súvislé stropné koryto
	hlavná úroveň s riečiskom Styxu	kaňonovitá chodba so súvislou fluviálne agradovanou podlahou	7,5 (vrátane jaskyne Baradla)	agradovaná podlaha (prevažne alochtónne štrky) s občasne aktívnym riečiskom, pokrytá povodňovými sedimentmi	meandrovité zárezy, menšie bočné korytovité žľaby	úseky stropných koryt

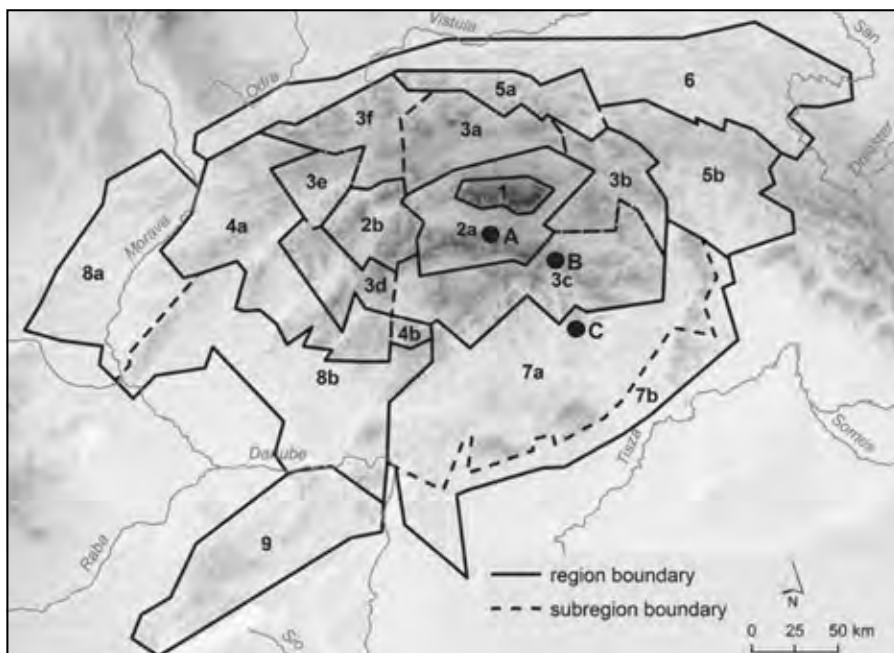
tok, ktorý do podzemia transportoval množstvo štrkov poltárskeho súvrstvia. Ich agradácia spôsobila paragenetický vývoj tejto úrovne s formovaním stropného koryta (erózia odspodu nahor).

V spodnom pleistocéne s veľkou pravdepodobnosťou bola vytvorená hlavná vývojová úroveň jaskyne Domica, súvisle pokračujúca do jaskyne Baradla (Droppa, 1972b a ďalší), a IV. vývojová úroveň Demänovského jaskynného systému (Droppa, 1972a; Hercman et al., 1997; Bella et al., 2011). Tieto jaskynné úrovne sa vytvárali vyrovnávaním freatických slučiek pozdĺž piezometrického povrchu podzemných vôd (vyhlbovaním paragenetických stropných koryt odspodu nahor a vyplňovaním sífónov naplavenými sedimentmi, najmä v jaskyni Domica) alebo rozširovaním chodieb bočnými korytami a meandrovitými zárezmi (prevažne v Demänovskom jaskynnom systéme). Dlhšia a vyrovnanjšia úrovňová chodba v jaskyni Domica, pokračujúca cez jaskyňu Baradla až do výverovej jósvafskej časti jaskynného systému, je prejavom dlhšieho obdobia vytvárania jaskynnej úrovne v Juhovýchodnom okrajovom subregióne ako v Tatranskom subregióne Centrálného regiónu. Úrovňová chodba jaskynného systému Domica-Baradla sa vytvárala vo vzťahu k vývoju spodnej časti výrazného pedimentu v doline Jósavy počas spomalenia, resp. prerušenia tektonického zdvihu územia, IV. vývojová úroveň Demänovského jaskynného systému vo vzťahu k riečnej terase Demänovky a Váhu v Liptovskej kotline, pravdepodobne v čase meniacej sa dynamiky vodných tokov v nadväznosti na rytmické klimatické zmeny v tektonicky zdvíhajúcim sa území.

V skúmaných jaskyniach úrovňové chodby vytvorené v strednom až vrchnom pliocéne majú sklon 3 až 4 ‰, kým jaskynné úrovne vytvorené v spodnom pleistocéne 7,5 až 10 ‰. Menší sklon úrovňových chodieb vytvorených v strednom až vrchnom pliocéne pravdepodobne súvisí s dlhodobějšie stabilizovanou eróznou bázou na povrchu.

ZÁVER

Jaskynné úrovne patria medzi geomorfologické formy, ktoré sa vytvárajú vo vzťahu k stabilizovanej eróznej báze. Ich vývoj možno korelovať s vývojom zarovnaných povrchov a riečnych terás na povrchu. Preto ich výskum je dôležitý aj z hľadiska rekonštrukcie



Obr. 10. Poloha skúmaných jaskynných úrovní v rámci morfoštruktúrneho členenia Západných Karpát (Minár et al., 2011): A – jaskynné úrovne v Demänovskej doline, B – Dobšinsko-stratenský jaskynný systém, C – jaskynný systém Domica-Baradla. Morfoštruktúrne členenie Západných Karpát: 1 – Tatranský región, 2 – Centrálny región (2a – Tatranský subregión, 2b – Fatranský subregión), 3 – Prechodný región (3a – subregión Beskid Żywiecki-Gorce, 3b – subregión Beskid Sądecki-Levočské vrchy, 3c – subregión Slovenské rudohorie, 3d – subregión Strážovské vrchy-Kremnické vrchy, 3e – subregión Javorníky, 3f – subregión Moravsko-sliezske Beskydy), 4 – Západný okrajový región (4a – subregión Biele Karpaty-Štiavnické vrchy, 4b – subregión Javorie), 5 – Severovýchodný okrajový región (5a – subregión Beskid Wyspowy, 5b – subregión Nízke Beskydy), 6 – Severné predhorie, 7 – Juhovýchodný okrajový subregión (7a – Juhovýchodný okrajový subregión, 7b – Juhovýchodné predhorie), 8 – Juhozápadné predhorie (8a – subregión Viedenská kotlina, 8b – subregión Dunajská kotlina), 9 – Transdunajské pohorie

Fig. 10. Location of investigated cave levels within the morphostructural subdivision of the Western Carpathians (Minár et al., 2011): A – cave levels in the Demänová Valley, B – Dobšinská-Stratenský cave system, C – Domica-Baradla cave system. Morphostructural subdivision of the Western Carpathians: 1 – Tatra Region, 2 – Central Region (2a – Tatra Subregion, 2b – Fatra Subregion), 3 – Transitional Region (3a – Beskid Żywiecki-Gorce Subregion, 3b – Beskid Sądecki-Levočské vrchy Subregion, 3c – Slovenské rudohorie Subregion, 3d – Strážovské vrchy-Kremnické vrchy Subregion, 3e – Javorníky Subregion, 3f – Moravian-Silesian Beskids Subregion), 4 – West Marginal Region (4a – Biele Karpaty-Štiavnické vrchy Subregion, 4b – Javorie Subregion), 5 – North-East Marginal Region (5a – Beskid Wyspowy Subregion, 5b – Low Beskids Subregion), 6 – North Foreland, 7 – South-East Region (7a – South-East Marginal Subregion, 7b – South-East Foreland), 8 – South-West Foreland (8a – Vienna Basin Subregion, 8b – Danube Basin Subregion), 9 – Transdanubian Mountains

vývoja reliéfu okolitých území. V niektorých oblastiach sa v rámci chodieb jaskynných úrovní pozorujú určité morfológické odlišnosti (najmä vzhľadom na výskyt, resp. absenciu širokých zarovnaných stropov, stropných koryt, bočných koryt alebo širokých rovných zrezaných alebo agradovaných podláh), na základe ktorých možno poukázať na odlišnosti geomorfologického vývoja častí predmetných území (prevažne ako prejavu nerovnomerné-

ho tektonického režimu). Jedným z príkladov sú aj jaskynné úrovne v centrálnej, prechodnej a okrajovej časti Západných Karpát (jaskynné úrovne v Demänovskej doline v Nízkych Tatrách, Dobšinsko-stratenský jaskynný systém v Slovenskom raji a cezhraničný slovensko-maďarský jaskynný systém Domica-Baradla v Slovenskom krase a Aggtelekskom krase).

Táto práca bola podporovaná vedeckým grantovým projektom VEGA č. 1/0430/15.

LITERATÚRA

- BELLA, P. – BRAUCHER, R. – HOLEC, J. – VESELSKÝ, M. 2014a. Datovanie pochovania kremiteho štrku na vrchnej vývojovej úrovni jaskyne Domica pomocou kozmogénnych nuklidov. *Slovenský kras*, 52, 1, 15–24.
- BELLA, P. – BRAUCHER, R. – HOLEC, J. – VESELSKÝ, M. 2014b. Datovanie pochovania alochtónnych fluvialných sedimentov v hornej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne (IV. vývojová úroveň systému Stratenej jaskyne) pomocou kozmogénnych nuklidov. *Slovenský kras*, 52, 2, 101–110.
- BELLA, P. – HERCMAN, H. – GRADZINSKI, M. – PRUNER, P. – KADLEC, J. – BOŠAK, P. – GLAZEK, J. – GĄSIOROWSKI, M. – NOWICKI, T. 2011. Geochronológia jaskynných úrovní v Demänovskej doline, Nízke Tatry. *Aragonit*, 16, 1–2, 64–68.
- BELLA, P. – MINÁR, J. – BRAUCHER, R. – VESELSKÝ, M. – HOLEC, J. 2015. Vytváranie pedimentov v južnej a severnej časti Slovenského rudohoria: geochronologická rekonštrukcia na základe datovania alochtónnych fluvialných sedimentov z jaskynných úrovní pomocou kozmogénnych nuklidov (predbežné výsledky). In Kulla, M. – Novotný, L. (Eds.): *Zborník abstraktov zo 7. medzinárodného geografického kolokvia, Danišovec 21. – 23. 10. 2015*. UPJŠ, Košice, 5–7.
- BELLA, P. – VESELSKÝ, M. 2015. Jaskynné úrovne a ich morfofenetické varianty. *Aragonit*, 20, 2, 90–96.
- BÖGLI, A. 1978. *Karsthydrographie und physische Speläologie*. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 292 s.
- DROPPA, A. 1961. Domica-Baradla, jaskyne predhistorického človeka. *Šport*, Bratislava, 151 s.
- DROPPA, A. 1963. Paralelizácia riečnych terás a horizontálnych jaskýň. *Geologické práce*, Zošit 64, 93–96.
- DROPPA, A. 1966. The correlation of some horizontal caves with river terraces. *Studies in Speleology*, 1, 186–192.
- DROPPA, A. 1972a. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9–46.
- DROPPA, A. 1972b. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. *Československý kras*, 22, 65–72.
- DROPPA, A. 1980. Jaskyne južnej časti Slovenského raja. *Československý kras*, 30 (1978), 51–65.

- FORD, D. C. 2000. Caves Branch, Belize, and the Baradla-Domica System, Hungary and Slovakia. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, U. S. A., 391–396.
- GAÁL, Ľ. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš – Knížne centrum, Žilina, 168 s.
- HERCMAN, H. – BELLA, P. – GLAZEK, J. – GRADZIŃSKI, M. – LAURITZEN, S. E. – LØVLIE, R. 1997. Uranium-series dating of speleothems from Demänová Ice Cave: A step to age of the Demänová Cave System (The Nízke Tatry Mts., Slovakia). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 67, 4, 439–450.
- HERCMAN, H. – BELLA, P. – GLAZEK, J. – GRADZIŃSKI, M. – NOWICKI, T. 2000. Rádioizotopové datovanie sintrov z Demänovskej jaskyne slobody. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999*. SSJ, Liptovský Mikuláš, 26–35.
- JAKÁL, J. 1971. Morfológia a genéza Dobšinskej ľadovej jaskyne. *Slovenský kras*, 9, 27–33.
- JAKÁL, J. 1975. Kras Šilickej planiny. Osveta, Martin, 152 s.
- JAKUCS, L. 2000. A hordalékeróziós barlangfolyosók öblösségének kérdése. *Karsztfejlődés*, 5, 223–241.
- KADLEC, J. – PRUNER, P. – HERCMAN, H. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2004. Magnetostratigrafia sedimentov zachovaných v jaskyniach Nízkych Tatier. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie, Tále 5. – 8. 10. 2003*. SSJ, Liptovský Mikuláš, 15–19.
- KESSLER, H. 1938. Az Aggteleki-barlangrendszer hidrografiája. *Földrajzi Közlemények*, 66, 1–3, 1–30.
- KOVÁCS, G. 1970. Az Aggteleki Baradla-barlang genetikájának néhány problémája. *Karszt és Barlang*, 1970/II, 57–62.
- LÁNG, S. 1955. Geomorfológiai tanulmányok az Aggteleki-karsztvidéken. *Földrajzi Értesítő*, 4, 1, 1–16.
- MANN, K. – POUBA, Z. – ŠANTRŮČEK, P. 1949. Nová speleologická studia v Domici. *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, 54, 2, 99–106.
- MINÁR, J. – BIELIK, M. – KOVÁČ, M. – PLAŠENKA, D. – BARKA, I. – STANKOVIANSKÝ, M. – ZEYEN, H. 2011. New morphostructural subdivision of the Western Carpathians: An approach integrating geodynamics into targeted morphometric analysis. *Tectonophysics*, 502, 1–2, 158–174.
- NOVOTNÝ, L. 1993. Tretohorné jaskynné úrovně a zarovnané povrchy v Slovenskom raji. *Slovenský kras*, 31, 55–59.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2005. Kras Slovenského raja. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš – Slovenská speleologická spoločnosť – Knížne centrum, Žilina, 175 s.
- ROTH, Z. 1937. Vývoj jaskyně Domic. Bratislava, 11, 129–163.
- ROTH, Z. 1940. Vývojový vzťah jaskyně Baradel k jaskyni Domic v Juhoslovenském krase. *Věstník Královské české společnosti nauk*, Praha, 9 s.
- SZENTHE, I. 1970. Újabb eredmények a Baradla kutatásában. *Karszt és Barlang*, 1970/II, 63–64.
- SZILÁGYI, F. 1982. A Baradla Rövid-Álsó-barlangjának feltárása. *Karszt és Barlang*, 1982/II, 65–70.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. Osveta, Martin, 464 s.
- VERESS, M. – UNGER, Z. 2015. Baradla-Domica: Large Cave System on the Hungarian-Slovak Border. In Lóczy, F. (Ed.): *Landscapes and Landforms of Hungary*. Springer International Publishing, 167–175.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1925. Diluviálne náplavy v Jaskyni „Okne“ v Demänovskej doline (Liptov na Slovensku). *Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky*, 1, 2, 1–11.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1927. Vykopávky v jaskyni „Okne“ (Demänovská dolina, Liptov). Zpráva o nálezisku. *Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti*, 21, Turčiansky Sv. Martin, 24–39.

TYPY JASKYNNÝCH JAZIER NA SLOVENSKU PODĽA GEOLOGICKÝCH A GEOMORFOLOGICKÝCH PODMIENOK A PROCESOV ICH VZNIKU

Pavel Bella^{1,2} – Dagmar Haviarová¹

¹ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk, dagmar.haviarova@ssj.sk

² Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok; pavel.bella@ku.sk

P. Bella, D. Haviarová: Types of cave lakes in Slovakia according to geological and geomorphological conditions and processes of their origin

Abstract: Lakes do not belong to typical natural phenomena on the surface of karst landscape, because, in the areas formed by soluble and permeable rocks, the drainage is concentrated underground. In caves, depending on the geological, hydrogeological, geomorphological and hydrographical conditions, smaller and larger lakes are formed. Nevertheless, existing classifications of lakes in karst are concerned only to lakes on the surface (mainly in dolines and the end part of blind valleys of the contact karst or on the flooded floor of poijles). Therefore, this article deals with the typology of cave lakes from a geological and geomorphological point of view. According to the origin of lake basins, the following types of lakes can be distinguished in Slovak caves: (1) lakes in erosion and collapsed depressions – standing lakes in epiphreatic and phreatic siphons and channels formed by solution processes (lakes in permanent flooded siphons and channels at the level of water table or piezometric surface of underground water associated with erosion base on the surface, lakes in permanent flooded siphons and channels at the hanging local level of water table conditioned by a lithological barrier or threshold, lakes in occasionally flooded epiphreatic channels), fluvial lakes (permanent lakes in river beds at the level of water table or piezometric surface of underground water, lakes in occasionally active river beds, lakes in potholes deepened into the stream channel below cascades), lakes in solution depressions with an outlet of mineralized and slightly heated waters of deeper circulation, lakes in solution or fluvial depressions of inactive channels of phreatic or epiphreatic origin, lakes in suffosion depressions, lakes in pits deepened by dripping or trickling water, ephemeral supraglacial lakes formed by ice melting in ice-filled caves, and flooded collapse shafts with an outflow of mineralized and slightly heated artesian waters, and lakes in collapse depressions on the floor of cave passages; (2) barrier lake – lakes of rimstone dams, concave bench lakes with narrow basins due to levées, intra-crater lakes within travertine mounds with mineralized and slightly heated waters of deep circulation, and anthropogenic lakes (artificial dammed lakes); (3) hybrid lakes formed by erosion and accumulation processes – small stalagmite lakes, solution lakes with water table increased by rimstone dams, etc.

Key words: karst geomorphology, karst hydrology, speleology, cave, underground lake, classification, erosion lake, flooded collapsed pit, ephemeral supraglacial lake, barrier lake, Western Carpathians

ÚVOD

Jazerá nepatria medzi typické hydrologické javy na povrchu krasu, pretože na úze-

mí budovanom rozpustnými a priepustnými horninami je drenáž sústredená do podzemia. Voda vnika do podzemia rozptýleným i sústredeným priesakom (infiltráciou), ako aj cez

ponory stálych alebo občasných povrchových vodných tokov. Na priepustnom skrasovatom povrchu vodné toky absentujú, viac-menej aj jazerá (okrem jazier v upchaných okra-

jových závrtoch a občasných jazier v poljach a záveroch slepých dolín počas povodní). V jaskyniach sa v závislosti od hydrogeologických, geomorfologických a hydrografických podmienok vytvárajú menšie i väčšie jazerá, v niektorých jaskyniach podzemné jazerá dokonca dominujú. Doterajšie klasifikácie jazier v krase (obsiahnuté v mnohých zahraničných i domácich monografiách či špecificky zameraných štúdiách) sa týkali prevažne jazier na povrchu, na jazerá v jaskyniach sa upriamovala menšia pozornosť. Cieľom tohto príspevku je podať základný prehľad o hydrogeologických, geomorfologických a hydrologických typoch jazier v jaskyniach na Slovensku.

V prvej slovenskej speleologickej monografii Volko-Starohorský (1935) iba konštatuje, že v jaskyniach sa voda hromadí aj v podobe jazier predstavujúcich prirodzené podzemné nádrže. Roth (1948) sa zaoberal vytváraním sintrových jazierok (hrádzok sintrových mäsiek) v jaskyni Domica. V kapitole o krasových javoch, zaradenej do Všeobecnej geológie, Kettner (1948) opisuje v jaskyniach hradené sintrové jazierka, spomína aj nádrže stojatej („mrŕvej“) vody po záplavách. Sintrové jazierka sa rovnako opisujú v monografii Kras a jaskyne od Kunskeho (1950). V knižnej publikácii Praktická speleológia Mitter (1982) vyčlenil v rámci jazier v krase osobitnú skupinu podzemných jazier, avšak detailnejšie ich nekategorizuje (iba konštatuje, že vznikajú rozrušovaním krasovej horniny alebo akumuláciou sintrov). Už predtým v prehľade hydrologie krasových území, v časti o jazerách v krase Mitter (1977) spomína z jaskýň len hrádzové jazerá (Rímske kúpele v Domici). Tulis a Novotný (1989) vyčlenili v Stratenskej jaskyni jazerá v korózne-erózných priehlbniach, hrádzové (hradené) jazerá a jazerá v prepahliskách dna, resp. podláh podzemných priestorov. Do Karsologickej a speleologickej terminológie Panoš (2001) zaradil heslá týkajúce sa jazera jaskynného, jazera sifónového, jazera sintrového (misovitého) a kaskádovitého, jazierka ľadového a jazierka stalagmitového. V širšie zameranej geografickej, resp. hydrologickej literatúre Netopil (1984) uvádza menšie jazerá v podzemných priestoroch skrasovatených vápencov, kde vznikajú za sifónmi, zahradeniami riečiska skalnými blokmi zo zrútených stropov alebo za sintrovými hrádzami.

Ani jedna z doterajších prác publikovaných v slovenskej literatúre, viac-menej ani v bývalom Československu nepodáva súbornú typológiu podzemných jazier, ktorá by dostatočne odrážala rôznorodosť jazier v jaskyniach na Slovensku podľa spôsobu ich vzniku, hydrografie a hydrologického režimu. Preto spracovanie súbornej klasifikácie jazier v jaskyniach na Slovensku je opodstatnené a potrebné z vedeckého, náučného, ochranného i dokumentačného hľadiska (napr. pre centrálnu evidenciu a dokumentáciu jaskýň).

METODOLOGICKÉ PRÍSTUPY

Základný prístup triedenia jazier podľa vzniku jazernej panvy „konštruktívnymi, deštruktívnymi alebo obštruktívnymi procesmi“ predložil Davis (1882, 1887). Problematikou vytvárania jazier sa v tom čase zaoberal aj Penck (1882, 1894). Najmä vo vzťahu k jednotlivým geologickým a geomorfologickým

procesom, ktorými vznikli vyhlbeniny alebo hrázde jazier, triedenie jazier podľa vzniku ich panvy ďalej rozpracoval Russel (1895) a neskôr Hutchinson (1957). Podľa pôvodu panvy Supan (1896, 1930) rozlišuje jazerá vyhlbené a hradené. Ule (1925, 1931) delí jazerá na primárne (panva vytvorená súčasne s okolitým georeliéfom) a sekundárne (panva vytvorená neskôr ako okolitý georeliéf). Tieto prístupy genetickej klasifikácie jazier boli prevzaté aj do vedeckej a náučnej literatúry, ktorá vyšla v bývalom Československu (Kunský, 1935; Kettner, 1948; Vitásek, 1966 a ďalší). V novej literatúre súborné poznatky o vytváraní jazernej panvy podávajú Reeves (1968), Wetzel (2001), Cohen (2003) a Löffler (2004).

Základnú klasifikáciu jazier v jaskyniach rozpracoval Maksimovič (1962). V naklonených jaskyniach vyčlenil evorzné prietochné jazerá combetského typu (podľa jaskyne Grotte du Combet-Georges vo Francúzsku) a korózne kotlovité jazerá. V horizontálnych jaskyniach vyčlenil hrádzové prietochné jazerá devetaškatského typu (podľa jaskyne Devetaškata v Bulharsku, hrázde tvorené zrútenými balvanmi a hlinou alebo naplaveným pieskom a štrkom), hrádzové slabé prietochné jazerá domického typu (podľa našej jaskyne Domica, jazerá so sintrovými hrádzami), prietochné jazerá kungurského typu (podľa Kungurskej ľadovej jaskyne v Preduralí, jazerá v úrovni hladiny horizontálne cirkulujúcej podzemnej vody mimo podzemných riečisk) a kotlovito-akumulačné jazerá kizelovského typu (podľa Kizelovskej jaskyne v Permskej oblasti v Rusku, zvyškové „neprietochné“ jazerá v depresiách po poklese hladiny vody následkom zahĺbenia príľahlých riečisk na povrchu). V šachtách (priepastiach otvorených na povrch) vyčlenil akumuláčnne kotlovité jazerá (na dne šacht upchatom nepriepustnými sedimentmi) a prietochné jazerá macošského typu (podľa priepasti Macocha v Moravskom krase). Osobitnú kategóriu tvoria jazerá plnené vystupujúcou hydrotermálnou, resp. mineralizovanou vodou. Okrem hradených sintrových jazier typu Domica Maksimovič (1962) spomína aj niektoré ďalšie typy jazier v jaskyniach na Slovensku.

Genetickú klasifikáciu jazerných depresí, resp. znížení v jaskyniach Gruzínska spracoval Tintilozov (1976). Uvádza, že jazerá sa vytvorili v korózne-erózných priehlbniach vyhlbených padajúcou alebo strmo prúdiacou vodou (evorzné vyhlbeniny), v zníženíach prehradených agregátmi podlahových sintrových nátekov alebo skalnými nahromadeninami po rútení, ako aj v prepahliskách po preborení jaskynných podláh. Tulis a Novotný (1989) využili túto klasifikáciu pri triedení jazier v Stratenskej jaskyni.

Podobne ako jazerá na povrchu, aj jazerá v jaskyniach možno deliť podľa spôsobu vzniku jazernej panvy (vyhlbením podlahovej znížiny, zrútením podlahy, prírodným alebo antropogénnym prehradením vodného toku, upchaním dna znížiny jemnými nepriepustnými sedimentmi). Ďalej sa jazerá rozlišujú podľa toho, akým geomorfologickým procesom vznikli znížiny alebo hrázde (fluválnou eróznou a eróžno-akumulačnou činnosťou v podzemnom riečisku, zahradením riečiska skalnými balvanmi zrútenými zo stropu a ich upchaním fluválnymi sedimentmi, zahradením riečiska fluválnymi sedimentmi, skrasovate-

ním kanálov v epifreatickej zóne s freatickými slúčkami, vypreparovaním vyčnievajúcich skalných prahov z nepriepustných hornín, eróziou spôsobenou dopadajúcimi vodnými kvapkami, usadzovaním sintrových valov, nanášaním nepriepustných povodňových sedimentov do znížení, abláciou podlahového ľadu v mieste intenzívneho priesaku zrážkových vôd a pod.). Z hľadiska hydrografickej zónalnosti krasu sa jazerá vyskytujú v epifreatickej časti freatickej zóny (pri kolísajúcej vodnej hladine) alebo vo vadóznej zóne. Z hydrologického hľadiska sa rozlišujú jazerá s prúdiacou vodou (prietochné jazerá) a stojatou vodou, ďalej jazerá plnené vodným tokom, kvapkajúcou (presakujúcou zrážkovou) vodou alebo presakujúcou podzemnou vodou. Podľa trvácnosti sa jazerá delia na stále a občasné.

TYPY JASKYNNÝCH JAZIER PODĽA SPÔSOBU VZNIKU ZAPLAVENEJ ZNÍŽENINY

Podľa spôsobu vzniku jazernej panvy a zodpovedajúceho geomorfologického procesu sa v jaskyniach na Slovensku rozlišujú tieto typy jazier (detailnejšie ich možno triediť podľa hydrografickej zónalnosti a hydrologického režimu):

VYHLBENÉ JAZERÁ (JAZERÁ V ERÓZNYCH VYHLBENINÁCH A PREPADLISKÁCH)

Jazerá v korózných epifreatických a freatických sifónoch a kanáloch

Jazerá v trvale zaplavených sifónoch a kanáloch – stojaté a stále jazerá vyskytujúce sa v intenzívne skrasovatených častiach epifreatickej zóny v úrovni hladiny, resp. piezometrického povrchu podzemných vôd inklinujúceho k miestnej eróznej báze. V závislosti od štruktúrno-geologických podmienok a stupňa skrasovania (dimenzie podzemných priestorov) predstavujú rôzne veľké jazerá s voľnou hladinou vody. Väčšie jazerá môžu byť predelené sifónmi, resp. freatickými kolenami (slúčkami). Príkladom sú jazerá v spodnej časti Jaskyne zlomisk v Jánskej doline (Hochmuth a Holúbek, 1995; Hochmuth, 2000) a v Jazernej jaskyni v Tisovskom krase v južnej časti Muránskej planiny (Kámen, 1953a,b; Sasvári, 1999; Hutka a Kubička, 2015). Freatická slúčka rozdeľujúca jazero v Jazernej jaskyni siaha do hĺbky 23 m (Sasvári, 1999). Menšie jazerá zväčša predstavujú výústenia freatických sifónov. Zvýšením hladiny týchto jazier po dlhotrvajúcich zrážkach sa zaplavujú príľahlé časti podzemných priestorov, napr. Hessovo jazero v spodnej časti Jasovskej jaskyne (Himmel, 1963; Orvan, 1977 a ďalší). V Hessovom jazere (výústenie sifónu, obr. 1) speleopotápači prenikli sifónom do vzdialenosti 30 m a hĺbky 11 m (Sasvári, 1999). Za vysokých stavov vody tohto jazera zaplavujú chodník prehliadkovej trasy a obmedzujú prevádzku jaskyne. Ďalšími príkladmi sú jazerá v jaskyni Zápoľná v doline Čierneho Váhu na juhozápadnom okraji Kozích chrbtov (Haviarová, 2017) a 30 m dlhé jazero v jaskyni Hladový prameň v Čachtickom krase (Malé Karpaty), končiace sa sifónom (Hochmuth, 2000). Po dlhotrvajúcich zrážkach alebo počas topenia snehu hladina



Obr. 1. Hessovo jazero vo Veľkom dóme Jasovskej jaskyne predstavujúce vyústenie epifreatického sifónu v úrovni hladiny podzemnej vody. Foto: P. Staník
Fig. 1. Hess Lake in the Great Chamber of Jasovská Cave representing the mouth of epiphreatic siphon at the level of water table. Photo: P. Staník

tohto jazera stúpa natoľko, že voda z neho vyteká von z jaskyne cez vyrazenú štôľňu.

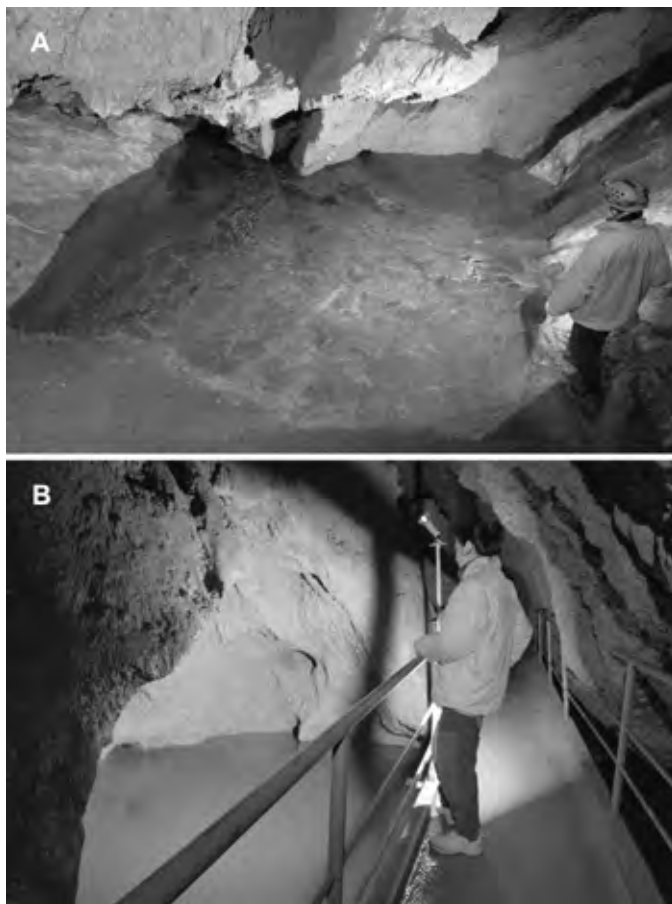
Osobitnú skupinu jazier v trvale zaplavených sifónoch a kanáloch tvoria stojaté jazerá v úrovni lokálnej hladiny podzemnej vody viažucej sa na horný okraj menej priepustnej, resp. nepriepustnej litologickej bariéry (prahu). Plnené sú presakujúcou zrážkovou vodou, hladina jazier kolíše v závislosti od množstva zrážok (napr. jazerá v najnižších častiach Ochtinskej aragonitovej jaskyne) (obr. 2).

Jazerá v občasne zaplavovaných epifreatických kanáloch – predstavujú „postzáplavové“ nádrže stojatej („mŕtvej“) vody (Kettner, 1948) vo vrchnej časti epifreatickej zóny, tvoriace sa v znížených častiach občasne zaplavovaných chodieb (pozostatkoch freatických slučiek) v dôsledku stúpania hladiny podzemnej vody (napr. občasne zaplavovaný úsek Blatistej chodby v Gombaseckej jaskyni. Do tejto skupiny jazier patrí aj občasné jazero v Mramorovej sieni Gombaseckej jaskyne, ktoré vzniká na hornom okraji strmého freatického kanála vyplneného vystupujúcou vodou, v čase vysokých vodných stavov odtiekajúcou z Mramorovej siene do Suchej chodby (Haviarová, 2005).

Riečiskové jazerá

Jazerá v riečiskách pozdĺž hladiny, resp. piezometrického povrchu podzemných vôd –

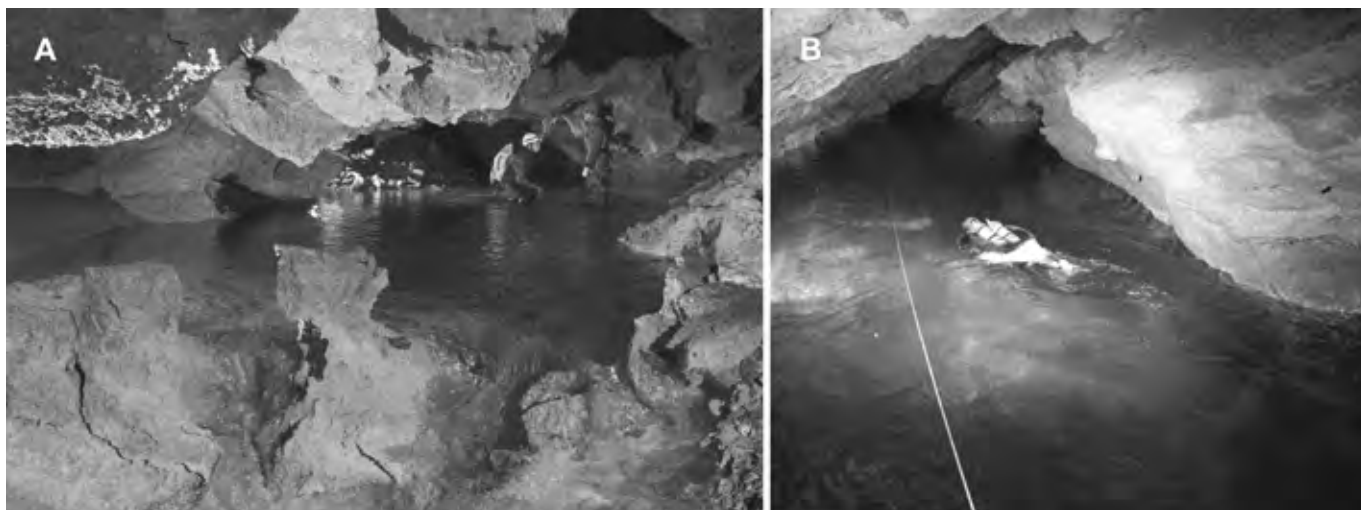
vyskytujú sa na podzemných riečiskách v epifreatickej zóne (obr. 3). Predstavujú pomerne úzke a dlhé prietochné jazerá s voľnou hladinou vody alebo môžu byť predelené sifónmi, t. j. výbežkami skalného stropu siahajúcimi pod vodnú hladinu vody (Bertarelli a Boegan, 1926; Kettner, 1948; Kunský, 1950 a ďalší). Pri nízkych stavoch vody hladina jazera môže poklesnúť pod plytkšie sifóny (v takýchto prípadoch sifón hladinu jazera dočasne nepredeluje). Prietochné jazerá sa vytvárajú aj pred sifónmi (v mieste vtekania vody do sifónov v spodnej časti jaskyne Štefanová v Demänovskej doline, v jaskyni Milada a v Majkovej jaskyni na Silickej planine v Slovenskom krase) a za sifónmi (v mieste vytekania vody zo sifónu do riečiska Demänovky v Pekelnom dóme Demänovskej jaskyne slobody alebo Marikino jazero v Krásnohorskej jaskyni na



Obr. 2. Jazerá v trvale zaplavených sifónoch v úrovni visutej lokálnej hladiny podzemnej vody, Ochtinská aragonitová jaskyňa: A – jazero v Hlbokom dóme, B – občasné jazero vo Vstupnej sieni za vysokého stavu vody (jún 2010). Foto: P. Staník

Fig. 2. Lakes in permanent flooded siphons at the level of hanging local water table, Ochtiná Aragonite Cave: A – lake in the Deep Chamber, B – occasional lake in the Entrance Hall during high water table (June 2010). Photo: P. Staník

severnom okraji Silickej planiny. Prietochné jazerá sú známe na podzemnom riečisku jaskyne Vyvieranie v Demänovskej doline (Droppa, 1950b; Hochmuth, 1988b, 1993, 2000), na spodnom sifónálnom úseku jaskyne Skalný potok na juhozápadnom okraji Jasovskej planiny (Hochmuth, 2000, 2013), na podzemnom riečisku v Brestovskej jaskyni na severozápadnom úpätí Západných Tatier (Hochmuth, 1984; obr. 3), v Jaskyni v Hlbokom v Jánskej doline



Obr. 3. Prietochné riečiskové jazerá: A – Brestovská jaskyňa, B – jaskyňa Vyvieranie. Foto: P. Staník
Fig. 3. Throughflow lakes in river beds: A – Brestovská Cave, B – Vyvieranie Cave. Photo: P. Staník



Obr. 4. Jazero v občasnom riečisku Styxu v jaskyni Domica (pred slovensko-maďarskou hranicou). Foto: P. Bella

Fig. 4. Lake in the occasional river bed of the Styx in the Domica Cave (in front of the Slovak-Hungarian boundary). Photo: P. Bella



Obr. 5. Prietochné jazera v krútnavových kotloch a hrncoch vyhlbených do riečiska pod kaskádami: A – Gombasecká jaskyňa, B – Drienovská jaskyňa. Foto: P. Bella

Fig. 5. Throughflow lakes in potholes deepened into the stream channel below cascades: A – Gombasecká Cave, B – Drienovská Cave. Photo: P. Bella

v Nízkych Tatrách (Droppa, 1972a; Hochmuth, 2000), vo Veľkom kaňone Krásnohorskej jaskyne či v Novej brzotínskej jaskyni na východnom okraji Plešivskej planiny (Rozložník, 1955, 1958; Stankovič, 2010). Prietochné jazera medzi Demänovskou jaskyňou slobody a jaskyňou Vyvieranie oddeľujú sífóny siahajúce do hĺbky 18 m (Hochmuth, 1988b).

Jazera v občasných riečiskách – „postzáplavové“ stojaté, prevažne občasné plytké, úzke a dlhé jazera v podlahových skalných zníženinách občasného riečiska pretrvávajúce po záplavách (napr. v Mramorovom riečisku Demänovskej jaskyne slobody, v Dóme vyvierania a Kaskádovej chodbe Demänovskej jaskyne mieru alebo v riečiskovom kanáli vyhlbenom do agradovanej podlahy jaskynnej chodby (napr. v riečisku Styxu v jaskyni Domica; obr. 4).

Jazera v evorzných riečiskových vyhlbeninách – prietochné jazera na kaskádovitom riečisku v krútnavových kotloch a hrncoch vyhlbených vodným vírom pod skalnými stupňami, resp. prahmi vo vadóznej zóne (napr. v Čiernom kaňone Gombaseckej jaskyne a na riečisku v spodnej časti Drienovskej jaskyne na juhovýchodnom okraji Jasovskej planiny (obr. 5).

Jazera vo vyhlbeninách s výverom mineralizovaných a mierne ohriatych vôd hlbšej cirkulácie

Stojaté jazero na dne Plaveckej priepasti (Plavecký kras), vytvorenej na zlomovom okraji Malých Karpát (Butaš, 2003;

obr. 6). V dôsledku hlbšej cirkulácie voda v jazere dosahuje teplotu približne 13 °C (Košel, 2005). Jazero leží pravdepodobne v úrovni hladiny, resp. piezometrického povrchu podzemných vôd. Nad terajšou hladinou jazera sú korózne hladinové čiary, ktoré poukazujú na poklesávanie vodnej hladiny (Šmída, 2010).

Jazera v zníženinách inaktívnych chodieb freatického, resp. epifreatického pôvodu

Stojaté jazera v znížených častiach chodieb vytvorených vo freatických podmienkach, ktoré sa do vadóznej zóny dostali po neskoršom zahĺbení riečisk v nadväznosti na zníženú eróznú bázu. V chodbách podmienených strmými tektonickými poruchami zväčša ide o úzke a hlbšie jazera plnené presakujúcou zrážkovou vodou. Po okrajoch jazier alebo po obvode zaplavených stalagmitov sa vytvárajú platňovité alebo obručovité (leťové) hladinové sintrové kóry (napr. jazera v Čarovnej chodbe a Zázračných sieňach Demänovskej jaskyne slobody, obr. 7A). V priestrannejších korózných alebo riečne modelovaných, prevažne horizontálnych chodbách sa v podlahových panvovitých zníženinách pokrytých nepriepustnými jemnozrnnými sedimentmi vytvorili širšie a dlhšie jazera, takisto plnené presakujúcou zrážkovou vodou (príkladom je Jazerná chodba v Demänovskej ľadovej jaskyni a Jazerná chodba v jaskyni Beníková, Demänovská dolina, obr. 7B).

Zvyškom bývalej freatickej slučky medzi Demänovskou jaskyňou slobody a Demänovskou jaskyňou mieru (na IV. vývojovej úrovni podľa Droppu, 1972b) je Těsnohlídkovo jazero, ktoré dosahuje dĺžku 52 m, šírku 5 až 12 m a hĺbku vyše 7 m (Droppa, 1957) a sífonom je spojené s Evičkiným jazerom v nadväzujúcej časti Demänovskej jaskyne mieru (Hochmuth, 1988a).

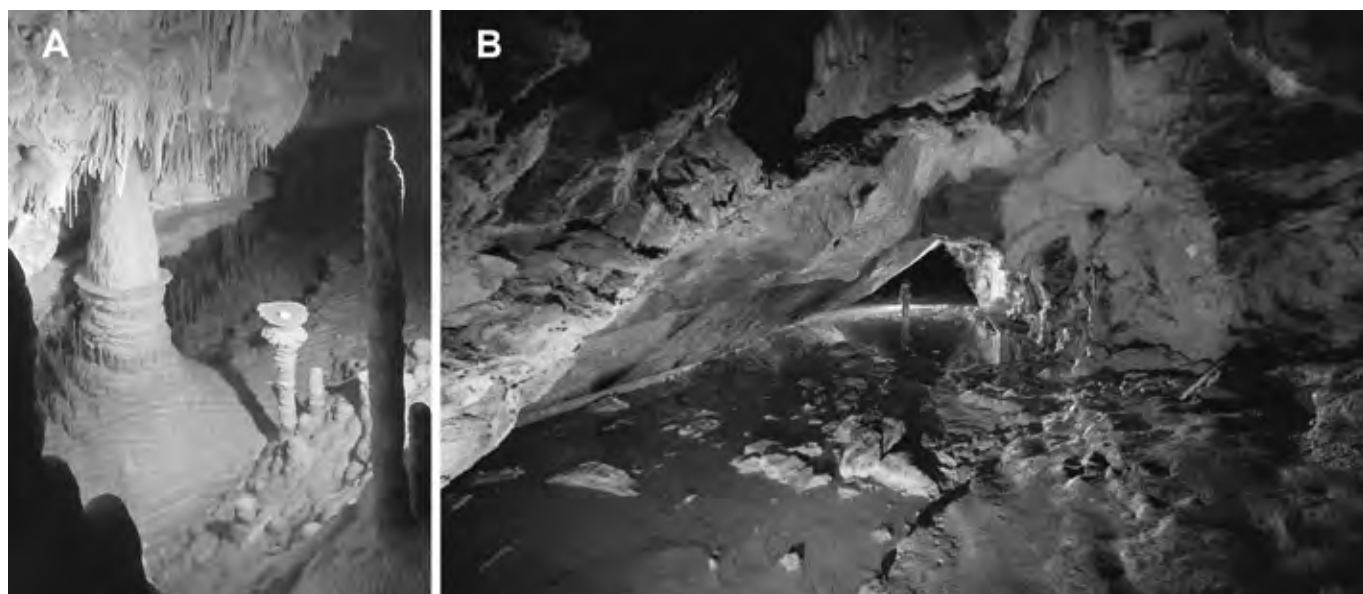
Jazera v sufózných depresiách

Občasné stojaté jazera vytvárajúce sa v častiach jaskýň, ktorých skalné podlahy sú pokryté jemnými klastickými sedimentmi narušovanými sufóziou. Voda vsiaknutá do týchto sedimentov najintenzívnejšie prúdi na ich spodnom okraji na styku so skalným podlažím. V dôsledku vyplavovania drobných častíc sedimentov prúdia-



Obr. 6. Jazero na dne Plaveckej priepasti vyplnené mierne ohriatou vodou hlbšej cirkulácie. Foto: P. Staník

Fig. 6. Lake on the bottom of Plavecká Abyss filled by slightly heated water of deeper circulation. Photo: P. Staník



Obr. 7. Jazerá v zníženinách inaktívnych chodieb freatického, resp. epifreatického pôvodu: A – jazierko v Zázračných sieňach Demänovskej jaskyne slobody, B – občasné jazero v riečne modelovanej inaktívnej Jazernej chodbe Demänovskej ľadovej jaskyne. Foto: P. Staník

Fig. 7. Lakes in depressions of inactive channels of phreatic or epiphreatic origin: A – lake in the Miraculous Halls of Demänovská Cave of Liberty (flooded solution depression), B – occasional lake in the Lake Passage of Demänovská Ice Cave (flooded depression of fluvial origin). Photo: P. Staník

cou vodou vznikajú miestami na ich povrchu sufózne depresie. Kruhovitá, občasne zaplavovaná sufózna jama sa vytvorila v priestrannej chodbe Demänovskej jaskyne mieru pred Objavným kanálom, vedúcim do Demänovskej ľadovej jaskyne. Priemer občasného jazera s kolísajúcou hladinou je vyše 2,5 m, hĺbka do 1 m. Zo spodného okraja tejto sufóznej jamy vedie kanál, ktorým z jazera odteká voda najmä v čase intenzívnejších priesakov súvisiacich s topením snehu alebo s intenzívnymi dažďami (Bella, 2009; obr. 8).

Jazierá vo vyhlbeninách vytvorených kvapkajúcou alebo stekajúcou vodou

Stojaté, spravidla menšie jazierka vo vadóznej zóne plnenej presakujúcou zrážkovou vodou, ktoré sa vytvárajú v koróznych vyhlbeninách vo vápencovej podlahe alebo v egutačných jamkách, resp. miskách vyhlbených v jemných klastických sedimentoch (napr. jazierka v zadnej časti Hlinenej chodby Demänovskej jaskyne slobody).



Obr. 8. Občasné jazierko v sufóznej depresii v chodbe pred Objavným kanálom v Demänovskej jaskyni mieru. Foto: P. Staník

Fig. 8. Occasional lake in the suffusion depression of the passage in front of the Discovery Channel, Demänovská Cave of Peace. Photo: P. Staník

Supraglaciálne jazierka

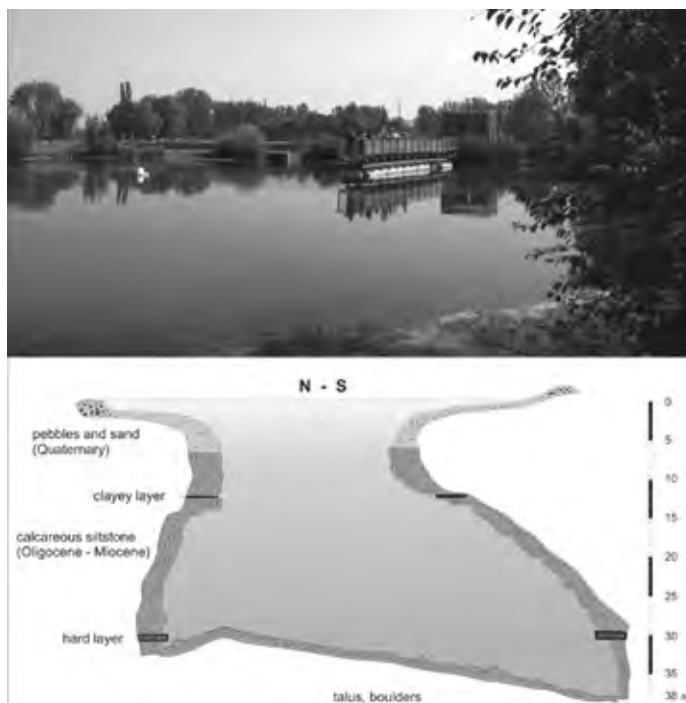
Jazierka v *ablačných egutačných vyhlbeninách* – občasne sa pozorujú v zaľadnených jaskyniach, v *ablačných egutačných hrncoch* a kotloch vytvorených v miestach sústredeného priesaku zrážkových vôd po intenzívnych alebo dlhotrvajúcich dažďoch. Voda z týchto efemérnych vyhlbenín, ktoré neskôr zamrznutím vody zanikajú, odteká kanálom prerezávajúcim ich dolný okraj. Jazierka tohto typu boli zdokumentované v Dobšinskej ľadovej jaskyni, v hornej časti Veľkej siene (Bella, 2003, 2007).

Jazierka v *plytkých ablačných vyhlbeninách* – voda občasne vyplňuje plytké znížiny na mierne sklonených ľadových povrchoch. Tieto jazierka zamrznutím vody zanikajú, pričom mrznúca voda v najhlbšej časti jazierka zväčšuje objem, a tým na povrchu vzniká mierna ovál-

na elevácia s radiálnymi prasklinami. Tieto supraglaciálne jazierka sa občasne vytvárajú v Malej sieni a Zrútenom dome Dobšinskej ľadovej jaskyne (Bella, 2003, 2007).

Jazerá v prepasliskách (rútenie v dôsledku skrasovania podložných karbonátov)

Zaplavená *rúťivá freatická priepasť* – výverovo-odtoková zvonovitá studňa Morské oko pri Tornali (východná časť Rimavskej kotliny), ktorá je vytvorená v oligocénno-miocénnom súvrství vápnitých prachovcov a dosahuje hĺbku 38 m (obr. 9). Predstavuje výver mierne ohriatych artézskych vôd z podložných karbonátov ša-fárikovskej elevácie dotovaných meteorickými



Obr. 9. Zaplavená priepasť Morské oko. Foto: P. Bella. Geologický rez priepasťou (topografia podľa J. Hovorku, upravil Ľ. Gaál).

Fig. 9. The flooded Morské oko Shaft. Foto: P. Bella. Geological section through the shaft (topography after J. Hovorka, modified by Ľ. Gaál).

vodami z juhozápadného okraja Silickej planiny pozdĺž štítnického zlomu (Gaál, 1987, 2008; Zakovič et al., 1994; Gaál et al., 2007). Výdatnosť prameňa je 29 až 35 l.s⁻¹, teplota vody 16,2 °C (Orvan, 1960, 1973). Vyvierajúcou vodou sa napúšťa tamojšie kúpalisko.

Jazerá v podlahových prepahliskách – stojaté vodné nádrže v zníženinách vytvorených prepadaním jaskynných podláh a ich utesnením jemnými nepriepustnými sedimentmi alebo sintrovými vyzrážaninami, plnené presakujúcou zrážkovou vodou. Takýto pôvod majú väčšie jazerá v Stratenskej jaskyni (južná časť Slovenského raja); najväčšie z nich Stalagmitové jazero zaberá plochu 320 m² (Tulis a Novotný, 1989). Kubíny (1974) opisuje prepahlisko vo Valaskej s jazerom hlbokým 20 m (detailnejšie nepreskúmané; môže predstavovať zaplavenú freatickú, resp. epifreatickú dutinu vytvorenú rozpúšťaním vápencov, nad ktorou sa prepadol destabilizovaný skrasovatený strop).

HRADENÉ (HRÁDZOVÉ) JAZERÁ

Hradené sintrové jazerá

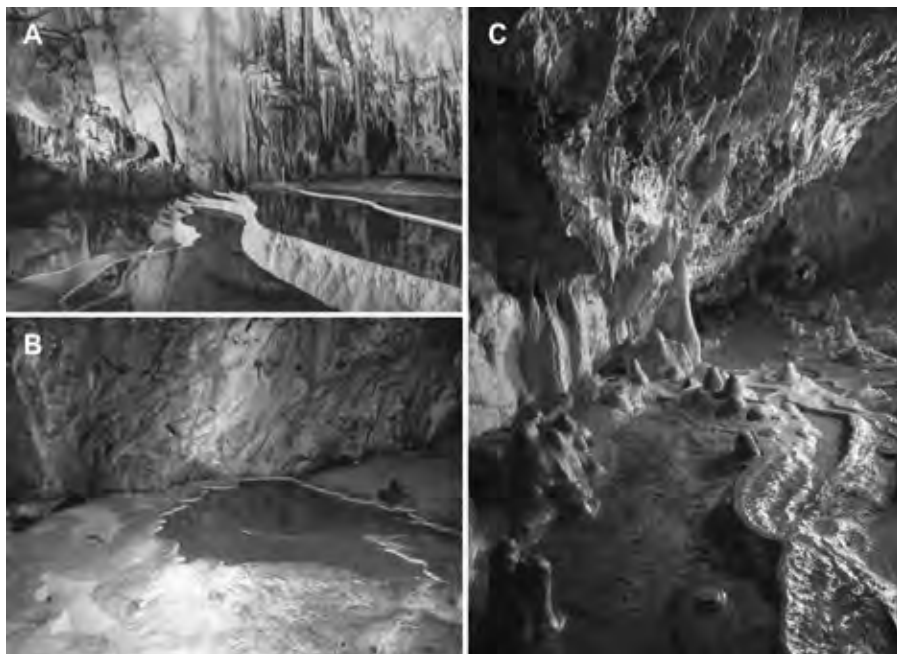
Kaskádovité, slabo prietochné až takmer stojaté jazierka hradené sintrovými hrádzami (obr. 10); plnené pomaly tečúcim, zväčša občasným vodným tokom (Rímske kúpele v jaskyni Domica, ktorých vznik opísal Roth v roku 1948) alebo presakujúcou (kvapkajúcou) zrážkovou vodou (kaskádové jazerá v jaskyni Beniková v Demänovskej doline, jazierko v Ružovej sieni Demänovskej jaskyne slobody, viaceré sintrové jazerá v Demänovskej jaskyni mieru a Demänovskej jaskyni slobody, jazierka v Jazernej sieni Važeckej jaskyne). Výška sintrových hrádzí je prevažne menšia ako dĺžka alebo šírka hradených jazier. Celkový prehľad o vytváraní a morfológii sintrových hrádzí (*rimstone dams, gours*) podávajú Hill a Forti (1999).

Jazerá hradené riečiskovým agradačným valom

Stojaté, zväčša občasné plytké a pozdĺžne jazerá na inundovaných (zaplavovaných) okrajoch riečiska pokrytých fluvialnymi sedimentmi, ktoré sú od riečiska oddelené agradačným valom. Do zníženej za agradačný val sa voda dostáva počas záplav a pretrvávajú v nej dlhší čas po záplave (občasné jazero na Prízemí Demänovskej jaskyne slobody, na pravom brehu podzemnej Demänovky prehradenej haťou).

Vnútrokráterové jazerá v travertínových kopách

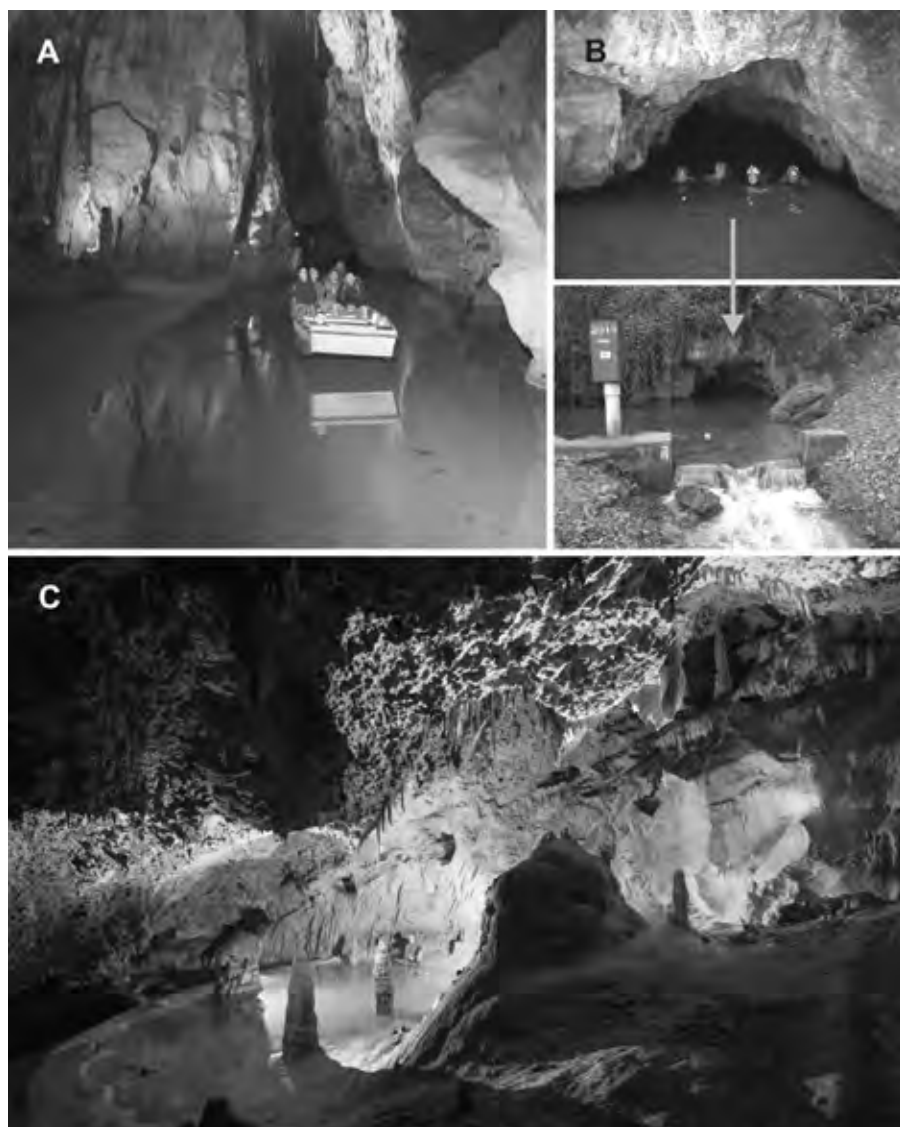
Stojaté jazerá v syngenetických komínovitých alebo zvonovitých dutinách vnútri travertínových kôp (dutiny vznikli súčasne s usadzovaním travertínu, ktorý sa vyzrážaním navyšoval po obvode výveru podzemných vôd hlbšieho obehu, podmieneného zlomami). Spodná časť Studne v Záskalí, ležiacej severne od Bešeňovej (Liptovská kotlina) je trvalo zaplavená (obr. 11). Jej celková hĺbka je 5,8 m, z toho 2,4 m je hĺbka jazera (po okrajoch môže byť hlbšie). Neďaleká Studňa pod Drienkom, nad zárezom železničnej trate severovýchodne od Bešeňovej, má sčasti zaplavené dno v hĺbke 5,5 m (Bella a Vlček, 2011). Nižší južný okraj Bojníckej hradnej jaskyne, ako aj jej severovýchodnú časť vyplňujú jazierka, ktorých vodné hladiny sú v rovnakej výške. Jazierko pri južnom okraji siene je hlboké



Obr. 10. Hradené sintrové jazerá: A – Rímske kúpele v Majkovom dome jaskyne Domica plnené občasným tokom Styxu, B – jazierko v jaskyni Beniková plnené presakujúcou zrážkovou vodou, C – jazierka v Jazierkovej sieni Važeckej jaskyne plnené presakujúcou zrážkovou vodou. Foto: P. Staník (A, C), P. Bella (B)
Fig. 10. Lakes of rimstone dams: A – Rhoman Spa in the Majko' Chamber of Domica Cave filled with the occasional stream of the Styx, B – lake in the Beniková Cave filled with seepage water, C – small lakes in the Lake Hall of Važecká Cave filled with seepage water. Photo: P. Staník (A, C), P. Bella (B)



Obr. 11. Vnútrokráterové jazero v Studni v Záskalí (jej ústie na povrchu travertínovej kopy je vyznačené šípkou). Foto: P. Bella
Fig. 11. Intra-crater lake in the Záskalie Well (its mouth on the top of travertine mound is marked by arrow). Photo: P. Bella



Obr. 12. Antropogénne hradené jazerá: A – prietochné jazero v jaskyni Domica využívané na plavbu pre návštevníkov, B – prietochné jazero vo výverovej časti Drienovskej jaskyne s antropogénne zvýšenou hladinou, C – stojaté jazero v Palmovej sieni Belianskej jaskyne. Foto: P. Staník (A, C), P. Bella (B)
Fig. 12. Artificial dammed lakes: A – throughflow lake in the Domica Cave used for a tourist boat, B – throughflow lake in the outflow part of Drienovská Cave with anthropogenically increased water table, C – standing lake in the Palmová Hall of Belianska Cave. Photo: P. Staník (A, C), P. Bella (B)

až 9 m (Droppa, 1966). Vnútrokráterové jazerá v travertínových kopách sú dopĺňané mineralizovanou vodou vyvierajúcou pozdĺž zlomov (do vnútrokráterových dutín presakuje aj voda zo zrážok).

Antropogénne hradené jazerá

Prietochné jazerá – hrádzami prehradené podzemné riečiská, najmä s cieľom jaskýňu

zatraktívniť podzemnou plavbou pre návštevníkov (obr. 12A). V jaskyni Domica počas jej sprístupňovania vybudovali v roku 1932 I. plavbu a v roku 1933 II. plavbu. V roku 1958 bola postavená ďalšia hrádza aj v Panenskej chodbe, ktorá mala zadržiavať vodu, a tým odstrániť nedostatok vody pre plavbu (po podmytí iba krátkodobu zadržiava prívalové vody). Prehradením podzemných vodných tokov sa narušili pôvod-

né fluviaálne procesy v riečisku, v nádržkách sa akumulujú sedimenty, najmä počas povodní. V čase, keď Styx a Domický potok prestanú tiecť (občasné podzemné vodné toky), sa tieto antropogénne nádrže stávajú stojatými jazerami. Prehradený je aj podzemný tok Demänovky na Prízemí Demänovskej jaskyne slobody. Hladina prietochného jazera vo výverovej časti Drienovskej jaskyne bola zvýšená vybudovaním hrádzky merného priepadu (obr. 12B).

Stojaté jazerá – plnené presakujúcou zrážkovou vodou. Vytvorené na niektorých miestach sprístupnenej časti Belianskej jaskyne (horná časť Dómu objaviteľov, horná časť Dlhej chodby, Hudobná sieň) v roku 1933 s cieľom jaskýňu viac zatraktívniť pre návštevníkov (v rámci rekonštrukcie prehliadkovej trasy spojené s budovaním betónových chodníkov) (obr. 12C). V travertínovej jaskyni Parencia v Sklených Tepliciach (pozri Gaál a Lždinský, 2002) je vybudovaný bazén, do ktorého sa privádza termálna voda.

VYHLBENO-HRADENÉ JAZERÁ

Stalagmitové jazierka

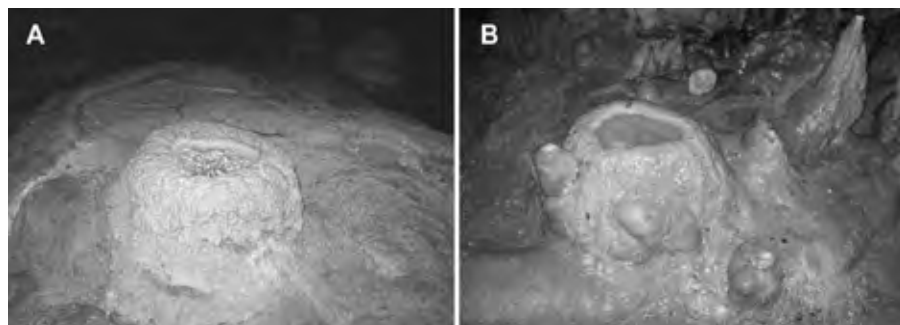
Menšie jazierka na hornom okraji (temene) širších stalagmitov (tzv. kamenné vázy, obr. 13), vytvorené egutáciou a rozpustnou činnosťou kvapkajúcej vody a narastaním sintra okolo centrálnej zníženej (Droppa, 1950a; Panoš, 2001). V Demänovských jaskyniach ich opísal Droppa (1950a, 1957); vyskytujú sa napr. vo Veľkom dome Demänovskej jaskyne slobody, v Kvapľovej a Puklinovej sieni jaskyne Beniková.

Jazerá vo vyhlbeninách navýšené sintrovými hrádzami

Medzi ďalšie jazerá kombinovaného pôvodu patria jazerá v korózných vyhlbeninách (v inaktívnych chodbách freatického, resp. epifreatického pôvodu), ktorých vodná hladina sa navýšila usadzovaním sintrových hrádz po ich obvode (napr. niektoré jazerá v Jazernej chodbe Demänovskej jaskyne mieru). Takisto niektoré jazerá v evorzných riečiskových vyhlbeninách sú navýšené sintrovými hrádzami (napr. v Drienovskej jaskyni).

ZÁVER

Predložená klasifikácia podáva celkový obraz o rôznorodosti jazier v jaskyniach na Slovensku a prispieva k poznaniu podzemnej hydrografie krasových oblastí Západných Karpát. Vznik a charakter podzemných jazier súvisí s hydrografickým vývojom krasu a jaskýň. Jazerá zodpovedajúce hladine podzemných vôd sa vyskytujú v epifreatickej, resp. plytkej freatickej zóne. Voda týchto jazier vyplňuje skrasovatené dutiny, miestami zasahujúce aj do hlbších častí skrasovateného kolektora podzemných vôd (v mnohých prípadoch ide o sifónové jazerá). Jazerá v úrovni hladiny podzemných vôd predstavujú nádrže pomaly prúdiacej alebo stojatej vody (prevažne stojaté jazerá), môžu sa viazať aj na drenážne cesty, resp. riečiská podzemných vodných tokov (prietochné jazerá). Vo vadóznej zóne sa výskyt jazier viaže najmä na podzemné vodné toky (prietochné jazerá, stojaté jazerá v znížených častiach riečisk občasných tokov) a intenzívnejšie priesaky zrážkových vôd, pod



Obr. 13. Stalagmitové jazierka: A – jaskyňa Beniková, B – Mošnická jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 13. Stalagmite lakes: A – Beniková Cave, B – Mošnická Cave. Photo: P. Bella

ktorými sú vyhlbeniny umožňujúce ich akumuláciu (stojaté jazerá). Jazerá na podzemných vodných tokoch vznikajú v zníženinách vyhlbených tečúcou vodou (v krútnavových hrncoch a im podobných podlahových vyhlbeninách) alebo v miestach prehradenia tečúcej vody klastickými alebo chemogénnymi sedimentmi

(hrádze vytvorené v nadväznosti na hromadu zrútených skalných blokov, agračné valy povodňových sedimentov, sintrové hrádze a pod.). Väčšiu plochu spravidla dosahujú jazerá v úrovni hladiny podzemných vôd.

Okrem vedeckých a náučných účelov kategorizáciu jaskynných jazier možno využiť

pri doplňovaní údajov do centrálnej databázy o jaskyniach na Slovensku, ako aj pri hodnotení jaskýň podľa ich významnosti a iných podobných praktických úlohach.

Za cenné rady a pripomienky ďakujeme recenzentovi RNDr. Milošovi Gregorovi, PhD., za poskytnutie fotografií Pavlovi Staníkovi.

LITERATÚRA

- BELLA, P. 2003. Glaciálne ablačné formy v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Aragonit* 8, 3–7.
- BELLA, P. 2007. Morphology of ice surface in the Dobšiná Ice Cave. In Zelinka, J. (Ed.): *Proceedings of the 2nd International Workshop on Ice Caves, Demänovská Dolina, Slovak Republic, May 8–12, 2006*. SSS, Liptovský Mikuláš, 15–23.
- BELLA, P. 2009. Sedimentárne štruktúry a geomorfologické formy v jaskyniach vytvorené na jemných klastických sedimentoch. *Aragonit*, 14, 1, 3–11.
- BELLA, P. – VLČEK, L. 2011. Morfogenetické typy travertínových kráterových jaskýň na Slovensku. *Aragonit*, 16, 1–2, 11–16.
- BERTARELLI, L. V. – BOEGAN, E. 1926. *Due mila grotte: quarant'anni di esplorazioni nella Venezia Giulia*. Touring club italiano, Milano, 494 s.
- BUTÁŠ, J. 2003. Plavecká priepasť PP-2. *Spravodaj SSS*, 34, 1, 35–38.
- COHEN, A. S. 2003. *Paleolimnology. The history and evolution of lake systems*. Oxford University Press, New York, 500 s.
- DAVIS, W. N. 1882. On the classification of lake basins. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 21, 315–381.
- DAVIS, W. N. 1887. On the classification of lakes. *Science*, 10, 241, 142–143.
- DROPPA, A. 1950a. Stalagmitové jazierka. *Krásky Slovenska*, 27, 5–8, 158–161.
- DROPPA, A. 1950b. Jaskyňa „Vývieranie“ v údolí Demänovky. *Krásky Slovenska*, 27, 5–8, 170–182.
- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne – Krasové zjavy Demänovskej doliny. SAV, Bratislava, 289 s.
- DROPPA, A. 1966. Bojnické jaskyne. *Horná Nitra*, 2, 229–236.
- DROPPA, A. 1972a. Krasové jazy Jánskej doliny na severnej strane Nízkych Tatier. *Československý kras*, 21 (1969), 73–96.
- DROPPA, A. 1972b. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9–46.
- GAÁL, L. 1987. Kras Rimavskej kotliny. *Slovenský kras*, 25, 5–27.
- GAÁL, L. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. *ŠOP SR, SSS, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina*, 168 s.
- GAÁL, L. – BALCIAR, I. – BELANOVÁ, E. – MEGELA, M. – PAPÁČ, V. – VANĚKOVÁ, H. 2007. Zatopená priepasť Morské oko v Rimavskej kotline. *Aragonit*, 12, 4–9.
- GAÁL, L. – JIŽDINSKÝ, L. 2002. Zabudnutá jaskyňa Parenica. *Aragonit*, 7, 19–21.
- HAVIAŘOVÁ, D. 2005. Pôvod vôd Mramorovej studne v Gombaseckej jaskyni. *Aragonit*, 10, 9–12.
- HAVIAŘOVÁ, D. 2017. Chemické zloženie a kvalita vôd jaskyne Zápoľná (Kozie chrbty). *Slovenský kras*, 55, 1, 61–80.
- HILL, C. – FORTI, P. 1999. *Cave Minerals of the World*. Second edition. NSS, Huntsville, Alabama, U. S. A., 463 s.
- HIMMEL, J. 1963. Jeskyně a vyvěračky východní části Javovské planiny v Jihošlovenském krasu. *Kras v Československu*, 1–2, 10–18.
- HOCHMUTH, Z. 1984. Výsledky speleopotápáckého prieskumu Brestovskej jaskyne. *Slovenský kras*, 22, 151–156.
- HOCHMUTH, Z. 1988a. Geomorfologické pomery spojovacieho sífónu medzi jaskyňou Slobody a jaskyňou Mieru v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 26, 3–6.
- HOCHMUTH, Z. 1988b. Geomorfologický výskum a topografia Vodnej cesty medzi jaskyňami Vývieranie a j. Slobody v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 26, 7–23.
- HOCHMUTH, Z. 1993. Výsledky podrobného mapovania a revízie geomorfologický výskum jaskyne Vývieranie v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 31, 29–42.
- HOCHMUTH, Z. 2000. Problémy speleologického prieskumu podzemných tokov na Slovensku. *SSS, Prešov – Košice*, 164 s.
- HOCHMUTH, Z. 2013. Atlas jaskyne Skalstý potok. Slovenská speleologická spoločnosť, Liptovský Mikuláš, 80 s.
- HOCHMUTH, Z. – HOLUBEK, P. 1995. Topografia a geomorfologické pomery Jaskyne zlomísk v Jánskej doline. *Slovenský kras*, 33, 17–34.
- HUTCHINSON, G. E. 1957. *A Treatise on Limnology. Vol. I: Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley and Sons, New York, 1015 s.
- HUTKA, D. – KUBIČKA, P. 2015. Jazerná jaskyňa – nové poznatky. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 46, 2, 24–26.
- KÁMEN, S. 1953a. Jazerná jaskyňa a periodická vyvieračka pri Tisovci. *Geografický časopis*, 5, 1–2, 90–91.
- KÁMEN, S. 1953b. Periodická vyvieračka a Jezerná jaskyňa u Tisovce. *Československý kras*, 6, 219–223.
- KETTNER, R. 1948. *Všeobecná geologie, část III. Vnější síly geologické, povrch zemský*. Melantrich, Praha, 764 s.
- KOŠEL, V. 2005. Ktorá je najteplejšia? *Spravodaj SSS*, 36, 4, 29–30.
- KUBÍNY, D. 1974. Správa o geologických a speleologických pomeroch prepadového územia vo Valaskej pri Brezne. *Slovenský kras*, 12, 135–156.
- KUNSKÝ, J. 1935. *Všeobecný zeměpis*. Tiskem Studentské knihtiskárny, Praha, 396 s.
- KUNSKÝ, J. 1950. *Kras a jaskyně. Přírodovědecké nakladatelství, Praha*, 163 s.
- LÖFFLER, H. 2004. The origin of lake basins. In O'Sullivan, P. E. – Reynolds, C. S. (Eds.): *The Lakes Handbook: Limnology and Limnetic Ecology*, vol. 1. Blackwell Publishing, 8–60.
- MAKSIMOVIC, G. A. 1962. Oзера karstových pešcer, kolodcev i šacht. *Peščery*, 2, 5–23.
- MITTER, P. 1977. Stručný prehľad názorov na hydrologiu krasových území. *Slovenský kras*, 15, 105–127.
- MITTER, P. 1982. Krasové vody. In Jakál, J. (Ed.): *Praktická speleológia*. Osveta, Martin, 113–135.
- NETOPIĽ, R. 1984. Hydrologie. In Netopil, R. a kol.: *Fyzická geografia 1*. SPN, Praha, 152–261.
- ORVAN, J. 1960. O pôvode minerálnych vôd v Šafárikove. *Geologické práce, Správy*, Bratislava, 17, 203–213.
- ORVAN, J. 1973. Hydrogeologické pomery Rimavskej kotliny. *Mineralia slovacica*, 5, 3, 271–278.
- ORVAN, J. 1977. Príspevok k hydrogeologickým pomeroch Jasovskej jaskyne. *Slovenský kras*, 15, 53–61.
- PANOŠ, V. 2001. Karstologická a speleologická terminologie. *Knižné centrum, Žilina*, 352 s.
- PENCK, A. 1882. Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluss auf die Bodengestaltung. J. A. Barth, Leipzig, 502 s.
- PENCK, A. 1894. *Morphologie der Erdoberfläche*, vol. 1. J. Engelhorn, Stuttgart, 494 s.
- REEVES, C. C. Jr. 1968. *Introduction to paleolimnology. Developments in Sedimentology*, 11. Elsevier, Amsterdam – New York, 228 s.
- ROTH, Z. 1948. Některé formy sintrové výzdoby v jaskyni Domici a jejich vznik. *Sb. sborník státního geologického ústavu Československé republiky*, 15, Praha, 65–88.
- ROZLOŽNÍK, V. 1955. Na gumovom čne pod Plešiveckou planinou. *Krásky Slovenska*, 32, 2, 70–73.
- ROZLOŽNÍK, V. 1958. Brzotínska jaskyňa. *Slovenský kras*, 1, 110–113.
- RUSSEL, I. C. 1895. *Lakes of North America: a reading lesson for students of geography and geology*. Ginn & company, Boston, 125 s.
- SASVARI, T. 1999. Historický prehľad činnosti a dosiahnuté výsledky oblastnej skupiny č. 33 Aquaspael. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 30, 1, 50–54.
- STANKOVIČ, J. 2010. Nová brzotínska jaskyňa – Gyepü. In Stankovič, J. – Čílek, V. – Schmelzová, R. a kol.: *Plešivecká planina. Speleoklub Minotaurus, Slovenská speleologická spoločnosť, Liptovský Mikuláš*, 82–92.
- SUPAN, A. G. 1896. *Grundzüge der physischen Erdkunde*, 2nd ed. Veit, Leipzig, 706 s.
- SUPAN, A. 1930. *Grundzüge der physischen Erdkunde. Band II, Teil 1: Das Land (Allgemeine Geomorphologie)*. Walter de Gruyter, Berlin – Leipzig, 551 s.
- ŠMÍDA, B. 2010. Geomorfológia a genéza Plaveckého krasu ako modelového územia tzv. kontaktného krasu Západných Karpát s nižšou energiou reliéfvotvorby. *Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava*, 221 s.
- TINTILOZOV, Z. K. 1976. Karstovye peščery Gruzii. *Mecneraba, Tbilisi*, 275 s.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. *Osveta, Martin*, 464 s.
- ULE, W. 1925. *Physiographie des Süßwassers. Grundwasser, Quelle, Flüsse, Seen*. In Kende, O. (Ed.): *Encyklopädie der Erdkunde*. Franz Deuticke, Leipzig – Wien, 154 s.
- ULE, W. 1931. *Grundriss der allgemeinen Erdkunde*. Karl Walter, Stuttgart, 403 s.
- VITÁSEK, F. 1966. *Základy fyzického zeměpisu*. Academia, Praha, 531 s.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1935. *Speleologia či jaskýňoveda vzhľadom na Slovensko*. Muzeálna knižnica, 12, Nákladom Múzea slovenského krasu, Liptovský Sv. Mikuláš, 156 s.
- WETZEL, R. G. 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Academic Press, San Diego – San Francisco – New York – Boston – London – Sydney – Tokyo, 1006 s.
- ZAKOVIČ, M. – BODIŠ, D. – ORVAN, J. – LOPAŠOVSKÝ, K. 1994. *Hydrogeológia Rimavskej kotliny a východnej časti Cerovej vrchoviny. Západné Karpaty*, 123, Bratislava, 119–142.

SULFURICKÉ JASKYNE VYTVORENÉ V DÔSLEDKU OXIDÁCIE PYRITU – ŠPECIFICKÝ TYP HYPOGÉNNEJ SPELEOGENÉZY

Pavel Bella – Pavel Bosák

Z hľadiska genézy osobitnú skupinu jaskýň predstavujú sulfúrické jaskyne, ktoré sa v našej (slovenskej) literatúre doteraz opisujú iba ojediniele (pozri Bella, 2011). Geochemiou procesu ich vytvárania sa výrazne odlišujú od podstatne početnejšej skupiny jaskýň vznikajúcich rozpúšťaním karbonátov vodou obsahujúcou oxid uhličitý (CO_2). Sulfúrické jaskyne sa vytvárajú vodami, ktoré obsahujú kyselinu sírovú (H_2SO_4) vznikajúcu oxidáciou sirovodíka (H_2S) alebo sulfidických rúd tesne pod hladinou alebo na hladine podzemnej vody (prísun meteorických vôd obohatených o kyslík), ako aj v subaerických podmienkach nad hladinou vody, kde povlaky a kvapky kondenzovanej vody absorbujú plyný sirovodík a kyslík (Morehouse, 1968; Egemeier, 1981; Hill, 1986, 2000; Palmer a Hill, 2005; Audra et al., 2007; Palmer, 2013; De Waele et al., 2016 a ďalší).

Na povrchu skalných stien vápenec korodovaný účinkom kyseliny sírovej konvertuje na sadrovec (Polyak a Provencio, 2001; Galdenzi a Maruoka, 2003 a ďalší). V miestach, kde nenastala úplná oxidácia H_2S , sa vyskytuje elementárna síra. Kyselina sírová môže alterovať íly na minerály alunit ($\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) a hydratovaný halloysit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Alteráciou sa takisto uvoľňuje kyselina kremičitá (H_4SiO_4), ktorá sa môže vyzrážať buď ako opál alebo kremeň v podobe povlakov na materskej hornine alebo minerálnych povrchoch, alebo ako výplň pórov (Polyak a Provencio, 2001; Polyak et al., 2006 a ďalší).

Viaceré sulfúrické jaskyne boli vytvorené geotermálnou vodou (termálno-sulfúrické jaskyne s kupolami vyhlbenými do stropu nad vodnou hladinou vplyvom kondenzačnej korózie súvisiacej s termálnou konvekciou), avšak zvýšená teplota vody na ich vytváranie nie je potrebná. Sulfúrické jaskyne sa spolu s ostatnými hydrotermálnymi jaskyňami zaraďujú medzi hypogénne jaskyne (Palmer a Hill, 2005; Audra et al., 2009).

H_2S pochádza z hlboko položených uhľovodíkových rezervoárov, magmatickej činnosti, redukcie sulfátových minerálov, oxidácie sulfidických rúd alebo mikrobiálnej aktivity. Sulfúrické jaskyne sú najrozšírenejšie v regiónoch, kde uhličitánové horniny ležia v tesnej blízkosti hlboko uložených síranových hornín. Prítomnosť H_2S vzniká redukciou sulfátov v prítomnosti uhľovodíkov (ropa alebo metán) a je transportovaný v roztokoch cez hlboko položené akviféry. V tektonicky narušených geologických štruktúrach výraznejšie zlomy umožňujú fluidám obsahujúcim H_2S stúpať k povrchu, kde sa miešajú s meteorickými vodami obohatenými o kyslík a oxidáčné procesy produkujú H_2SO_4 (Egemeier, 1981; Hill, 1986, 2000; Hose and Pisarowicz, 1999 a ďalší).

H_2SO_4 môže vznikáť aj priamo pri oxidácii sulfidových rúd (sulfidov železa), najmä

pyritu (FeS_2) prítomného v plytkých hĺbkach akviférov uhličitánových hornín. Vo vodných roztokoch nasýtených vzduchom je pyrit oxidovaný O_2 alebo Fe^{3+} , do roztoku sa uvoľňuje síran železnatý (FeSO_4) a kyselina sírová, ktorá korózne pôsobí na uhličitánové horniny. Intenzitu oxidácie, predstavujúcej elektrochemický proces, ovplyvňuje Eh roztoku (redoxný, t. j. oxidačno-redukčný stav roztoku), pH roztoku, typ a koncentrácia oxidačného činidla, hydrodynamika, veľkosť zrna a oxidovanej plochy vo vzťahu k objemu roztoku, teplote a tlaku. Následne Fe^{2+} vplyvom *Acidithiobacillus* spp. a príbuzných mikróbov oxiduje na Fe^{3+} . Keďže Fe^{3+} je efektívnejší oxidant ako O_2 , zvyšuje rýchlosť tvorby kyseliny a uvoľňovania Fe^{2+} (železo uvoľnené oxidáciou pyritu spôsobuje ešte väčšiu oxidáciu pyritu, pritom sa znižuje pH na 3 a 4, v takomto prostredí sú železné oxidačné mikróby zvlášť aktívne). Časť Fe^{3+} prechádza hydrolyzou, pri ktorej vznikajú Fe^{3+} polyméry agregujúce sa na hydroxy-sulfát železitý (schwertmannit – $\text{Fe}_8\text{O}_8(\text{OH})_{8-2x}(\text{SO}_4)_x$) alebo oxihydroxidové minerály, napr. ferrihydrit ($\text{Fe}_{4-5}(\text{OH},\text{O})_{12}$). Tieto minerály nakoniec konvertujú na goethit (oxido-hydroxid železitý – FeOOH). Problematikou oxidácie pyritu sa zaoberajú Silverman (1967), Evangelou (1995), Evangelou a Zhang (1995), Baker a Banfield (2003), Rimstidt a Vaughan (2003, 2014), Todd et al. (2003), Chandra a Gerson (2010), Dos Santos et al. (2016) a ďalší.

Sulfúrické jaskyne vytvorené v dôsledku oxidácie pyritu, resp. sulfidových rúd sú však vzhľadom na osobitosti podmienok ich vývoja pomerne zriedkavé (detailnejšie pozri Ball a Jones, 1990; Furman, 1993; Bottrell et al., 2001; Auler a Smart, 2003; Audra a Hofmann, 2004; Onac et al., 2011; Tisato et al., 2012; De Waele et al., 2013; Martínez-Moreno et al., 2016). Vo všeobecnosti sa oxidácia pyritu považuje za druhotný a menej významný hypogénny proces sulfúrickej speleogenézy. V ojedinelých prípadoch má však oxidácia pyritu pri vytváraní sulfúrických jaskýň dôležitú až prioritnú úlohu.

V jaskyni Buso della Pisatela (planina Faedo-Casaron, pohorie Lessini, predhorie Álp, severovýchodné Taliansko), vytvorenej v eocénnych kalkarenitoch (zväčša na kontakte s podložnými vulkanickými horninami), sa tzv. „pyritový efekt“ prejavil: (1) rozpúšťaním kalkarenitov kyselinou sírovou vznikajúcou pri oxidácii pyritu vyskytujúceho sa v materskej hornine, ako aj (2) zväčšovaním podzemných krasových dutín haloklastickým efektom, t. j. odvalovaním a rútením fragmentov materskej horniny v dôsledku krýštalizácie sadrovca v puklinách. Negatívne hodnoty $\delta^{34}\text{S}$ indikujú, že sadrovec, pozorovaný na viacerých miestach tejto jaskyne, vznikol v súvislosti s oxidáciou pyritu prítomného v kalkarenitoch. Oxidáciou sulfidických minerálov vzniká roztok kyseliny sírovej, ktorý rozpúšťa kalka-

renity. Len čo sa presýti vápnikom, vyzráža sa z neho sadrovec (Tisato et al., 2012).

Iniciálne fázy vytvárania jaskyne Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva, juhozápadné Španielsko) boli dôsledkom acidifikácie cirkulujúcich podzemných vôd spôsobenej prítomnosťou pyritu v mramoroch vrchu Cerro del Castillo, patriacich do Aracenského metamorfovaného pásma. Mramory, s polohami kvarcitov, ležia medzi podložnými granodioritmi a nadložnými rulami. Tieto vyvreté a metamorfované horniny sú deformované izoklinálnymi vrásami. Vznik jaskyne a jej morfológie predurčili štruktúrne a litologické pomery v spojení s prerušovaným poklesávaním hladiny podzemnej vody. Kyselina sírová, vznikajúca pri oxidácii pyritu na úrovni hladiny podzemnej vody a pod ňou, rozpúšťanie mramorov zrýchľuje. Tri horizontálne úrovňové chodby v nadmorských výškach ~685 m, ~665 m a ~650 m (najrozsiahlejšia úroveň s rozsiahlym podzemným jazerom) sa vytvorili postupne odhora nadol v nadväznosti na fázy stabilizácie hladiny podzemnej vody, ktorá etapovite poklesávala v obdobiach erózneho zahlbovania okolitého terénu (znižovanie erózneho bázy na povrchu). Najväčšiu časť jaskyne (Great Lake) tvorí podzemný dóm široký 25 m, dlhý 100 m a vysoký 50 m, ktorý vznikol v mladšej fáze vývoja jaskyne preborením skalných podláh medzi úrovňovými chodbami (z hľadiska vývoja zahrnuje všetky tri úrovňové chodby). Okrem sulfidickej mineralizácie okolitých hornín sulfúrickú speleogenézu potvrdzuje sadrovec, ktorý sa miestami vyskytuje v tenkej vrstve Fe-oxidov pokrývajúcej jaskynné steny (Martínez-Moreno et al., 2016).

Hydrochemické analýzy vôd v rozsiahlych jaskyniach Toca da Boa Vista a Toca da Bariguda (východná Brazília, oblasť Campo Formoso) indikujú oxidáciu sulfidických vrstiev a rozpúšťanie predkambrických karbonátov kyselinou sírovou. Vzhľadom na tamojšiu suchú klímu je vytváranie povrchovým krasových foriém utlmené, v podzemí prevládajú hypogénne procesy krasovatenia (výrazný rozdiel v stupni vývoja povrchových a podzemných krasových foriém). Morfológia týchto jaskýň nenadväzuje na morfológiu okolitého terénu (rovnako ako v prípade ostatných jaskýň hypogénneho pôvodu), majú zložitú sieťovitú štruktúru, v ich podzemí chýbajú riečne sedimenty. Avšak v porovnaní s mnohými ďalšími hypogénnymi jaskyňami v nich absentujú aj vertikálne chodby vytvárané výstupnými vodnými prúdmi. Preto vznik uvedených jaskýň je dôsledkom plytkej hypogénnej speleogenézy. Je výsledkom korózneho pôsobenia kyseliny sírovej, produkovanej oxidáciou sulfidových vrstiev v uhličitánoch. Geologická stavba starého, tektonicky pasívneho územia, v ktorom sú jaskyne vytvorené, vylučuje možnosť hlboko založených zdrojov acidity (Auler a Smart, 2003).

Jaskyne, ktoré vznikajú účinkom CO_2 uvoľňujúceho sa v nevelkej hĺbke pod zemským povrchom (oxidáciou sideritu vplyvom presakujúcich oksylických atmosférických vôd), Kempe (2009), resp. Kempe et al. (2016) zaraďujú medzi hypogénne. Konštatujú, že ide o osobitný prípad hypogénnej speleogenézy bez vystupovania vôd odspodu nahor. Do tejto skupiny možno zaradiť aj jaskyne vytvorené účinkom H_2SO_4 , ktorá vzniká v plytkých častiach krasových akvíferov oxidáciou sulfidových rúd (sulfidov

železa), najmä pyritu prítomného v uhličitanových horninách, presakujúcou atmosférickou vodou.

Na Slovensku sulfurické jaskyne nie sú doteraz známe, resp. sa detailnejšie neskúmali. Pri objasňovaní genézy Ochtinskej aragonitovej jaskyne Rajman et al. (1990, 1993) uvažovali, že na chemické zloženie a agresivitu vôd presakujúcich zo zrážok mohla okrem oxidácie ankeritu a sideritu vplyvať aj sulfidická (pyritová) mineralizácia okolitých hornín. Neprítomnosť sadrovca však nazna-

čuje, že táto jaskyňa vznikla najmä v dôsledku oxidácie telies ankeritu ($\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$), resp. sideritu (FeCO_3) a rozpúšťania okolitých kryštalických vápencov podporného CO_2 , ktorý sa uvoľňuje pri oxidácii týchto vápenato-železnatých a železnatých uhličitanov (Bosák et al., 2002). Potvrďuje to aj chemické zloženie vôd v jaskyni, ktoré sú prevažne slabo zásadité (pH 6,5 až 8,08), menej mineralizované, vápenato-horečnaté (Rajman et al., 1990; Peško, 2002; Haviarová a Peško, 2004).

LITERATÚRA

- AUDRA, P. – HOBLEA, F. – BIGOT, J.-Y. – NOBÉCOURT, J.-C. 2007. The role of condensation corrosion in thermal speleogenesis. Study of a hypogenic sulfidic cave in Aix-les-Bains, France. *Acta Carsologica*, 36, 2, 185–194.
- AUDRA, P. – HOFMANN, B. 2004. Les cavités hypogènes associées aux de sulfures métalliques (MVT). *Le Grotte d'Italia*, 5, 35–56.
- AULER, A. S. – SMART, P. L. 2003. The influence of bedrock-derived acidity in the development of surface and underground karst: evidence from the precambrian carbonates of semiarid northeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 2, 157–168.
- BAKER, B. J. – BANFIELD, J. F. 2003. Microbial communities in acid mine drainage. *FEMS Microbiology Ecology*, 44, 139–152.
- BALL, C. K. – JONES, J. C. 1990. Speleogenesis in the limestone outcrop north of the South Wales Coalfield: The role of microorganisms in the oxidation of sulphides and hydrocarbons. *Cave Science*, 17, 1, 3–8.
- BELLA, P. 2011. Genetické typy jaskýň. *VERBUM, Ružomberok*, 220 s.
- BOSÁK, P. – BELLA, P. – ČÍLEK, V. – FORD, D. C. – HERCMAN, H. – KADLEC, J. – OSBORNE, A. – PRUNER, P. 2002. Ochtiná Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the Fill and Genesis. *Geologica Carpathica*, 53, 6, 399–410.
- BOTTRELL, S. H. – CROWLEY, S. – SELF, C. 2001. Invasion of a karst aquifer by hydrothermal fluids: evidence from stable isotopic compositions of cave mineralization. *Geofluids*, 1, 2, 103–121.
- DE WAELE, J. – AUDRA, P. – MADONIA, G. – VATTANO, M. – PLAN, L. – D'ANGELI, I. M. – BIGOT, J.-Y. – NOBÉCOURT, J.-C. 2016. Sulfuric acid speleogenesis (SAS) close to the water table: Examples from southern France, Austria, and Sicily. *Geomorphology*, 253, 452–467.
- DE WAELE, J. – FORTI, P. – NASEDDU, A. 2013. Speleogenesis of an exhumed hydrothermal sulphuric acid karst in Cambrian carbonates (Mount San Giovanni, Sardinia). *Earth Surface Processes and Landforms*, 38, 12, 1369–1379.
- DOS SANTOS, C. E. – DE MENDÇA SILVA, C. J. – DUARTE, A. H. 2016. Pyrite oxidation mechanism by oxygen in aqueous medium. *The Journal of Physical Chemistry*, 120, 5, 2760–2768.
- EGEMEIER, S. J. 1981. Cavern development by thermal waters. *Bulletin of the National Speleological Society*, 43, 2, 31–51.
- EVANGELOU, V. P. 1995. Pyrite oxidation and its control. CRC Press, Boca Raton – New York – London – Tokyo, 293 s.
- EVANGELOU, V. P. – ZHANG, Y. L. 1995. A review: Pyrite oxidation mechanisms and acid mine drainage prevention. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 25, 2, 141–199.
- FURMAN, F. C. 1993. Formation of east Tennessee Knox MVT bodies by hypogenetic-interstratal-evaporite-TSR-sulfuric acid karstification. In Shelton, K. L. – Hagni, R. D. (Eds.): *Geology and geochemistry of Mississippi valley-type ore deposits*. University of Missouri, Rolla, Missouri, 133–148.
- GALDENZI, S. – MARUOKA, T. 2003. Gypsum deposits in the Frasassi Caves, central Italy. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65, 2, 111–125.
- HAVIAROVÁ, D. – PEŠKO, M. 2004. Základná charakteristika vôd Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 99–107.
- HILL, C. A. 1986. Carlsbad Cavern and other caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico: A sulfuric acid genesis related to the oil and gas fields of the Delaware basin. *Communications, 9th International Congress of Speleology*, 1, Barcelona, 267–269.
- HILL, C. A. 2000. Sulfuric Acid Hypogene Karst in the Guadalupe Mountains of New Mexico and Western Texas, USA. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, 309–316.
- HOSE, L. D. – PISAROWICZ, J. A. 1999. Cueva de Villa Luz, Tabasco, Mexico: reconnaissance study of an active sulfur spring cave and ecosystem. *Journal of Cave and Karst Studies*, 61, 1, 13–21.
- CHANDRA, A. P. – GERSON, A. R. 2010. The mechanisms of pyrite oxidation and leaching: A fundamental perspective. *Surface Science Reports*, 65, 9, 293–315.
- KEMPE, S. 2009. Siderite weathering as a reaction causing hypogene speleogenesis: The example of the Iberg/Harz/Germany. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. (Eds.): *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Simferopol, Special Paper, 1, 59–60.
- KEMPE, S. – BAUER, I. – KRAUSE, O. 2016. Iberger Tropfsteinhöhle, Iberg, Harz Mountains, Germany: Hypogene morphology and origin by siderite weathering. In Chavez, T. – Reehling, P. (Eds.): *Proceedings of DeepKarst 2016: Origins, Resources, and Management of Hypogene Karst (April 11 – 14, 2016, Carlsbad, New Mexico)*. NCKRI Symposium, 6, National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad, New Mexico, 35–44.
- MARTÍNEZ-MORENO, F. J. – PEDRERA, A. – GALINDO-ZALDÍVAR, J. – LÓPEZ-CHICANO, M. – AZOR, A. – MARTÍN-ROSALES, W. – RUANO, P. – CALAFORRA, J. M. – HÓDAR-PÉREZ, A. 2016. The Gruta de las Maravillas (Arecana, South-West Iberia): Setting and origin of a cave in marbles from dissolution of pyrite. *Geomorphology*, 253, 239–250.
- MOREHOUSE, D. F. 1968. Cave development via the sulfuric acid reaction. *Bulletin of the National Speleological Society*, 30, 1, 1–10.
- ONAC, B. – WYNN, J. G. – SUMRALL, J. B. 2011. Tracing the sources of cave sulfates: a unique case from Cerna Valley, Romania. *Chemical Geology*, 288, 105–114.
- PALMER, A. N. 2013. Sulfuric acid caves: Morphology and evolution. In Shroeder, J. F. – Frumkin, A. (Eds.): *Treatise on Geomorphology*, vol. 6, Karst Geomorphology. Academic Press, San Diego, 241–257.
- PALMER, A. N. – HILL, C. A. 2005. Sulfuric Acid Caves. In Culver, D. C. – White, W. B. (Eds.): *Encyclopedia of Caves*. Elsevier Academic Press, Burlington – San Diego – London, 573–581.
- PEŠKO, M. 2002. Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001)*. SSJ, Liptovský Mikuláš, 108–111.
- POLYAK, V. J. – MCINTOSH, W. C. – PROVENCIO, P. P. – GUYE, N. 2006. Alunite and natroalunite tell a story-the age and origin of Carlsbad Cavern, Lechuguilla Cave, and other sulfuric-acid type caves of the Guadalupe Mountains. In Land, L. – Lueth, V. W. – Raatz, W. – Boston, P. – Love, D. L. (Eds.): *Caves and Karst of Southeastern New Mexico*. New Mexico Geological Society 57th Annual Fall Field Conference Guidebook, 203–209.
- POLYAK, V. J. – PROVENCIO, P. 2001. By-product materials related to H_2S – H_2SO_4 influenced speleogenesis of Carlsbad, Lechuguilla, and other caves of the Guadalupe mountains, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 63, 1, 23–32.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. ml. – ŠČUKA, J. 1990. Fyzikálno-chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Záverečná správa, SMOPaJ Liptovský Mikuláš*.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. jr. – RODA, Š. sen. – ŠČUKA, J. 1993. Untersuchungen (ber die Genese der Aragonithöhle von Ochtiná (Slowakei). *Die Höhle*, 44, 1, 1–8.
- RIMSTDT, J. D. – VAUGHAN, D. J. 2003. Pyrite oxidation: A state-of-the-art assessment of the reaction mechanism. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, 5, 873–880.
- RIMSTDT, J. D. – VAUGHAN, D. J. 2014. Acide mine drainage. *Elements*, 10, 153–154.
- SILVERMAN, B. P. 1967. Mechanism of bacterial pyrite oxidation. *Journal of Bacteriology*, 94, 4, 1046–1051.
- TISATO, N. – SAURO, F. – BERNASCONI, S. M. – BRUIJN, R. H. C. – DE WAELE, J. 2012. Hypogenic contribution to speleogenesis in a predominant epigenic karst system: a case study from the Venetian Alps, Italy. *Geomorphology*, 151, 156–163.
- TODD, E. C. – SHERMAN, D. M. – PURTON, J. A. 2003. Surface oxidation of pyrite under ambient atmospheric and aqueous (pH = 2 to 10) conditions: Electronic structure and mineralogy from X-ray absorption spectroscopy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, 5, 881–893.

OBNOVA PANELOVEJ EXPOZÍCIE VO VSTUPNOM AREÁLI JASOVSKÉJ JASKYNE

Miroslav Kudla

V roku 1995 bola Jasovská jaskyňa v rámci slovensko-maďarského projektu Jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu zaradená do zoznamu svetového prírodného dedičstva UNESCO. V nasledujúcom roku bol dobudovaný vstupný areál jaskyne, pri projektovaní ktorého sa počítalo so stálou panelovou expozíciou. Tá bola návštevníkom prístupná od 27. 5. 1997.

Po dvadsiatich rokoch od svojej inštalácie sa expozícia vo vstupnom areáli Jasovskej jaskyne dočkala svojej obnovy. Tá spočívala vo výmene jedenástich náučných panelov. Grafický návrh realizoval študent Vysokiej školy výtvarných umení v Bratislave Dávid Kalata, ktorého návrh vyhodnotila výberová komisia ako najlepší. Moderný dizajn štylizovaný v čiernej podkladovej farbe panelov evokuje prostredie jaskyne a zároveň poskytuje zaujímavé grafické riešenia.

Expozícia pozostávajúca z jedenástich náučných panelov je tematicky rozdelená na tri časti. V prvej, ktorá sa nachádza na prízemí vstupnej haly medzi umeleckým skalným monumentom so znakom svetového dedičstva, sa návštevníci oboznámia s jaskyňami svetového dedičstva Slovenského a Aggteleckého krasu,



Časť obnovennej expozície vo vstupnom areáli Jasovskej jaskyne. Foto: J. Menda

dozvedia sa základné informácie o Jasovskej jaskyni a prírodných a historických pozoruhodnostiach v jej okolí a nahliadnu do mapy jaskyne s vyznačenou prehliadkovou trasou.

V druhej časti panelovej výstavy sa návštevníci dozvedia o vzniku a morfológii jaskynných priestorov a úlohe vôd rieky Bodvy, geologických pomeroch prostredia jaskyne, oboznámia sa s hydrologickými pomermi a záplavami, ku ktorým v jaskyni došlo, dozvedia sa o špecifických klímy jaskyne a liečebných klimatických

pobytoch, ktoré sa v jaskyni realizujú. Pútavý panel venovaný jaskynnej faune zaujme množstvom pozoruhodných fotografií jaskynných bezstavovcov.

Tretia časť expozície je venovaná ľudským aktivitám v jaskyni. Jaskyňu predstaví ako významné archeologické nálezisko či útočisko pre miestne obyvateľstvo v čase ohrozenia, samostatný panel priblíži históriu sprístupňovania jaskyne od jej prvého sprístupnenia premonštrátmi až po súčasnosť. Posledný panel informuje o ochrane a poznávaní jaskyne.

Odborný scenár expozície spracovali pracovníci ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň. Množstvo hodnotných fotografií nám poskytli externí autori najmä z ra-

dov jaskyniarov, za čo im aj touto cestou ďakujeme. Samotná výmena panelov sa nezaobišla bez viacerých technických problémov. Vzhľadom na rozličný tvar pôvodných rámov sme museli na mieste prispôbovať veľkosť a tvar každého panelu.

Obnovená panelová expozícia pútavou formou doplní poznatky, ktoré návštevníci získajú pri prehliadke Jasovskej jaskyne a zároveň umožňuje zmysluplné trávenie času počas čakania na prehliadku jaskyne.

OTVORILI SME NÁUČNÝ CHODNÍK V GOMBASEKU

Ľudovít Gaál

V Národnom parku Slovenský kras pribudol ďalší náučný chodník. Vznikol za nezvyčajných, priam hektických podmienok s tvrdým bojom o čas. Iniciatívou vytvoriť v Gombaseku náučný chodník, predstavujúci prírodné a kultúrne zaujímavosti okolia, totiž prišlo občianske združenie Sine Metu, ktoré otvorenie chodníka plánovalo na tzv. Gombasecký letný tábor s termínom od 10. do 16. júla 2017. Zabezpečenie bohatého programu tábora s účasťou okolo dvetisíc mladých ľudí a s potrebnou infraštruktúrou si však vyžadovalo od organizátorov mimoriadne úsilie a časový stres, preto sa aj otvorenie chodníka presúvalo na predposledný deň, na sobotu 15. júla 2017.

Po predstavení nového náučného chodníka jeho prvý panel vo vstupnom areáli Gombaseckej jaskyne odhalili a zároveň šam-



Slávnostné otvorenie náučného chodníka. Foto: I. Balciar

panským pokrstili podpredseda Košického samosprávneho kraja Š. Zachariáš, predseda občianskeho združenia Sine Metu Ö. Orosz

a predstavitelia ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň (SSJ) J. Ambruž a Ľ. Gaál. Účastníkom otvorenia potom pracovníci SSJ zabezpečili prehliadku Gombaseckej jaskyne.

Myšlienka vytvoriť náučnú lokalitu v areáli Gombaseckej jaskyne nie je nová. Krajinársky atraktívna Gombasecká dolina vytvára akúsi bránu do Národného parku Slovenský kras s veľkým turistickým potenciálom, ktorý však v súčasnosti nie je využitý. Z tohto dôvodu spracovala Správa slovenských jaskýň projekt vybudovania areálu jaskyne s novým vstupným objektom a náučným centrom. Do tejto koncepcie zapadla aj iniciatíva združenia Sine Metu. Začiatkom jari sa stretli pracovníci SSJ (P. Gažík, J. Ambruž, M. Kudla a Ľ. Gaál) s predstaviteľmi občianskeho združenia a dohodli sa na charaktere a obsahovej náplni jednotli-

vých panelov. V zmysle toho prvé 3 panely, venované prírodným javom, zabezpečila Správa slovenských jaskýň, ostatných 7 panelov, ktoré predstavujú najmä kultúrno-historické pamiatky, vyrobilo združenie Sine Metu za finančnej podpory Košického samosprávneho kraja. Všetky panely boli vyhotovené z tvrdého dreva na spôsob trojnožky s trojhranným otáčavým bubnom, aké sa umiestnili pri Silickej ľadnici, Babskej diere, Malej Žomboji alebo pri Farárovej jame. Texty sú trojjazyčné (slovenčina, maďarčina, angličtina). Náučný chodník s dĺžkou 2 km je zokruhovaný, začína a končí sa na parkovisku pri Gombaseckej jaskyni. Prvý panel je venovaný Gombaseku, vytvoreniu jedinečnej doliny, nálezu pleistocénného jaguára *Panthera gombaszoegensis* a speleoterapii v Gombaseckej jaskyni. Druhá zastávka je pri Čiernej vyvieracke a predstavuje silicko-gombasecký hydrologický systém so živočíchom Čierneho potoka. Tretí panel bol umiestnený v malom travertínovom lome na ľavej strane



Náučný panel pri starom travertínovom lome. Foto: Ľ. Gaál

Čierneho potoka (oproti objektu SSJ). Travertínový lom s najväčšou pravdepodobnosťou otvorili členovia rádu Pavlínov, ktorí v 14. storočí ťažili odtiaľto ľahko opracovateľný stavebný kameň na výstavbu neďalekého kláštora. Správa slovenských jaskýň pôvodne plánovala aj umiestnenie ďalšieho panela pri pôsobivo vyvinutých travertínových kaskádach na Čiernom potoku, finančné prostriedky však už nestačili na jeho realizáciu.

Daľšie panely náučného chodníka sú venované kultúrno-historickým pamiatkam Gombaseku. Najhodnotnejšia zastávka z nich je zachovaný múr pavlínkeho kláštora, postavený v roku 1371. Neskôr sa dostal do rúk luteránskej rodiny Bebekovcov a nakoniec ho dali zbúrať v dobe habsburskej rekatolizácie v 16. storočí. V blízkosti ruín kláštora sa nachádzajú zvyšky rokokovej kúrie a klasicistickej hospodárskej budovy z doby panstva Andrássyovcov. Známemu „železnému grófovi“ Emanuelovi Andrássyemu patrila aj hámor, predstavený na 6. zastávke náučného chodníka. V súčasnosti sa bohužiaľ nachádza tiež len v ruinách. Siedma zastávka oboznamuje návštevníkov s Bielou vyvierackou, známou aj ako prameň Margita, ktorá odvádza krasové vody zo severnej časti Silickej planiny, z tzv. silicko-turnianskej kryhy. Ostatné 3 panely sú venované histórii folklórnych slávností v Gombaseku.

Čierneho potoka (oproti objektu SSJ). Travertínový lom s najväčšou pravdepodobnosťou otvorili členovia rádu Pavlínov, ktorí v 14. storočí ťažili odtiaľto ľahko opracovateľný stavebný kameň na výstavbu neďalekého kláštora. Správa slovenských jaskýň pôvodne plánovala aj umiestnenie ďalšieho panela pri pôsobivo vyvinutých travertínových kaskádach na Čiernom potoku, finančné prostriedky však už nestačili na jeho realizáciu.

ČISTENIE PONOROV V SLOVENSKOM KRASE

Ľudovít Gaál

Mikroregión Domica, ktorý združuje 19 obcí na území Slovenského krasu od Gemerskej Panice až po Hrhov, už 12 rokov usporadúva na Deň Zeme čistiace akcie, tzv. envirodni. Do akcie sú zapojené najmä miestne samosprávy a školy, ale pravidelne sa ich zúčastnia aj pracovníci Okresného úradu, odboru životného prostredia z Rožňavy, Národného parku Slovenský kras, Správy slovenských jaskýň a väčších firiem v okolí, ako SCA Gemerská Hôrka, Brantner alebo Carmeuse. Každoročne sa tak stretne stále na inom mieste krasového územia 200 až 250 milovníkov prírody, ktorí v skupinách zbierajú do pripravených vriec drobné nečistoty. A bohužiaľ stále je čo zbierať, vrecia sa naplňujú každý rok. Na konci akcií sa podáva guláš, občerstvenie a každý účastník odchádza domov spokojný. V uplynulých rokoch bolo takýmto spôsobom vyčistené územie ochranného pásma jaskyne Domica, celý úsek Kečovského potoka od vyvieracky až po Jósaváf v Maďarsku alebo okolie Gombaseckej jaskyne a Silickej Brezovej s ponormi jaskyne Milada. Účelom týchto akcií je nielen odstrániť nečistoty z územia národného parku, ale aj upriamiť pozornosť miest-



Vyčistený ponor Kuťor na východnom okraji Skalického polja a panely na náučnom chodníku Gemerská Hôrka. Foto: Ľ. Gaál

ných komunít, najmä mládeže, a manažmentu okolitých väčších firiem na zraniteľnosť krasového geosystému. Čistiace akcie spravidla dostanú aj vhodnú mediálnu podporu.

Tohoročný už dvanásť enviroden sa konal 5. mája 2017 (pôvodný aprílový termín sa odložil pre nepriaznivé počasie) v Gemerskej Hôrke, v západnej časti Slovenského krasu. Zameraný bol na čistenie ponorov na východnom okraji Skalického polja. Rozsiahle Skalické polje odvodňuje niekoľko ponorov, z ktorých vody vytekajú vo vyvierackách aj priamo v obci Gemerská Hôrka. Znečistené závrty a ponory na východnom okraji polja predstavujú staré environmentálne záťaž, ktoré dodnes nie sú spoľahlivo doriešené pre nedostatok finančných prostriedkov. Niektoré závrty, do ktorých ľudia nosili odpadky už oddávna, sú zarastené a čiastočne zanesené sutinou. Aktívne ponory sú však zraniteľnejšie, lebo povrchové vody sa z nich priamo dostanú do podzemia. Počas tohoročného envirodna sa vyčistil ponor Kuťor, ale účastníci zbierali odpadky po celej trase náučného chodníka Gemerská Hôrka, vrátane Črepovej priepasti na vrchu Hôrka. Akcia sa skončila úspešne, aj počasie vyšlo, organizátorom môžeme len ďakovať za skutočne užitočný a ušľachtilý počin.

NÁVŠTEVNOSŤ SPRÍSTUPNENÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU V ROKU 2016

Jaskyne v prevádzke ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Belianska jaskyňa	3 312	6 920	3 959	4 157	10 909	15 824	30 742	30 520	10 384	7 186	1 710	862	126 485
Brestovská jaskyňa	0	0	0	0	0	0	0	0	1 547	1 494	0	0	3 041
Bystrianska jaskyňa	655	1 509	1 580	902	2 460	4 109	5 720	5 452	1 943	1 306	0	0	25 636
Demänovská jaskyňa slobody	4 441	7 300	5 426	4 384	9 118	14 940	30 022	31 128	9 311	8 661	2 150	1 263	128 144
Demänovská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	3 759	9 327	28 126	28 797	7 045	0	0	0	77 054
Dobšinská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	4 881	11 258	26 405	29 361	8 408	0	0	0	80 313
Domica	0	333	901	1 136	2 426	5 342	11 554	10 939	3 297	1 576	883	343	38 730
Driny	0	0	0	1 620	3 171	8 919	9 380	9 219	3 562	1 554	0	0	37 425
Gombasecká jaskyňa	0	0	0	581	767	2 120	3 054	3 109	1 051	668	0	0	11 350
Harmanecká jaskyňa	0	0	0	0	1 109	3 208	6 503	6 634	1 849	1 131	0	0	20 434
Jasovská jaskyňa	0	0	0	916	1 586	2 886	4 578	4 219	1 666	1 238	0	0	17 089
Ochtinská aragonitová jaskyňa	0	0	0	1 157	2 862	4 053	8 020	8 502	2 575	1 565	0	0	28 734
Važecká jaskyňa	0	781	707	469	1 443	2 525	5 228	4 512	1 740	1 143	916	0	19 464
SPOLU	8 408	16 843	12 573	15 322	44 491	84 511	169 332	172 392	54 378	27 522	5 659	2 468	613 899

Jaskyne v nájme od ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Bojnická hradná jaskyňa	2 237	3 391	6 352	12 021	23 912	37 011	31 951	35 259	12 697	8 457	2 984	3 873	180 145
Jaskyňa mŕtvych netopierov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krásnohorská jaskyňa	0	0	0	158	295	401	726	898	294	127	59	0	2 958
Malá Stanišovská jaskyňa	472	774	815	648	961	1 310	3 077	3 367	1 053	906	0	279	13 662
Morské oko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zlá diera	0	0	0	59	222	375	727	687	259	219	16	0	2 564
SPOLU	2 709	4 135	7 167	12 886	25 390	39 097	36 481	40 211	14 303	9 709	3 059	4 152	199 329

Zdroj: SNM Múzeum Bojnice, M. Štéc, RNDr. J. Stankovič, Ing. P. Holúbek a R. Košč, MsÚ Tornaľa

Ľubica Nudzíková, Alena Laurincová

JASKYŇA CUEVA DEL VIENTO, KANÁRSKE OSTROVY

Ján Vajs

V novembri 2011 sme navštívili ostrov Tenerife patriaci do Kanárskeho archipelágu. Hoci naším hlavným cieľom bol výstup na najvyšší španielsky vrch Pico de Teide (3718 m), rozhodli sme sa navštíviť aj najdlhšiu lávovú jaskyňu Európy – Cueva del Viento (Jaskyňa vetra).

Jaskyňa sa nachádza na východnom okraji mesta Icod (okres Icod de los Vinos), na západnom pobreží ostrova Tenerife. Od jaskyne je dobre viditeľné Pico de Teide. Jaskyňu vytvorila láva tečúca zo sopky Pico Viejo (3135 m) pred 27 000 rokmi. Jaskyňa je dlhá 17 032 m a jej denivelácia je 560 m.

Jaskyňa bola známa pôvodným obyvateľom Kanárskych ostrovov Guančom už pred 2000 rokmi. Prvá písomná zmienka je z roku 1776. Novodobé objavy sa začali v roku 1969, prvá mapa bola vyhotovená o rok ne-



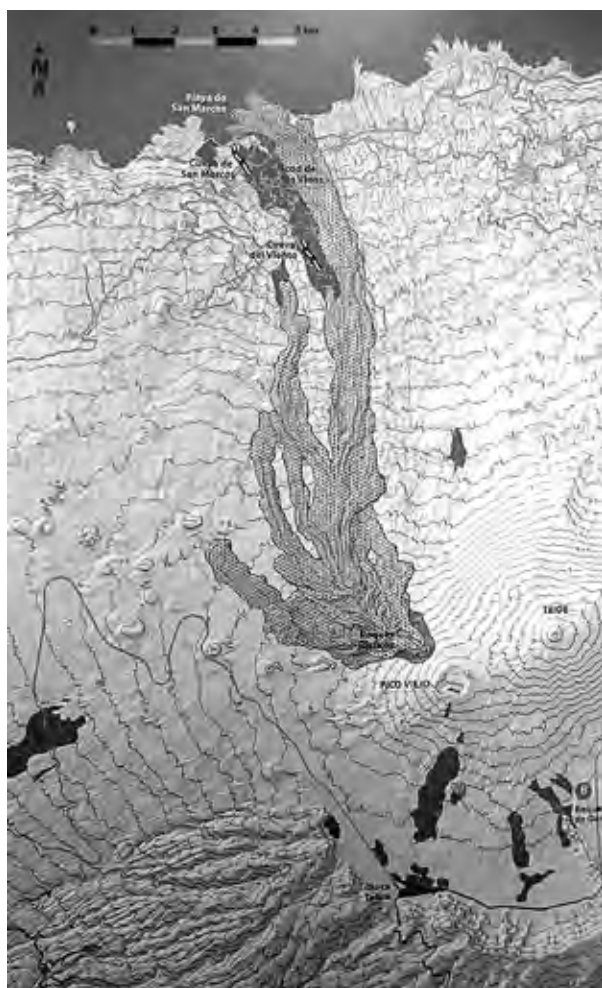
Návštevnícke centrum jaskyne Cueva del Viento. Foto: J. Vajs

skoršie a zobrazovala dovtedy známe časti jaskyne v dĺžke 6 km. Jaskyňa sa predĺžila v roku 1973, keď bola objavená 4 km časť pomenovaná Pozo de los Ingleses. V roku 1989 došlo k spojeniu jaskyne Cueva del Viento s jaskyňou Sobrado, čím celková dĺž-

ka komplexu dosiahla 14 km. V roku 1994 prenikli jaskyniari do 17-metrovej priepasti, ktorá viedla do iného poschodia, dlhého 2,35 km.

Lávová jaskyňa bola vytvorená erupciou sopky, ktorá chrlila bazaltový typ lávy. Vznikajúcimi trubicami, kde vysokú teplotu prúdajúcej lávy chráni stropná kôra z vychladnutej lávy, preteká žeravá vnútorná láva, ktorá z nej vytečie a zanechá za sebou prázdne priestory. Jaskyňa Cueva del Viento má tri úrovne, ktoré sú v niektorých častiach prepojené.

V preklade Cueva del Viento je Jaskyňa vetra a toto pomenovanie dostala pre silné prievany, ktoré prúdia touto jaskyňou. Jaskyňa je piatou najdlhšou lávovou jaskyňou na svete, za štyrmi dlhšími lávovými jaskyňami na Havaji. Jej jedinečnosť spočíva práve v troch úrovniach lávových koridorov, čo sa doteraz



Poloha jaskyne

nezaznamenalo v žiadnej inej lávovej jaskyni na svete.

Z biologického hľadiska je jaskyňa domovom 190 druhov živočíchov, z ktorých väčšina patrí k bezstavovcom. Z nich je 44 druhov troglobiontov. V jaskyni sa našli fosílné pozostatky vyhynutých stavovcov, ako napríklad obrie potkany a jašterice.

Jaskyňa je turisticky čiastočne prístupná. Návštevnícke centrum je v meste Icod, asi 2 km od centra mesta. Centrum je v dvojposchodovom dome. Na prvom poschodí je expozícia, pokladňa a úschovňa batožiny. Expozícia je venovaná výskumu a dokumentácii jaskyne Cueva del Viento. Obrázky, mapy, fotografie a trojrozmerné exponáty názorne vysvetľujú vznik lávových jaskýň, ich druhy a vývoj. Na monitore bez prestávky ide projekcia filmov o sopkách a lávových jaskyniach. Centrum je otvorené od 9.00 do 16.00 a jednotlivé vstupy do jaskyne sú nemenné: o 10.00, 11.00, 13.00 a 14.00 hodine. V čase našej návštevy stála vstupenka pre deti (5 – 14-ročné) 5 € a pre dospelých 15 €. Dĺžka prehliadkovej trasy jaskyne, nazývanej Sobrado, je 180 m. Návšteva trvá 2 hodiny a v jednej skupine môže byť najviac 14 osôb. Deti do 5 rokov, imobilní návštevníci a ľudia s klaustrofóbiou majú zakázaný vstup. Vstupenky sa objednávajú v predstihu mailom alebo telefonicky. Jaskyne nie sú umele osvetlené, preto návštevníci dostávajú prilby s čelovými lampami. Turistov z návštevníckeho centra dopravujú do jaskyne mikrobusedmi, ktoré šoférujú sprievodcovia.

Lávový stalaktit.
Foto: J. Vajs

Naším sprievodcom bol Dragan Milenković, ktorý je členom miestnej jaskyniarskej skupiny. Vďaka jeho jazykovým schopnostiam (plynule hovoril 5 jazykmi) sme mohli detailne preskúmať jaskyňu a povrchové územie. Pre nás, jaskyniarov z krajiny, kde neexistujú lávové jaskyne, boli informácie veľmi zaujímavé. Okrem sprievodného slova sú priamo v jaskyni umiestnené informačné tabule s fotografiami a grafmi, ktoré jednoduchou formou vysvetľujú vývoj, prieskum a dokumentáciu jaskyne. Porovnávajúc

lávové jaskyne s našimi krasovými, lávové sú omnoho suchšie s vyššou teplotou vzduchu. Výzdoba je úplne iná, reprezentovaná vychladnutou lávou na bokoch a dne chodieb. Zo stropu visia stuhnuté časti odkvapkávajúcej lávy. Tak isto mapovanie jaskyne je iné. V jaskyni nie je použiteľná metóda topografickej práce pomocou banského závesného kompasu, lebo magnetická strelka kompasu v magnetickom priestore nefunguje dobre. Preto jaskyniari merajú jaskyňu modernými laserovými prístrojmi.

Návšteva lávovej jaskyne Cueva del Viento je pre krasových jaskyniarov veľkým zážitkom, ktorým si dotvárajú predstavu o rôznych formách podzemného sveta. Z pohľadu turistického sprístupnenia jaskyne sú slovenské sprístupnené jaskyne omnoho dostupnejšie pre väčšinu návštevníkov a systém zakúpenia lístkov a prístupu k jaskyni je u nás lepší. Vysoko sme hodnotili informačnú vybavenosť jaskyne, ktorá aj laikovi veľmi jednoducho a zrozumiteľne vysvetľuje vznik lávových jaskýň.



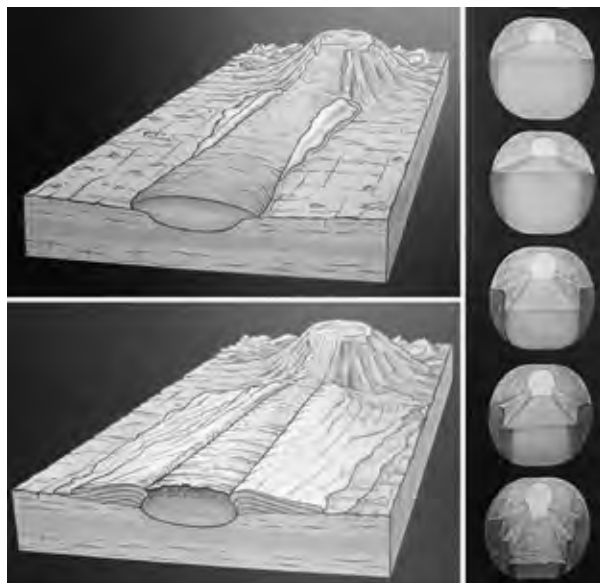
Lávová jaskyňa Cueva del Viento. Foto: J. Vajs



Lávová terasa. Foto: J. Vajs



Tunelová chodba s lávovou terasou. Foto: J. Vajs



Vytváranie jaskyne v lávovom prúde a lávových terás v jaskyni

Tadej Slabe:

Jamske skalne oblike, sled razvoja slovenskih kraških jam

Carsologica e2

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC
SAZU, Založba ZRC, Ljubljana –
Postojna 2014, 121 strán,
ISBN 978-961-254-679-3 (pdf)



Okrem tlačených knižných publikácií začal Inštitút pre výskum krasu v Postojnej vydávať v edícii Carsologica aj elektronické publikácie. Jednou z prvých troch publikácií, ktoré vyšli v roku 2014, je monografia Tadeja Slabeho o jaskynných skalných tvaroch, ktoré

preskúmal v 48 jaskyniach z južnej a západnej časti Slovinska. Táto publikácia, ktorá vyšla v slovinskom jazyku, je obsahom do značnej miery identická s jeho pôvodnou a známou publikáciou *Cave rocky relief and its speleogenetical significance* z roku 1995 (najmä hlavná časť venovaná skalným formám jaskynného reliéfu). Určená je najmä pre domácich slovinských jaskyniarov a odborníkov zaoberajúcich sa krasom a jaskyňami.

V úvodnej časti publikácie sa objasňuje význam jaskynného reliéfu, podáva sa prehľad hlavnej celosvetovej literatúry o jaskynnom reliéfe a klasifikácia skalných foriem jaskynného reliéfu (podľa morfogenetických činiteľov a ich lineárneho, plošného alebo bodového pôsobenia na materskú horninu, podmienok vytvárania foriem v hydrografickej zóne a morfogenetických procesov) s nadväzujúcou slovinskou terminológiou jednotlivých skalných foriem. Nasleduje súpis skúmaných slovinských jaskýň a objasnenie spôsobu zberu študijného materiálu a skúmania jaskynného reliéfu.

Ďalšia, najrozsiahlejšia kapitola sa člení podľa skupín foriem skalného reliéfu, ktoré sa vytvárajú rozdielnymi morfogenetickými procesmi. Postupne sa charakterizujú skalné tvary vytvorené turbulentným vodným tokom (*scallops*, *flutes*, stropné kotly, podlahové krútnavové hrnce, podlahové žľaby, skalné nože, piliere a mosty, skalné ostrohoité výčnelky, bočné korytá a zárezy v stenách, hladinové zárezy v stenách a stropoch), skalné tvary vytvorené na kontakte s drobnozrnnými sedimentmi (stropné a stenové kanály, anastomózy a pendanty vytvorené vodou prúdiacou nad sedimentmi, podsedimentové jamkovité vyhlbeniny a hroty, stenové zárezy na úrovni povrchu sedimentov), skalné tvary vytvorené vodou stekajúcou po stenách (stenové žľaby) a kvapkajúcou vodou (podlahové jamky), skalné tvary vytvorené pod ľadom (zaoblené a hladké steny, stenové hladké zárezy, drobné stropné jamky vyhlbené v dôsledku topenia sa tenkého ľadového povlaku, podľadovcové žľaby modelované vodou z topiaceho sa

ľadu), skalné tvary vytvorené kondenzačnou koróziou (objemné asymetrické vyhlbeniny pripomínajúce *large scallops*, brázdotité vyhlbeniny naleptané pozdĺž puklín), biogénny skalný reliéf (brázdotité vyhlbeniny vytvorené účinkom lišajníkov, vyhlbeniny vyleptané pôsobením guána) a skalné tvary vznikajúce blokovým a lavicovitým rútením (odlomy) a mechanickým zvetrávaním hornín (ostrohranné zvetrané povrchy). Procesy vytvárania viacerých opisovaných skalných foriem jaskynného reliéfu autor overil experimentálnym modelovaním v laboratórnych podmienkach.

V nasledujúcej kapitole sa postupne opisuje skalný reliéf a jeho speleogenetický význam vo vybraných jaskyniach v Krase (vrátane Škocjanských jaskýň) a Istrskom krase, na okraji Pivskej kotliny (vrátane Postojnskej jaskyne) a v Notrjanskom podolí, v Doljensku, na Nanose, Trnovskom gozde a Banjškej planine v Logaških Rovtáh, ako aj vo výverovej jaskyni Male Boke a v starej Zadlaške jaskyni na okraji alpského krasu. Pri opise jednotlivých jaskýň sa zdôrazňujú súvislosti medzi skalnými tvarmi a vývojom jaskýň. Rekapitulujú poznatky o vývoji jaskýň sa jaskynný reliéf považuje a charakterizuje ako dôležitý speleogenetický indikátor.

Napriek tomu, že celý text je v slovinskom jazyku, publikáciu viac-menej môžu využiť aj naši čitatelia (text dopĺňajú početné fotografie a grafické ilustrácie). Samozrejme, odporúčame ju do pozornosti najmä geológom a geomorfológom zaoberajúcim sa krasom a jaskyňami, ako aj jaskyniarom inklinujúcim k vedeckej speleológii. Publikácia je dôležitá z hľadiska získania uceleného pohľadu na problematiku morfológie a genézy jaskýň, najmä na vytváranie skalných tvarov jaskynného reliéfu a im prislúchajúce morfogenetické procesy. Rôznorodosť opisovaných skalných foriem je limitovaná charakterom morfogenezou skúmaných slovinských jaskýň (mimo územia Slovinska sú známe aj ďalšie druhy skalných foriem jaskynného reliéfu).

Pavel Bella

DESAŤ VEDECKÝCH KONFERENCIÍ „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“ V ROKOCH 1997 – 2015

V roku 1995 sa všetky jaskyne na Slovensku stali chránenými (podľa zákona č. 287/1994 NR SR o ochrane prírody a krajiny). Štát tým prebral zodpovednosť za zachovanie živých a neživých hodnôt v jaskyniach. Keďže účinnú ochranu a racionálne využívanie jaskýň nemožno zabezpečiť bez dôkladného poznania hodnôt ukrytých v podzemí a zákonitostí fungovania zložitých podzemných geosystémov, je nevyhnutné zabezpečovať ich výskum, monitoring a dokumentáciu. Do týchto činností boli okrem Správy slovenských jaskýň zapojené vedecké inštitúcie, vysoké školy, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva a Slovenská speleologická spoločnosť.

S cieľom prezentovať nové výsledky výskumu, monitoringu a ochrany jaskýň na Slovensku začala Správa slovenských jaskýň

v roku 1997 (v dvojročných cykloch) organizovať vedecké konferencie „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“. Tento zámer nadviazal na odborné semináre „Ochrana ľadových jaskýň“ (Dobšinská ľadová jaskyňa, 1995) a „Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie“ (Medzev, 1996), ktoré v tom období organizovala Správa slovenských jaskýň a mali priaznivú odozvu v odbornej i ochranskej verejnosti.

Celkový zámer vrátane zamerania 1. vedeckej konferencie „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“ sa dotvoril 9. novembra 1996, keď Jozef Hlaváč (vtedajší riaditeľ) a Pavel Bella (vedúci úseku ochrany jaskýň) zo Správy slovenských jaskýň cestovali spolu s Jánom Tulisom, vtedajším predsedom Slovenskej speleologickej spoločnosti (a dlhoroč-

ným predsedom oblastnej skupiny Slovenský raj), do Dolnej Stredy na slávnostné odhalenie pamätnej tabule Jánovi Majkovi, objaviteľovi jaskyne Domica, ktorý bol miestnym rodákom. Preto sa prvá konferencia okrem jubilej Važeckej jaskyne a Ochtinskej aragonitovej jaskyne konala aj pri príležitosti 25. výročia objavenia Stratskej jaskyne.

Vedecké konferencie „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“ sa pravidelne organizujú aj po začlenení Správy slovenských jaskýň do Štátnej ochrany prírody SR v roku 2008. O tom, že takéto odborné podujatia sú potrebné a užitočné, svedčí v poradí už 11. vedecká konferencia organizovaná v roku 2017 v Liptovskom Mikuláši. Z faktografického hľadiska podávame prehľad predchádzajúcich desiatich konferencií:

1. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti 75. výročia objavenia Važeckej jaskyne, 25. výročia sprístupnenia Ochtinskej aragonitovej jaskyne a 25. výročia objavenia Stratenskej jaskyne

Mlynky, 8. – 10. 10. 1997

- Hlavný organizátor: Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Slovenská speleologická spoločnosť – Speleologický klub Slovenský raj, Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš
- Počet účastníkov: 79, z toho 16 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko, Austrália)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 37
- Exkurzie: Stratenská jaskyňa, Dobšinská ľadová jaskyňa, Ochtinská aragonitová jaskyňa
- Konferenčný zborník: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 1, vydaný v roku 1998

2. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti 30. výročia založenia Správy slovenských jaskýň a 70. výročia objavenia jaskyne Driny

Demänovská Dolina, 16. – 19. 11. 1999

- Hlavný organizátor: Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Ministerstvo životného prostredia SR, Medzinárodná asociácia sprístupnených jaskýň
- Počet účastníkov: 78, z toho 24 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko, Slovinsko, Rakúsko)
- Počet referátov: 33
- Exkurzie: Demänovská ľadová jaskyňa, Dobšinská ľadová jaskyňa, Ochtinská aragonitová jaskyňa
- Konferenčný zborník: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 2, vydaný v roku 1999
- Spravidelné podujatia: slávnostné zhromaždenie k 30. výročiu založenia Správy slovenských jaskýň, slávnostný koncert v Demänovskej jaskyni slobody

3. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti 120. výročia objavenia Belianskej jaskyne, 80. výročia objavenia Demänovskej jaskyne slobody, 75. výročia objavenia jaskyne Driny a 50. výročia objavenia Gombaseckej jaskyne

Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001

- Hlavný organizátor: Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, Slovenská speleologická spoločnosť, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV
- Počet účastníkov: 73, z toho 21 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Francúzsko)
- Počet referátov: 46
- Exkurzia: Belianska jaskyňa
- Konferenčný zborník: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 3, vydaný v roku 2002
- Spravidelné podujatia: slávnostné zhromaždenie k 50. výročiu objavenia Gombaseckej jaskyne s jej prehliadkou, prezentácia publikácie V. Panoša: Karsologická a speleologická terminológia

4. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

Tále, 5. – 8. 10. 2003

- Hlavný organizátor: Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenská speleologická spoločnosť, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV
- Počet účastníkov: 80, z toho 32 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Slovinsko, Rakúsko, Japonsko)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 44
- Exkurzia: Jaskyňa mŕtvych netopierov, Bystrianska jaskyňa
- Konferenčný zborník: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 4, vydaný v roku 2004

5. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti životného jubilea RNDr. Antona Droppu, CSc.

Demänovská Dolina, 26. – 29. 9. 2005

- Hlavný organizátor: Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, Slovenská speleologická spoločnosť, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV
- Počet účastníkov: 84, z toho 33 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Austrália)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 48
- Exkurzia: kras a jaskyne Demänovskej doliny
- Konferenčný zborník: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 5, vydaný v roku 2006
- Spravidelné podujatia: vernisáž výstavy o živote RNDr. A. Droppu, CSc., v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, prezentácia monografie L. Novotného a J. Tulisa: Kras Slovenského raja

6. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti 125. výročia sprístupnenia Belianskej jaskyne

Ždiar, 1. – 5. 10. 2007

- Hlavný organizátor: Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Slovenská speleologická spoločnosť – Jaskyniarska skupina Spišská Belá a Oblastná skupina Orava, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV
- Počet účastníkov: 87, z toho 32 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 59
- Exkurzia: kras a jaskyne Belianskych Tatier
- Abstrakty: uverejnené v časopise Aragonit 12 (2007)
- Spravidelné podujatie: slávnostná prehliadka Belianskej jaskyne

7. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti 40. výročia založenia Správy slovenských jaskýň a 80. výročia objavenia jaskyne Driny

Smolenice, 10. – 13. 11. 2009

- Hlavný organizátor: ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Geografický ústav SAV, Bratislava, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV

- Počet účastníkov: 71, z toho 27 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko, Ukrajina)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 49
- Exkurzia: Plavecký kras v Malých Karpatoch – Plavecká jaskyňa, Deravá skala a povrchové krasové javy v ich okolí
- Abstrakty: uverejnené v časopise Aragonit 14/2 (2009)
- Spravidelné podujatie: slávnostná prehliadka jaskyne Driny

8. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

pri príležitosti 90. výročia objavenia Demänovskej jaskyne slobody a 140 rokov speleoarcheologického výskumu na Slovensku

Demänovská Dolina, 3. – 6. 10. 2011

- Hlavný organizátor: ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Geografický ústav SAV, Bratislava, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV, Archeologický ústav SAV, Nitra
- Počet účastníkov: 62, z toho 27 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 51
- Exkurzia: kras a jaskyne Demänovskej doliny
- Abstrakty: uverejnené v časopise Aragonit 16/1–2 (2011)

9. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

Liptovská Sielnica, 23. – 26. 9. 2013

- Hlavný organizátor: ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Geografický ústav SAV, Bratislava, Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV, Geologický ústav Akadémie vied Českej republiky, Praha, Polskie Towarzystwo Geologiczne
- Počet účastníkov: 54, z toho 19 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko, Tadžikistan, Gruzínsko, Austrália)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 35
- Exkurzia: kras Chočských vrchov a Liptovskej kotliny
- Abstrakty: uverejnené v časopise Aragonit 18/1 (2013)

10. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

„Výskum a ochrana jaskýň Slovenského a Aggtelejského krasu“

pri príležitosti 20. výročia zápisu jaskýň Slovenského a Aggtelejského krasu do Zoznamu svetového dedičstva, 70. výročia založenia UNESCO a 30. výročia vyhlásenia Aggtelejského národného parku

Rožňava (Slovensko) – Bódvaszilás (Maďarsko), 22. – 25. 9. 2015

- Hlavný organizátor: ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
- Spoluorganizátori: Správa Národného parku Slovenský kras, Brzotín, Správa Aggtelejského národného parku, Jósavafő
- Počet účastníkov: 75, z toho 37 zo zahraničia (Česká republika, Poľsko, Maďarsko)
- Počet referátov a posterových prezentácií: 43
- Exkurzie: jaskyne vrchu Esztramos, prechod z jaskyne Domica do jaskyne Baradla, jaskyňa Baradla (úsek Aggtelek – Jósavafő)
- Abstrakty: uverejnené v časopise Aragonit 20/1 (2015)

ABSTRAKTY / ABSTRACTS

11. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“
11th SCIENTIFIC CONFERENCE “RESEARCH, USE AND PROTECTION OF CAVES”

Liptovský Mikuláš

25. – 26. 10. 2017

GEOLÓGIA, MINERALÓGIA A PALEONTOLOGIA
MICROBE-MINERAL INTERACTIONS FROM SOME
INDIAN CAVESRamanathan Baskar¹ – Sushmitha Baskar²¹ Department of Environmental Science and Engineering, Guru Jambheshwar University of Science and Technology, Hisar 125001, Haryana, India; rbaskargjuhisar@yahoo.com² Environmental Studies, School of Interdisciplinary and Transdisciplinary Studies, Indira Gandhi National Open University, New Delhi 110068, India; sushmithab@ignou.ac.in

Microbe-mineral interactions in cave ecosystems lead to the formation of secondary mineral deposits like speleothems, moonmilk and cave biofilms. The report presents geomicrobiological results from different Indian caves such as: Sahastradhara caves (Dehradun, Uttaranchal); Borra Cave (Andhra Pradesh); Krem Phyllut, Krem Mawmai, Krem Mawmluh and Rongai Dobhakol (Meghalaya). The results support the biomineralization abilities of the microbes isolated from these caves.

Sahastradhara Caves, Uttaranchal

The cave systems are in the Dehradun Valley, formed within the Siwalik formations in Garhwal Himalaya, situated on the Krol carbonates. These caves are 10 m long and 2 m wide. The speleothems consist of microcrystalline calcite. Total cell enumerations using DNA staining showed high numbers. Lab based culture experiments identified the mineral precipitating isolates as *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus pumilis*. Moonmilk deposits studied showed microbial involvement in their genesis. These crystal precipitation strains were identified as: *Bacillus pumilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus lentus*, *Bacillus circulans*, *Bacillus sphaericus*, *Actinomyces* sp.

Borra caves, Vishakapatnam, Andhra Pradesh

The caves are located 95 km from Visakhapatnam on the east coast of India. The cave is quite long approximately 2 km long, 12 m high and located 1,300 m above mean sea level. Electron microscopy of the biofilms resembled the bacterial sheaths of *Leptothrix* sp. that were coated with iron oxides of varying degrees. The biofilms from this cave was analysed using DNA sequencing. The DNA sequencing showed that the biofilm was dominated by Betaproteobacteria (28 %). The results suggest microbe-mineral interactions and their influences in iron mineral formations.

Krem Mawmai, Krem Phyllut, Krem Mawmluh, Rongai Dobakkal; Meghalaya

These caves are situated in the Khasi hills and Garo hills, Meghalaya. The state has enormous deposits of limestone and abundant rainfall, which is conducive for speleothem formations. The studied caves had cave wall deposits of different kinds, moonmilk, stalactites, stalagmites, and biofilm formations. The microbial cell enumerations both in the speleothems, moonmilk as well as spring waters were high in various media tested. The biomineral forming microbes were identified as: *Bacillus licheniformis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus mycoides*, *Micrococcus luteus*, *Streptomyces*, *Bacillus* sp. This short review summarizes the studies performed on some of the Indian caves to throw light on the microbe-mineral interactions. These studies focussed on geochemical, mineralogical, conventional microbiological and molecular microbiological approaches to understand the extent of microbial involvement in cave mineral formations. In these caves, it has been established that microbes by using various metabolic pathways act as geochemical agents. They do this for their energy requirement and thereby reshape the mineral environment of cave environments. Minerals precipitate onto bacterial cell surfaces either through direct/enzymatic processes (biologically controlled mineralization) or indirect/passive processes (biologically induced mineralization) (Konhauser, 1998; Northup and Lavoie, 2001). *In vitro* studies focussing on experimental geomicrobiology in the caves studied, establish that passive processes i.e. biochemical factors affected by bacterial metabolism influence the precipitation process and the shape and morphology of the carbonate precipitates attached to the mineral surface. Further, metagenomic studies along with lab based microbe-mineral experiments will help to further understand mineral-microbe interactions. These cave environments also offer invaluable scientific information about biosignatures detected, which can be applied to search for subsurface life in other planets.

OCHTINSKÁ ARAGONITOVÁ JASKYŇA –
ŠPECIFICKÝ TYP HYPOGÉNEJ JASKYNE?Pavel Bella^{1,2} – Pavel Bosák^{3,4} – Ľudovít Gaál¹ – Petr Pruner^{3,4} – Dagmar Haviarová¹¹ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk, ludovit.gaal@ssj.sk, dagmar.haviarova@ssj.sk² Katedra geografie, Pedagogická fakulta KU, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok³ Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, Česká republika; bosak@gli.cas.cz, pruner@gli.cas.cz⁴ Inštitút za raziskovanje krasa, ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija

Národná prírodná pamiatka Ochtinská aragonitová jaskyňa (Revúcka vrchovina, Hrádok) je svetoznáma krasovou lokalitou, významnou z geologického, morfológického, speleogenetického i mineralogického hľadiska (Sevčík a Kantor, 1956; Droppa, 1957; Homza et al., 1970; Rajman et al., 1990, 1993; Bella, 1998, 2004; Čilek et al., 1998; Bosák et al., 2002, 2005; Gaál, 2004 a ďalší). Vytvorená je v kryštálických spodnodevónskych vápencoch, ktoré sa počas hydrotermálneho zrudňovania masívu Hrádku horečnato-železitými termálnymi fluidami sčasti premenili na ankerity a siderity (Grecula, 1992; Gaál, 2004 a ďalší). Genéza tejto pozoruhodnej jaskyne nie je doteraz jednoznačne objasnená a je predmetom diskusie.

Droppa (1957) vysvetľuje vznik Ochtinskej aragonitovej jaskyne koróznym účinkom atmosférických vôd, ktoré presakovali pozdĺž tektonických porúch a spôsobili chemické zvetrávanie ankeritov. Usudzuje, že „rúrovité a evorzné skálne tvary“ vznikli v podmienkach hydrostatického tlaku, keď sa voľné dutiny po upchaní odtokových ciest úplne zaplavili.

Na základe morfológie podzemných priestorov s početnými nepravidelnými usporiadanými väčšími i menšími sférickými vyhlbeninami Nicod (1976) a Choppy (1994) považovali Ochtinskú aragonitovú jaskyňu za hydrotermálnu. V jej podzemných priestoroch sa však doteraz nezistili žiadne minerály hydrotermálneho pôvodu (Čilek et al., 1998; Bosák et al., 2002). Gaál (1996) podotýka, že hydrotermálne procesy vo vrchnej kriehde sa odohrávali v podstatne hlbšej pozícii vápencov, ako sú známe v súčasnosti, a na mladšie výstupy termálnych vôd nie sú v tejto oblasti geologické a hydrogeologické predpoklady.

Gaál a Ženíš (1986), ako aj Gaál (1996) vysvetľujú vytváranie jaskyne oxidáciou železa viazaného v ankerite pôsobením presakujúcich atmosférických vôd, pričom morfológia podzemných priestorov je v hrubých črtách daná tvarom pôvodného ankeritového telesa vo vápencoch. Goethit (okre) a zvyšky ankeritov boli splavené do spodnejších častí jaskyne, súčasné tvary sú výsledkom následného korózneho dotvárania vápencových stien. Podobne Ščuka et al. (1998) a Rajman et al. (1990, 1993) uvažovali o korózii zintenzívnenej uvoľňovaním CO₂ pri oxidácii ankeritu a sideritu, navyše aj o vplyve sulfidickej (pyritovej) mineralizácie okolitých hornín na chemické zloženie a agresivitu vôd presakujúcich zo zrážok (rozpušťanie vápenca kyselinou sírovou vznikajúcou oxidáciou H₂S uvoľnenej pri rozklade pyritu).

V jaskynných sedimentoch sa zistil alofán, ktorý pravdepodobne vznikol kyslým zvetrávaním podmieneným výskytom pyritu (Čilek et al., 1998). Neprítomnosť sadrovca v jaskyni naznačuje, že účinnok kyslého zvetrávania, pri ktorom sa na povrchu rozrušovaných stien vápenec nahrádza sadrovcom, bol pravdepodobne malý (Bosák et al., 2002). Veľmi kyslé (pH 1,9 až 3), silne mineralizované chloridovo-síranové vody s mierne zvýšenou teplotou 11,7 °C vytekali na povrch jedine štôľňou Alžbeta (analyzoval V. Vosáhlo v roku 1955 in Korpel a Kotras, 1957 resp. Rajman et al., 1990), nachádzajúcou sa juhozápadne od jaskyne. V súčasnosti je vchod do tejto štôľne zavalený, bez výtoky banských vôd. Ochtinská aragonitová jaskyňa bola nafarovaná štôľňou Kapusta. Zrážkové vody presakujúce do jaskyne, ako aj vody v podzemných jazerách predstavujú prevažne slabo zásadité (pH 6,5 až 8,08), menej mineralizované vápenato-horečnaté vody s teplotou 7,6 až 8,3 °C, nedosýtené voči kalcitu a aragonitu (Rajman et al., 1990; Peško, 2002; Haviarová a Peško, 2004). Vody z jaskyne sa pravdepodobne dostávajú na povrch prameňom P2, ktorý má podobné chemické zloženie vody (Rajman et al., 1990). Možno predpokladať, že kryštalické vápence sa vo väčšej miere rozpúšťali v dôsledku uvoľňovania CO₂ pri oxidácii sideritu a ankeritu účinkom oksyfickej vody, ktorá pozdĺž zlomov presakuje zo zrážok do zrudnených častí podzemia (Bosák et al., 2002). Merania začiatkom apríla

2000 (v dňoch, keď v jaskyni neboli žiadni návštevníci) ukazujú, že obsah CO_2 v Sieni mliečnej cesty bol približne $3 \times$ vyšší (0,0875 až 0,0940 %, resp. 875 až 940 ppm) ako vo vonkajšom ovzduší pri vchode do jaskyne (0,031 až 0,036 %). Hlavnou príčinou je oxidácia sideritu v jaskyni; vo vode ani v jemnozrnných sedimentoch sa aktuálny zdroj CO_2 nezistil (Bobro et al., 2002).

Ochtinská aragonitová jaskyňa sa začala vytvárať vo freatických podmienkach následkom oxidácie ankeritu a sideritu na goethit a súbežného uvoľňovania CO_2 do stagnujúceho vodného prostredia, najmä pozdĺž zlomov usmerňujúcich prísun oksyločených vôd zo zrážok (v pliocéne až spodnom pleistocéne). Prvotné dutiny sa zväčšovali rozpúšťaním kryštalických vápencov po obvode zvetrávajúcich telies ankeritu a sideritu. Nakoniec sa časti jaskyne vytvorené pozdĺž viac-menej paralelných zlomov (Mramorová sieň – Vstupná chodba, Sieň mliečnej cesty a Hlboký dom) prepájali laterálnymi chodbami. Nepravdivé výklenky a kupolovité vyhlbeniny sú pozostatkami starších dutín, ktoré vznikli konvekciou vody následkom jej gravitačnej separácie spôsobenej hustotnými gradientmi a teplotnými anomáliami. Na podlahe a skalných stenách sklonených do cca 45° sa vo veľmi pomaly prúdiacej až takmer stagnujúcej vode z redeponovaných okrov usadzovali jemnozrnné sedimenty. Keďže ich málo priepustný až nepriepustný pokrov zabráňoval rozpúšťaniu podložných vápencových povrchov, korózia prebiehala iba na exponovaných (nepokrytých) častiach vápencových stien a stropov. Ploché šikmé skalné povrchy sa zväčšovali odspodu nahor, ich novovytvorené horné časti boli následne pokryté „ochranným“ povlakom sedimentov (planes of repose; Lange, 1963). Preto skalné steny, zväčša iba ich spodné časti (dolné polovice) majú tvar *Facetten* (Kempe et al., 1975), t. j. predstavujú ploché šikmé steny sklonené dovnútra chodieb alebo siení (Bella, 1998, 2004; Bosák et al., 2002).

Zahlbovaním dolín okolo vrcholovej časti Hrádku hladina podzemnej vody poklesávala. Paleomagnetické dáta ukazujú, že jemné sedimenty (s oxidovanými minerálmi) zachované v spodnej časti Oválnej chodby (tvaru „V“) sa začali usadzovať dávnejšie pred 1,07 Ma (mil. rokov), teda v spodnom pleistocéne (Bosák et al., 2015, 2016). Na stenách jaskyne sa vytvorili epifreatické hladinové zárezy a zarovnané stropy (*Laugdecke*), ktoré zodpovedajú fázam stagnácie (a oscilácie) hladiny podzemnej vody počas jej prerušovaného poklesávania. Ford a Williams (2007) zaraďujú Ochtinskú aragonitovú jaskyňu medzi *notch caves*, pre ktoré sú typické bočné korózne zárezy (so šikmými plochami *Facetten*) a zarovnané stropy vyhlbené pozdĺž vodnej hladiny. Stropné kupolovité vyhlbeniny v Ochtinskej aragonitovej jaskyni sú na viacerých miestach zrezané mladšími zarovnanými stropmi (Bella, 1988, 2004). Z datovania sintrov metódou U-series vyplýva, že zarovnaný strop na precho-
de medzi Oválnou chodbou a Hlbokým domom zrezal spodnú časť stropnej dutiny (spolu s aragonitovou a kalcitovou výplňou) v období medzi 490 – 117 ka (tisíc rokmi). Jemnozrnné sedimenty v Oválnej chodbe boli následkom oscilácií vodnej hladiny erodované pred cca >80 až 177 ka (Pruner et al., 2000; Bosák et al., 2002, 2015, 2016). Vzorky aragonitu starších generácií, datované D. C. Fordom v roku 1990, majú vek 121 až 138 ka a 13,6 ka (Rajman et al., 1990, 1993). Najmladšia generácia aragonitu sa tvorí v súčasnosti (Čílek et al., 1998; Bosák et al., 2002).

Speleogenézu vplyvom oxidácie sideritu s uvoľňovaním CO_2 , ktorý spôsobuje rozpúšťanie okolitých vápencov, prvotne opísal a následne rozpracoval Kempe (1975, 1998, 2009). Z hydrochemického hľadiska jej podmienky analyzujú Svensson a Kempe (1989). Keďže oxidáciou sideritu sa CO_2 uvoľňuje v hĺbke pod zemským povrchom, Kempe (2009), resp. Kempe et al. (2016) zaraďujú takto vytvorené jaskyne medzi hypogénne (osobitný prípad hypogénnej speleogenézy bez vystupovania vôd odspodu nahor). V tomto zmysle možno Ochtinskú aragonitovú jaskyňu považovať za špecifický typ hypogénnej jaskyne, avšak problematika definovania hypogénneho krasu a jaskýň nie je doriešená (Palmer, 2007, 2011; Veni, 2016 a ďalší).

Úloha sa riešila v rámci vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0430/15 a ústavného financovania GLÚ AV ČR, v. v. i., č. RV06798531.

Literatúra

- BELLA, P. 1998. Morfológické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Aragonit*, 3, 3–7.
- BELLA, P. 2004. Geomorfologické pomery Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 57–88.
- BOBRO, M. – HANČUJÁK, J. – ŽELINKA, J. – KUPKA, D. 2002. Výskyt oxidu uhličitého v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 145–152.
- BOSÁK, P. – BELLA, P. – ČÍLEK, V. – FORD, D. C. – HERCMAN, H. – KADLEC, J. – OSBORNE, A. – PRUNER, P. 2002. Ochtiná Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the Fill and Genesis. *Geologica Carpathica*, 53, 6, 399–410.
- BOSÁK, P. – BELLA, P. – ČÍLEK, V. – FORD, D. C. – HERCMAN, H. – KADLEC, J. – OSBORNE, A. – PRUNER, P. 2005. Ochtiná Aragonite Cave (Slovakia): Morphology, Mineralogy and Genesis. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, 3, 2, 16 s.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. – BELLA, P. 2015. New results of paleomagnetic research in the Ochtinská Aragonite Cave, Slovakia and their speleogenetic interpretation. *Aragonit*, 20, 1, 56.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. – BELLA, P. 2016. Epiphreatic development phases in the Ochtinská Aragonite Cave: Revision high-resolution magnetostratigraphy of cave sediments. In Šujan, M. (Ed.): Environmental, Sedimentary & Structural Evolution of the Western Carpathians. Abstract Book, 10th

ESSEWECA Conference (December 1 – 2, 2016, Bratislava, Slovakia). The Publishing House of the Comenius University, Bratislava, 19–20.

- ČÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. 1998. Mineralogické výzkumy v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. *Aragonit*, 3, 7–12.
- DROPPA, A. 1957. Ochtinská aragonitová jaskyňa. *Geografický časopis*, 9, 3, 169–184.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 s.
- GAÁL, L. 1996. Prieskum a ochrana aragonitových jaskýň v okolí Hrádku. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie, zborník referátov z odborného seminára (Medzev 18. – 20. 9. 1996). SSJ, Liptovský Mikuláš, 130–133.
- GAÁL, L. 2004. Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 37–56.
- GAÁL, L. – ŽENIŠ, P. 1986. Kras Revúckej vrchoviny. *Slovenský kras*, 24, 27–60.
- GREČULA, P. 1982. Gemerikum – segment riftogénneho bazénu Paleotetýdy. *Mineralia Slovaca*, Monografia, zv. II, Alfa, Bratislava, 263 s.
- HAVIAŘOVÁ, D. – PEŠKO, M. 2004. Základná charakteristika vôd Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 99–107.
- HOMZA, Š. – RAJMAN, L. – RODA, Š. 1970. Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 8, 21–68.
- CHOPPY, J. 1994. La première karstification. Synthèse spéléologique et karstique, Les facteurs géo-graphiques, 3, Spéléo-Club de Paris, Club Alpin Français, Paris, 69 p.
- KEMPE, S. 1975. Siderite weathering, a non-biogenetic source of CO_2 (illustrated by the Iberg/Harz/Fed. Rep. of Germany). *Annales de Spéléologie*, 30, 4, 703–704.
- KEMPE, S. 1998. Siderite weathering, a rare source of CO_2 for cave genesis: the Eisenstein Stollen System and adjacent caves in the Iberg, Harz Mountains, Germany. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60, 3, 188.
- KEMPE, S. 2009. Siderite weathering as a reaction causing hypogene speleogenesis: The example of the Iberg/Harz/Germany. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. (Eds.): *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Simferopol, Special Paper, 1, 59–60.
- KEMPE, S. – BAUER, I. – KRAUSE, O. 2016. Iberger Tropfsteinhöhle, Iberg, Harz Mountains, Germany: Hypogene morphology and origin by siderite weathering. In Chavez, T. – Reehling, P. (Eds.): *Proceedings of DeepKarst 2016: Origins, Resources, and Management of Hypogene Karst* (April 11 – 14, 2016, Carlsbad, New Mexico). NCKRI Symposium, 6, National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad, New Mexico, 35–44.
- KEMPE, S. – BRANDT, A. – SEEGER, M. – VLADI, F. 1975. “Facetten” and “Laugdecken”, the typical morphological elements of caves developed in standing water. *Annales des Spéléologie*, 30, 4, 705–708.
- KORPEL, P. – KOTRAS, J. 1957. Záverečná zpráva a výpočet zásob z ložiska Hrádok – ankerit, oker (so stavom 31. 12. 1954). I. a II. časť, 554 s. *Archív ŠGÚŠ, Spišská Nová Ves*.
- LANGE, A. L. 1963. Planes of repose in caves. *Cave Notes*, 5, 6, 41–48.
- NICOD, J. 1976. Les régions karstiques de Slovaquie et de Hongrie septentrionale. *Bulletin de la Société géographique de Marseille* 82, nouvelle série 12, 11–25.
- PALMER, A. N. 2007. *Cave Geology*. Cave Books, Dayton, Ohio, 454 s.
- PALMER, A. N. 2011. Distinction between epigenic and hypogenic maze caves. *Geomorphology*, 134, 1, 9–22.
- PEŠKO, M. 2002. Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 108–111.
- PRUNER, P. – BOSÁK, P. – KADLEC, J. – VENHODOVÁ, D. – BELLA, P. 2000. Paleomagnetický výskum sedimentárnych výplní vybraných jaskýň na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 2. vedeckej konferencie (Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999). SSJ, Liptovský Mikuláš, 13–25.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. ML. – ŠČUKA, J. 1990. Fyzikálno-chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Záverečná správa, SMOPaJ Liptovský Mikuláš.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. jr. – RODA, Š. sen. – ŠČUKA, J. 1993. Untersuchungen (ber die Genese der Aragonithöhle von Ochtiná (Slowakei). *Die Höhle*, 44, 1, 1–8.
- SVENSSON, U. – KEMPE, S. 1989. Hydrochemistry of karst waters in the Iberg-reef-complex, Harz Mountains. In Kósa, A. (Ed.): *Proceedings 10th International Congress of Speleology* (Budapest, August 13–20, 1989), 1, Budapest, 3–5.
- ŠČUKA, J. – RODA, Š. jun. – RAJMAN, L. – RODA, Š. sen. 1988. Problemy genezis krasovogo fenomenu Ochtinskoj aragonitovoj peščery. *Communications, International Symposium on Physical, Chemical and Hydrological Research of Karst*, Košice, 181–185.
- ŠEVČÍK, R. – KANTOR, J. 1956. Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. *Geologické práce, Správy*, 7, 161–171.
- VENI, G. 2016. A Re-Evaluation of Hypogenic Speleogenesis: Definition and Characteristics. In Chavez, T. – Reehling, P. (Eds.): *Proceedings of DeepKarst 2016: Origins, Resources, and Management of Hypogene Karst* (April 11 – 14, 2016, Carlsbad, New Mexico). NCKRI Symposium, 6, National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad, New Mexico, 17–19.

OXYGEN ISOTOPIC STRATIGRAPHY AS A TOOL FOR CHRONOLOGY ESTABLISHING OF EARLY AND MIDDLE PLEISTOCENE SPELEOTHEMS – A CASE STUDY FROM GŁĘBOKA CAVE (KRAKÓW-CZĘSTOCHOWA UPLAND, POLAND)

Marcin Błaszczuk¹ – Helena Hercman¹ – Jacek Pawlak¹ –
Michał Gašiorowski¹ – Šárka Matoušková² –
Marta Aninowska³ – Ditta Kicińska³ – Andrzej Tyc⁴

¹ Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55, PL-00818 Warsaw, Poland; marcin.blaszczuk@twarda.pan.pl, hhercman@twarda.pan.pl, dzeq@twarda.pan.pl, mgasior@twarda.pan.pl

² Institute of Geology of the CAS, v. v. i., Rozvojová 269, CZ-165 00 Prague 6 – Lysolaje, Czech Republic; matouskov@gli.cas.cz

³ Institute of Geology, Adam Mickiewicz University, Collegium Geologicum, Bogumiła Krygowskiego 12, PL- 61680 Poznań, Poland; maninowska@wp.pl, kicinska@amu.edu.pl

⁴ Department of Geomorphology, University of Silesia, Bedzińska 60, PL-41200 Sosnowiec, Poland; andrzej.tyc@us.edu.pl

The “quality” of palaeoenvironmental reconstruction, based on speleothems records, depends on accuracy of used proxies and chronology of the studied record. As far as the dating method is concerned, in most cases the best solution is to use the U-series method to obtain precise chronology. But for older periods, f.e. over 0.5 Ma, the dating becoming a serious challenge. Theoretically, older material could be dated with U-Pb dating method. However, that method requires relatively high uranium content (minimum few ppm), whereas usually speleothems from Poland (and entire Central Europe) have uranium concentration below 0.1 ppm. Facing with that problem in material from one of the Polish caves, we applied Oxygen Isotope Stratigraphy (OIS) as a tool to speleothem dating.

The Głęboka Cave is currently the largest known cave form karst of nature reserve „Mt. Zborów”. The cave is developed in massive rocky limestones and partly bedded limestones of Oxfordian age. The cave consists of two major parts, northern and southern, connected by narrow passage. Głęboka Cave is relatively rich in cave deposits. The SE wall of the Esso corridor is covered with a about 0.5 m thick flowstone. From this place, in 2012, the continuous, 52 cm long flowstone sequence has been taken.

On sampled flowstone were carried out: U-series dating, oxygen and carbon stable isotopes composition and calcite fabrics analysis to provide paleoenvironmental data.

The result of U-series dating allow only to suggest that studied flowstone crystallized in the time interval between 500 and 1,200 ka. (U-series ages were out of method limit but ²³⁴U and ²³⁸U were still in disequilibrium state). Faced with all these difficulties we decided to use the oxygen isotopic stratigraphy (OIS) as alternative tool to create chronology of the flowstone. As a reference record for correlation global stack curve LR04 was used. This curve is composed from 57 different marine record. The local record from the cave was numerically correlated with the reference isotope curve using genetic algorithms. As a result of this study, it was found that the flowstone from Głęboka Cave crystallized from 975 to 500 ka with three major breaks in deposition (hiatuses). The detected hiatuses in the flowstone from Głęboka cave corresponds to the MIS 20, MIS 16 and MIS 14 and speleothem deposition was ceased at the beginning of MIS 12. The continuous growth with the highest growth rate took place between MIS 19 and MIS 17. That suggests mild climate during potentially cold MIS 18. Summarizing, the results of our work prove that the OIS method can be a useful tool to create chronology in speleothems, especially when it is difficult to use other conventional dating methods; and thus using OIS method can enable paleoenvironmental reconstruction also for older periods recorded in cave speleothems.

Acknowledgements: The work was partially carried out thanks to the internal Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences funding for young scientists obtained by M. Błaszczuk.

AKTÍVNA TEKTONIKA BOZKOVSKÝCH DOLOMITOVÝCH JASKÝŇ V KONTEXTE EURÓPSKEJ GEODYNAMIKY

Miloš Briestenský

Ústav struktúry a mechaniky hornín AV ČR, v. v. i, V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8, Česká republika; briestensky@irm.cas.cz

Bozkovské dolomitové jaskyne predstavujú najvýznamnejší systém vyvinutý v dolomitoch Českej republiky. Nachádzajú sa v Železnobrodskéj vrchovine v blízkosti významnej Lužickej zlomovej zóny, do ktorej boli v nedávnej minulosti zasadené tri podzemné laboratória na sledovanie aktívnych zlomových pohybov. V Bozkovských dolomitových jaskyniach sme pôvodne

osadili tri extenzometrické meradlá TM71, avšak ponechané do súčasnosti boli iba dve. Tie sledujú od roku 2008 dve paralelné poruchy smeru SZ-JV. Významnou zložkou pohybu na obidvoch štruktúrach je za skúmané obdobia pravostranný horizontálny posun pozdĺž poruchy. Na mieste č. 1 (tzv. Jezerní dóm), bolo sledované obdobie s tromi krátkodobými oscilačnými nárastmi pravostranných pohybov do 0,2 mm a s trvaním max. pol roka, ktoré boli nasledované spätnými ľavostrannými pohybmi. Toto obdobie trvalo od konca roku 2011 do konca roku 2013. Výrazný pravostranný pohyb však bol vysledovaný na konci roku 2014 a začiatku roku 2015 s hodnotou 0,16 mm na mieste č. 2 (tzv. Staré jaskyně). Tento pohyb mal porovnateľnú hodnotu ako akceleračné pohyby na mieste č. 1. Bol takisto sprevádzaný zdvihom sv. bloku s hodnotou 0,15 mm a uzavretím poruchy 0,03 mm, čo naznačuje kompresnú zložku, teda tieto pravostranné pohyby sa aktivovali v období s nárastom horizontálneho napätia. Relaxáciu uvedeného napätia sme zaregistrovali na konci roku 2015, keď dochádza na obidvoch miestach k relatívne spätnému ľavostrannému posunu pozdĺž porúch a takisto poklesu sv. blokov (sv. strany zlomov). Na mieste č. 1 s hodnotou 0,14 mm a na mieste č. 2 s hodnotou 0,02 mm. Veľkosť tohto spätného pohybu bola teda menšia ako pohyby za akcelerácie horizontálneho napätia. Pohyby pre sledované obdobie majú svoju analógiu i vo výsledkoch z iných miest z oblasti Európskej tektonickej dosky. Výrazný pulz na prelome rokov 2012/2013 sme pozorovali od Kirgizska, cez Bulharsko a Slovensko (Briestenský et al., 2015). Druhé obdobie so zvýšenou aktivitou bolo pozorované na konci roku 2014 a začiatku roku 2015, a to od Grécka až po Špicbergy (Briestenský et al., 2017), teda postihlo celú Európsku dosku. Vzhľadom na skutočnosť, že obidve poruchy sú rovnobežné, nie je z geometrie možné vypočítať orientáciu recentného napätia, ale na základe dostupnej literatúry by sa v tejto časti Českého masívu mala pohybovať v smere SZ-JV (Wirth et al., 2000). Pre aktivizáciu pravostranných pohybov, ako i kompresiu porúch by sa tento smer mal v Bozkovských dolomitových jaskyniach kloniť viac k smeru S-J. Nasvedčuje tomu i výrazný ľavostranný posun pozdĺž SV-JZ poruchy v roku 2015 v blízkej Západnej (Jitavskéj) jaskyni, ktorá sa nachádza priamo na Lužickom prešmyku, vzdalenej 37 km (297°) od Bozkovských dolomitových jaskýň. Rovnako ako v Bozkovských dolomitových jaskyniach nastala relaxácia tohto pohybu i v Západnej jaskyni, ale s opačným zmyslom posunu.

Literatúra

- BRIESTENSKÝ, M. – ROWBERRY, M. D. – STEMBERK, J. – STEFANOV, P. – VOZÁR, J. – ŠEBELA, S. – PETRO, L. – BELLA, P. – GAÁL, L. – ORMUROV, CH. 2015. Evidence of a plate-wide tectonic pressure pulse provided by extensometric monitoring in the Balkan Mountains (Bulgaria). *Geologica Carpathica*, 66, 5, 427–438.
- BRIESTENSKÝ, M. – HOCHMUTH, Z. – DOBROVIČ, R. – STEMBERK, J. – PETRO, L. – BELLA, P. – LITVA, J. – HÓK, J. 2017. Indications of active tectonics at the contact of the Javorská planina Plateau and the Košická kotlina Basin (Slovakia). *Geologica Carpathica* (in print).
- WIRTH, W. – PLENFISCH, T. – KLINGE, K. – STAMLER, K. – SEIDL, D. 2000. Focal mechanisms and stress field in the region Vogtland/Western Bohemia. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 44, 2, 126–141.

LITOLOGICKÉ POMERY JASKYNE OKNO V NÍZKYCH TATRÁCH

Ľudovít Gaál¹ – Jozef Michalík²

¹ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; ludovit.gaal@ssj.sk

² Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; jozef.michalik@savba.sk

V nadväznosti na litologický výskum Demänovského jaskynného systému (Gaál, 2016) sa v roku 2017 vykonala mikrofaciálna analýza a determinácia makrofosílií v jaskyni Okno, ktorá patrí k najvyšším úrovniam jaskýň Demänovskej doliny. Nový geologický výskum bol potrebný najmä z dôvodu doterajšej absencie údajov o litológii tejto významnej jaskyne (strohé údaje o geológii jaskyne nájdeme v prácach J. Volka-Starohorského z rokov 1925 a 1926 a A. Droppu z roku 1957), ako aj pre výskyt organodetrítických vápencov s doteraz nespracovanou faunou.

Podľa vykonaného výskumu je značná časť jaskyne vytvorená v sivých organodetrítických vápencoch a dolomitoch stredného triasu (anis), ktoré obsahujú pomerne bohatú faunu krinoidov a brachiopódov („demänovské vápence“). Mikroskopicky sa javia ako mikrity až mikrosparity, miestami krinoidové biomikrity s polysynteticky lamelovanými článkami krinoidov. Dolomitizované časti sú často neomorfne rekryštalizované. Sporadicky obsahujú aj mierne zaoblené intraklasty v sparitovom matrixe, čo svedčí o lepšie okysličenom morskom prostredí s dosahom vln. Miestami sa v nich nachádzajú aj rohovce s obsahom spíkul kremitých hubiek. Pôvodne predstavovali pravdepodobne menšie silicispungiové útesy. Makrofosílie v hornine sú často vyvetrané na jaskynnej stene a strope. J. Michalík z nich určil *Enocrinus liliiformis*, *Coenothyris vulgaris* a *Tetractinella trigonella*. Opísané vápence sú s najväčšou pravdepodobnosťou totožné s vápencami, ktoré A. Biely et al. (1997) označili ako *tmavosivé a organodetrítické vápence* s vekom anis-ladin a na geologickej mape Nízkych

Tatier mierky 1 : 50 000 ich uviedli v podobe polôh v dolnej polovici súboru ramsauských dolomitov. Zrejme tieto vápence opísal aj D. Štúr (1868) na lokalite „Hore Lúčkami“ a vystupujú aj v Demänovskom jaskynnom systéme (Pavlarčík, 1984; Gaál, 2016). Podobný organodetrilitický charakter s krinoidmi a brachiopódmí majú gaderské vápence hronika, prípadne aj ráztocké vápence z vyššej časti anisu (Havrila, 2011). V jaskyni Okno sú uložené nad karbonátmi gutensteinského súvrstvia. Smerom do nadložia prechádzajú do ramsauských dolomitov.

V menšom zastúpení sa v jaskyni Okno vyskytujú sivé až tmavosivé, miestami doskovité gutensteinské vápence s tenkými kalcitovými žilkami a s vložkami dolomitov. Tvoria najmä počiatočné úseky jaskyne a spodné, vadózne klesajúce úzke priestory. Mikrofaciálne sa líšia od organodetrilitických vápencov, predstavujú výlučne mikrity alebo mikrosparity s časťami pseudomorfozami po anhydrite, čo poukazuje na presolené podmienky sedimentácie s minimálnym zastúpením biozložky.

Generálny smer vrstiev je SZ-JV so sklonom okolo 25 – 50°, v oblasti Cintorína aj S-J. Za Peklom, kde chodbu pretína výrazná dislokácia východozápadného smeru, sú karbonáty protiklonne uložené. Ide pravdepodobne o poklesnutý blok.

Literatúra

- BIELY, A. – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLÍNEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – HANZEL, V. – KUBEŠ, P. – LIŠČÁK, P. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MOLÁK, B. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – SLAVKAY, M. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier. GÚDŠ, Bratislava, 232 s.
- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne – krasové zjavy Demänovskej doliny. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 289 s.
- GAÁL, Ľ. 2016. Litológia karbonatitických hornín Demänovského jaskynného systému. Slovenský kras, 54, 2, 109–129.
- HAVRILA, M. 2011. Hronikum: paleogeografia a stratigrafia (vrchný pelsón – tuval), štrukturalizácia príkrovu a stavba. Geologické práce, Správy 117, Bratislava, 7–113.
- PAVLARČÍK, S. 1984. Výskum Demänovskej doliny so zameraním na Demänovskú jaskyňu mieru (Geologická časť). Záverečná správa za rok 1981 – 1984. Manuskript, Archív Správy slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 38 s.
- ŠTÚR, D. 1868. Bericht über die geologische Aufnahme im oberen Waag- und Gran-Thale. Jahrbuch der k. k. Geol. Reichsanstalt, 18, Wien.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1925. Diluválne náplavy v Jaskyni „Okne“ v Demänovskej doline (Liptov na Slovensku). Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky, 1, 2, Praha, 1–11.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1926. Vykopávky v jaskyni „Okne“ (Demänovská dolina, Liptov). Zpráva o nálezisku. Sborník Muzeální slovenskej spoločnosti, 21, Turčiansky Sv. Martin, 24–39.

STABLE ISOTOPE COMBINED SPELEOTHEM RECORD OVER THE LAST 12 KYR FROM THE DEMÄNOVÁ CAVE SYSTEM (SLOVAKIA)

Michał Gašiorowski¹ – Helena Hercman¹ – Michał Gradziński² – Jacek Pawlak¹ – Marcin Błaszczak¹ – Pavel Bella³

¹ Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55 PL-00818 Warszawa, Poland; mgasior@twarda.pan.pl, hhercman@twarda.pan.pl, dzez@twarda.pan.pl, marcin.blaszczak@twarda.pan.pl

² Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Oleandry 2A, PL-30063 Kraków, Poland; michal.gradzinski@uj.edu.pl

³ State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; pavel.bella@ssj.sk

Central Europe is a largely unexplored territory in terms of speleothem records of past environment changes. To fill this gap, we studied the stable isotope records from the Demänová Cave System (Lower Tatra, Inner Western Carpathians, Slovakia). The record is combined from the 5 speleothems collected in the Demänovská jaskyňa slobody Cave and the Demänovská jaskyňa mieru Cave. The stalagmites were dated with U-series method and the stable isotope records were correlated using genetic algorithm method with GenCorr software. Time resolution for the records was relatively high and varied from 160 till 20 years/sample.

The combined local isotope record were correlated with global $\delta^{18}\text{O}$ curve (LR04 stack). The beginning of Holocene was marked with prominent drop in $\delta^{18}\text{O}$ values. Also $\delta^{13}\text{C}$ values decrease, suggesting development of dense vegetation cover and higher soil activity in the area over the cave. This trend in low $\delta^{13}\text{C}$ value continued over entire Holocene, while $\delta^{18}\text{O}$ varied over the time. These changes in oxygen isotope composition suggest changes in air circulation over Holocene rather than changes in climate conditions. However, the 8.2 kyr and 4.2 kyr events are recorded as the major peaks of stable isotope Holocene record.

Acknowledgements: This study had financial support from the Polish National Centre of Science (grants no. N N306 602340 and 2016/21/B/ST10/01483).

VÝSKYT A SÚČASNÝ STAV POZNATKOV O KRYOGÉNNYCH JASKYNNÝCH KARBONÁTOCH NA SLOVENSKU

Monika Orvošová¹ – Rastislav Milovský² – Ľubica Luhová² – Stanislava Milovská² – Juraj Šurka²

¹ Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; monika.orvosova@smopaj.sk

² Ústav vied o Zemi SAV, Geologický odbor, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica; milovskysavbb.sk, lub.luhova@gmail.com, milovska@savbb.sk, surka@savbb.sk

Od roku 2004 sa postupne začal objavovať v slovenských jaskyniach nový typ speleotém označený ako kryogénne jaskynné karbonáty (ďalej CCC z angl. *cryogenic cave carbonate*; Žák et al., 2004). Až do roku 2009 bolo známych len pár jaskýň s výskytom tejto vzácnej speleotémy. Systematický výskum a cieľené vyhľadávanie CCC posunulo v súčasnosti číslo známych jaskýň s výskytmi CCC na 21. Z výskumu podmienok a spôsobu výskytu dnes už vieme, že CCC sú zákonitým javom a sú značne rozšírené. Vďaka zistenej hojnosti majú rozsiahle využitie ako vhodný indikátor prítomnosti permafrostu. Kým bežné speleotémy vznikajú predovšetkým v medziľadových dobách a naopak v glaciáloch je ich tvorba spomalená až pozastavená, CCC vznikajú hlavne počas ľadových období. Preto predstavujú unikátny klimatický archív a poskytujú evidenciu prítomnosti ľadových monolitov v podzemí v tomto období. Jednoznačne to potvrdzuje U-Th rádiometrické datovanie, ktoré je veľmi precízne, pretože CCC zvyčajne majú vyššie obsahy uránu ako speleotémy z nezaľadnených jaskýň. Kryogénny proces koncentruje všetky komponenty do zvyškového nezamrznutého roztoku, ktorý obsahuje aj urán. V normálnych nekryogénnych podmienkach časť uránu nie je vyzrážaná spolu s kalcitom a odtečie s kvapkajúcou vodou. Od bežných speleotém sa CCC odlišujú predovšetkým spôsobom výskytu v jaskyni, jedinečnou morfológiou kryštálov a kryštálových agregátov a hlavne typickým trendom stabilných izotopov C a O. Výskum ukázal, že výskyt akumulácií CCC je sprevádzaný kryogénnymi deštruktívnymi javmi speleotém a jaskynných priestorov, ktoré sa nakoniec stali najdôležitejšími sprievodnými indikátormi výskytu CCC. V sledovaných 21 jaskyniach s lokalitami výskytu CCC (v nadmorských výškach 300 až 1800 m) sa minimálna hrúbka permafrostu pohybovala v rozmedzí 15 – 180 m, vo vysokohorských polohách až 285 m. Datovanie sa uskutočnilo na 45 vzorkách zo 16 jaskýň. Najväčší počet datovaní v rámci jednej jaskyne (Jaskyňa zlomísk), sa vykonal na vzorkách rôznych morfológií CCC (16 ks), z rôznych miest výskytu. Táto jaskyňa sa pre najväčší počet akumulácií CCC stala typovou jaskyňou pre budúci experimentálny výskum a modelovanie prestupu tepla z povrchu do podzemia počas náhlych výkyvov teplôt v poslednej dobe ľadovej (vislan) od 47 350 ($\pm$ 650) rokov až do 12 080 ($\pm$ 170) rokov BP, s výnimkou vzorky z Jaskyne studeného vetra veku 180 000 ($\pm$ 6 300) rokov BP. Dôležitá fáza tvorby CCC, do ktorej spadá skupinka s najväčším počtom vzoriek (27 ks), je podľa datovania medzi 37 120 ($\pm$ 510) až 22 610 ($\pm$ 1440) rokov BP. Agregáty sú charakteristické nezvyčajným bohatstvom foriem, čo je odrazom extrémneho prostredia vzniku. V niektorých dómoch je zjavné, že došlo k opakovanému taveniu permafrostu, pretože v nich nachádzame niekoľko generácií rôznych morfológií CCC. Až ich precízne datovanie a korelácia so známymi paleoklimatickými eventmi vyjasnia tieto vzťahy. Naďalej sa detailne sledujú zmeny v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$ s cieľom zistiť kryštalizačné trendy a sukcesiu kryštalizácie agregátov CCC. Aj keď geochemických výsledkov analýz je pomerne dosť, dosiaľ chýba vyčerpávajúca systematická práca zaoberajúca sa morfológiou a petrografiou CCC vo vzťahu k podmienkam kryštalizácie. Prezentované výsledky sú súčasťou niekoľkoročného výskumu speleotém jaskýň Slovenska (od roku 2009), ktoré podporuje Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši. Skúmané CCC sú archivované v zbierkovom fonde múzea. Tento výskum sa realizuje aj vďaka finančnej podpore grantu VEGA 2/0193/15.

Literatúra

- ŽÁK, K. – URBAN, J. – ČÍLEK, V. – HERCMAN, H. 2004. Cryogenic cave calcite from several Central European caves: age, carbon and oxygen isotopes and a genetic model. Chemical Geology, 206, 119–136.

SOURCE OF THE UNIQUE COLORATION OF SPELEOTHEMS FROM THE BLUE CAVE IN MALUŽINÁ (NÍZKE TATRY MTS., SLOVAKIA), FORMING A PRELIMINARY HYPOTHESIS

Juraj Littva

State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; juraj.littva@ssj.sk

Blue Cave (orig. Modrá jaskyňa) is situated near the Malužiná Village in Nízke Tatry Mts., within the Middle Triassic dolomites belonging to the Čierny Váh Facial Sequence of the Hronic Unit. Unique blue and green

coloration of was observed in speleothems throughout the cave, particularly in the stalactites, stalagmites, and stalagnates of the Passage of Green Constellation (Chodba zeleného súhvezdia), the Green Passage (Zelená chodba), and the Hall of Blue Smurfs (Sieň modrých šmolkov). It was confirmed that the coloration is caused by the presence of copper ions in the speleothems (Orvošová et al., 2016). The primary source of the copper could be represented by the barite-sulfide veins occurring within the Permian basaltic rocks of the Malužiná Formation (Stankovič in Vozár et al., 1983). However, the copper could also originate from the carbonates themselves. The hydrothermal metasomatic Pb-Zn-Cu mineralization was detected throughout the Middle Triassic carbonates, with one notable instance of increased Cu concentration identified in close vicinity of the cave (Stankovič in Vozár et al., 1983).

The copper minerals (such as malachite, chalcopyrite, and tetrahedrite) were observed in the boreholes Ma-1 and Ma-2 drilled nearby (Biely, 1964), in the tectonically imbricated rocks consisting of the Permian shales of the Malužiná Formation and the Middle Triassic carbonates. As no basaltic rocks overlying the Middle Triassic carbonates were identified during surficial geological mapping, it is safe to assume that the Cu-enrichment of the carbonates occurred before the cave formation, either from the underlying rocks belonging to the same partial nappe, or overlying rocks of the overriding nappe that were since then eroded.

Besides the colored speleothems, numerous brittle structures represented by faults and joints are observable within the rocks cropping out in the cave. These are oriented in three principal directions: NE-SW, ENE-WSW, and NNW-SSE. The ENE-WSW-trending structures are genetically tied to steep normal faults reactivated on the thrust planes of the Boca and Malužiná Partial Nappes of the Hronic Unit. Prominent drag fold, observable in the Chamber of Boca Miners (Bociansky banický dóm) associated with the NE-SW-trending thrust fault, might also point out to the connection between the NE-SW-oriented faults and the reactivated thrust planes of the partial nappes. There are three possible sources of the copper which caused the unique coloration of the speleothems in the Blue Cave. Original source is represented by the Permian basaltic rocks of the Malužiná Formation, with two rock types also bearing signs of secondary Cu-enrichment: the Permian shales of the Malužiná Formation or Middle Triassic carbonates. The presence of the Malužiná Formation above the Middle Triassic carbonates (which represent the host rocks of the Blue Cave) was not confirmed by geological mapping. Therefore, the Middle Triassic carbonates seem to be the most likely candidate for the source of copper. The processes leading to the genesis of the uniquely colored speleothems in the Blue Cave can be summarized in following steps. (I) Leaching of copper from basaltic rocks of Malužiná Formation and subsequent enrichment of the shales of the Malužiná Formation, as well as the Middle Triassic carbonates. It can be speculated that the enrichment could be linked to the nappe translation of the Hronic Unit. (II) Dissolution of the carbonates, mainly along the NE-SW, ENE-WSW, and NNW-SSE-oriented tectonic discontinuities, leading to genesis of the Blue Cave. (III) Copper enrichment of the waters circulating in the carbonates followed by the deposition of the speleothems from the waters, leading to their green and blue coloration.

References

- BIELY, A. 1964. The research of the Mesozoic in Nízke Tatry Mts., sheet Horná Lehota, yearly report for the year 1963 (in Slovak). Archive of Geofond (archive number: 12924), GÚDŠ, Bratislava, 35 p.
- ORVOŠOVÁ, M. – MILOVSKÁ, S. – MIKUŠ, T. – ŠMOLL, J. – MAJERNÍČKOVÁ, G. – KARKOŠIAK, I. 2016. Flowstones colored by metal ions in the Blue Cave, Nízke Tatry Mts., Slovakia (in Slovak). Slovenský kras, 54, 2, 131–138.
- VOZÁR, J. – BUJNOVSKÝ, J. – VOZÁROVÁ, A. – VAŠKOVSKÝ, I. – HANZEL, V. – ŠUCHA, P. – HANAČEK, J. – STANKOVIČ, J. – LUKÁČIK, E. – PLANDEROVÁ, E. – MUŠKA, P. – BIELY, A. 1983. Explanations to geological map 1 : 25 000, sheet 36-221 (Malužiná 1), partial final report (in Slovak). Archive of Geofond (archive number 57054), GÚDŠ, Bratislava, 124 p.

STABLE ISOTOPIC RECORDS FROM EEMIAN STALAGMITE FROM ORLOVA CHUKA CAVE IN BULGARIA

Jacek Pawlak – Helena Hercman – Marcin Błaszczyk

Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Poland; dzeq@twarda.pan.pl, hhercman@twarda.pan.pl, marcin.blaszczyk@twarda.pan.pl

The Eemian interglacial (130 – 115 ka) is recorded in ice and marine profiles as a exceptionally warm period in the context of the past 800 ka. It is characterized by atmospheric concentrations of greenhouse gases close to Holocene levels, particularly high boreal summer insolation values, and a global mean sea level up to 5 – 10 m above present day. This context has motivated an increased focus on the Eemian interglacial through new paleoclimate records, recent data compilations. However, the key limitation for the eemian interglacial studies is lack of suitable chronology methods. Therefore, profiles with well estimated chronology are valuable and may be used for indirect chronology approach like records alignment. In this context, cave speleothems are valuable source of potential records. Cave speleothems can be re-

liable dated by U-series method. In Europe there is a few eemian speleothem record known from western and south western part of the continent while the central and eastern part of the continent still is a terra incognita. Here we present 1634mm long speleothem oxygen and carbon stable isotopic records from the Bulgarian cave Orlova Chuka. U-series dates place its age in a period between ca 130 – 112 ka. Therefore, record from this stalagmite covers whole Eemian interglacial. The microstructure analyze shows that main part of the stalagmite is build from columnar fabric. Samples for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ isotopes composition were taken along its grow axis every 2 mm, which gives an average resolution of 20 years for obtained record. The main trend visible in the $\delta^{18}\text{O}$ record from Orlova Chuka is similar to trend observed in LR04 marine record. Presented $\delta^{18}\text{O}$ record exhibits more similarities with Speleothem $\delta^{18}\text{O}$ records from Alps and France than with Mediterranean and Middle East records.

Acknowledgements: This research is supported from the grant of Polish National Centre of Science 2015/19/D/ST10/00571.

DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF ČERENÁ TRAVERTINE

Przemysław Sala¹ – Pavel Bella^{2,3} – Michał Gradziński¹

¹ *Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Oleandry 2a, 20-062 Kraków, Poland; p.sala@doctoral.uj.edu.pl; michal.gradziński@uj.edu.pl*

² *State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; pavel.bella@ssj.sk*

³ *Department of Geography, Faculty of Education, Catholic University in Ružomberok, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovakia; Pavel.Bella@ku.sk*

The growth of pre-Holocene travertine buildups in the Liptov Basin was associated with an outflow of highly mineralized water to the surface (Gradziński et al., 2015). The migration of water was possible along faults which cut the Paleogene basement rocks and reach Mesozoic carbonates. Infiltrating water percolated into the Mesozoic carbonate rocks, which were dissolved as a result of a supply of geogenic CO_2 (Gradziński et al., 2008). Until now many travertine sites in northern Slovakia have been recognized in order to distinguish their depositional environment (e.g. Lúčky and Bešeňová), which stay in contrast to poorly investigated travertine mound at the Čerená.

In the base of travertine buildup an alluvial sediments has been recognized. They are forming a few meter thick layer of poorly sorted pebbles of Triassic limestones and sandstones cemented by calcium carbonate (Droppa, 1972). These sediments indicate the occurrence of the riverbed preceding the growth of travertines at Čerená Hill.

The whole carbonate buildup is composed of various types of travertines facies, which are responding to two main depositional environments. Lower part of buildup is composed by well-cemented and laminated travertine formed on the gently inclined slope. Additionally in some part of the outcrop the structureless micritic travertine occur, which were deposited in small ponds with stagnant water. In both rarely one can observe the calcite paper-thin rafts and encrusted gas bubbles. This facies were created in the proximity of the outflow of deep-circulating water. The presence of ascending water containing geogenic CO_2 has been confirmed by high $\delta^{13}\text{C}$ values of travertine.

The top of Čerená Hill is mainly built of the phytoclastic tufa which locally coexist with the thin layers of lime mud. Due to the distance from the outflow zone, phytoclastic travertine varies in the degree of lithification. These facies were deposited in the distal area, probably during intensification of surface flows. Nevertheless their origin was associated with mixing of the meteoric and deep-circulating water, what is indicated by slightly depletion in $\delta^{13}\text{C}$ values.

The different structures of rocks building Čerená Hill imply they are formed as a travertine, what can be observed in vertical increase of biotic factor, as well as disappearance of travertine fabrics (Capezzuoli et al., 2014). In some parts of quarry phytoclastic type has a structure close to the typical tufa deposits, however basing on the isotopic measurements the significant contribution of deep-circulating water can be stated. According to Capezzuoli et al. (2014) the term of travertine refers to travertines formed in transitional environment, where meteoric water were mixed with the hot and highly mineralized water.

The deposition of travertine took place in the relative warm climate, which is indicated by malacofauna assemblage and rich assembly of plant fragments encrusted with calcium carbonates.

References

- CAPEZZUOLI, E. – GANDIN, A. – PEDLEY, M. 2014. Decoding tufa and travertine (fresh water carbonates) in the sedimentary record: The state of the art. *Sedimentology*, 61, 1, 1–21.
- DROPPA, A. 1972. Výskum riečnych terás v okolí Ružomberka. Liptov 2 – Vlastivedný zborník, 11–25.
- GRADZIŃSKI, M. – BELLA, P. – CZOP, M. – DULIŃSKI, M. – GLAZEK, J. – HAVIAŘOVÁ, D. – HERCMAN, H. – HOLUBEK, P. – MOTYKA, J. – MROZIŃSKA, T. – RAINOGA, P. – STWORZEWICZ, E. – WRÓBLEWSKI, W. 2008. Trawertyny i kras północnej Słowacji. In Haczewski, G. (Ed.): Pierwszy Polski Kongres Geologiczny, Kraków 26–28 czerwca 2008, Przewodnik Sesji Terenowych. Polskie Towarzystwo Geologiczne, Kraków, 101–119.

GRADZIŃSKI, M. – WRÓBLEWSKI, W. – BELLA, P. 2015. Cenozoic freshwater carbonates of the Central Carpathians (Slovakia): facies, environments, hydrological control and depositional history. In Haczewski, G. (Ed.): Guide to field trip B7 (26–28 June 2015). 31th IAS Meeting of Sedimentology. Polish Geological Society, Kraków, 217–245.

MIKROBIOTA MÁKKÉHO SINTRA JASKYNE SOKOLOVÁ V JÁNSKEJ DOLINE

Milan Seman¹ – Barbora Gaálová² – Agáta Dršková³ – Martin Krsek⁴ – Renata Fláková⁵

¹ Univerzita sv. Cyrila a Metoda, Námestie J. Herdu 2, 917 01 Trnava, Slovenská republika; seman.mikro@gmail.com

² Katedra mikrobiológie a virológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovenská republika; gaalova@fns.uniba.sk

³ Diagnostické centrum DNK, Brestová 14, 821 02 Bratislava, Slovenská republika; agata.drskova@gmail.com

⁴ Ústav experimentálnej biológie, Prírodovedecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, Česká republika; krsek@med.muni.cz

⁵ Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovenská republika; rflakova@fns.uniba.sk

Mákký sinter je typ jaskynnej speleotémy, pokrývajúci steny, strop alebo iné speleotémy, zriedkavejšie aj podlahu jaskýň. Vyskytuje sa vo viacerých jaskynných prostrediach, najčastejšie v horských jaskyniach s nízkou teplotou (pod 7 °C). Nachádza sa však aj v jaskyniach mierneho, subtropického a tropického pásma s pomerne vysokými teplotami. Má mikrokryštalickú štruktúru a relatívne vysoký obsah vody (40 – 80 %), mineralogicky je veľmi variabilný, vo vápencových jaskyniach je tvorený najmä kalcitom. Vo všetkých jaskyniach má mákký sinter bohatú, veľmi diverzifikovanú mikrobiálnu kolonizáciu. Abundantný výskyt mákkého sintra na Slovensku je dokumentovaný v jaskyni Sokolová v Jánskej doline. V rokoch 2013 – 2015 sme odobrali vzorky mákkého sintra z 5 miest tejto jaskyne a následne vykonali kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu ich mikrobioty. Maximálne kvantitatívne hodnoty dosahovali rádové 10⁵ KTJ, kultivačne o 2 rády nižšie. Predpokladáme zastúpenie všetkých troch domén organizmov (Archaea, Bacteria, Eucarya). Bližšie sme analyzovali kultivovateľnú bakteriálnu zložku bioty mákkého sintra, ktorá obsahovala predovšetkým aktinobaktérie, menej nefermentujúce baktérie a enterobaktérie, s výskytom druhov: *Pseudomonas* sp., *Edwardsiella* sp. a *Arthrobacter antarcticus*.

KONTINUÁLNE A INTEGRÁLNE MERANIE OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU VO VAŽECKEJ JASKYNI

Iveta Smetanová¹ – Karol Holý² – Monika Müllerová² – Lucia Kunáková³ – Helena Cabánková⁴

¹ Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; geofivas@savba.sk

² Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava; Karol.Holy@fmph.uniba.sk, Monika.Mullerova@fmph.uniba.sk

³ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hôdzova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; lucia.kunakova@ssj.sk

⁴ Oddelenie radiačnej hygieny, Fakulta verejného zdravotníctva, Slovenská zdravotnícka univerzita, Limbová 11, 833 03 Bratislava

Radón (²²²Rn) je spomedzi prírodných rádionuklidov najzávažnejším zdrojom ionizujúceho žiarenia. Spoločne so svojimi produktmi premeny je zodpovedný za približne polovicu radiačnej záťaže obyvateľstva. Na druhej strane vďaka kombinácii unikátnych vlastností, ako je chemická inertnosť a schopnosť rádioaktívnej premeny, má radón široké použitie ako jedinečný stopovač prírodných procesov.

V rokoch 1995 – 1996 bolo vo vybraných sprístupnených jaskyniach na Slovensku uskutočnené integrálne meranie objemovej aktivity ²²²Rn v ovzduší pomocou stopových detektorov CR-39 (Vičanová et al., 1997); merania sa vykonávali aj vo Važeckej jaskyni. Stopové detektory využívajú vznik viditeľných stôp na dráhe častíc alfa v niektorých typoch pevných materiálov. Výsledkom merania je priemerná hodnota objemovej aktivity radónu za daný časový interval. Kontinuálny monitoring poskytuje aktuálnu a nepretržitú informáciu o zmenách objemovej aktivity ²²²Rn počas sledovaného obdobia.

Kontinuálne meranie objemovej aktivity radónu vo Važeckej jaskyni sa začalo v júni 2012 na stanici Galéria (Smetanová et al., 2013). V novembri 2015 bol kontinuálny monitoring rozšírený aj na stanice Jazierková dvorana a Vstupná chodba. Meranie sa vykonáva pomocou pasívneho detektora častíc alfa Barasol (Algade, Francúzsko). Všetky tri stanice v jaskyni sú vybavené mik-

roklimatickým monitorovacím systémom, meria sa relatívna vlhkosť a teplota jaskynného ovzdušia a koncentrácia oxidu uhličitého. Važecká jaskyňa má vlastnú vonkajšiu meteorologickú stanicu, ktorá zaznamenáva atmosférickú teplotu, relatívnu vlhkosť, úhrn zrážok a smer a rýchlosť vetra. Všetky merané hodnoty sú registrované v 10-minútových intervaloch.

V júni a júli 2017 bolo na všetkých troch stanovištiach v jaskyni vykonané krátkodobé porovnávacie meranie objemovej aktivity radónu s použitím pasívneho kontinuálneho detektora TSPR1 (Tesla, ČR). Zároveň sa na meracích stanovištiach uskutočnili aj integrálne merania objemovej aktivity radónu. Na každom stanovišti sa na porovnanie umiestnili dva druhy stopových detektorov: Ramarn (ČR) a CR-39, ktoré boli exponované po dobu 23 dní. Najvyššie hodnoty objemovej aktivity radónu sa zistili na stanici Galéria, ktorá je situovaná v najvzdialenejšej časti prehliadkovej trasy od vchodu, v klimaticky najstabilnejšej časti jaskyne (Zelinka, 2002).

Výskum objemovej aktivity radónu vo Važeckej jaskyni podporila vedecká grantová agentúra VEGA MŠ SR a SAV v rámci projektov 02/0135/12 a 02/0083/15.

Literatúra

UNSCEAR Report 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly, New York.

VIČANOVÁ, M. – ĐURČÍK, M. – NIKODÉMOVÁ, D. 1997. Sledovanie výskytu radónu v podzemných pracovných priestoroch. In Rádioaktivita v životnom prostredí, zborník z konferencie (Spišská Nová Ves, 21. – 22. 10. 1997), 42–45.

SMETANOVÁ, I. – HOLÝ, K. – ZELINKA, J. – OMEĽKA, J. – JURČÁK, D. 2013. Objemová aktivita radónu v ovzduší Važeckej jaskyne. Aragonit, 18, 2, 87–90.

ZELINKA, J. 2002. Termodynamická charakteristika Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 123–131.

PREHĽAD NÁLEZOV FOŚÍLYCH CHOBOTNATCOV (PROBOSCIDEA, MAMMALIA) Z JASKÝŇ SLOVENSKA

Csaba Tóth

Stredoslovenské múzeum v Banskej Bystrici, Nám. SNP 3755/4A, 974 01 Banská Bystrica; csabamamut@yahoo.com

Gaál et al. (2013) v zozname fosilnej fauny v slovenských jaskyniach uvádzajú 12 jaskýň s výskytom zvyškov chobotnatcov (Proboscidea). Podľa aktuálneho revízieho výskumu na základe údajov z literatúry a morfometrickej analýzy dostupných fosilií sa zistilo 20 jaskýň (nezahŕňajú krasové kapsy a priepasti), z ktorých sa spomínajú fosilné zvyšky týchto makromamalií.

Lokality (jaskyne) rozdeľujeme na dve skupiny. V prvej sú nálezy známe len zo stručných literárnych zmienok, bez konkrétnych údajov, nálezových okolností a dokladového materiálu (Liskovská jaskyňa, Veľká pec, Oravecká vyvieňačka, Pružinská Dúpa jaskyňa, Demänovská jaskyňa, Domica, Kavečanská jaskyňa, Leontína a Veľká Artajama?). Do tejto skupiny sú zahrnuté aj jaskyne, v ktorých sa zvyšky chobotnatcov nenašli a nálezy k nim boli pripisované omylom (Dolná Tůfna, Lóm a Aksamitka).

Druhý typ predstavujú jaskyne s fyzicky zachovaným fosílnym materiálom so známou dokumentáciou (Lipová, Jaskyňa pod Kalinovcom, Prepoštská jaskyňa, Ponická jaskyňa, Bobačka, Čachtická jaskyňa, Čertova pec a Ponor pri napájadlách). Väčšina týchto jaskýň je situovaná v hornatých a členitých oblastiach, kde sa fosilné zvyšky chobotnatcov nachádzajú zriedkavo aj mimo jaskynných priestorov, dokonca z vysoko položených miest Veporských vrchov (nad 500 m n. m.) ide o jediný doklad ich výskytu.

Podstatnú časť materiálu predstavujú fragmenty kostí končatín, stavcov, zubov, ktoré sa do jaskynných priestorov dostali splavením povrchovými vodami, zavlečením predátormi alebo činnosťou prehistorického človeka. V jaskyniach, kde nebola preukázaná činnosť človeka, sa našli fragmenty väčších kostí a trvalých stoličiek adultných zvierat, ktoré vďaka masívnejšej stavbe odolali aj dlhšiemu vodnému transportu. Nálezy spojené s aktivitou paleolitického človeka sú veľmi úlomkovité a zahŕňajú vždy len zvyšky juvenálnych jedincov.

Podľa predbežných výsledkov taxonomickej revízie všetky nálezy fosilných chobotnatcov zo slovenských jaskýň patria do rodu *Mammuthus* (vrchnopleistocénny druh *Mammuthus primigenius* a *Mammuthus* sp.). Výnimku tvorí problematický a stratený nález, pripisovaný k jaskyni Veľká Artajama, ktorý mohol patriť teplomilnému (interglaciálnemu) druhu *Palaeoloxodon antiquus*. Za odborné konzultácie s úctou ďakujem Lukášovi Vlčekovi, Martinovi Sabolovi, Dušanovi Hutkovi, Ľubošovi Hraškovi, Gabrielovi Lešinskému, Jaroslavovi Stankovičovi, Tomášovi Čeklovskému, Monike Orvošovej, Lukášovi Kubičnovi, Martinovi Vlačikymu, Ľudovítovi Gaálovi a Andrejovi Bendíkovi. Výskum z verejných zdrojov podporil Fond na podporu umenia. Fond je hlavným partnerom projektu.

Literatúra

GAÁL, Ľ. – SABOL, M. – VLČEK, M. – KOVÁČOVÁ, M. 2013. Fosílie slovenských jaskýň. Aragonit, 18, 1, 3–17.

SPÔSOB VZNIKU A ZÁVISLOSŤ RIEČNYCH KORIDOROV IV. VÝVOJOVEJ ÚROVNE DOBŠINSKO-STRATENSKÉHO JASKYNNÉHO SYSTÉMU OD GEOLOGICKO-TEKTONICKEJ STAVBY

Ján Tulis¹ – Ladislav Novotný²

¹ Speleologický klub Slovenský raj, Brezová 9, 052 01 Spišská Nová Ves; speleorajsk@gmail.com

² Speleologický klub Slovenský raj, Šarišská 31, 052 01 Spišská Nová Ves, nezvestný

Dobšinsko-stratenský jaskynný systém patrí medzi významné prírodné objekty v Západných Karpatoch. Predstavuje tretiu najdlhšiu jaskyňu v Slovenskej republike. Jeho súčasťou je jaskyňa v Európe s najväčším objemom ľadu. V Stratenskej jaskyni sa zistil prvý výskyt hemisféroidov na svete. Preto bol tento jaskynný systém zapísaný do zoznamu svetového prírodného dedičstva UNESCO. Dobšinsko-stratenský jaskynný systém sa nachádza v južnej časti Slovenského raja, v krasovej planine Duča, ktorá je budovaná strednotriasovými vápencami. Materské horniny sú intenzívne tektonicky postihnuté alpínskou tektonikou. V pásme týchto zlomov sú horniny veľmi tektonicky prepracované až rozvoľnené. Ďalším dôležitým faktorom je, že všetky priestory (chodby) IV. vývojovej úrovne sú situované v 1,35 km širokom pásme štyroch vyčlenených zlomov sz. až ssz. smerov so strmými sklonmi k SV (zlomy patria do nižšoslansej zlomovej zóny).

Základné údaje o kvantite a kvalite tektonických prvkov						
Tektonické zlomy a ich zóny alebo zóny medzi zlomami		Kopský zlom	Jazerný zlom	Studňový zlom	Priamy zlom	Medzi-zóna Jazerný zlom – Studňový zlom
Tektonické zóny	dĺžka v m	4300	900	400	300	600
	šírka v m	600	100–140	120–140	120	200
Počet zlomov		2	5	3	2	2
Hrúbky zlomov v m			0,1–1,0	0,1–0,4	0,1–3,0	0,03–0,5
Počet zlomov a diakláz s dĺžkou nad 20 m		neznámy	18	20	12	13
Hustota prvkov v rôznych zlomoch v m		neznámy	5,6–7,8	6,7	10	15,4
Orientácia tektonických prvkov smery sklonu		305–320	350–360 SSZ–S 50°–60° SV–V	330–345 SZ–SSZ 50°–70° SV–VSV	345–355 SSZ–S 50°–80° VSV–V	

Pri pohľade na pôdorysnú mapu jaskynného systému, osobitne so zameraním pohľadu na priebehy koridorov a chodieb IV. vývojovej úrovne, formované v epifreatickej a vadóznej zóne voľne prúdiacimi alochtónnymi vodnými podzemnými tokmi s unášanými a ukladanými riečnymi sedimentmi (paleo-Hnilca a paleo-Tiesňav), vidieť v prúdovom režime jasne opakovanie sa smerových priebehov. Je dokázané, že smery chodieb aj sklonu sú jednoznačne určené priebehom, kvalitou a kvantitou tektonických diskontinuit a sčasti plikativnými štruktúrami (Tulis a Novotný, 1989; Novotný a Tulis, 2005). Z pozorovania priebehu chodieb vo vzťahu k priebehu tektonických diskontinuit je ich genetický vzťah jednoznačný s prednostnou orientáciou SZ – JV. Väčšina ostatných priestorov bola vytvorená vo freatickej zóne, prevažne vodami autochtonného pôvodu.

Riečne chodby IV. úrovne prebiehajúce v smere zlomov a puklín v určitých intervaloch menia smer a „odskakujú“ priečne cez tieto zlomy z ich podložia do nadložia, kde opäť pokračuje ich priebeh v smere zlomov. Toto odskakovanie cez zlomy má súvis so smerom priebehu podzemného toku, a to tak paleo-Hnilca (dofava), ako aj paleo-Tiesňav (doprava), ktoré formovali tieto koridory. Tieto skutočnosti sa využívajú pri ďalšom speleologickom prieskume, na objavovanie ďalších jaskynných priestorov. V konečnom efekte bude vyriešený najväčší problém tohto jaskynného systému – miesto výveru podzemného vodného toku na povrch v doline Tiesňavy.

Literatúra

NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2005. Kras Slovenského raja. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš – Slovenská speleologická spoločnosť – Knižné centrum, Žilina, 175 s.

TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. Osveta, Martin, 464 s.

FACTORS CONTROLLING FORMATION OF CALCAREOUS TUFFA BASED ON A STUDY OF SURFACE AND SUBSURFACE SECTIONS OF SELECTED STREAMS IN SLOVAK KARST (SOUTHERN SLOVAKIA)

Wojciech Wróblewski¹ – Michał Gradziński¹ – Jacek Motyka²

¹ Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Kraków, Poland; wojciech.wroblewski@uj.edu.pl, michal.gradzinski@uj.edu.pl

² Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland; motyka@agh.edu.pl

The studies aimed to determine factors controlling formation of calcareous tufas were carried out between August 2010 and April 2013 in three localities in Slovak Karst (southern Slovakia) – Krásnohorská Dlhá Lúka, Drienovec and Gombasek. Seasonal discharges, physicochemical parameters of waters (chemistry, pH, electric conductivity and temperature) and atmosphere (temperature and CO₂ concentration) were measured at selected points located along subsurface and surface sections of aforementioned streams. Calcite growth rate was checked on special tablets installed in the streams. The studies revealed relation between precipitation of calcite and subsurface processes taking place above springs within the karst massifs. Groundwater level fluctuations determine the chemistry of supplied waters and decide upon location of a zone where calcite is being precipitated. Low groundwater levels allow better ventilation of karst systems and degassing of CO₂ from stream waters beginning with subsurface sections of the streams. In such conditions calcite is being precipitated in form of underwater flowstones which litter subsurface streambeds. Conversely, high groundwater levels result in limited ventilation of cave systems and increasing of CO₂ level in cave air. This causes that the calcite precipitation zone moves downstream and exclusively calcareous tufa below spring is being forming. The more water is discharged from the karst system, the longer the distance between a spring and the precipitation zone is. The downstream migration precipitation zone results partly from mixing of groundwaters and rainwaters. Studies confirmed a common opinion that microorganisms significantly influence calcareous tufas internal structures.

Acknowledgements: The study is financed by the Polish Ministry of Science and Higher Education grant N N307 600640.

GEOMORFOLÓGIA

CONTEMPORARY CORROSIVE KARREN IN KRAKÓW REGION (POLISH JURA)

Anna Gądek

Institute of Geological Sciences Jagiellonian University, Gronostajowa 3a, 30-387 Kraków, Poland; anna.lula@doctoral.uj.edu.pl

Contemporary corrosive karren were detected in Kraków region (Polish Jura) in the Racławka Valley (Gradziński and Motyka, 2002; Pięta, 2007). Detailed inventory of corrosive karren has been carried out in adjacent valleys and as a result of the inventory, more than 200 investigation sites with corrosive karren have been detected.

Karren occur abundantly on the surface of Paleozoic (Upper Devonian and Mississippian) limestone. The limestone is characterized by low porosity (ca. 1 %). Occasionally, karren are developed on the surface of limestone of Jurassic (Oxfordian) age. Morphological differentiation of karren are visible. They are formed as a long, narrow channel (simple and slightly meandering channel). The edges of karren are sharp whereas their interior is smooth. Size of karren are differential. Their length is from several to several tens of centimeters, width and deep is from several millimeters to several centimeters.

Contemporary karren are formed on the steeply sloping limestone surface (inclined 50°–90°) situated directly below tree trunks (especially *Fagus sylvatica*, *Tilia cordata*, *Carpinus betulus*, *Pinus sylvestris*). Contemporary karren are formed when the rain water flows down the trunks and reaches directly the rocky surface.

The most important process in the formation of karren is the dissolution, caused predominantly by rain water, which becomes more acidic flowing down the tree trunks. Currently hydrochemical analyses are conducted to indicate the implication of dissolution process, connected with influence physiological processes of a tree and air pollutions.

The variability of the hydrochemical parameters is being analyzed. The samples of rain water, water flowing down the trees and water from the base of the stone are taken for laboratory analyses. Parameter changes (pH, Ca²⁺, HCO₃⁻) are a measure of hydrochemical evolution of water and dissolution.

Acknowledgements: This study was financially supported by the Institute of Geological Sciences of the Jagiellonian University (DS/MND/WBiNoZ/ING/2/2016).

References

- GRADZIŃSKI, M. – MOTYKA, J. 2002. Współczesne fitogeniczne żłobki krasowe w Dolinie Racławki (Wyżyna Krakowska) – wstępne wyniki badań. Materiały 36. Sympozjum Speleologicznego Sekcji Speleologicznej PTP im. Kopernika, Pińczów 25. – 27. 10. 2002, Sekcja Speleologiczna PTP, Kraków, p. 34.
- PIETA, M. 2007. Rozwój współczesnych żłobków krasowych na przykładzie form z Doliny Racławki. Niepublikowana praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych UJ.

PREDBEŽNÉ POZNATKY O MORFOLOGICKO-SEDIMENTÁRNEJ ŠTRUKTÚRE KORYTA DEMÄNOVKY V DEMÄNOVSKEJ JASKYNI SLOBODY

Milan Lehotský¹ – Pavel Bella² – Vojtech Gajdoš³ –
Dagmar Haviarová² – Kamil Rozimant³ –
Miloš Rusnák¹ – Ján Sládek¹

¹ Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava;
geogheho@savba.sk, geogmilo@savba.sk, geogslad@savba.sk

² Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,
031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk, dagmar.haviarova@ssj.sk

³ Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prírodovedecká fakulta,
Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6,
842 15 Bratislava; rozimant@fns.uniba.sk

Jedným z typov podzemných vodných tokov sú alochtónne a autochtónne jaskynné vodné toky. Cieľom príspevku je analýza súčasného morfológického a sedimentárneho stavu koryta podzemného toku Demänovky v Demänovskej jaskyni slobody na 217 m dlhom úseku (na Prízemí medzi Stromom života a Veľkým dómom) a jeho odozvy na súčasný hydrologický režim, ako aj sedimentárna analýza jeho podložia. Výskum súčasného morfológického stavu koryta a jeho sedimentov sa realizoval na báze spracovania poznatkov a dát získaných terénnych výskumom, ako aj na základe dát kamerálneho charakteru skúmaného úseku v prostredí GIS. Na základe rekonštrukcie pôvodného dna jaskyne a trasy koryta pred rokom 1946 sme identifikovali sedem riečnych úsekov so špecifickým charakterom a správaním. Na detailnejšie poznanie charakteru dna jaskyne a laterálneho a vertikálneho trendu pohybu jeho dna nám poslúžilo sedem geodetických profilov. Na základe terénnych meraní sme dospeli k záveru, že zarezávanie koryta od roku 1929, t. j. od vybudovania chodníka, dosahuje v úseku č. 3 okolo 30 – 35 cm. Naopak, vplyvom vybudovania hrádze v druhej polovici 40. rokov došlo k prerušeniu konektivity hrubozrnných sedimentov a za vysokých vodných stavov na vzdutom úseku k vertikálnej akrecii jemnozrnných sedimentov, čo dokazuje stratifikácia jemnozrnných vrstiev, ich laminácia a prítomnosť mincí uložených v nich po transporte z dna koryta. Na analýzu sedimentárnej výplne podložia koryta Demänovky boli použité dve geoelektrické metódy – elektrická rezistivitná tomografia (ERT) a georadarová metóda. Z ERT rezu získaného z priečneho profilu dna je zrejme, že podklad koryta tvoria horninové objekty rozmiestnené v troch subhorizontálnych úrovniach. Radarogram získaný z meraní pozdĺž prehliadkového chodníka indikuje horizontálne rozhrania v hĺbkových úrovniach 2,5 m, 5 m, 7,5 m, 9 m a 10,5 m. Prítomnosť subhorizontálnych vrstiev, v ktorých sa striedajú polohy s kamenitým hrubozrnným a piesčitým až ílovitým materiálom, pravdepodobne indikuje sedimentárnu odozvu dnovej jaskynnej výplne na teplejšie a chladnejšie obdobia. Príspevok bol vypracovaný v rámci vedeckého projektu č. 2/0020/15 financovaného vedeckou grantovou agentúrou VEGA.

HYDROLÓGIA

STOPOVACIE SKÚŠKY V POVODÍ PONICKEJ JASKYNE (ZVOLENSKÁ PAHORKATINA, PONICKÝ KRAS)

Dagmar Haviarová

Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,
031 01 Liptovský Mikuláš; dagmar.haviarova@ssj.sk

Ponická jaskyňa patrí medzi najvýznamnejšie a zároveň najznámejšie lokality Ponického krasu, nachádzajúce sa západne od obce Poniky v prostredí strednotriasových vápencov a dolomitov čiastkového príkrovu Drienka. Hydrologické pomery v jej bezprostrednom okolí odzrkadľujú charakter krasovej krajiny, pre ktorú je charakteristická prítomnosť aktívnych a fosílnych ponorov a absencia povrchovej riečnej siete; tá je prenesená do podzemia. Hlavný a donedávna jediný vchod do jaskyne tvorí ponor v závere poloslepeho údolia na severnej strane masívu Drienok, ktorým počas topenia snehu a výraznejších zrážok sústredene prestupuje najvýraznejší občasný povrchový po-

tôčik do podzemia. Občasne sa v území aktivujú aj niektoré ďalšie ponory s podstatne menšou hltacou kapacitou. Vody z hlavného ponoru Ponickéj jaskyne pretekajú jej známymi podzemnými priestormi, odkiaľ tečú ďalej južným smerom k Oraveckej vyvieracke. Výdatnosť vyvieracky je však oveľa väčšia ako súhrnný objem všetkých známych vód vstupujúcich do podzemia sústredene cez aktívne ponory. Prepojenie hlavného ponoru Ponickéj jaskyne s vyvierackou zdokumentovala stará stopovacia skúška, ktorú na lokalite v dňoch 8. až 11. júla 1964 za pomoci fluoresceínu realizoval Šilar (1966). Výsledok skúšky udával hodnotu vypočítanej rýchlosti prúdenia medzi ponorom a vyvierackou 128 m·h⁻¹, čo zodpovedá objaveniu sa stopovača vo vyvieracke po necelých 11 hodinách od jeho aplikácie pri autorom predpokladanej vzdialenosti 1,4 km medzi obidvoma lokalitami. Droppa (1999) pri tom uvádza s odvolaním sa na rovnaký zdroj čas objavenia stopovacej látky vo vyvieracke na 7 hodín. V správe od Šilara (1966) sa uvádza aj informácia o negatívnom výsledku skúšky v prípade ďalších dvoch krasových prameňov, ležiacich neďaleko Oraveckej vyvieracky a v prítokoch banských vôd v šachte Drienok.

V roku 2015 zrealizovala na lokalite Správa slovenských jaskýň v rámci projektu štrukturálnych fondov s názvom „Vypracovanie programov starostlivosti o vybrané jaskyne“ realizovaného v období 9/2013 – 12/2015, spolufinancovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci Operačného programu Životné prostredie, prioritnej osi Ochrana a regenerácia prírodného prostredia a krajiny, novú stopovaciu skúšku, ktorej cieľom bolo overiť výsledok skúšky z roku 1964 a overiť prípadnú zmenu priepustnosti komunikačných ciest hlavne vo vzťahu k možnosti šírenia ešte stále pretrvávajúceho znečistenia v podzemí. Skúška sa uskutočnila 6. až 11. marca za použitia biologického stopovača fágovej suspenzie bakteriofága H40/1 s minimálnou početnosťou fágov 10¹⁰ na jeden mililitr suspenzie. Výsledok aj v tomto prípade potvrdil prepojenie ponoru s Oraveckou vyvierackou, a to už po niečo viac ako 3 hodinách, čo je podstatne kratšia doba ako v prípade skúšky z roku 1964. Zaujímavosťou je aj zistenie druhého lokálneho maxima stopovača na vyvieracke po 4 hodinách od jeho prvej detekcie. Podobný priebeh stopovacej skúšky sa dokumentoval aj pri staršej skúške, keď sa druhé zvýšenie koncentrácie stopovača identifikovalo na vyvieracke po 6 hodinách. Negatívny výsledok priniesla skúška z marca 2015 v prípade prameňa Malé žriedlo (Kalinovec). V dňoch 8. až 13. apríla sa na lokalite uskutočnila ešte jedna stopovacia skúška, zameraná na overenie komunikácie podzemných ciest medzi Oraveckou vyvierackou a ďalším, južnejšie ležiacim aktívnym ponorom v povodí Ponickéj jaskyne. Výsledok skúšky bol aj v tomto prípade na vyvieracke pozitívny. Dlhšia doba prúdenia vôd naznačila v porovnaní s hlavným ponorom menšiu priechodnosť existujúcich komunikačných ciest, ktorá sa dá očakávať aj pri ďalších menších ponoroch lokality.

Literatúra

- DROPPA, A. 1999. Správa o výskume Ponického krasu. Spravodaj SSS, 30, 4, 26–29.
- ŠILAR, J. 1966. Zpráva o barvicí zkoušce provedené na Drienku u Ponik JV od B. Bystrice. Československý kras, 17, 140.

RESULTS OF THE CHEMICAL ANALYSES OF UNDERGROUND WATERS IN THE ŠTEFANOVÁ CAVE

Pavel Herich^{1,2} – David Havlíček³ – Kateřina Havlíčková⁴

¹ Slovak Speleological Society, Demänová Valley Caving Club, Ploštín 91,
031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; herich@speleodd.sk

² State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves
Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia

³ Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, Charles University,
Albertov 6, 128 43 Praha 2, Czech Republic; havlicek@natur.cuni.cz

⁴ Forestry and Game Management Research Institute, Strnadý 136,
252 02 Jíloviště, Czech Republic; havlickova@vulhm.cz

The Štefanová Cave located in Demänová Valley is a genetic part of the Demänová Cave System (DCS) with length 42 kilometers, yet there is no human-passed connection. First 200 m of the cave was discovered in the 1953, next discoveries came much later in the 1991, when the cave reached length of 1.5 km. Since breakthrough explorations of central corridors of Zadná voda Stream in the 2007, the cave is considered the third significant discovery of this valley, following the Temple of Liberty (Demänová Cave of Liberty) in the 1921 and the Demänová Cave of Peace (1952). Now the cave reaches 17 km and explorations still continues (Herich, 2017).

The descending vadose passages of Štefanová Cave gradually collect waters from dozens of bigger or smaller ponors of two allochthonous, intermittent streams: the Demänovka Stream and mainly the Zadná voda Stream. The underground waters of Zadná voda Stream cross carbonatic peak called Stodôlky in the west-east direction, perpendicular to the axis of valley; then the cave crosses (20 – 40 m below the surface riverbed of Demänovka Stream) the second valley, where it gains some waters from several ponors of Demänovka Stream. There is one main drainage route, represented by 15 – 20 m wide horizontal corridor with a flat ceiling (reaching up to width of 35 m in one part), which collects almost all the waters from the Štefanová cave and continues

to Jazerný dóm (Lake Chamber). A sump, situated in the drainage route is 25 m deep, and according to tracer tests water reappears after two hours in DCS – Infernal Chamber of the Temple of Liberty (see 3rd page of the cover). Accurate chemical analysis of underground waters can be useful tool for obtaining various data about studied cave system. We can detect the significant changes of chemical composition caused by mixing of waters with different composition only due to its different origin. This can be assured by sampling the water in approximate same time and during constant weather, when discharge is not changing and the time needed for flowing water from one sampling place to another is not too long (up to several hours). In some way, the results can be more reliable than the results from classical tracer tests and with less effort for cavers doing the works in caves.

We have used this method twenty years ago when investigating the Bohemia Cave in New Zealand, Mt. Owen, NW Nelson (Havlíček and Tásler, 1999). But there the situation was much simpler. It was sufficient to determine carbonate equilibria (total alkalinity) and contents of magnesium and calcium (in some cases iron and/or manganese), due to very clean atmosphere (no acid rains) and due to the fact, that all the streams were autochthonous, collecting waters in carbonate rocks. Therefore, we have supposed, that the same volume of analysis will be sufficient also for waters in Štefanová Cave. However, ion balance didn't fit well in all samples from this cave (caused by the absence some anions). The additional analyses of the same samples were done and we have detected significant amount of chlorides, sulphates and nitrates. The content of iron and manganese was mostly under the detection limit, the content of zinc was found around 0.01 mg.L⁻¹ in all the samples (tab. 1).

The source of nitrates (and partly sulphates) is most probably represented by rain water (acid rains). The average concentration of nitrates in rain water in highly polluted area in Krušné hory Mts. (NW Bohemia) varies between 2 and 3 mg.L⁻¹, while in our samples (area with significantly lower pollution from combustion engines) the average concentration varies in the range between 1 and 2 mg.L⁻¹. In the lot of samples the average sulphates concentration exceeds the sulphates concentration caused by acid rains. The origin of

sulphates is probably from base of Fatric Unit, where Lower Triassic carbonates with high concentration of gypsum can be found. The higher concentration of chlorides was found only in the samples taken from ponors of the Demänovka Stream along a frequented road heading to ski resort up in the valley. The main source of chloride contamination is most probably deicing salt. While it's forbidden to use it for the roads in Demänovka Valley, it's possible that hotels and private houses use it locally. It is also likely that thousands of cars coming to Demänovka Valley every day are contaminated by deicing salt from the roads de hors the valley.

Our conclusions about hydrography and connections are comparable with previous precise tracer tests. From the point of view of the water connections there are no significant differences between these two approaches. Additionally, each approach can provide partly different knowledge (e.g. time to reach from one sampling point to second one or chemical composition of water). In contrast with the tracer tests, we are able to identify and calculate values of the chemical composition of hidden inflow between two measured waters. As we have realised, conductivity, temperature, and CO₂ measurements should be done to compare and control the results of chemical analysis of water while taking the samples (tab. 2). However, chemical analysis cannot fully replace tracing experiments, especially in the finding of connections between waters, because of missing tool to distinguish same source of water and same water (though in situ measurements can help greatly here).

References

- HAVLÍČEK, D. – TÁSLER, R. 1999. Karst Water Chemistry in the System Bohemia Cave, Mt. Owen, New Zealand. Book of abstracts, IVth International Meeting of Cavers in the Moravian Karst and IIIrd National Speleological Congress, Jedovnice, 7–10.
- HERICH, P. 2017. Demänovka Caves – The most extensive underground karst phenomenon in Slovakia. Bulletin of the Slovak Speleological Society. Issued for the purpose of 17th Congress of the International Union of Speleology, Sydney 2017, 27–38.

Table 1. Results of the chemical analyses

Sample No.	pH	T. Alk.	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	N-NO ₃ ⁻	S-SO ₄ ²⁻	Sum		Ions	Quality	Calculated corrected Conductivity
										Anions	Cations		Ions	
		mmol.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	µeq.L ⁻¹	µeq.L ⁻¹	sC-sA	balance	µS.cm ⁻¹ 25 °C
1	7.05	1.306	30.00	0.55	9.46	1.52	1.38	0.996	15.65	2393	2355	-2	ok	244
2	7.01	1.191	20.60	0.72	6.37	4.78	9.38	1.314	3.28	1754	1778	1	ok	176
3	7.48	1.450	24.00	0.81	8.31	5.64	10.51	1.271	3.25	2039	2147	5	ok	205
4	7.57	2.986	52.20	0.24	9.20	0.75	1.43	1.127	2.24	3246	3400	5	ok	301
6	7.18	1.769	30.70	0.95	9.50	2.93	3.25	1.898	5.87	2363	2465	4	ok	233
7	7.26	1.018	17.10	0.61	5.04	2.54	1.93	1.208	2.61	1321	1394	5	ok	134
8	7.26	1.710	29.50	0.79	8.31	3.14	3.58	1.620	4.96	2236	2312	3	ok	219
9	7.34	1.101	19.70	0.82	6.11	4.68	8.02	1.243	3.32	1623	1710	5	ok	167
11	7.21	1.701	28.00	0.60	8.98	3.92	6.80	1.325	2.95	2172	2322	7	ok	215
12	7.21	1.738	30.70	0.80	8.47	3.24	3.82	1.599	4.57	2245	2390	6	ok	223
13	7.24	1.335	24.20	0.81	6.78	6.46	11.78	1.364	3.11	1958	2067	5	ok	199
14	6.99	1.301	24.40	0.69	5.85	4.32	7.34	1.346	3.00	1791	1904	6	ok	182
15	7.27	1.961	31.00	0.57	10.60	3.03	4.90	1.277	3.50	2408	2565	6	ok	235
16	7.32	1.682	29.80	0.74	8.24	2.96	3.97	1.577	4.52	2189	2312	5	ok	217
17	6.80	0.297	6.66	0.64	1.65	2.35	1.73	1.130	2.57	587	587	0	ok	64
18	6.89	0.742	13.10	0.80	5.44	3.65	6.16	1.200	3.34	1209	1280	6	ok	128
19	7.27	1.775	27.20	0.71	10.40	3.33	7.61	1.299	3.21	2282	2376	4	ok	223
20	7.26	1.368	25.80	0.68	6.21	4.84	8.38	1.381	3.22	1904	2026	6	ok	194
21	7.24	1.324	22.50	0.68	6.68	4.65	9.75	1.360	3.24	1898	1892	0	ok	188
22	7.25	1.506	26.10	0.93	8.76	2.10	1.90	2.061	6.35	2103	2138	2	ok	208
24	7.27	1.595	31.30	0.55	10.50	1.56	1.81	1.125	11.91	2469	2507	2	ok	247
31	7.24	1.400	24.10	0.82	6.65	4.27	6.87	1.175	3.60	1902	1956	3	ok	189

Table 2. Water conductivity, temperature and estimated discharge in sampling places

Sample No.	Sampling place	Conductivity [mS/cm]	Water temperature [°C]	Estimated discharge [L·s ⁻¹]	Sampling time
1	Agate Chamber	234	4.7	100	11:57
2	behind the 2nd ladder	173	3.7	0.5	12:25
3	behind the narrow	170	3.7	0.5	12:35
4	under the cramps	297	5.6	2	12:55
6	Beer Fissure	222	6.1	10	15:20
7	Beach Crawl	124	4.2	3	15:40
8	under the Titans Chamber	212	5.8	9	16:15
9	behind the 1st bivouac	162	2.9	0.5	16:35
11	November Hall	209	5.3	3.5	17:45
12	Streambed	209	5.7	40	18:25
13	inflow from the right	186	4.3	1	18:30
14	inflow from the left	169	5.2	0.1	18:35
15	inflow from the right	223	5.6	1	18:45
16	Lake Chamber	206	5.7	20	18:50
17	Zadná voda (surface stream)	59	3.3	300	11:07
18	Demänovka (surface stream)	127	3.9	50	11:18
19	behind the Chaos Chamber	229	5.9	3	12:51
20	"Eldorado" – waterfall	196	4.5	2	13:16
21	"Eldorado" – behind three shafts	194	4.8	2	13:40
22	Dancing Rocks Chamber	210	6.5	8	15:00
24	Infernal Chamber of the Temple of Liberty	241	5.1	200	19:40
31	November Hall – meander	164	3.5	2	18:00

VÝSLEDKY SLEDOVANIA ČASOVÝCH ZMIEN KVALITATÍVNYCH VLASTNOSTÍ VÔD V KRÁSNOHORSKEJ JASKYNI A JEJ OKOLÍ

Peter Malík¹ – Branislav Máša² – Miloš Gregor¹ – Jaromír Švasta¹ – Peter Bajtoš³ – Alexandra Pažická¹ – František Bottlík¹ – Natália Bahnová¹ – Juraj Michalko¹ – Jozef Kordík⁴

¹ Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, oddelenie hydrogeológie a geotermálnej energie, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11; peter.malik@geology.sk, jaromir.svasta@geology.sk, alexandra.pazicka@geology.sk, frantisek.bottlik@geology.sk, milos.gregor@geology.sk, natalia.bahnova@geology.sk, juraj.michalko@geology.sk

² HES – COMGEO, spol. s r. o., Kostiviarska cesta 4, 974 01 Banská Bystrica; branislav.masa@hes-comgeo.sk

³ Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Regionálne centrum Spišská Nová Ves, Markušovská cesta 1, 052 01 Spišská Nová Ves; peter.bajtos@geology.sk

⁴ Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, oddelenie geochemie životného prostredia, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11; jozef.kordik@geology.sk

Od roku 2011 prebiehajú v oblasti Krásnohorskej jaskyne práce na projekte LIFE11 ENV/SK/001023 „Zavedenie trvalodržateľného využívania podzemnej vody v podzemnom krasovom systéme Krásnohorskej jaskyne“

(akronym KRASCAVE), ktoré sú koordinované pracovníkmi Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Cieľom projektu KRASCAVE je znížiť riziko kontaminácie zdroja pitnej vody v krasovom podzemnom ekosystéme Krásnohorskej jaskyne prostredníctvom realizácie inovačných aktivít, a tým zároveň prispieť k splneniu požiadaviek rámcovej smernice o vode (2000/60/ES) na miestnej úrovni. Navrhované opatrenia by mali slúžiť na zníženie rizika environmentálneho znehodnotenia krehkého ekosystému, závislého od množstva a kvality podzemných vôd. Ich súčasťou je aj podrobné monitorovanie základných kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov vôd podzemného hydrologického systému Krásnohorskej jaskyne a výverov podzemných vôd v jeho okolí. S frekvenciou 1× mesačne tu bolo na kompletnú analýzu podľa požiadaviek na kvalitu pitnej vody v roku 2015 odobratých po 8 vzoriek z 10 zdrojov v oblasti Krásnohorskej jaskyne a v rokoch 2015 až 2017 potom spolu 600 vzoriek zo 7 zdrojov na skrátenú základnú analýzu a analýzu izotopového zloženia vôd (³H, ¹⁸O, ²H). V roku 2016 sa začali realizovať prvé z celkove desiatich plánovaných stopovacích skúšok v predpokladanej infiltračnej oblasti vôd Krásnohorskej jaskyne – v čase vzniku tohto príspevku bolo zrealizovaných 8 zapustení stopovacích látok do podzemia. K projektovým aktivitám patria aj termometrické a rezistivimetrické merania, ktoré sa v lete 2016 realizovali na rieke Slanej, ako aj monitorovanie vybraných mikroklimatických parametrov ovzdušia na piatich miestach Krásnohorskej jaskyne (vlhkosť a teplota vzduchu, parciálny tlak CO₂). V rokoch 2013 a 2014 prebehlo na relevantnom povrchu Silickej planiny podrobné geologické mapovanie do máp v mierke 1 : 5000 (základná geologická mapa, mapa kvartérnych sedimentov a podna mapa). Výsledky tohto veľmi podrobného mapovania priniesli nové poznatky o geologickej stavbe okolia Krásnohorskej jaskyne a priľahlej časti Silickej planiny (Kronome, Boorová, 2016). Témou tohto príspevku sú však získané čiastkové výsledky monitorovania časových zmien kvalitatívnych vlastností vôd, ktoré sa na celkove piatich monitorovacích bodoch v Krásnohorskej jaskyni a jej okolí získali od júla 2015 do júla 2017.

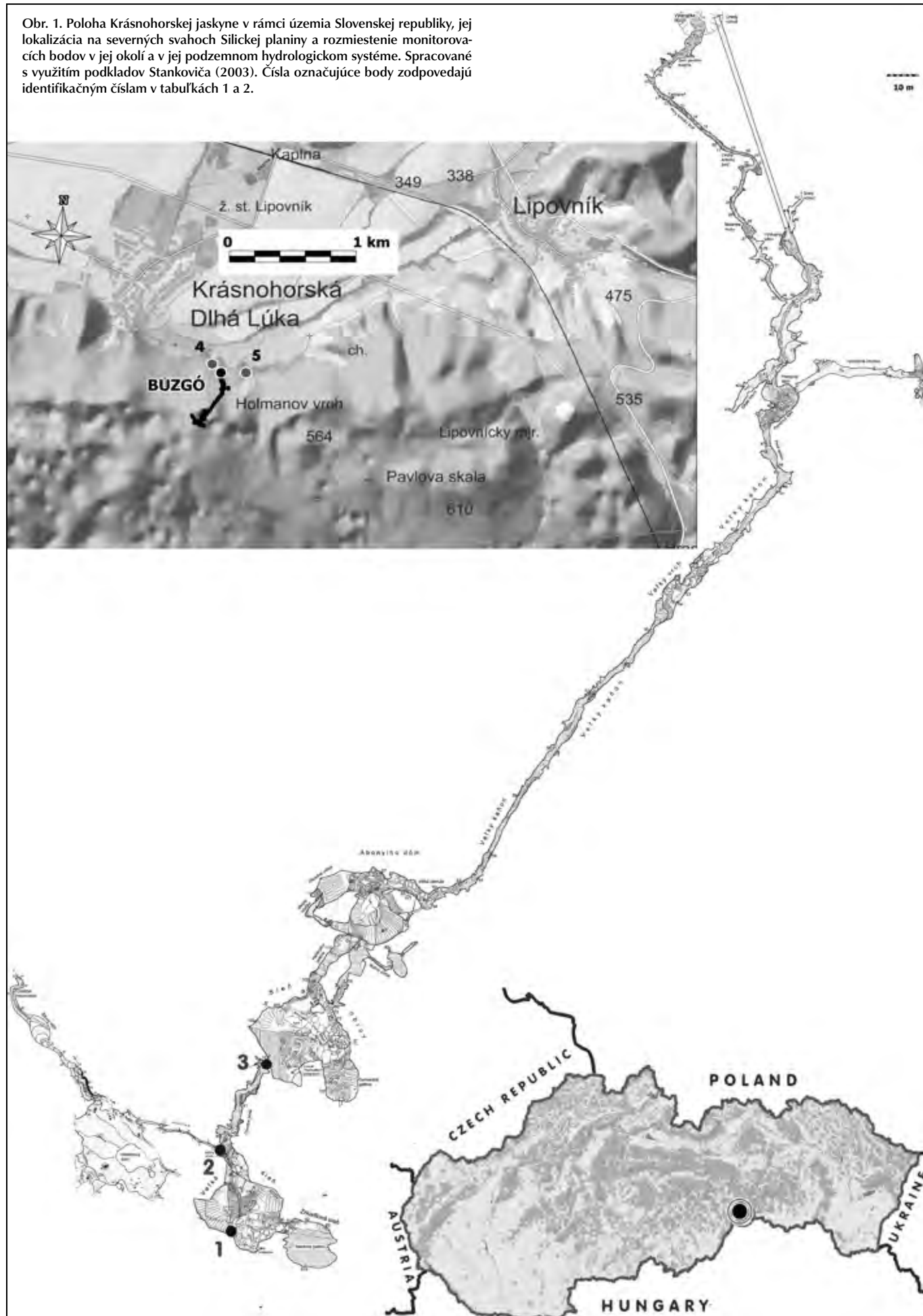
Krásnohorská jaskyňa (obr. 1) je lokalizovaná na severnom úpätí Silickej planiny, juhovýchodne od obce Krásnohorská Dlhá Lúka. Zdokumentovaný rozsah známych priestorov jaskyne predstavuje dosiaľ 1355 m, pričom jaskyňa je od roku 2004 turisticky sprístupnená pre verejnosť v dĺžke 450 m. Krásnohorská jaskyňa predstavuje výverovú fluviokrasovú jaskyňu so stálym vodným tokom, vyúsťujúcim na povrch v blízkosti vchodu do jaskyne v podobe významného krasového prameňa Buzgó. V rámci podzemných priestorov jaskyne má hlavný tok Krásnohorskej jaskyne dva významnejšie stále prítoky, jeden občasný prítok a viacero prietokových jazier (Stankovič a Čílek Eds., 2005). Krásnohorská jaskyňa sa nachádza v geologickom prostredí gutensteinských vápencov a dolomitov silického príkrovu. Podľa predošlých geologických výskumov Slovenského krasu (Mello Ed., 1996, 1997) sa na stavbe silického príkrovu podieľali triasové členy spodného, stredného a len spodnej časti vrchného triasu (karn). Na základe geologického mapovania realizovaného v rokoch 2013 a 2014 v rámci úlohy KRASCAVE sa zistilo, že v blízkom okolí Krásnohorskej jaskyne sa vyskytujú všetky spodnotriasové a strednotriasové súvrstvia, ako i veľká časť vrchnotriasového sledu silicika (Kronome a Boorová, 2016).

V rámci doteraz publikovaných prác sa kvalitou podzemnej vody v tejto oblasti zaoberali Haviarová et al. (2012), Gavuliaková et al. (2015), pričom Gavuliaková (2016) vo svojej dizertačnej práci z kvalitatívneho hľadiska podrobne analyzuje celý podzemný hydrologický systém Krásnohorskej jaskyne. Termometrické a rezistivimetrické merania teploty a mernej elektrickej vodivosti v profile podzemného toku Krásnohorskej jaskyne boli interpretované v práci Malík et al. (2011), kvantitatívna charakteristika prirodzených výstupov podzemnej vody v oblasti Krásnohorskej Dlhej Lúky v práci Malík et al. (2014a) a stupeň skrasovatenia horninového prostredia Silickej planiny analýzou výtokových čiar prameňov v práci Malík et al. (2014b). Významnosť vplyvu troch najvýznamnejších vstupných podmienok – chemického zloženia iničiálneho roztoku (zrážkovej vody), obsahu CO₂ v prostredí a teploty prostredia prostredníctvom modelovania tvorby chemického zloženia vôd Krásnohorskej jaskyne – testoval Bajtoš et al. (2017).

V rámci projektu KRASCAVE bolo vybraných 5 monitorovacích miest, kde sa v júli 2015 inštalovali CDT snímače s automatickým zberom údajov fy Solinst. Monitorované body sú znázornené na obr. 1, príslušné identifikačné čísla zodpovedajú aj číslam v tabuľkách 1 a 2. Vnútri podzemného hydrologického systému Krásnohorskej jaskyne sú to: výtok z Marikinho jazierka pod Sifónom potápačov (č. 1), ľavostranný prítok pod Veľkou sieňou, resp. prítok od Heliktitového domu (č. 2), hlavný tok podzemného hydrologického systému Krásnohorskej jaskyne pod sútokom oboch vyššie uvedených tokov monitorovaný v Chodbe perál (č. 3). Sám krasový prameň Buzgó, predstavujúci vyústenie podzemného hydrologického systému Krásnohorskej jaskyne na povrch, je monitorovaný v rámci základnej siete Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) pod katalógovým číslom 1862. Riešitelia projektu KRASCAVE preto vybrali na sledovanie časových zmien kvalitatívnych vlastností vôd v blízkom okolí sa nachádzajúce krasové pramene „Pri kapličke“ (archívne označenie SHMÚ, ktorý prameň pozoroval v období rokov 1957 – 1965 pod katalógovým číslom 1863), resp. pracovne označovaný ako prameň Pri kaplnke (č. 4) a prameň Pod kameňolomom (takisto v rokoch 1967 – 1992 pozorovaný SHMÚ pod katalógovým číslom 1861; na obr. 1 a v tabuľkách 1 a 2 figurujúci pod číslom 5). Hodnoty teploty vody (tw) a mernej elektrickej vodivosti (EC) sa na každej z monitorujúcich sond získavali v 15-minútovom intervale.

Doteraz získané výsledky (tab. 1 a 2) naznačujú vysokú stabilitu teploty vody a jej mernej elektrickej vodivosti zistenú na výtok z Marikinho jazierka pod

Obr. 1. Poloha Krásnohorskej jaskyne v rámci územia Slovenskej republiky, jej lokalizácia na severných svahoch Šilickej planiny a rozmiestnenie monitorovacích bodov v jej okolí a v jej podzemnom hydrologickom systéme. Spracované s využitím podkladov Stankoviča (2003). Čísla označujúce body zodpovedajú identifikačným číslam v tabuľkách 1 a 2.



Tab. 1. Základné štatistické údaje z monitorovania teploty vody na piatich monitorovacích bodoch podzemného hydrologického systému Krásnohorskej jaskyne a v jej bezprostrednom okolí získané od 7. júla 2015 do 3. júla 2017

ID	Monitorovací bod	N počet meraní	MIN minimum [°C]	MAX maximum [°C]	AVG aritmetický priemer [°C]	MD medián [°C]	SD smerodajná odchýlka
1	Výtok z Marikinho jazierka pod Sifónom potápačov	49 644	8,8	11,4	9,16	9,1	0,122
2	Ľavostranný prítok pod Veľkou sieňou (od Heliktitového domu)	21 526	8,7	25,9	8,91	8,9	0,512
3	Hlavný tok v Chodbe perál	69 868	8,8	27,3	9,11	9,1	0,430
4	Prameň Pri kapličke / Pri kaplnke	49 670	7,7	11,6	9,24	9,4	0,694
5	Prameň Pod kameňolomom	49 535	8,4	9,4	8,78	8,8	0,140

Tab. 2. Základné štatistické údaje z monitorovania mernej elektrickej vodivosti vody na piatich monitorovacích bodoch podzemného hydrologického systému Krásnohorskej jaskyne a v jej bezprostrednom okolí získané od 7. júla 2015 do 3. júla 2017

ID	Monitorovací bod	N počet meraní	MIN minimum [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	MAX maximum [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	AVG aritmetický priemer [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	MD medián [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	SD smerodajná odchýlka
1	Výtok z Marikinho jazierka pod Sifónom potápačov	49 644	528,2	573,5	550,42	551,8	9,150
2	Ľavostranný prítok pod Veľkou sieňou (od Heliktitového domu)	21 497	439,0	802,5	603,88	590,5	96,351
3	Hlavný tok v Chodbe perál	69 775	472,6	762,8	590,85	589,6	55,283
4	Prameň Pri kapličke / Pri kaplnke	49 670	370,3	1537,4	563,08	556,8	39,752
5	Prameň Pod kameňolomom	49 535	413,1	664,4	540,14	527,2	35,887

Sifónom potápačov. Ich mediánové hodnoty za obdobie od 8. 7. 2015 do 4. 7. 2017 pri početnosti 49 644 meraní tu boli 9,1 °C, resp. 551,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ pri hodnote ich smerodajných odchýlok 0,122 °C, resp. 9,15 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ktoré boli štyri- až päťnásobne nižšie než v prípade ďalších monitorovaných bodov. Prameň Pod kameňolomom (č. 5) vykazuje analogickú vyššiu stabilitu teploty vody (smerodajná odchýlka 0,142 °C), avšak oveľa väčší rozkyv EC (smerodajná odchýlka 35,89 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). V prípade tohto prameňa sa potvrdilo konštatovanie, že je systematicky o cca 0,3 °C chladnejší než ostatné zdroje vôd v oblasti (Malík et al., 2014b). Rovnako sa potvrdila systematicky vyššia mineralizácia vôd ľavostranného prítoku pod Veľkou sieňou (od Heliktitového domu; č. 2) s mediánom hodnôt 590,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Haviarová et al., 2012; Gavuliaková et al., 2015), ktorá zjavne ovplyvňuje i hodnotu EC (medián 589,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) zistenú na hlavnom toku v Chodbe perál (č. 3). Najnižšie hodnoty EC sú charakteristické pre vody prameňa Pod kameňolomom (č. 5) kde má mediánová hodnota veľkosť 527,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vcelku však možno konštatovať, že uvedené kvalitatívne charakteristiky všetkých monitorovaných vôd sú si navzájom dosť podobné.

Najlepší vzájomný korelačný vzťah ($R = 0,79$) majú zistené časové priebehy teploty vôd v prípade prameňov Pri kaplnke a Pod kameňolomom (č. 4 a 5), ako aj výtok z Marikinho jazierka a ľavostranný prítok pod Veľkou sieňou (č. 1

a 2; $R = 0,90$). Ide vždy o analogické typy monitorovaných bodov (dvojica výverov v podzemnom hydrologickom systéme, resp. dvojica krasových prameňov), kde takúto podobnosť možno predpokladať. Z hľadiska vzájomného korelačného vzťahu časového priebehu hodnôt vychádza zaujímavejšie relatívne tesnejší vzťah medzi hodnotami EC vôd prameňa Pod kameňolomom (č. 5) a vôd vytekajúcich z Marikinho jazierka (č. 1; $R = 0,79$), ako aj prameňa Pod kameňolomom (č. 5) a vôd ľavostranného prítoku pod Veľkou sieňou (č. 2; $R = 0,72$). Oba uvedené vývery v podzemnom hydrologickom systéme (č. 1 a 2) potom z hľadiska časového priebehu hodnôt EC takisto, aj keď miernejšie ($R = 0,63$) korelujú. Pri pohľade na zistené extrémne hodnoty si môžeme povšimnúť prirodzenú rozkolísanosť teplôt vody v prípade prameňov Pri kaplnke a Pod kameňolomom (č. 4 a 5), v intervaloch 7,7 – 11,6 °C, resp. 8,4 – 9,4 °C, ale aj nezvyčajne vysoké hodnoty nameraných maxím v prípade monitorovacích bodov č. 2 a 3 (ľavostranný prítok pod Veľkou sieňou a hlavný tok v Chodbe perál; 25,9 a 27,3 °C), ako aj nezvyčajne vysoké hodnoty maxima EC v prípade prameňa Pod kaplnkou (č. 4; 1537,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Ide zjavne o vplyvy počas manipulácie s datalogermi pri odčitávaní údajov, resp. o jednorazové znečistenie prameňa. Keďže spracovávaná databáza údajov mala operatívny charakter a hodnoty nestihli prejsť kontrolným overovaním, treba brať najmä extrémne hodnoty s rezervou. Vysoká početnosť získaných údajov však dáva pomerne veľkú vypovedaciu silu najmä stredným hodnotám hodnotených súborov. Po podrobnej kontrole dát bude možné odvodit z výsledkov monitorovania časových zmien kvalitatívnych vlastností vôd v Krásnohorskej jaskyni a jej okolí oveľa väčšie spektrum vzájomných súvislostí.

Aktivity projektu KRASCAGE vychádzajú najprv z podrobného monitorovania kvality a množstva podzemných vôd, prostredníctvom čoho sa ďalej vyvíjajú modely jestvujúcej a predpokladanej interakcie biotických a abiotických zložiek podzemného krasového ekosystému Krásnohorskej jaskyne. Zároveň bol pre potreby projektu vyhotovený a v súčasnosti sa testuje funkčný prototyp zariadenia na zabezpečenie ochrany zdroja pitnej vody. Prezentované výsledky sú len operatívneho charakteru a predstavujú zatiaľ len čiastkový výstup monitoringu, ktorý by mal prebiehať až do konca roka 2018.

Podakovanie: Výsledky tejto štúdie mohli byť získané vďaka projektu LIFE+ koordinovaného Európskou komisiou pod číslom LIFE11 ENV/SK/001023, s názvom „Zavedenie trvaloudržateľného využívania podzemnej vody v podzemnom krasovom systéme Krásnohorskej jaskyne“ (akronym: KRASCAGE). Cieľom tohto projektu je znížiť riziko kontaminácie zdrojov pitnej vody v oblasti krasového podzemného ekosystému Krásnohorskej jaskyne. Projektovými partnermi projektu KRASCAGE sú Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava (ŠGÚDŠ) ako koordinujúci príjemca a občianske združenie Envi Slovakia Bratislava ako pridružený príjemca. Na spolufinancovaní projektu sa okrem Európskej komisie podieľa i Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky. Autori ďakujú správcovi Krásnohorskej jaskyne RNDr. Jaroslavu Stankovičovi za ochotu, pomoc a spoluprácu pri všetkých druhoch prác, ktoré sa v rámci projektu na tomto mieste vykonávali.

Literatúra

- BAJTOŠ, P. – MALÍK, P. – REPKOVÁ, R. – MÁŠA, B. 2017. Geochemické modelovanie tvorby chemického zloženia vody Krásnohorskej jaskyne v Slovenskom krase. *Mineralia Slovaca*, 49, 1, 73–94.
- GAVULIAKOVÁ, B. 2016. Štúdium krasových vôd metódami izotopovej geológie. Dizertačná práca. Manuscript, archív Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Bratislava, 190 s.
- GAVULIAKOVÁ, B. – FLAKOVÁ, R. – ŽENIŠOVÁ, Z. – HAVIAROVÁ, D. – GROLMUSOVÁ, Z. 2015. Chemické a izotopové zloženie vôd v systéme Krásnohorskej jaskyne. *Podzemná voda*, 21, 2, 118–136.
- HAVIAROVÁ, D. – SEMAN, M. – STANKOVIČ, J. – FLAKOVÁ, R. – ŽENIŠOVÁ, Z. 2012. Chemické zloženie a mikrobiologický profil krasových vôd Krásnohorskej jaskyne (Silická planina, Slovenský kras). *Acta Geologica Slovaca*, 4, 1, 31–52.
- KRONOMÉ, B. – BOOROVÁ, D. 2016. Geologická stavba Silickej planiny pri Krásnohorskej Dlhej Lúke. *Geologické práce, Správy* 129, ŠGÚDŠ, Bratislava, 55 – 78.
- MELLO, J. (Ed.) – ELEČKO, M. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPKO, L. – VASS, D. – VOZÁROVÁ, A. – GAÁL, L. – HANZEL, V. – HÓK, J. – KOVÁČ, P. – SLAVKAY, M. – STEINER, A. 1996. Geologická mapa Slovenského krasu 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- MELLO, J. (Ed.) – ELEČKO, M. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPKO, L. – VASS, D. – VOZÁROVÁ, A. – GAÁL, L. – HANZEL, V. – HÓK, J. – KOVÁČ, P. – SLAVKAY, M. – STEINER, A. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 255 s.
- MALÍK, P. – GREGOR, M. – ŠVASTA, J. – HAVIAROVÁ, D. 2011. Interpretácia meraní teploty a mernej elektrickej vodivosti v profile podzemného toku Krásnohorskej jaskyne. *Slovenský kras*, 49, 1, 41–56.
- MALÍK, P. – GREGOR, M. – BOTTLIK, F. – ŠVASTA, J. 2014a. Kvantitatívna charakteristika prirodzených výstupov podzemnej vody v oblasti Krásnohorskej Dlhej Lúky. In Flaková, R. – Ženišová, Z. (Eds.): 17. Slovenská hydrogeologická konferencia, zborník (14. – 17. 10. 2014, Piešťany). SAH, 66–69.
- MALÍK, P. – GREGOR, M. – ČERNÁK, R. – BOTTLIK, F. – ŠUTAROVÁ, B. – OTRUBA, M. 2014b. Stupeň skrasovania horninového prostredia severného okraja Silickej planiny na základe analýzy výtokových čiar. *Podzemná voda*, 20, 2, 128–141.
- STANKOVIČ, J. – ČÍLEK, V. (Eds.) – BRUTHANS, J. – GAÁL, L. KOVÁCS, A. – ROZLOŽNÍK, M. – SCHMELZOVÁ, R. – ZEMAN, O. – KOVÁČ, L. – MOCK, A. – LUPTÁČIK, P. – HUDEC, I. – NOVÁKOVÁ, A. – KOŠEL, V. – FENĐA, P. 2005. Krásnohorská jaskyňa Buzgó. *Speleoklub Minotaurus Rožňava*, 150 s.

SPELEOKLIMATOLÓGIA A GLACIOLÓGIA

3D MONITORING KLÍMY V SILICKEJ ĽADNICI

Zdenko Hochmuth¹ – Jaroslav Stankovič² – Miriama Krchová¹¹ Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Jesenná 5, 041 00 Košice; hochmuth@upjs.sk, krchovamiriama@gmail.com
² Edelenýska 40, 048 01 Rožňava; stankov@ke.psg.sk

Údaje o zmenšujúcom sa množstve ľadu vo viacerých jaskyniach vedú k úvahám o jeho príčinách. Uvažuje sa o vplyve globálneho otepľovania, ako aj o novodobých antropogénnych vplyvoch. Ako príklad možno uviesť Demänovskú ľadovú jaskyňu, kde sa udržiavanie ľadu podporuje „umelým“ zaťažovaním. V ľadovej priepasti na Ohništi ľadový kužeľ v priebehu niekoľkých desaťročí zanikol. Množstvo ľadu sa znižuje i v Silickej ľadnici (Hochmuth, 1995; Zelinka, 2005). Oživenie záujmu o problematiku stavu ľadovej výplne v Silickej ľadnici priniesla diplomová práca Z. Ondreja (2014) na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach, ktorý popri mapovaní ľadu totálnou stanicou Leica realizoval aj meranie teploty na 5 stanovištiach. M. Hutníková (2015) použila miniatúrne snímače Termochron a vo svojej diplomovej práci prezentovala pozdĺžne teplotné profily. Najsystematickejší výskum aktuálne prebieha dva roky pomocou monitorovacej siete. V zaľadnenej časti je umiestnených 20 staníc datalogerov Micronix „Comet“, ktoré inštalovali členovia Ústavu geografie na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach a členovia skupiny SSS Minotaurus pod vedením J. Stankoviča. Kontrolné údaje máme zo stanice v závere na povrchu a zo stanice SHMÚ v obci Silica. V zimnom období roku 2017 sme inštalovali v jaskyni aj anemometer.

Veľký počet meracích prístrojov umožnil interpoláciu a vytvorenie mapy izochar, súčasne krátke intervaly (15 minút a 1 hodina) aj sledovanie dynamiky. Časť prístrojov je vo výške, teda nie iba pri zemi, ale aj pri stope a voľne v priestore. To umožňuje 3D modelovanie klímy, o čo sa pokúsil študent P. Štec (2017).

Už predbežné výsledky sú zaujímavé. Počas letného obdobia väčšina prístrojov nezaznamenáva veľké výkyvy, iba celkovú tendenciu postupného otepľovania. V zimnom období sme zaznamenali vpády studeného vzduchu (až -18 °C) dovnútra priepasti, avšak v priebehu niekoľkých hodín je nahradený teplejším. Takáto situácia sa zopakovala niekoľkokrát za sebou. Oplyvnenie prienikom cez uzáver z nezaľadených častí sa nepotvrdilo a príčiny otepľovania budú asi inde, čo je predmetom ďalšieho výskumu.

Podakovanie: Výskum sa uskutočňuje v rámci projektu APVV-0176-12 „Nové metódy priestorového modelovania pomocou laserového skenovania a 3D GIS-u“ na Ústave geografie Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach.

Literatúra

- HOCHMUTH, Z. 1995. Ľadové monolity v priepastiach na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň. Zborník referátov z odborného seminára (Dobšinská ľadová jaskyňa, 21. – 22. 9. 1995). SSJ, Liptovský Mikuláš, 75–79.
- HUTNÍKOVÁ, M. 2015. Dynamika sezónnych termických zmien v jaskyniach Domica a Silická ľadnica. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ Košice.
- ONDREJ, Z. 2014. Silická ľadnica, zmeny ľadovej výplne. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ Košice.
- ŠTEC, P. 2017. Automatizácia spracovania dát z datalogerov pre potreby modelovania časovej rady teploty v Silickej ľadnici. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ Košice.
- ZELINKA, J. 2005. Klíma krasových území a jaskýň. In Jakál, J. (Ed.): Jaskyne svetového dedičstva na Slovensku. SSJ, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina, 77–86.

PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF CAVE ICE IN DOBŠINÁ ICE CAVE, SLOVAKIA – PRELIMINARY RESULTS

Magdalena Jelonek¹ – Ján Zelinka² – Michal Gradziński¹¹ Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Gronostajowa 3a, 30-387 Kraków, Poland; magdalena.lata@doctoral.uj.edu.pl (MJ), michal.gradzinski@uj.edu.pl (MG)² State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; jan.zelinka@ssj.sk

In recent years multidirectional studies of cave ice are conducted worldwide. Cave ice is a valuable archive of paleoclimatic information; however, there are a few analyses of pollen grains preserved in cave ice. Pilot studies of ice samples from Dobšinská Ice Cave (Dobšinská ľadová jaskyňa, Slovakia) were conducted. The purpose of this research was to determine if the pollen grains are preserved in the ice, and – if so, from what kind of plant they derive from and in what quantity. Samples were taken from four places inside the cave. Ice samples were placed in tightly closed containers and transported to the laboratory. The water formed after the dissolution of the ice was centrifuged. The samples were subjected to appropriate chemi-

cal treatment and then prepared for microscopic observation. Analysis of ice samples taken at the Dobšinská Ice Cave showed the presence of pollen grains that were preserved in ice, in significant quantity.

Up to now, several hundred pollen grains have been identified from these samples, including: *Pinus*, *Picea*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Chaenopodiaceae*. Research material is still being analyzed.

This ice which comprise samples analyzed was formed most likely at the turn of the Dark Ages Cold Period and the Medieval Warm Period (Gradziński et al., 2016). Hence, one can conclude that above mentioned plant genus inhabited vicinity of cave entrance at that time.

References

- GRADZIŃSKI, M. – HERCMAN, H. – PERESVIET-SOLTAN, A. – ZELINKA, J. – JEŁONEK, M. 2016. Radiocarbon dating of fossil bats from Dobšina Ice Cave (Slovakia) and potential palaeoclimatic implications. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 86, 3, 341–350.

ICE CAVES OF THE PROKLETJE MOUNTAINS (MONTENEGRO)

Ditta Kicińska¹ – Krzysztof Najdek²¹ Institute of Geology, Adam Mickiewicz University, Collegium Geologicum, Bogumiła Krygowskiego 12, PL-61680 Poznań, Poland; kicińska@amu.edu.pl
² Wielkopolski Caving Club, Przyjaźni 14/114, PL-61-688 Poznań, Poland

The Prokletije Mountains (the Albanian Alps) are the highest part of the Dinaric Alps and they are located in the border area of Montenegro, Albania and Kosovo. The highest peak is Mount Jezerski Vrh/Maja Jezerce (2694 m a.s.l.) in Albania. Geologically, the region belongs to the High Karst unit. Caves of this area have developed in Mesozoic limestones and dolomites (Djokić et al., 1976). The Prokletije Mountains were glaciated during the Pleistocene (Čvijić, 1913; Milivojević et al., 2008). Today the mean annual air temperature (MAAT) at ca. 2000 m asl is +1.4 °C (Palmentola et al., 1995) and +0.6 °C (Milivojević et al., 2008). These data were based on measurements of temperature in Vermosh in Albania (6.7 °C at 1152 m a.s.l.) and Kolašin in Montenegro (2 °C at 945 m a.s.l.) respectively.

Ice caves of the Prokletije Mts. in Montenegro have been found during the cave expeditions that have been organized since 2006 by Wielkopolski Caving Club (in Polish: Wielkopolski Klub Taternictwa Jaskiniowego) in co-operation with Speleoklub Świętokrzyski (Poland), Ponir Banja Luka from Bosnia and Herzegovina and Akademski Speleosko-Alpinisticki from Belgrad (Najdek and Kicińska, 2017).

Until 2016 in the Prokletije Mts. had been registered 8 ice caves, such as Ice Cave, the 03 061-T5 Cave System, Ice Dragon Cave, Ice Giant Cave, Mining Cave, Aladdin's Cave, Bolt From The Blue Cave, the Hundred-03 004 Cave System. The biggest masses of ice deposits were found in Ice Cave and Ice Giant Cave. In Ice Cave at the depth of ~40 m there are: an icefall with a height of ca. 10 m, stalagmites and a frozen pond. In Ice Giant Cave there is a chamber covered by ice with the thickness at least 3 m (measured in 2009; Barović et al., in press). In 2017 Cave at the Red Path was found. This is ninth ice cave registered in the Prokletije Mts. so far. One of its biggest chamber is filled with ice. In the marginal fissure which also leads to deeper part of the cave, the ice thickness is ca. 7 m.

Observations of snow, firn and ice deposits were conducted during summer, but their size and the distribution suggest that it is a perennial phenomena. These are first observations of ice caves in the Prokletije Mts. which are the southernmost part of the Dinaric Alps. The cave are a dynamic type, except Ice Giant and Ica Dragon caves that are static caves with congelation ice and firn according to Luestcher and Jeannin (2004).

References

- BAROVIĆ, G. – KICIŃSKA, D. – MANDIĆ, M. – MULAOMEROVIĆ, M. 2017. Ice caves of Montenegro and Bosnia and Herzegovina. In Persoiu, A. – Lauritzen, S.-E. (Eds.): *Ice Caves*. Elsevier, in press.
- ČVIJIĆ, J. 1913. Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama (Ice Age in Prokletije and the Surrounding Mountains; paper in Serbian). Glas SKAN, 91, Beograd.
- DJOKIĆ, V. – ŽIVALJEVIĆ, M. – PETROVIĆ, Z. 1976. Osnovna geološka karta i tumač za list Gusinje. Savezni geološki zavod, Beograd.
- MILIVOJEVIĆ, M. – MENKOVIĆ, L. – ČALIĆ, J. 2008. Pleistocene glacial relief of the central part of Mt. Prokletije (Albanian Alps). *Quaternary International*, 190, 1, 112–122.
- KICIŃSKA, D. – NAJDEK, K. 2017. Cave exploration in the Prokletije Mountains (Montenegro). In Kicińska, D. (Ed.): *Polish Caving 2013–2017*. Published on the occasion of the 17th International Congress of Speleology. Komisja Taternictwa Jaskiniowego Polskiego Związku Alpinizmu (Caving Commission of Polish Mountaineering Association). Wyd. Pracownia Kreatywna Bezliku, Kraków, 29–32.
- LUETSCHER, M. – JEANNIN, P. Y. 2004. A process-based classification of alpine ice caves. *Theoretical and Applied Karstology*, 17, 5–10.
- PALMENTOLA, G. – BABOĆI, K. – GRUDA, G. – ZITO, G. 1995. A note on rock glaciers in the Albanian Alps. *Permafrost and Periglacial Processes*, 6, 3, 251–257.

VPLYV NÁVŠTEVNOSTI NA ZMENU TEPLoty VZDUCHU V BRESTOVSKÉJ JASKYNI

Lucia Kunáková

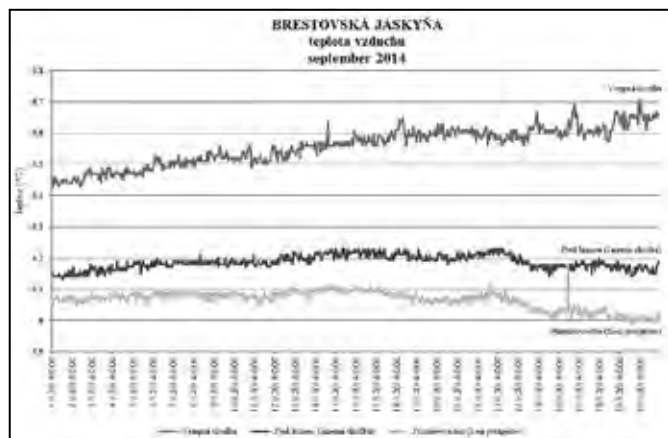
Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,
031 01 Liptovský Mikuláš; lucia.kunakova@ssj.sk

Pre prostredie jaskýň, vzhľadom na uzavretosť ich priestorov, je spravidla typický vyrovnaný ročný chod klimatických ukazovateľov. Tieto parametre zväčša vykazujú iba minimálne výkyvy počas roka. Teplota jaskynného prostredia približne zodpovedá priemernej ročnej teplote danej klimatickej oblasti, resp. okrsku (s výnimkou trvale zaľadnených jaskýň).

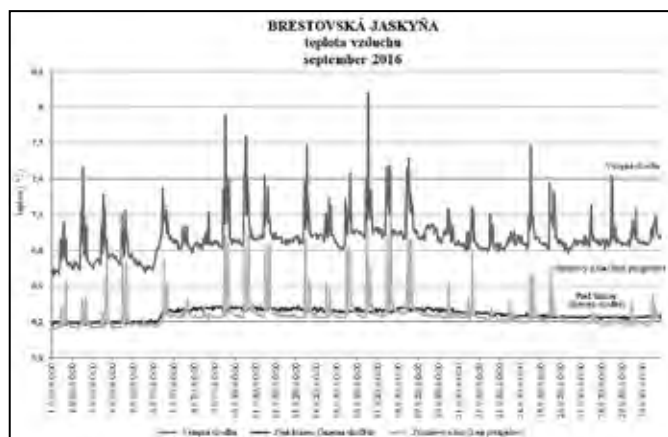
Každé sprístupnenie jaskyne verejnosti predstavuje výrazný zásah do krehkého prostredia jaskynného geosystému. Okrem vizuálne ľahko vnímateľných antropogénnych zásahov (betónové chodníky, zábradlia, rebríky, osvetľovacia technika a pod.) sa tieto zásahy prejavujú aj relatívne nenápadne, prostredníctvom zmien jednotlivých zložiek jaskynného prostredia. Výnimkou nie je ani jaskynná klíma. Dochádza k zmenám teplotných ukazovateľov, relatívnej vlhkosti, obsahu CO₂ a pod. Monitoring týchto zmien je nevyhnutným predpokladom pre správny manažment prevádzky jaskyne a na adekvátnu reakciu v prípade ohrozenia jaskynného prostredia. Sledovaním vplyvu návštevnosti, resp. sprístupnenia na speleoklímu jaskýň sa zaoberali viacerí autori (Piasecki, 1996; Hamilton-Smith, 1997; Klaučo et al., 1998; Pflitsch et al., 1999; Zelinka, 2002 a ďalší).

Brestovská jaskyňa v katastrálnom území obce Zuberec je od 1. 9. 2016 sprístupnená pre verejnosť ako jediná jaskyňa na Orave a v Západných Tatrách. Jej vchod je orientovaný na sever v zalesnenom svahu doliny Studeného potoka a nachádza sa v nadmorskej výške 867 m. Z hľadiska klasifikácie klimatických oblastí Slovenska (Lapin et al., 2002) jaskyňa patrí do chladnej klimatickej oblasti (C) a v rámci nej do chladného horského, veľmi vlhkého klimatického okrsku s júlovým priemerom teploty od 10 do 12 °C.

Klimatickými pomermi Brestovskej jaskyne sa zaoberal Zelinka (2008). Prvý monitoring sa realizoval v období od 16. 1. 2006 do 3. 7. 2007 (zabezpečovaný technikou COMET SYSTEM). Ukazovatele sa sledovali na štyroch stanovištiach – na povrchu asi 300 m SV od vchodu do jaskyne (teplota a relatívna vlhkosť vzduchu), ďalej vo Vstupnej sieni, v Sieni potápačov a v Bivakovej sieni (teplota vzduchu, expedičné úroveň CO₂). Zelinka (2008) konštatuje, že na relatívny vyrovnaný priebeh teploty vzduchu v jaskyni (od 4,9 do 5,5 °C) majú zmeny vonkajšej teploty iba minimálny vplyv. Jaskyňu pokladá za statickú a pripúšťa sezónnu dynamiku v Jazernej chodbe, ktorej priebeh kopíruje sústavu závrto v na povrchu.



Obr. 1. Priebeh teploty vzduchu v Brestovskej jaskyni v septembri 2014



Obr. 2. Priebeh teploty vzduchu v Brestovskej jaskyni v septembri 2016

Ďalší monitoring sa začal v roku 2013 (zabezpečovaný monitorovacou technikou od firmy MICROSTEP) a pokračuje dodnes. V porovnaní s prvým monitoringom sa zrušilo meracie stanovište v Bivakovej sieni a pribudlo stanovište „Pred bránou“ v Jazernej chodbe. Od roku 2013 do sprístupnenia jaskyne sme na všetkých troch stanovištiach namerali vyššie priemerné mesačné teploty vzduchu v priemere o 1 °C, pravdepodobne z dôvodu použitia iných meracích prístrojov.

Od 1. 9. 2016 do 31. 8. 2017 boli v súvislosti so sprístupnením jaskyne zaznamenané výraznejšie výkyvy teplôt vzduchu na dvoch stanovištiach (obr. 1 a 2). Na meracom stanovišti „Pred bránou“ v Jazernej chodbe, ktorá je mimo prehliadkovej trasy, bol zaznamenaný vyrovnaný chod teploty vzduchu bez výraznejších odchýlok.

Na meracom stanovišti Vstupná chodba sme zaznamenali výrazné výkyvy teplôt. Okrem vplyvu vonkajšieho prostredia má na tieto zmeny dokázateľne najväčší vplyv návštevnosť. V čase prehliadky jaskyne (od 10. do 17. h) pri návštevnosti vyššej ako 70 osôb denne tu nastalo zvýšenie teploty vzduchu od 0,6 do 0,9 °C (obr. 2). Tento výkyv sa nezaznamenal počas pondelkov a mesiacov novembra a decembra, keď je jaskyňa zatvorená.

Meracie stanovište Prítokový sifón v Sieni potápačov takisto vykazovalo teplotné výkyvy. Počas návštevných hodín sa teplota vzduchu zvýšila v priemere o 0,6 °C. Menší nárast oproti vstupnej chodbe je zapríčinený najmä tým, že Vstupnou chodbou prechádzajú návštevníci 2x, kým v Sieni potápačov sa prehliadka končí. Podobne ako v prípade Vstupnej chodby, ani tu sa počas pondelkov a mesiacov novembra, decembra takýto výkyv teplôt nezaznamenal.

Uvedený monitoring teploty vzduchu po sprístupnení jaskyne jednoznačne dokazuje, že vplyv návštevnosti na zvýšenie teploty na prehliadkovej trase je reálne preukázateľný. Uzavretie relatívne nízke a stiesnené jaskynné priestory na prehliadkovej trase akumulujú teplotu počas pobytu návštevníkov, čím nastáva zmena teplotných pomerov jaskyne oproti stavu pred sprístupnením. Na podrobnejšie posúdenie tohto javu je potrebný dlhodobjší monitoring.

Literatúra

- HAMILTON-SMITH, E. 1997. Monitoring visitor experience and environmental conditions at Jenolan caves, New South Wales, Australia. In Stitt, R. R. (Ed.): 13th Cave and Karst Management Symposium. NSS, Bellingham, 1, 87–91.
- KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – ZELINKA, J. 1998. Vplyv návštevnosti na speleoklímu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z vedeckej konferencie (Mlynský, 8. – 10. 10. 1997). SSJ, Liptovský Mikuláš, 75–86.
- LAPIN, M. – FAŠKO, P. – MELO, M. – ŠTASTNÝ, P. – TOMLAIN, J. 2002. Klimatické oblasti. In Atlas krajiny Slovenskej republiky, IV. Prvotná krajinná štruktúra, mapa č. 27 (1 : 1 000 000), s. 95. Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Slovenská agentúra životného prostredia.
- PFILTSCH, A. – PIASECKI, J. – KLEBERGER, M. 1999. Impact of Tourists on Air and Rock Temperature in Static Cave Systems. In de Dear, R. – Johnson, J. – Potter, J. (Eds.): Proceedings of the 15th International Congress of Biometeorology and International Conference on Urban Climatology (Sydney, 8–12 November 1999), Macquarie University Sydney, ICBPO8.02, 1–7.
- PIASECKI, J. 1996. Przyczyny zmian klimatu Jaskini Niedzwiedziej w Kletnie. Acta Universitatis Wratislaviensis, 1794, Prace Instytutu Geograficznego, Seria C, Meteorologia a Klimatologia, 3, 33–56.
- ZELINKA, J. 2002. Microclimatic research in the Slovakian show caves. Acta Carsologica, 31, 1, 151–163.

BIOSPELEOLÓGIA A MIKROBIOLÓGIA

GENETICKÁ VARIABILITA POPULACÍ PANCÍRNÍKA PANTELLOZETES CAVATICUS V ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH JESKYNÍCH

Petra Kokořová^{1,2,3} – Josef Starý² –
Martina Žurovcová³ – Peter Luptáčík⁴

¹ Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita, Branišovská 31,
České Budějovice, Česká republika; petra.kokorova@post.cz

² Ústav půdní biologie BC AV ČR, Na Sádkách 702/7, České Budějovice,
Česká republika; jstary@upb.cas.cz

³ Entomologický ústav BC AV ČR, Branišovská 31, České Budějovice,
Česká republika; martina@entu.cas.cz

⁴ Ústav biologických a ekologických věd, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach,
Moyzesova 11, Košice, Slovenská republika; peter.luptacik@upjs.sk

Vnitrodruhové porovnávanie vzorů genetické diversity a odhad jejího stupně může přinést velmi zajímavý pohled na evoluční a demografickou historii druhů. Eutroglofilní roztok *Pantelozetes cavaticus* (Acari: Oribatida), u kterého nejsou patrné žádné adaptace pro život v jeskyních a nejčastěji je nacházen na trouchnivějším dřevě či v guanu netopýrů, byl do současné doby zaznamenán především v jeskynních systémech centrální Evropy. Prozatím nebyly popsány žádné morfologické rozdíly mezi populacemi z různých izolovaných jeskýň. Nicméně analýza sekvencí mitochondriálního genu cytochrom c oxidázy I (COI), jehož mutační rychlost je asi 20x vyšší než u jaderných genů a činí jej tak ideálním markerem pro studium populační variability, ukázala velké genetické rozdíly mezi populacemi z českých (Moravský a Javoříčský

kras) a slovenských (Slovenský kras) jaskýní. Genetická diverzita mezi populacemi byla výrazně vyšší než genetická diverzita v rámci jednotlivých populací. Vzorkované lokality vytvořily jasnou fylogeografickou strukturu reprezentovanou českou a slovenskou mitochondriální linií. Nukleotidová variabilita mezi dvěma regiony (CZ a SK) byla 78,4 %. Celkem bylo zaznamenáno 20 haplotypů – 12 ze Slovenska a 8 z České republiky. Sedm haplotypů bylo sdíleno jedinci z různých populací, což naznačuje komunikaci a tok genů mezi danými populacemi, vždy se jednalo o populace z jaskýní, které jsou si geograficky blízko. Korelace mezi geografickými a genetickými vzdálenostmi byla signifikantní, odpovídala velmi limitovaným disperzním schopnostem pancířníků a také poukazovala na probíhající proces „isolation by distance“ v populacích.

JASKYNNÉ SPOLOČENSTVÁ CHVOSTOSKOKOV (COLLEMBOLA) PLANINY GALMUS

Miloš Melega – Andrej Mock – Andrea Parimuchová

Ústav biologických a ekologických věd, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Moyzesova 11, Košice; milosmlg@gmail.com, andrej.mock@upjs.sk, andrea.parimuchova@upjs.sk

Galmuská planina je rozlohou malou krasovou jednotkou (70 km²), situovanou v severní části Volovských vrchů. Prevažně horizontálně jaskyne sú tu krátke, len 2 z nich presahujú dĺžku 100 m. V rokoch 2015 – 2016 sme uskutočnili na tomto území prvý komplexný výskum článkonožcov vo vybraných jaskyniach. O Galmuse bolo publikovaných len niekoľko faunistických údajov od autorov R. Mlejneka a V. Košela. Pre náš výskum sme vybrali 4 jaskyne: Šarkanova diera, Homološova diera, Galmuská diera a Svätajánskej diere (25 – 177 m). Článkonožce boli odchyťované prevažne metódou zemných pascí, ale aj ručným zberom a extrakciou z osevu sedimentu spreď vchodu do jaskýň. Dominantnou skupinou boli chvostoskoky. Predbežné výsledky poukazujú na pomerne chudobné a v porovnaní so susednými krasovými oblasťami málo špecifické spoločenstvá. Spolu sme zistili 16 druhov chvostoskokov. Prevahu mali troglofilné druhy: *Pygmarhopalites pygmaeus*, *Plutomurus carpathicus* a *Lepidocyrtus lignorum*. Druhovo najpestrejšou jaskynňou bola krátka Galmuská diera. Druhy výlučne subteránne sa zistili v krátkej Galmuskej diere (*Neelus koseli*), v Galmuskej diere a Svätajánskej diere (*Protaphorura janosik*), prekvapivo teda nie vo zvyšných dvoch jaskyniach, ktoré majú komplexnejšie subteránne prostredie. Ďalší jaskynný druh, *Pygmarhopalites aggtelekiensis*, sa v minulosti našiel v Šarkanovej diere. Výsledky sú predbežné a možno očakávať aj ďalšie zaujímavé druhy. Výskum je financovaný z projektu Vega č. 1/0199/14.

VÝSKYT MICROASCUS CAVIARIFORME VE SLOVENSKÝCH JASKÝNÍCH / THE OCCURRENCE OF MICROASCUS CAVIARIFORME IN SLOVAK CAVES

Alena Nováková

Laboratoř genetiky hub a metabolismů, Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., Vídeňská 1083, 142 00 Praha 4-Krč, Česká republika; ANmicrofungi@seznam.cz

Černé kulovité plodničky byly v minulosti nacházeny na mrtvých tělech plcha (Gombasecká jaskyňa) a netopýrů (Demänovská jaskyňa mieru a Harmanecká jaskyňa). Přes opakované pokusy se však tuto houbu nedařilo izolovat a na základě mikroskopických vlastností plodniček a askospor byla přiřazena do blízkosti askomycety *Pithomyces schumacheri*. Teprve s odstupem času se podařilo houbu identifikovat jako *Acaulium caviariforme* (dříve *Microascus caviariformis*) z čeledě Microascaceae.

Spherical black ascocarps were found in the past on cadavers of dormouse (Gombasecká Cave) and bats (Demänovská Cave of Peace and Harmanecká Cave). Even though it was isolated repeatedly, isolations were unsuccessful. Regarding microscopic features (size and shape of ascocarps and ascospores), this fungus was classified nearness to *Pithomyces schumacheri* and the present day, it was identified as *Acaulium caviariforme* (formerly *Microascus caviariformis*), the family Microascaceae.

MYKOBIOTA LEDOVÝCH VÝPLNÍ DEMÄNOVSKÉ A DOBŠÍNSKÉ LEDOVÉ JESKYNĚ / MYCOBIOTA OF ICE FILLING OF DEMÄNOVSKÁ AND DOBŠÍNSKÁ ICE CAVES

Alena Nováková

Laboratoř genetiky hub a metabolismů, Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., Vídeňská 1083, 142 00 Praha 4-Krč, Česká republika; ANmicrofungi@seznam.cz

Vzorky pro studium mykobioty ledových výplní Demänovské a Dobšinské ledové jaskyně byly odebrány v listopadu 2016. Současně byly odebrány i stěry z povrchu ledu a provedena izolace mikromycet z jaskynního ovzduší. Kultiva-

ce probíhala ve tmě při 25 (standardní laboratorní teplota) a 5 °C. Izolované mikromycety (cca 200 kmenů) byly rozříděny na základě makro- a mikromorfologických znaků a determinovány molekulárními metodami (izolace DNA, PCR, sekvenace). Druhy rodů *Pseudogymnoascus* a tmavě pigmentované mikromycety byly hojně nalézány v obou studovaných jaskýních.

Samples for the study of ice filling's mycobiota of Demänovská and Dobšinská Ice caves were collected in November 2016. Swabs from ice blocks surfaces were collected in the same time and micromycetes from cave air were isolated, too. Cultivations carried out at 25 (standard laboratory temperature) and 5°C in the darkness. Isolated micromycetes (ca 200 strains) were selected according to macro- and micromorphological features and determined using molecular methods (DNA isolation, PCR, and DNA sequencing). Species of the genus *Pseudogymnoascus* and dark pigmented micromycetes were found abundant in both studied caves.

FUNGAL COMMUNITIES ON ROCK SURFACES IN FOUR SLOVAK CAVES

Rafał Ogórek¹ – Agnieszka Lejman² – Zuzana Višňovská³

¹ Institute of Genetics and Microbiology, Department of Genetics, University of Wrocław, Przybyszewskiego Street 63/77, 51-148 Wrocław, Poland; rafal-ogorek@wp.pl, rafal.ogorek@uwr.edu.pl

² Department of Agroecosystems and Green Areas Management, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Grunwaldzki Square 24a, 53-363 Wrocław, Poland; agnieszka.lejman@upwr.edu.pl

³ State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; zuzana.visnovska@ssj.sk

This paper presents an overview of our speleomycological research regarding the fungal communities on rock surfaces in four Slovak caves (all open to the public): Driny Cave in the Little Carpathian Mts, Harmanecká Cave in the Greater Fatra Mts and Demänovská Ice Cave and Demänovská Cave of Liberty in the Low Tatra Mts (Ogórek et al., 2016a,b; Ogórek, 2017). The samples were collected in June or July 2014 from several locations inside all caves by using sterile swabs wetted with physiological saline (0.85 % NaCl). Generally, fungi cultured on PDA medium were identified using classical phenotypic method. Additionally, the phenotypes of fungi obtained from Demänovská Ice Cave and Demänovská Cave of Liberty were compared with the strains from the collection of R. Ogórek (Department of Genetics, Institute of Genetics and Microbiology, University of Wrocław), which were identified by using phenotypic and molecular studies, and their the internal transcribed spacer (ITS) sequences were entered into the National Center for Biotechnology Information (NCBI, Bethesda, MD, USA).

Epilithic fungal communities showed significant differences in terms of composition and abundance between the caves and different parts of them. Generally, the majority of fungi were isolated from the twilight zones of the caves, which are located in the vicinity of the place connected with the external environment – the exception was the Driny Cave. The density of epilithic fungi isolated from Driny Cave ranged from 38.3 to 301.7 CFU (colony-forming units) per 1 m² of the rock surface, from Harmanecká Cave ranged from 45.0 to 106.6 CFU, from Demänovská Ice Cave ranged from 238.7 to 575.1 CFU, and from Demänovská Cave of Liberty ranged from 88.6 to 347 CFU. Twenty-six different free-living culturable fungi were isolated from the rock surfaces of all caves. Generally, the fungus most frequently isolated from the rock surfaces of Driny Cave was *Penicillium chrysogenum*; from Harmanecká Cave, it was *Gliocladium roseum*; from Demänovská Ice Cave, it was *Cladosporium cladosporioides*; and from Demänovská Cave of Liberty, it was *Aspergillus flavus* (Ogórek et al., 2016a,b; Ogórek, 2017).

Some of the fungi isolated from the rock surfaces of four Slovak caves, can cause allergic respiratory diseases, and can be opportunistic pathogens for humans and animals, and they can also cause degradation of rocks. Among other things because most of them are able to grow under oligocarbophilic conditions and to produce spores at low temperatures in very large numbers, and they excrete many secondary metabolites into the environment such as organic acids, mycotoxins, etc. Therefore, speleomycological research should be regularly performed, because fungi may pose a threat to underground ecosystems in particular due to climate change. Furthermore, this type of research allows people to better understand the relationships occurring in the ecological niche of underground sites.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education carried out by the University of Wrocław "Grant to Young Researchers". Grant number: 0420/2299/17

References

- OGÓREK, R. – DYLAĆ, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – TANČINOVÁ, D. – ZALEWSKI, D. 2016a. Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia). Journal of Cave and Karst Studies, 78, 2, 119–127.
- OGÓREK, R. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – TANČINOVÁ, D. 2016b. Mycobiota of underground habitats: case study of Harmanecká Cave in Slovakia. Microbial Ecology, 71, 1, 87–99.
- OGÓREK, R. 2017. Fungal communities on rock surfaces in Demänovská Ice Cave and Demänovská Cave of Liberty (Slovakia). Geomicrobiology Journal, doi: 10.1080/01490451.2017.1348409.

VLIV ORGANICKÉHO ZNEČIŠTĚNÍ VODNÍHO PROSTŘEDÍ MORAVSKÉHO A HRANICKÉHO KRASU NA VÝSKYT NETUBERKULÓZNÍCH MYKOBAKTERIÍ

Ivo Pavlík¹ – Helena Modrá¹ – Jan Caha¹ – Vít Ulmann² – Milan Geršl³ – Jan Kudělka³ – Milan Bartoš⁴ – Antonín Tůma⁵

¹ Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Mendelova univerzita v Brně, tř. Generála Píky 2005/7, 613 00 Brno, Česká republika;

ivo.pavlik@mendelu.cz

² Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Partyzánské nám. 7, 702 00 Ostrava, Česká republika

³ Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Česká republika

⁴ Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Brno, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, Česká republika

⁵ AOPK ČR, Správa CHKO Moravský kras, Svitavská 29, 678 01 Blansko, Česká republika

Onemocnění způsobovaná mykobakteriemi jsou dodnes celosvětově významná (tuberkulóza lidí a zvířat, ptačí tuberkulóza, lepra aj.). V prostředí se vyskytuje dnes více než 100 známých druhů netuberkulózních mykobakterií. Vodní prostředí je místem, kde dlouhodobě přezívají, v některých případech se i množí a podílí se na odbourávání organických látek. Cílem tohoto sdělení je informovat především speleology o zdrojích organického znečištění ve dvou krasových oblastech v ČR a o výskytu netuberkulózních mykobakterií prokazovaných metodami mikrobiologickými a molekulárně biologickými. V posledních dvou letech byly odebrány vzorky v jeskynních systémech a vzorky z povrchu spojené s povrchovými toky vstupujícími do jeskyní. Nejčastěji byly uvnitř jeskyní vyšetřovány sedimenty (196 vzorků), žilalové hlíny (71 vzorků), sediment pod žilalovými hlínami (42 vzorků), voda (49 vzorků) a naplavené dřevité materiály (40 vzorků). Na povrchu bylo odebráno celkem 156 vzorků sedimentů z povrchových vodních toků včetně vzorků vyšetřovaných na čistírnách odpadních vod (ČOV). Rovněž bylo odebráno 22 vzorků půd, které jsou splavovány při povodních do povrchových toků. V obou lokalitách bylo odebráno také guáno netopýřů z letních i zimních kolonií (23 vzorků). Celkem bylo v oblasti Moravského krasu (MK) vyšetřeno 640 vzorků zahrnujících 36 typů matric. V jeskynních sedimentech bylo kultivačně pozitivních 14,6 % vzorků, v žilalových hlínách 23,7 % a v sedimentech pod žilalovými hlínami 14,3 %. Naplavené dřevo v jeskyních bylo pozitivní v 17,2 % a guáno zimujících netopýřů ve 33,3 %. Nejčastěji byly kultivačně prokázány následující druhy mykobakterií: *Mycobacterium terrae*, *M. arupense*, *M. fortuitum*, *M. peregrinum*, *M. septicum*, *M. gordonae* aj. Ze zdravotně významných druhů bylo také prokázáno *M. xenopi*, *M. avium* subsp. *avium* a *M. avium* subsp. *hominissuis*, *M. intracellulare*, *M. malmoense*, *M. abscessus* aj. DNA byla prokázána z dalších více než 30 různých netuberkulózních druhů mykobakterií, svědčících o jejich přítomnosti v jeskynním prostředí, které je v MK v určitých nikách příznivé. V Hranickém krasu (HK) bylo vyšetřeno celkem 100 vzorků. V sedimentu bylo pozitivních pouze 4,8 % vzorků, v guánech netopýřů 40 % vzorků. Kultivačně bylo prokázáno *M. intracellulare*, *M. florentinum*, *M. yongonense*, *M. colombiense*, *M. paraintracellulare* aj. DNA byla prokázána u 5 dalších druhů mykobakterií, což svědčí pro méně příznivé prostředí v HK pro jejich výskyt. Při analýzách geochemických parametrů bylo zjištěno, že přítomnost mykobakterií má větší souvislost s koncentrací organického uhlíku vyjádřenou pomocí ukazatele TOC (Total Organic Carbon) než s hodnotou pH vyšetřovaných matric. Nižší pozitivita na přítomnost mykobakterií v sedimentech ve HK souvisí s vysokou koncentrací oxidu uhelnatého a nižší koncentrací organické hmoty. Poděkování: Příspěvek vznikl v rámci projektu GA ČR č. 16-13231S „Vodní prostředí v krasu: dopad lidských aktivit na geomikrobiologickou“.

RECENTNÍ NÁLEZY ŽÍŽAL (ANNELIDA: LUMBRICIDAE) V JESKYNÍCH ČESKA A SLOVENSKA

Václav Pižl

Ústav půdní biologie, Biologické centrum AV ČR, Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice, Česká republika; pizl@upb.cas.cz

Příspěvek navazuje na předchozí studii autora publikovanou v roce 2008 (Pižl, 2008), ve které shrnul poznatky o výskytu žížalovitých v 59 českých a slovenských jeskyních v letech 1981 – 2007, a prezentuje recentní nálezy žížal v celkem 27 jeskyních na Moravě a na Slovensku. V případě 17 jeskynních systémů se jedná o první zveřejňovaná data o této skupině bezobratlých živočichů. Celkem bylo v získaném materiálu determinováno 11 druhů, přičemž podobně jako v dřívější studii byl nejčastěji nalezáným druhem *Dendrodrilus rubidus*, jehož výskyt byl zaznamenán ve 12 jeskyních. K často nalezáným patří i *Octolasion lacteum*, nalezaný v osmi jeskyních, a *Aporrectodea rosea*, jejíž výskyt byl zaznamenán v pěti jeskyních. Tři druhy byly na zájmovém území nalezeny poprvé v hlubinných částech jeskyní: *Octodrilus argoviensis* (Jaskyňa vo vrchu Nový 2, Belianske Tatry), *Eisenia lucens* (Jaskyňa Kolónia II – Volovské vrchy) a *Aporrectodea trapezoides* (Stupňovitá propast v Sloup-

ske-šošůvských jeskyních – Moravský kras). Celkem je tak z jeskyní Česka a Slovenska v současnosti známo 14 druhů žížal. Ve většině jeskyní byl zaznamenán výskyt pouze jednoho druhu, bohatší společenstva (tři a více druhů) byla zaznamenána pouze v Nové Amatérské jeskyni, Býčí skále a Sloupско-šošůvských jeskyních (Moravský kras) a v jeskyni Michňová (Tisovecký kras). Významným objevem je nález stabilní a velmi početné populace druhu *Allo-lolophora chlorotica* ve Stupňovité propasti.

Literatura

Pižl, V. 2008. Jsou žížaly (Oligochaeta, Lumbricidae) pravidelnými či náhodnými obyvateli jeskynních systémů ČR a SR? Slovenský kras (Acta Carsologica Slovaca), 46, 1, 197–201.

SOIL COLLEMBOLA COMMUNITIES ALONG A MICROCLIMATIC GRADIENT IN FRONT OF DOBŠÍNSKÁ ICE CAVE, SLOVAKIA

Natália Raschmanová¹ – Ľubomír Kováč¹ – Dana Miklisová²

¹ Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 54 Košice; natalia.raschmanova@upjs.sk, lubomir.kovac@upjs.sk

² Parazitologický ústav SAV, Hlinkova 3, 040 01 Košice; miklis@saske.sk

In autumn 2016 the study of Collembola (Hexapoda), a dominant group of soil mesofauna, was carried out in front of Dobšinská Ice Cave situated at altitude of 969 m a. s. l. (Slovak Paradise National Park). Soil samples were taken at three sites along a small-scale microclimatic gradient (17.3 m long transect). The temperature measured on the soil surface ranged from +4.8 to +8.6 °C from the cave entrance along the transect line up the slope. The vegetation changes progressively from moss on rocks at the cave entrance to the upper forest part of the slope (*Fageto-Piceetum*) with herbal cover. The effect of microclimatic gradient on abundance and diversity pattern of soil collembolan communities was assessed. The sites along gradient in front of the cave entrance, differing substantially in microclimate and vegetation, may be considered as natural habitat islands in a karst area (Begon et al., 2006). Soil microclimate and vegetation along the gradients in the karst landscape determine high environmental heterogeneity and high local diversity of soil biota communities that involve broad spectrum of relict, montane and endemic species, and often even cryptic species or species new for the science. Their occurrence highlights the conservation biology value of the cave entrances as natural karst gradients. Acknowledgements: The study was supported from the Slovak Scientific Grant Agency VEGA, project 1/0199/14.

References

BEGON, M. – TOWNSEND, C. R. – HARPER, J. L. 2006. Ecology: From Individuals to Ecosystems. 3rd Edition, Blackwell, 738 p.

MEDZI PÔDOU A JASKYŇOU – K POZNANIU PODZEMNÝCH EKOSYSTÉMOV SUTÍN ZÁPADNÝCH KARPÁT

Michal Rendoš¹ – Andrej Mock²

¹ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; michal.rendos@ssj.sk

² Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 040 01 Košice; andrej.mock@upjs.sk

Vnútrore priestory zalesnených sutinových svahov predstavujú unikátny typ tzv. plytkého subteránneho habitátu vyznačujúceho sa absenciou svetla, minimálnymi fluktuáciami teplôt, vysokou relatívnou vlhkosťou a dobrou dostupnosťou živín. „Mesovoid shallow substratum (MSS)“, ako sa tento habitat označuje, leží bezprostredne pod vrstvou pôdy a môže siahať až do hĺbky niekoľkých desiatok metrov. Je tvorený rozsiahlym labyrintom vzduchom vyplnených dutín a úzkych puklín medzi jednotlivými skalnými úlomkami, ktoré sa nahromadili pozdĺž svahu ako dôsledok mechanického zvetrávania. MSS je priestorovo prepojené so zvyškom podzemných priestorov – jaskyňami, sieťou mezokaverien v podloží a mikrokaverien v pôde, medzi ktorými prebieha neustála výmena chemických látok, organickej hmoty a biomasy, čím spoločne vytvárajú jednotný komplex. Vo všeobecnosti toto prostredie osídľujú dve rozličné spoločenstvá druhov. Prvé z nich zahŕňa subteránne formy, troglobionty a troglófilu, známe z jaskýň, kým to druhé tvoria bežné pôdne druhy, ktoré v MSS prekonávajú časť ich životného cyklu. Výskumom spoločenstiev bezstavovcov, ich priestorovej distribúcie a sezónnej dynamiky v hĺbkovom profile zalesnených sutinových svahov (pôda – MSS) sa v Západných Karpatoch venujeme už takmer desaťročie. Záujem o toto prostredie je logickým nadviazaním na predošlé štúdie subteránnych habitatov – najmä jaskýň. Fauna bezstavovcov sa dosiaľ skúmala na krasových lokalitách v údolí Malý Ružínok (Čierna hora), v závere údolia Drienok (Révúcka vrchovina), pod Belinskými skalami v Cerovej vrchovine, vo svahu závrty susediaceho s prepadiskom Silcká ľadnica a vo svahu pri Ardovskej

jaskyni (obe v Slovenskom krase) a v sutinovom svahu s kremencovým podkladom nad obcou Borinka v Malých Karpatoch. Jednorazovo sa preskúmali aj plytké sutiny vo svahu pri Malej drienečanskej jaskyni a v prepadisku nad Veľkou drienečanskou jaskyniou. Aktuálne prebieha zber materiálu na dvoch miestach v Zádielskej tiesňave v Slovenskom krase. Výber lokalít bol podmienený dostatkom poznatkov o regionálnej jaskynnej faune.

Bezstavovce san a všetkých lokalitách zbierali metódou subteránnych pascí, ktorú pôvodne navrhli Schlick-Steiner a Steiner (2000) a neskôr ju modifikovali pedobiológovia z Univerzity Palackého v Olomouci (Laška et al., 2011). Každá z pascí pozostáva z plastového valca s otvormi vyvrtanými po obvode v 10 horizontálnych úrovniach (5 – 95 cm) a systému 10 plastových nádob vzájomne spojených závitnicovou tyčou a maticami. Plastový valec po zakopaní do profilu sutinového svahu slúži ako ochranné puzdro na zasúvanie plastových nádob naplnených fixačným roztokom, pričom pozícia každej z nich korešponduje s pozíciou otvorov po obvode valca. Vyvrtané otvory po obvode valca umožňujú vstup fauny dovnútra pascí.

Medzi odchytiteľnými bezstavovcami jednoznačne prevládajú článkonožce, v malej miere sú tu prítomné aj mäkkýše a máloštetinavce. Drobné článkonožce (mezofauna), a to najmä chvostoskoky, výrazne dominujú nad makrofaunou v počte jedincov (aktivity), ale výrazne sú tu zastúpené aj drobné formy dvojkrídlcov a druhovo bohaté spoločenstvá chrobákov. Aktivita bezstavovcov, zastúpených prevažne pôdnymi druhmi, je výrazne ovplyvnená gradientom distribúcie potravných zdrojov v smere povrch (zdroj) – hlbšie vrstvy (pokles príslunu). Okrem bežnej pôdnej fauny využíva toto prostredie ako refúgium aj viacero reliktných foriem, pričom pre niektoré z nich sú typické aj výrazné morfológické adaptácie na podzemie (napr. slepé, depigmentované druhy chvostoskokov *Megalothorax hipmani*, *Neelus koseli* a *Pseudosinella* spp., rovnakožka *Mesoniscus graniger*, mnohonôžky z čeľade Blaniulidae a na podzemie čiastočne adaptované behúňky z rodu *Duvalius* a pod.).

Literatúra

- LAŠKA, V. – KOPECKÝ, O. – RUŽIČKA, V. – MIKULA, J. – VÉLE, A. – ŠARAPATKA, B. – TUŠ, I. H. 2011. Vertical distribution of spiders in soil. *Journal of Arachnology*, 39, 3, 393–398.
SCHLICK-STEINER, B. C. – STEINER, F. M. 2000. Eine neue Subterrannfalle und Fänge aus Kärnten. *Carinthia*, 2, 190/110, 475–482.

MONITORING TERESTRICKÝCH BEZOBRATLÝCH NA VYBRANÝCH STANOVIŠTÁCH V SYSTÉMU RAMSARSKÉHO MOKŘADU PODZEMNÍ PUNKVA

Karel Tajovský – Josef Starý – Peter Čuchta – Václav Pížl

Ústav půdní biologie, Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice, Česká republika; tajov@upb.ces.cz, jstary@upb.cas.cz, peter.cuchta@post.sk, pizl@upb.cas.cz

V seznamu mezinárodně evidovaných mokřadů zaujímá výjimečné postavení mokřad Podzemní Punkva, v pořadí 11. ramsarský mokřad na území České republiky. Ve skutečnosti zahrnuje nejrozsáhlejší jaskynní systém v ČR s více než 39 km chodeb, domů a propastí, kterým protéká Sloupský potok a Bílá voda s dalšími přítoky spojujícími se v řčku Punkvu. Hlubší části jsou zatopené v celém profilu, jinými protékají vody s volnou hladinou a část jaskyní je mimo dosah nepravdělných vodních stavů. Monitoring terestrických bezobratlých se soustředil na pět stacionárních ploch v pravidelně nezaplavovaných částech Nové Amatérské jeskyně (včetně nedávno objevených částí) a Soupsko-šošůvských jaskyní.

Kombinací metod byl shromážděn obsáhlý materiál dokládající přítomnost 7 druhů žížal, 73 druhů roztočů – pancířníků, 74 druhů chvostoskoků, 3 druhů mnohonôžek, 2 druhů stonožek a 5 druhů suchozemských stejnonôžců, a dále řady druhů pavouků, dvoukrídlovců, brouků, pisívek a dalších zástupců bezobratlých. Vedle mnoha troglonenných druhů jsou významné nálezy troglobiontního pancířníka *Kunstdamaeus lengersdorfi* a eutroglofilního *Pantelozetes cavaticus*. Troglonenné chvostoskoky reprezentovaly druhy *Heteromurus nitidus*, *Arrhopalites pygmaeus*, *Protaphorura tricampata* a *Folsomia lawrencei*. Význačné jsou rovněž nálezy střevlíkovitých brouků druhu *Trechoblemus micros* nebo drabčička *Atheta spelaea* (druhá lokalita pro ČR). Z dalších lokálně troglonenných druhů s trvalými populacemi v daném podzemním mokřadu lze jmenovat žížalu *Aporrectodea rosea* a *Alloobophora chlorotica*, mnohonôžky *Brachydesmus superus* a *Brachychaeteuma bradeae* a stonožku *Lithobius lucifugus*.

Kvantitativní i kvalitativní posouzení dat z pěti stacionárních ploch ukázalo rozmanitost v osídlení celého systému, úzkou souvislost oživení s dosahem podzemních toků, vzdáleností a komunikací chodeb s povrchem, stanovištními podmínkami s nánosy sedimentů, ale i s dopady lidské činnosti v některých částech jaskyní. Specifické postavení prostoru Rozlehlé chodby v Nové Amatérské jeskyni v rámci celého systému zjevně souvisí s opakovaným ukládáním nových sedimentů a organických materiálů aktivním podzemním tokem a rovněž s transportem dalších, povrchově žijících bezobratlých. Bohaté oživení mohou vysvětlovat rovněž zvýšené koncentrace dusičnanů ve skapové vodě naměřené právě v této části jeskyně, což na rozdíl od nepravdělných povodňových stavů může představovat další, téměř kontinuální zdroj živin podporující rozvoj přítomných a vodou přinášených mikroorganismů.

Poděkování: Projekt byl realizován ve spolupráci s SCHKO Moravský kras a Beleco z. s., s podporou grantu z Islandu, Lichtenštejnska a Norska EHP-CZ02_PDP-1-020-01-2014.

POZORUHODNÝ CHIROPTEROLOGICKÝ NÁLEZ PO OBJAVENÍ NOVÝCH PRIESTOROV V JASKYNI DUČA (SLOVENSKÝ RAJ)

Zuzana Višňovská¹ – Ľuboš Cibula² – Andrea Hájková² – Michal Rendoš¹

¹ Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; zuzana.visnovska@ssj.sk, michal.rendos@ssj.sk

² Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa Národného parku Slovenský raj, Štefánikovo námestie č. 9, 052 01 Spišská Nová Ves; lubos.cibula@sopsr.sk, andrea.hajkova@sopsr.sk

Jaskyňa Duča sa nachádza medzi Dobšinskou ľadovou jaskyniou a Stratenkou jaskyniou v krasovej planine Duča na území Slovenského raja (Spišsko-gemerský kras). Vchod (995 m n. m.) je situovaný priamo v prepadisku Duča neďaleko vchodu do Dobšinskej ľadovej jaskyne. Až do roku 2010 dĺžka dovedy známych častí jaskyne predstavovala 136 metrov a tento priestor bol z chiropterologického hľadiska hodnotený ako pravidelné, no relatívne málopočetné zimovisko netopierov (spravidla medzi 20 až 50 ex.) v celkovom zastúpení 9 druhov (Bobáková, 2002). Najpočetnejšie zastúpenie mali druhy *Myotis myotis*, *Myotis mystacinus* a *M. brandtii*, zaujímavým zistením bol pravidelný výskyt teplomilného druhu *Rhinolophus hipposideros*.

Prelom v poznatki nastal v roku 2011 (5. február), keď jaskyniari zo Speleoklubu Slovenský raj objavili pokračovanie jaskyne v dĺžke okolo 190 m (od Chodby mladých nádejí po Veľký meander), smerujúce k nezaťaženej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne. V týchto priestoroch jaskyniari spozorovali početnejší výskyt netopierov, čo následne podnietilo záujem o vykonanie zimného sčítania. To sme realizovali v období rokov 2012 – 2015, počas ktorého najvýznamnejším výsledkom bol počet 199 netopierov, z toho 123 ex. sa zistilo v nových častiach jaskyne. Razom sa jaskyňa Duča preradila k najvýznamnejším zimoviskám netopierov v Slovenskom raji a širšom okolí. Práve počas zimného sčítania netopierov 11. februára 2014 sa úplnou náhodou podarilo v priestore Zavaleného domu objaviť ďalšie, oveľa významnejšie pokračovanie jaskyne, ktoré prekonallo všetky doterajšie očakávania z hľadiska speleologického, a následne aj chiropterologického. Priestory pozoruhodné svojím charakterom, rozmermi a sintrovou výzdobou nás prekvapili masovým výskytom netopierov, obzvlášť vo Veľkej chodbe – dosiaľ najspodnejšej a najväčšej časti jaskyne. Prvé detailné sčítanie netopierov v celej jaskyni (aktuálna dĺžka 823 m a hĺbka 80 m k 31. 7. 2017) sme vykonali 9. februára 2016 s pozoruhodným výsledkom 1488 netopierov. Eudominantné druhy *Myotis mystacinus/brandtii* zimovali jednotlivo a často aj v rôznopčetných agregáciách v celkovom počte 1197 ex., na základe čoho sa jaskyňa Duča s vysokým náskokom stáva najvýznamnejším známym zimoviskom týchto druhov na Slovensku. Spolu so susednou Dobšinskou ľadovou jaskyniou (doterajšie maximum 643 ex. Mmys/bra z februára 2017), s ktorou Duča geneticky súvisí, ich súhrnný počet v roku 2016 dosiahol až 1695 ex., v roku 2017 to bolo 1530 ex. Obe lokality ako celok predstavujú unikátne podzemné zimovisko chladnomilných lesných netopierov *Myotis mystacinus* a *Myotis brandtii* s významným zastúpením ďalších druhov, ako *Myotis myotis*, *Eptesicus nilssonii*, *Plecotus auritus*, *Myotis dasycneme* a *Myotis nattereri*, preto je nanajvýš aktuálna zvýšená ochrana podzemných priestorov spojená s minimalizovaním rušivých vplyvov v zimnom období počas ich hibernácie.

Literatúra

- BOBÁKOVÁ, L. 2002. Zimovanie netopierov v jaskynnom systéme Dobšinská ľadová jaskyňa – jaskyňa Duča. *Vespertilio*, 6, 245–248.

SPELEOLOGICKÝ PRIESKUM, DOKUMENTÁCIA A INFORMATIKA

NOVÉ POZNATKY Z PRIESKUMU JASKYNE V ŽERUCHE V NÍZKYCH TATRÁCH

Peter Holúbek

Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; holubek@smopaj.sk
Speleoklub Nicolaus, Liptovský Mikuláš

Bella a Jančovič (1993) opísali kratšie jaskyne (Jaskyňa v Žeruche, Svarínska jaskyňa, Skladisko, Jaskyňa nad cestou, Ponorová jaskyňa, Jaskyňa v stene) v doline Svarínky v severovýchodnej časti Nízkych Tatier. Predpokladalo sa, že ide o lokality v obmedzenom krasovom ostrove bez možnosti významnejšieho pokračovania. V roku 2006 sa objavila z iniciatívy jaskyniarov z oblasťnej skupiny SSS Liptovský Mikuláš v susedstve týchto lokalít v Malužinskej doline priepasť ponorová jaskyňa Škarketka (1150 m n. m.) s dĺžkou 133 m, do ktorej vteká vodný tok s výdatnosťou do 1 l.s⁻¹. Jeho zafarbením jaskyniarmi sa nezistil prienik vôd do Malužinskej doliny. Analyzovaním geologickej a hydrologickej situácie sa usúdilo, že lokalita Škarketka gene-

tický súvisí s jaskyňami vo Svarínskej doline. Jaskyniarom zo Speleoklubu Nicolaus sa v roku 2016 v Jaskyni v Žeruche (1006 m n. m.), ktorá mala pôvodne dĺžku 17 m, podarilo sériou objavov odkryť podzemné priestory s dĺžkou 250 m, ktoré stúpajú a smerujú do Malužinskej doliny. Ide o riečne modelované chodby s priemerom do 3 m. Vane tu silný prievan, podľa ktorého ide o spodný vchod do jaskynného systému; podľa ročných kontinuálnych meraní ide o prievan vanúci zo stabilného „klimatického pásma“. Nachádzajú sa tu zaujímavé sedimenty, sintrová výzdoba a minerálna výplň (vaterit), ktorá je v súčasnosti predmetom výskumu. Morfológia chodieb nasvedčuje tomu, že jaskyňa prekonala zložitý vývoj a bola úplne zanesená pieskovými sedimentmi pochádzajúcimi z nekrasových hornín. Pod touto lokalitou sa nachádza sutinový výver vôd s odhadovanou výdatnosťou 5 l.s⁻¹, ktorý podľa našich predpokladov môže pochádzať aj z ponorov vyskytujúcich sa v Malužinskej doline. Podľa geologickej mapy sú lokality Škarkétka a Jaskyňa v Žeruche vytvorené v triasových dolomitoch zvrásnených v pieskovochoch a bridliciach permského veku. Praktický speleologický prieskum v tejto oblasti potvrdil aj existenciu vápencov; určite by bolo zaujímavé venovať sa aj geológii v širšom okolí. Podľa nášho názoru je tu možnosť objavu rozsiahleho jaskynného systému s dĺžkou niekoľko kilometrov. V ďalšom prieskume sa treba zamerať na hydrologický prieskum, ktorý by jednoznačne dokázal genetický súvis lokalít nachádzajúcich sa v Malužinskej a Svarínskej doline.

Literatúra

BELLA, P. – JANČOVIČ, D. 1993. Jaskyne doliny Svarínky v severovýchodnej časti Nízkych Tatier. Slovenský kras, 31, 83–91.

VÝVOJ ZBERU A SPRACOVANIA DÁT PRE TROJROZMERNÉ ZOBRAZOVANIE JASKÝŇ

Jozef Šupinský

Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach,
Jesenná 5, 041 00 Košice; supinskyjosef@gmail.com

Problematica trojrozmerného zobrazovania jaskynných priestorov sa stáva čoraz aktuálnejšou. Do popredia sa dostáva najmä sledovanie a simulácia dynamických krasových javov. Najvhodnejším spôsobom na prezentovanie výsledkov sa preto stáva dynamický voxelový alebo polygónový model jaskynných priestorov. S neustálym rozvojom výpočtovej techniky, softvérového inžinierstva a mapovacích zariadení sa posúvajú hranice tak mapovania, ako aj vykresľovania zameraných jaskynných priestorov s dôrazom na automatizáciu jednotlivých procesov.

Prvé pokusy o trojrozmerné zobrazovanie jaskýň boli spracovávané pomocou využitia vrstevnicových plánov a asi najhodnotnejším je príspevok venujúci sa zobrazovaniu jaskýň pomocou vertikálnych vrstevníc (Steinke, 1971). Na Steinkeho nadväzuje s istými obmenami množstvo prác venujúcich sa metóde priečnych rezov (Hipman, 1982; Hochmuth, 1997; Šupinský a Hochmuth, 2016 a iné).

V nami používanej profilovej metóde (Šupinský, 2016) odvodzujeme model jaskyne z priečnych profilov snímaných pomocou laserového diaľkomeru vďaka známej polohe stanoviska odvodeného od polygónového ťahu (Hochmuth, 2014). Metódu používame od roku 2013, keď sme ju 1× testovali v Kysackej jaskyni. Jej ďalší rozvoj podnietilo najmä skenovanie jaskyne Domica (Gallay et al., 2015), pri ktorom sme sa snažili navrhnúť jednoduchý prístup na domapovanie priestorov nevhodných na pozemné skenovanie.

V hodnotnom príspevku Krátka história digitálnej trojrozmernej dokumentácie jaskynných priestorov (Sluka, 2017) sa nachádza krátky odsek, v ktorom sa spomína potenciálne využitie pozemného laserového skenovania (TLS) pri tvorbe modelov jaskýň, ktorý autor končí konštatovaním, že tienenie si vyžaduje nutnosť opakovaného skenovania, a tým sa stáva neefektívne. Nádejné sa však zdajú byť pohyblivé laserové skenery, ktoré vďaka malým rozmerom vyhovujú v jaskynnom prostredí. Väčšinu problémov s mapovaním by dokázal vyriešiť skener umiestnený na UAV platforme, ktorá sa dokáže pohybovať po priestoroch na základe IMU a echolokácie a merané dáta prenáša bezdrôtovo do dokovacej stanice, v ktorej sa tiež dobíja.

Rozvoj je žiadaný aj v oblasti interpolačných metód, pretože používané algoritmy neboli navrhované pre potreby speleológov, a na modelovanie jaskýň sa preto používajú funkcie optimalizované pre architektúru a reverzné inžinierstvo, ako Ball Pivoting, Poisson a Wrap. Geoinformatika a blízke odbory sa v súčasnosti vo veľkej miere venujú aj identifikácii objektov z rôznych dátových štruktúr, ktorá je nutná na to, aby sme raz dokázali automaticky generovať jaskynné mapy.

Dnes sa väčšina speleológov na Slovensku orientuje na mapovanie laserovými diaľkomermi a zobrazovanie výsledkov v softvéri Thieron. Je však možné, že ide o slepú uličku, ktorá vedie značné množstvo ľudí do rozvoja meračskej metódy a grafickej platformy, ktorá prestane byť užitočná v momente, keď sa začnú používať vo väčšej miere autonómne skenery a dôležitým sa stane proces tvorby algoritmov pre identifikáciu jaskynných objektov. Kým však nedôjde k ďalšiemu zefektívneniu UAV platformy alebo dostatočnému minimalizovaniu skenovacieho zariadenia, ostávajú tieto návrhy len v teoretickej rovine a nám ostáva ďalej pracovať s dostupnými riešeniami, ktoré každodenne narážajú na svoje limity.

Literatúra

- GALLAY, M. – KAŇUK, J. – HOCHMUTH, Z. – MENEELY, J. – HOFIERKA, J. – SEDLÁK, V. 2015. Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia. International Journal of Speleology, 44, 3, 277–291.
- HIPMAN, P. 1982. Názorné zobrazovanie zložitých jaskynných systémů. Československý kras, 33, 13–25.
- HOCHMUTH, Z. 1997. Príspevok k problematike genézy jaskynných úrovní v Liskovskej jaskyni. Slovenský kras, 35, 89–96.
- HOCHMUTH, Z. 2014. História mapovania a vytvorenie spojitého meračského ťahu ako podkladu pre reambulovanie mapy Domice. Slovenský kras, 52, 2, 173–190.
- SLUKA, M. 2017. Krátka história digitálnej trojrozmernej dokumentácie jaskynných priestorov. Spravodaj SSS, 49, 2, 44–52.
- STEINKE, T. R. 1971. A vertical contour method of cave representations. Bulletin of the National Speleological Society, 33, 4, 127–134.
- ŠUPINSKÝ, J. – HOCHMUTH, Z. 2016. Nová metóda 3D mapovania a zobrazovania jaskýň. Spravodaj SSS, 48, 2, 34–37.

SOUČASNÉ VÝZKUMY REALIZOVANÉ V JESKYNÍCH MORAVSKÉHO KRASU

Antonín Tůma¹ – Ivo Pavlík²

¹ AOPK ČR, Správa CHKO Moravský kras, Svitavská 29, 678 01 Blansko,
Česká republika; antonin.tuma@nature.cz

² Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Mendelova univerzita
v Brně, tř. Generála Píky 2005/7, 613 00 Brno, Česká republika;
ivo.pavlik@mendelu.cz

Širší zájem laické i odborné veřejnosti o přírodu a krajinu Moravského krasu se datuje od poloviny devatenáctého století, kdy bylo toto území hojně navštěvováno prvními turisty a výzkumníky. Název Moravský kras poprvé použil počátkem 20. století významný krasový badatel a archeolog Karel Absolon. 19. a 20. stol. je období mnoha speleologických objevů a archeologických a paleontologických výzkumů světového významu, na něž se navazuje i v dnešní době.

Moravský kras s plně vyvinutými krasovými jevy je plošně nejrozsáhlejší a nejvýznamnější krasovou oblastí České republiky. Chráněná krajinná oblast (CHKO) vyhlášena v roce 1956 se rozkládá na ploše 92 km². Podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny veškeré výzkumy v jeskyních na území CHKO Moravský kras povoluje Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, regionální pracoviště Jižní Morava, oddělení Správa CHKO Moravský kras.

Bezkonkurenčně nejpočetnější zastoupení mají speleologické výzkumy, které realizuje 22 speleologických skupin – spolků s vysokou odbornou erudiicí a mnohaletými zkušenostmi. Speleologické výzkumy zahrnují především snahu o objevení nových podzemních prostor formou klasických průkopů v sedimentech chodeb, hloubení šachtic v závrtch, rozšiřování jeskynních úžin, speleopotápění, barvicích hydrologických pokusů, případně kouřových pokusů. Méně početné jsou archeologické výzkumy realizované Moravským zemským muzeem v Brně a paleontologické výzkumy realizované speleology za spolupráce a pod záštitou stejné instituce. V Amatérské jeskyni provádí hydrologický výzkum průtoků podzemních vodních toků Český hydrometeorologický ústav a skenování jeskynních chodeb Ústav geoniky Akademie věd ČR (AV ČR). Klimatologický výzkum jeskyní s vazbou na ovlivnění mikroklimatu veřejností ve veřejně přístupných jeskyních provádí Správa jeskyní ČR ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem. Atraktivní krasové prostředí využívají také studenti různých univerzit pro řešení bakalářských, diplomových a disertačních prací. Probíhá zde skenování jeskyní nebo povrchové mapování či zaměřování krasových jevů (Vysoké učení technické v Brně, Ostravská univerzita), studium hydrologie krasových vod s vazbou na jejich znečištění (Vysoké učení technické v Brně, Masarykova univerzita). Dlouholetý výzkum tektonických pohybů provádí v jeskyni Pustožlebská Zazděná Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR.

Rozsáhlý geologický výzkum území prováděla nedávno Česká geologická služba (ČGS). Výstupem tohoto výzkumu jsou nové geologické mapy. ČGS v současné době mapuje v CHKO deponii železnorudných strusek pocházející z 19. století za účelem zastavení zanášení strusek do jeskyní.

Zvláštní postavení šíří svého záběru má probíhající výzkum Mendelovy univerzity v Brně zaměřený na výskyt netuberkulózních mykobakterií v jeskynním prostředí a v povodí příslušných vodních toků. Výzkum se věnuje jeskynním živočichům, sedimentům, krasovým vodám a nevynechává ani studium vlivu obcí a čistíren odpadních vod na podzemní krasové toky. Tento výzkum zahrnuje mnoho souvisejících vědních oborů včetně demografie, geografie, geologie, hydrologie aj.

Možnosti výzkumných témat v oblasti Moravského krasu však zdaleka nejsou vyčerpány. Unikátní krasové prostředí v sobě skrývá nepřeberné množství dalších nevyřešených otázek z nejrůznějších vědních oborů. Velmi důležité je seznamování odborné i laické veřejnosti s výsledky probíhajících studií a popularizace vědy tak, jako se to v polovině 20. století dařilo Karlu Absolonovi.

Poděkování: Príspevok vznikl v rámci projektu GA ČR č. 16-13231S „Vodní prostředí v krasu: dopad lidských aktivit na geomikrobioteriologii“.

BOBAČKA CAVE: HISTORY OF EXPLORATION, PRESENT STATE AND PERSPECTIVES OF NEW DISCOVERIES IN MURÁNSKA PLATEAU (CENTRAL WESTERN CARPATHIANS)

Lukáš Vlček^{1,3} – Milan Poprocký² – Ivan Rusnák² – Peter Varga^{2,4}

¹ Slovak Exploring Team, Záhradnícka 60, SK-811 08 Bratislava; lukasvlcek@yahoo.com

² Speleoklub Muránska planina, J. G. Tajovského 1092/14, SK-050 01 Revúca; advi.sro@gmail.com, rusnak_i@stonline.sk, peter.vargamineraly@gmail.com

³ Speleoklub Tisovec, Štefánikova 956, SK-980 61 Tisovec

⁴ Department of Mineralogy, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Mlynská dolina, SK-842 48 Bratislava; peter.varga@fns.uniba.sk

The Bobačka Cave represents the most important endokarst phenomenon within the entire Muránska plateau karst region. Up until the spring of 2017, the length of surveyed cave spaces reaches 4,564 m and the cave still continues (Vlček et al., 2017). It is now the 12th longest cave within Slovakia. This fluviually active cave was created at least in two genetical phases, both of them suppose an attendance of several allochthonous water streams. Despite the cave originating in the massif of Triassic and Jurassic limestones, the fluvial cave sediments consist predominantly of pebbles and sands of crystalline massives. The cave spaces, which were described by Mitter (1975), are developed in several levels. The horizontal main corridor from the 2nd entrance to the terminal sump is a wonderful experience for all visiting cavers – spaces are great, well decorated and half of the cave has an active water stream at its base. The few sumps can be easily bypassed by higher developed corridors, which are rich decorated with flowstone and dripstone formations.

The Bobačka Cave represents predominantly a divers' challenge (Hochmuth, 1998, 2000; Kámen, 1969; Sasvári, 1999). The so-called "Old Bobačka" was known from time immemorial (Kámen, 1955; Vlček, 2011). The entrance is situated near the resurgence. The cave ended after 120 metres by a sump. This point was dived through in 1973, when P. Ošust and T. Sasvári dived to the opposite side and climbed a chimney to the cave's continuation (Sasvári, 1976). Cavers surveyed the cave to a length of 1,250 m and used a cave map to decide about digging the second "dry" entrance only a few metres from the old one. That was the time when the activity in the cave was taken over by the members of OS Tisovec (S. Kámen, B. Polák, D. Ježka and others), cavers from Muráň, Revúca and Košice (Kováč, 1987).

Further important exploration and discoveries followed between 1985 – 1989 by V. Korfanta, P. Martinove, L. Kováč, K. Merta, M. Terray, M. Kuchár and others. They continued exploring and surveyed about 800 metres of corridors (Kováč and Merta, 1991). Diving in the terminal sump was realized by V. Ďurček, Z. Hochmuth and F. Kolbik in 1989; they also dived in the sump in the middle of the cave (Hochmuth, 2000). Both sumps ended by narrowings after about 20 metres. Unsuccessful attempts to dive through the sumps were realized B. Šmída in 2001 (Šmída, 2001) and J. Blaho, M. Ševeček and Z. Schusterová in 2016 (Vlček et al., 2017).

The discoveries of upper level corridors came in 2001 – Mammoth Corridor and surroundings. They were realized and described by B. Šmída and others. Another upper level was discovered by authors of this article, who climbed the chimneys, enlarged narrowings and surveyed the new-discovered spaces in cooperation with many local cavers and an international team of cavers from Poland and the Czech Republic – M. Mikuš, R. Pest, A. Konopelski, R. Wykret, K. Halfarová, T. Pospíšil, J. Macháček, D. Janák and others in 2016 – 2017. They discovered the most voluminous dome of the whole cave – the Great Dome (the longest parameters ca 60 × 30 × 25 m), Jesenícký dóm (Dome of the Polish-Czech friendship), Paks Hall, Gandalf's Dome, etc. The domes, corridors, chimneys and shafts are richly decorated not only by flowstone and dripstone formations, but also by crystals of aragonite, gypsum, calcite helictites, morphogenetically unusual forms of flowstones, hydroxylapatite crusts etc. Many of the chimneys are still untouched by climbers and some cave corridors have not yet been surveyed. We suppose the continuation of the cave deeper inside the massif, where the water streams and air draught directions lead the cavers to.

The cave is important from the palaeontological point of view (Vlček and Hutka, 2005; Vlček, 2016), but even more from the hydrological point of view (e. g. Kámen, 1963, 1968). The NE – SW cave direction crosses through the plateau. Some of the waters are autochthonous, proved by a tracing test on Mokrá Poľana in 1963 (coloured water reached the 1 km distant resurgence with denivelation of 135 metres in 10 hours 10 min.; Kámen, 1968). Here we found a new cave in 2016 – the 200 metres long Birds' Cave (Vlček et al., 2016), with massive air draught and beautiful dripstone formations. Other waters have allochthonous provenance – they come from the Javoriny massif, where there are few known ponor depressions with caves up to 100 m long and several metres deep (Mitter, 1972; Skřivánek, 1963). Theoretically, the catchment area of Bobačka resurgence rises from the Hron Valley on the north to the Veľká Lúka on the south. The yield of resurgence is from 30 – 100 l.s⁻¹ to Q_{max} = 291 l.s⁻¹ to an immeasurable volume. There are geological and hydrological indices of possibility for discovering one of the longest cave systems of Slovakia (Vlček et al., 2017).

The Bobačka Cave is one of the most important caves within Slovakia. In 1970's cavers were thinking about opening the cave to the public (Hlaváč, 1994). Because the water from the cave is still used as a source of drinking water for adjacent settlements, this idea is still a future venture.

References

- Hlaváč, J. 1994. Dvadsať rokov od objavu v jaskyni Bobačka. Sinter, 2, 41–42.
 HOCHMUTH, Z. 1998. História speleopotápačských výskumov na Slovensku. Spravodaj SSS, 29, 4, 45–51.
 HOCHMUTH, Z. 2000. Problémy speleologického prieskumu vodných tokov na Slovensku. Slovenská speleologická spoločnosť, Prešov – Košice, 164 s.
 KÁMEN, S. 1955. Osud jaskyne Bobačka na Muránskej planine. Ochrana prírody, 10, 239–240.
 KÁMEN, S. 1963. Príspevok k poznaniu hydrologických pomerov Muránskeho a Tisovského krasu. Slovenský kras, 4, 34–45 + príloha.
 KÁMEN, S. 1968. Farbiaci pokus na Mokrej Poľane (Muránsky kras). Slovenský kras, 6, 86–89.
 KÁMEN, S. 1969. Za svetlom karbidky. Obzor, Rimavská Sobota, 148 s.
 KOVÁČ, L. 1987. Jaskyňa Bobačka. Stalagmit, 2, 16–18.
 KOVÁČ, L. – MERTA, K. 1991. Najnovšie objavy v jaskyni Bobačka. Slovenský kras, 29, 179–183.
 MITTER, P. 1972. Priepasť Javorina (Muránsky kras), kataster obce Muránska Huta. Slovenský kras, 10, 125–128.
 MITTER, P. 1975. Geomorfológia Muránskej planiny a Švermovského hrdla. Slovenský kras, 13, 131–165 + príloha.
 SASVÁRI, T. 1976. Nové objavy v jaskyni Bobačka v Muránskom krase. Spravodaj SSS, 7, 3, 19–23.
 SASVÁRI, T. 1999. Historický prehľad činnosti a dosiahnuté výsledky oblastnej skupiny SSS č. 33 Aquaspa. Spravodaj SSS, 30, 1, 50–54.
 SKŘIVÁNEK, F. 1963. Geologický a geomorfologický výzkum severovýchodního výběžku Muránskeho krasu. Československý kras, 13, 89–119 + prílohy.
 ŠMÍDA, B. – KOTLAČÍK, D. – MIKUŠ, P. – MIKUŠ, M. 2000. Nové paleoúrovne jaskyne Bobačka. Spravodaj SSS, 31, 2, 9–13.
 ŠMÍDA, B. 2001. Potápanie v koncovom sífóne Bobačky. Spravodaj SSS, 32, 2, 35–36.
 VLČEK, L. 2011. Excursion Guide to the caves of Muráň plateau. Caving Week of the Slovak Speleological Society, Tisovec, 22 p.
 VLČEK, L. 2016. Stena megalodontov. Spravodaj SSS, 47, 4, 20–21.
 VLČEK, L. – HUTKA, D. 2005. Nález fluvialne abrazovaného zuba mamuta (*Mammuthus* sp.) v jaskyni Bobačka. Reussia, 2, 2, 55–59.
 VLČEK, L. – POPROCKÝ, M. – VARGA, P. – VRBJAR, D. – RUSNÁK, I. 2016. Vtáčia – významná jaskyňa Muránskej planiny a jej perspektívy. Spravodaj SSS, 47, 4, 11–20.
 VLČEK, L. – POPROCKÝ, M. – RUSNÁK, I. – VARGA, P. 2017. Bobačka Cave and perspectives of new discoveries in Muránska plateau. Bulletin of the Slovak Speleological Society. Issued for the purpose of 17th Congress of the International Union of Speleology, Sydney 2017, 49–52.

WEBOVÁ APLIKÁCIA ZOZNAM JASKÝŇ SLOVENSKA

Daniel Vrbjar – Miroslav Rolko

Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica; daniel.vrbjar@sazp.sk, miroslav.rolko@sazp.sk

Potreba prezentovať údaje nazhromaždené o jaskyniach Slovenska cez web viedla k vytvoreniu prezentovanej aplikácie. Základ evidencie jaskýň v databázovom prostredí súvisí s potrebou registrovať písomnú a hmotnú dokumentáciu o jaskyniach nachádzajúcu sa v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši. Na tento cieľ bola vytvorená databázová aplikácia NDJ (Národná databáza jaskýň), určená na evidenciu základných identifikačných a odborných údajov o jaskyniach, o ich stave zachovania, ochrane a potenciálnom ohrození. Obsahuje aj údaje odborného charakteru (výskyt vzácnych živočíchov, minerálov, archeologických i paleontologických nálezov a pod.). Veľmi cenná je bohatá evidencia literárnych údajov. Štruktúra programu bola postavená tak, aby všetky údaje boli evidované v centrálnej databáze. Dáta počas niekoľkých desiatok rokov zhromažďovali pracovníci múzea a Správy slovenských jaskýň. Bola využitá aj možnosť pripojenia fotografického a grafického materiálu z terénu alebo aj zo skenovania archívu múzea. Na identifikáciu jaskýň je veľmi dôležitá evidencia súradníc vchodov (vedená v rôznych súradnicových systémoch). V minulosti bol zoznam evidovaných jaskýň vydaný v dvoch publikáciách – v Zozname jaskýň na Slovensku (stav k 31. 12. 1998) z roku 1999 a Zozname jaskýň Slovenskej republiky (stav k 30. 6. 2007) z roku 2007. Nami vytvorená aplikácia poskytuje tieto a mnohé ďalšie informácie cez web v aktuálnom stave s možnosťou vyfiltrovaní aktuálnej množiny na základe názvu, čísla, geomorfologického a administratívneho členenia. Súčasťou sú aj špeciálne zoznamy – najdlhšie a najhlbšie jaskyne, jaskynné systémy, nekrasové jaskyne, sprístupnené jaskyne, ľadové jaskyne, ako aj zaniknuté jaskyne. Možno ich vzájomne graficky porovnať podľa dĺžky a hĺbky.

V programe sa samostatne prístupuje k dvom blokom – Jaskyne a Literatúra. **Jaskyne** – vlastná databáza. Zahŕňa celkový zoznam a údaje o jaskyni v blokoch: Základné údaje – základné údaje charakterizujúce jaskyňu; Lokalizácia – údaje o polohe jaskyne z hľadiska administratívneho a geomorfologického členenia; Genéza jaskyne – údaje týkajúce sa vytvorenia a celkovo charakterizujúce jaskyňu; Vchody jaskyne – základné údaje o polohe vchodov s ich podrobným opisom; Hodnoty – prístup k jednotlivým hodnotám (geologické, geomorfologické, hydrologické, sintrová výplň, mechanická výplň, ľadová vý-

plň, mikroklima, fauna, kostové pozostatky a paleontologické nálezy, antropológické nálezy, archeologické nálezy, história); *Ochrana jaskyne* – ochrana interiéru, poškodenie, ohrozenie, dozor / starostlivosť, ochranné pásmo; *Dokumentácia v múzeu* – zoznam literatúry a zoznam dokumentácie k danej jaskyni; *Obrazové prílohy* – zoznam obrazových informácií, ako sú plány jaskyne, fotografie vchodov, interiéru, situačné plány a mapy s možnosťou ich zobrazenia. **Literatúra** – databáza článkov uverejňovaných v periodikách a knižných publikáciách, v ktorých boli opísané jednotlivé jaskyne. Prepojená je s databázou jaskýň.

Užívatelia aplikácie: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, Štátna ochrana prírody SR – hlavne Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, Slovenská speleologická spoločnosť – dobrovoľní členovia, odborníci z rezortu životného prostredia a široká verejnosť. Pre verejnosť sú prístupné všetky zverejniteľné údaje. Pre registrovaných odborníkov prihlásených do systému je možnosť prístupu aj k ostatným citlivým údajom.

HISTÓRIA

HISTORICKÉ PRAMENE K DEJINÁM VÝVOJA ZÁJMU O JASKYNE LIPTOVA

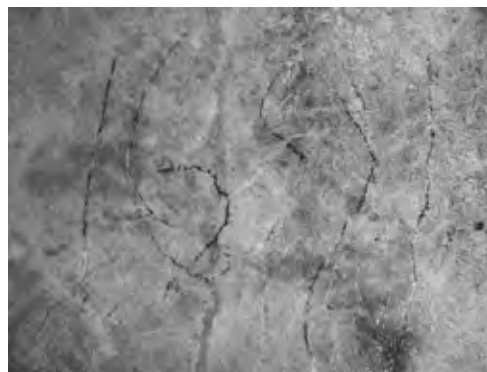
Miroslav Kudla

Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,
031 01 Liptovský Mikuláš; miroslav.kudla@ssj.sk

Dejiny vývoja záujmu o jaskyne regiónu Liptov dokladá množstvo rozličných historických prameňov. V porovnaní s väčšinou oblastí historickej vedy majú v tomto prípade zásadný význam aj pramene naračné. Stretávame sa so špecifickým typom historických prameňov, ktorý predstavujú epigrafické nálezy v jaskyniach. Naopak písomné pramene úradného či súkromného charakteru alebo zmienky v literatúre majú v istom období obmedzený záber. Pri vytváraní komplexného obrazu o dejinách záujmu o jaskyne je potrebná syntéza všetkých druhov dostupných prameňov, pričom každý má svoje osobitosti:

1. Písomné pramene predstavujú najdôležitejší pramenný materiál historického bádania a vo väčšine oblastí výskumu historickej vedy sú často aj jediným relevantným pramenným materiálom. Prvou písomnou zmienkou viažucou sa k liptovským jaskyniam je listina Ostrihomskej kapituly z roku 1299, ktorá sa len marginálne dotýka jaskýň Demänovskej doliny. Vďaka Martinovi Szentiványimu sa v roku 1689 dostáva do literatúry aj zmienka o jaskyniach vo Svätôjanskej doline. Prameňom, ktorý nielen sumarizoval časť vtedy známych poznatkov o liptovských jaskyniach, ale aj predurčil a podmienil smerovanie ďalšieho vedeckého záujmu o jaskyne regiónu, sú práce Mateja Bela (Prikrýl, 1985). Okrem informácií o demänovských jaskyniach sa tu objavujú aj veľmi strohé zmienky o Svätôjanských jaskyniach a Liskovskej jaskyni, čo determinovalo záujem časti vzdelancov o konkrétne jaskyne Liptova, v dôsledku čoho dobová odborná literatúra v nasledujúcom storočí existenciu iných ako Demänovských jaskýň príliš nereflektuje. Na konci 19. storočia vedel vtedajší vedecký svet o existencii len piatich jaskýň regiónu Liptov vďaka im venovaným literárnym zmienkam (Volko-Starohorský, 1905).

2. Epigrafické nálezy v jaskyniach prinášajú komplexnejší pohľad na mieru poznania jaskýň v období, keď sa vedecký záujem úzko špecifikuje len na demänovské jaskyne. Najstarším známym nápisom v liptovských jaskyniach je signatúra „Matthias rex“ s letopočtom 1689 v Jazernej chodbe Demänovskej ľadovej jaskyne (Lalkovič, 2013). O dva roky mladší nápis obsahujúci letopočet 1691 pochádza zo Západného konca Liskovskej jaskyne. Množstvo epigrafických náleзов z 18. a 19. storočia obsahujúcich signatúry aj letopočty dokumentuje existujúci záujem o jaskyne aj v podmienkach úplnej absencie literárnych písomných prameňov. Nápis v jaskyniach významne dopĺňajú mozaiku histórie Liskovskej jaskyne (obr. 1), Stanišovských jaskýň, Mošnickej jaskyne, ale aj Demänovských jaskýň.



Obr. 1. Signatúra „1691“ v Liskovskej jaskyni.
Foto: M. Kudla



Obr. 2. Nálež atypickej ľudskej lebky v Liskovskej jaskyni.
Foto: M. Kudla

Doteraz neobjasnenou zostáva otázka pravosti a obsahu zničeného nápisu v Kostrovej jaskyni.

3. Naračné pramene sú osobitým typom historického prameňa ústnej povahy, ktorých obsah sa zachoval, zároveň formoval a deformoval reprodukciou informácií o jaskyniach formou povestí, ktoré sa dochovali v ľudovej slovesnosti miestneho obyvateľstva. Hodnotný pramenný materiál v podobe prepisu rozprávania obyvateľov žijúcich v blízkosti jaskýň, najmä Liskovskej jaskyne, je obsiahnutý v správach Liptovského múzea. Regionálne povesti obsahujú zmienky o jaskyniach ako Kostrmanka, Čereňa či Sokolova jaskyňa, ktoré odborná literatúra do konca 19. storočia nepozná. Ústnym podaním sa zachovávajú aj zmienky o osídlení niektorých jaskýň v novoveku a ako jediné približujú využívanie Baraskulinej či Školníkovej jaskyne (Chomová, 2004).

4. Hmotné pramene ako pozostatky po ľudskej činnosti v jaskyniach sú hodnotným a v prípade využívania jaskýň v prehistorickom období aj jediným historickým prameňom dokumentujúcim záujem o ne. V podmienkach nedostatčného archeologického bádania odhalil množstvo prehistorických či recentných náleзов speleologický prieskum (Bárta, 1996). To je prípad náhodného objavenia časti atypickej ľudskej lebky v Liskovskej jaskyni s podobnými znakmi, aké mala lebka nájdená Belom Majláthom v roku 1871 (Majláth, 1874; obr. 2). Mnohé recentné nálezy dopĺňajú mozaiku poznatkov o využívaní jaskýň. Medzi také patria antropogénne formy a nálezy v Liskovskej jaskyni, dopĺňajúce poznatky o jej refugálnom a vojenskom využití po vypuknutí SNP. Niektoré výkopy v sedimentoch dna jaskyne korelujú so staršími literárnymi opismi výkopov prisudzovaných hľadačom pokladov či predstavujú pozostatok po priekopníckych archeologických sondách v poslednej tretine 19. storočia.

Literatúra

BÁRTA, J. 1996. Liptovské jaskyne v pravku. In Lalkovič, M. (Ed.): Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Liptovský Mikuláš 10. – 11. 10. 1995. SMOPaj, Liptovský Mikuláš, 31–35.

CHOMOVÁ, I. 2004. Baraskulina jaskyňa. Sinter, 12, 51–52.

LALKOVIČ, M. 2013. Písané pamiatky v jaskyniach na Slovensku. Slovenský kras, 51, 2, 121–147.

MAJLÁTH, B. 1874. Baráthegey barlang. Archeologiai Kozlamányek, 9, 6, 2.

PRIKRÝL, L. V. 1985. Dejiny speleológie na Slovensku. Veda, Bratislava, 158 s.

VOLKO-STAROHORSKÝ, J. V. 1905. O jaskyni pod Mníchom. Národné noviny, 36, 100.

STEFAN ZWOLIŃSKI – NESTOR TATRANSKEJ SPELEOLÓGIE

Łukasz Lewkowicz

Fakulta politológie, Univerzita Márie Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
Plac Litewski 3, 20-080 Lublin, Poľsko; lewkowicz83@gmail.com

Stefan Zwoliński (narodený 19. 7. 1900 v Krakove, zomrel 29. 9. 1982 v Zakopanem) je jedným z čelných predstaviteľov tatranskej speleológie a zakladateľom centra výskumu jaskýň v Zakopanem. Jaskyne začal navštevovať už ako malý chlapec, v roku 1911, najprv so svojím starším bratom Tadeuszom. Od roku 1921 realizoval v Tatrách systematický speleologický výskum, ktorý priniesol objavy celého radu nových jaskýň (napr. jaskyne Bystra, Mroźna), ako aj nových partii v už známych jaskyniach (napr. v jaskyniach Magurska, Lodowa či Myna). Z iniciatívy bratov Zwolińských vznikla v roku 1923 prvá poľská speleologická organizácia – Koło Grotolazów. Od roku 1946 S. Zwoliński organizoval spoločné výskumy tatranských jaskýň členmi PTT a varšavského Múzea Zeme. V rokoch 1951 – 1957 bol predsedom Koła Jaskinioznawczego PTTK v Zakopanem a v rokoch 1960 – 1968 Komisie speleológie ZG PTTK. S. Zwoliński sa vyznačoval bohatou publikačnou činnosťou. Obzvlášť dôležitou je publikácia *W podziemiach tatrzańskich* (Varšava 1961, 2. vydanie 1987), neskôr označená za „bibliu“ poľských speleológov. Zwoliński po sebe zanechal významné články o krase, jaskyniach a speleológii, o. i. *Z podziemi tatrzańskich: Grota Kasprova Niżnia* (Wierchy 1929, č. 7), *Z podziemnego świata Tatr* (Wierchy 1933, č. 11 a 1934, č. 12), *Badania speleologiczne w Tatrach: Jaskinie Bystrej* (Wierchy 1949, č. 19), *Zagadnienia ochrony jaskiń tatrzańskich* (Chrońmy Przyrodę Ojczyzny 7, 1951, č. 1–2), *Grota Lodowa w Tatrach* (Zabytki Przyrody Nieożywionej 1, 1951). Po druhej svetovej vojne plánoval publikovať inventár tatranských jaskýň, ktorý však svetlo sveta nikdy neušiel. S. Zwoliński mnohokrát navštívil slovenské jaskyne, a to nielen na slovenskej strane Tatier – o. i. navštívil Demänovské jaskyne, Važeckú a Beliansku jaskyňu, ale aj jaskyňu Domica.

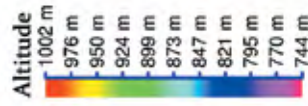
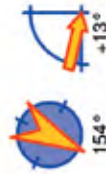
Literatúra

Pamiętnik Stefana Zwolińskiego (Wierchy 1987, č. 57; 1988, č. 59 a 60; 1989, č. 63 a 65; 1990, č. 66).

STECKI, K. 1983. Wspomnienie o Stefanie Zwolińskim, Wierchy, 52, 113–131.

ZWOLIŃSKI, S. 1993. Notatki z wypraw grotowych. Warszawa, 134 s.

ZWOLIŃSKI, S. 1987. W podziemiach tatrzańskich. Warszawa, 276 s.



- Cave entrance
- Surface stream
- Ponor
- Direction of underground waterflow
- Sampling place

Demänová Valley - South

Perspective View of 3D Model

Explo and Topoteam: Members of Caving Club Demänová
Valley, Slovak Speleological Society and Many Others

1921 - 2016

Author: P. Herich 2009 - 2016

Stodóľky
1213 m

