



Arca g o r n i i

18/2

2013

Správa slovenských jaskýň

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: bella@ssj.sk, zelinka@ssj.sk

Zodpovedný redaktor: RNDr. Ján Zuskin

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

Výkonný redaktor: RNDr. Ján Zelinka

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 Nudzíková, doc. Mgr. Martin Sabol, PhD.

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3569/09

ISSN 1335-213X

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

ARAGONIT

ročník 18, číslo 2 / december 2013

Recenzenti vedeckých príspevkov z výskumu krasu a jaskýň: RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., RNDr. Vladimír Hanzel, CSc., RNDr. Peter Luptáčik, PhD., RNDr. Monika Müllerová, PhD.

© Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši

Redaktor: Mgr. Bohuslav Kortman

Grafická úprava a sadzba: Ing. Ján Kasák, M&P®, spol. s r. o., Žilina

Tlač: SLOVENSK, s. r. o., Bratislava

Obrázky na obálke:

(1) Demänovská jaskyňa slobody. Foto: P. Staník

(2) Hylebainosoma gulickai, jaskyňa Kostolík, Tisovský kras. Foto: Ľ. Kováč a A. Mock

(3) Jaskyňa Domica, stropné koryto v Dóme mystérií. Foto: P. Staník

(4) Pustá jaskyňa, Achátový dóm. Foto: P. Staník

OBSAH / CONTENTS**VÝSKUM KRASU A JASKÝŇ / RESEARCH OF KARST AND CAVES**

P. Malík – D. Haviarová – M. Gregor – J. Švasta – F. Bottlík – R. Černák – S. Mikita – A. Pažická – A. Auxt: Demänovská dolina: vzťah povrchových a podzemných vôd / Demänovská Valley: surface water / groundwater interaction	67
P. Bella: Korózne šikmé facety v jaskyniach a ich morfofenetické znaky – príklady z vybraných jaskýň na Slovensku / Solution inward-inclined facets and their morphogenetic features – examples from selected caves in Slovakia	78
P. Bella – P. Bosák: Stropná erózia v jaskyniach: počiatky skúmania a Zdeněk Roth ako autor konceptu / Ceiling erosion in caves: early studies and Zdeněk Roth as author of the concept	84
I. Smetanová – K. Holý – J. Zelinka – J. Omelka: Objemová aktivita radónu vo Važeckej jaskyni / Radon activity concentration in the atmosphere of the Važecká Cave	87
V. Papáč – A. Mock – Ľ. Kováč – K. Tajovský: Objavy nových druhov jaskynných článkonožcov (Arthropoda) na Slovensku / Discoveries of new species of cave arthropods (Arthropoda) in Slovakia	91

SPRÁVY A AKTUALITY / REPORTS AND NEWS

P. Labaška: Rekonštrukcia prehliadkového chodníka v Demänovskej ľadovej jaskyni / Reconstruction of show path in the Demänovská Ice Cave	94
P. Bella: 9. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“ / 9 th Scientific Conference “Research, Utilisation and Protection of Caves“	95
P. Bella – P. Gažík – J. Zelinka: Pokongresová exkurzia po sprístupnených jaskyniach na Slovensku / Post-congress excursion to show caves in Slovakia	96
J. Zelinka: 5. medzinárodný workshop o ľadových jaskyniach (IWIC-V), Barzio (LC), Valsassina, Grigna a Miláno, Taliansko, 16. – 21. septembra 2012 / 5 th International Workshop on Ice Caves (IWIC-V), Barzio (LC), Valsassina, Grigna and Milan, Italy, September 16 – 21, 2012	97
J. Zelinka: Odborný seminár k 100. výročiu objavenia Zbrašovských aragonitových jaskýň / Seminar to the 100 th anniversary of the Zbrašov Aragonite Caves discovery	99
P. Bella: Prezentácie krasu a jaskýň na 7. vedeckej konferencii Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV / Presentations of karst and caves at the 7 th scientific conference of the Association of Slovak Geomorphologists	100

KARSOLOGICKÁ A SPELEOLOGICKÁ LITERATÚRA / KARSTOLOGICAL AND SPELEOLOGICAL LITERATURE

M. Soják: Valoch a kol. autorov: Kůlna – historie a význam jeskyně / Kůlna – history and significance of the cave	101
P. Bella: I. J. Fairchild – A. Baker: Speleothem Science: From Process to Past Environments	102
Ľ. Gaál: B. Šimečková – M. Geršl (Eds.): Zbrašovské aragonitové jeskyně – 100. výročí objevení / Zbrašov Aragonite Caves – 100 th anniversary of discovery	103

SPOLOČENSKÉ SPRÁVY / SOCIAL REPORTS

J. Hlaváč: RNDr. Jaroslav Hromas sedemdesiatnikom / RNDr. Jaroslav Hromas 70 years old	104
--	-----

DEMÄNOVSKÁ DOLINA: VZŤAH POVRCHOVÝCH A PODZEMNÝCH VÔD

**Peter Malík¹ – Dagmar Haviarová² – Miloš Gregor¹ – Jaromír Švasta¹ – František Bottlík¹
– Radovan Černák¹ – Slavomír Mikita¹ – Alexandra Pažická¹ – Anton Auxt³**

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

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

³ HES-Comgeo, spol. s r. o., Kostiviarska cesta 4, 974 01 Banská Bystrica; anton.auxt@hes-comgeo.sk

P. Malík, D. Haviarová, M. Gregor, J. Švasta, F. Bottlík, R. Černák, S. Mikita, A. Pažická, A. Auxt: Demänová Valley: surface water / ground-water interaction

Abstract: In the Demänová cave system (Slovakia) and its vicinity, discharge of water courses on the surface and in the underground hydrologic system on 49 places were measured by current meter in 7 series of discharge measurements performed during field work campaigns in 2011 – 2012. These measurements included discharges of the surface streams, waters of the underground hydrological system as well as the springs in the vicinity of streams. Measurements were concentrated on the surface part of the Demänovka Stream and its tributaries between the sites of Lúčky and Kamenná chata, and underground Demänovka between Achátový Dome in the Pustá Cave and its terminating point on the karstic spring of Vyvieranie. Discharge measurements enabled the estimation of hidden surpluses or discharge losses between measurement points in different hydrologic situation (high/low water stages). Upper parts of the Demänovka and Priečny potok streams were identified as typical losing streams, while under the tributary of Zadná voda Stream, in the distance interval between the Vyvieranie and the Kamenná chata a gaining part of Demänovka was found. Demänovka in the underground hydrologic system was mostly a gaining river, with limited discharge losses to the adjacent connected conduit systems.

Key words: karst hydrology, discharge measurements, current meter, surface streams, groundwater, Demänová cave system (Slovakia)

ÚVOD

V strednotriasových vápencoch veporika severných svahov Nízkyh Tatier (Biely et al., 1992; Biely, Bezák et al., 1997) sa nachádza na Slovensku najznámejší krasový jaskynný systém s dvoma sprístupnenými jaskyňami – Demänovskou ľadovou jaskyňou a Demänovskou jaskyňou slobody.

Kras Demänovskej doliny je sústredený hlavne do pravostrannej oblasti Demänovky medzi Machnatou a Čiernou dolinou. Veľmi priaznivé prírodné podmienky – geologicko-tektonická stavba, umožnili alochtónnym tokom Demänovky, Priečného a Zadnej vody a ich bočným prítokom spolu s atmosférickými vodami vytvorenie krasového systému, v ktorom podzemné krasové javy prevažujú nad povrchovými. Kras Demänovskej doliny je typom rozčleneného krasu v monoklinálnej štruktúre s dokonale vyvinutými jaskyňami riečného pôvodu. Nachádza sa tu celkovo až 10 jaskýň s dĺžkou presahujúcou 1000 m (Herich, 2012): Demänovská jaskyňa mieru (14 360 m), jaskyňa Štefanová (13 976 m), Demänovská jaskyňa slobody (7421 m), Pustá jaskyňa (5507 m), jaskyňa Okno (2289 m), Demänovská ľadová jaskyňa (2175 m), Demänovská medvedia jaskyňa (1562 m), Suchá jaskyňa (1414 m), jaskyňa Vyvieranie + Vodná cesta (1356 m) a Jaskyňa trosiek (1177 m). Celkovú dĺžku všetkých Demänovských jaskýň udáva Herich (2012) na 53 623 m, dĺžku polygónových ťahov vlastného Demänovského jaskynného systému k 10. 3. 2012 stanovuje na 34 090 m s deniveláciou (výškovým rozptätím) 196 m. Začiatkom druhej dekády 21.

storočia ostáva najväčšou speleologickou výzvou v Demänovskej doline dosiahnutie spojenia jaskyne Štefanová (13 976 m) s Demänovským jaskynným systémom (bolo doteraz overené len stopovaciami skúškami – Haviarová, 2008); v prípade úspechu by Demänovský jaskynný systém azda presiahol dĺžku 50 km (Herich, 2012).

Dôležitú funkciu v hydrologickom a hydrogeologickom režime Demänovskej doliny a pri komunikácii jej podzemných a povrchových vôd majú ponory a krasové pramene. Sieť na povrchu pozorovateľných ponorov, ktorými povrchové vody vstupujú do podzemného hydrologického systému, siaha od oblasti Lúčok (toky Demänovka a Priečny potok) cez ľavostranný prítok Zadnej vody a oblasť Objavného ponoru až po prirodzený výstup podzemného toku na povrch vo vyvieracke Vyvieranie (Jalový, 1953; Droppa, 1957). Pri nízkyh vodných stavoch sa v týchto ponoroch stráca celý prítok Demänovky. Najvyššie položené ponory Demänovky sa objavujú na Lúčkach, v oblasti kontaktu hornín kryštalinika a mezozoika v nadmorskej výške 918 až 970 m, ďalšie ponory (napr. Objavný ponor – 805 m n. m.) sa vyskytujú pozdĺž toku Demänovky. Väčšinou sú zanesené granitoidným materiálom. Na sv. okraji Lúčok vteká do Demänovky ľavostranný prítok Priečny potok, nižšie Zadná voda. Prvý ponor Zadnej vody je registrovaný v masíve Stodôlky (839 m n. m.). Ponory majú aj toky v bočných svahových dolinkách – v Machnatej, Pustej, Vyvieranie i ďalších nižšie položených. Ponárajúce sa alochtónne a autochtónne vody sa krasovými cestami dostávajú do homínového prostredia, v ktorom

erozívnymi účinkami vytvorili jaskynný systém. Podstatná časť týchto vôd vystupuje na povrch prostredníctvom vyvieracky Vyvieranie, poniže Demänovskej ľadovej jaskyne na ľavej strane doliny vyviera Džúrov prameň (Štola). Oba pramene boli už pred viacerými dekadami vodárensky zachytené na ich využívanie vo vodovodnej sieti (Auxt et al., 2012).

Demänovskú dolinu možno teda považovať za ukážkovú lokalitu vzájomnej komunikácie povrchových a podzemných vôd pri vstupe povrchových vôd z nekrasovej do krasovej oblasti. Napriek tomu sa kvantitatívne merania prietokov intervalovými hydrometrickými meraniami, zamerané na určenie veľkosti prestupujúcich prietokových množstiev, za cca 90 rokov od objavu Demänovskej jaskyne slobody realizovali iba v niekoľkých prípadoch. Prvé známe údaje uvádzajú až Kullman a Hanzel (1976). Nimi uskutočnené opakované hydrometrické merania v Demänovskej doline dokumentovali vstup povrchových vôd do karbonatického komplexu v množstve 1098 l·s⁻¹. Prietok povrchového toku nad výstupom podzemného toku Demänovky na lokalite Vyvieranie (t. j. Demänovka nad Vyvieraním) bol 647 l·s⁻¹. Vyvieranie malo výdatnosť 954 l·s⁻¹. Dokumentovalo to celkový prítok vôd v tomto profile 1601 l·s⁻¹, čo reprezentovalo prírastok v krasovej oblasti od kryštalinika po výstup podzemného toku Demänovky (Vyvieranie) v množstve 503 l·s⁻¹. Od výstupu podzemného toku Demänovky (Vyvieranie) po styk s Liptovskou dolinou bola dokumentovaná strata povrchových vôd v množstve 124 l·s⁻¹. Spomínaní autori konštatovali, že hlavné množstvo podzemných vôd

v Demänovskej doline nevystupuje ani na styku gutensteinských vápencov a dolomitov, ani na styku hornín mezozoika s paleogénom Liptovskej kotliny, ale vo vrchnej časti Demänovskej doliny uprostred gutensteinských vápencov. Ako hlavnú príčinu tejto skutočnosti autori (Kullman a Hanzel, 1976) uviedli tektonické pomery v doline. V rámci predmetného hydrogeologického výskumu sa odoberali aj vzorky podzemných vôd na chemické analýzy a boli vyhodnotené hydrogeochemické pomery záujmovej oblasti. Podobné konštatovanie nachádzame aj u autorky záverečnej správy z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu sz. svahov Nízkyh Tatier (Méryová, 1990), v rámci ktorého sa realizovali aj hydrometrické merania (Droppa a Klaučo, 1985). Podľa Méryovej (1990) tu vyplýva zložitý režim a obeh podzemných vôd z komplikovanej geologicko-tektonickej stavby územia, keď sústredený výstup sú podmiernené eleváciou polopriepustných dolomitov spolu s kombinovanými účinkami zlomu v.-z. smeru.

VSTUPNÉ DÁTA A METODIKA ICH SPRACOVANIA

Hydrometrické merania na vybraných profiloch povrchových aj podzemných tokov sa vykonali celkovo 7 × (v 7 sériách) formou úsekových meraní na 20 základných profiloch povrchovej a podzemnej Demänovky a ich významných prítokoch, ktoré boli v závislosti od zistených miestnych hydrologických pomerov doplnené o niektoré ďalšie menšie profily z menších prítokov alebo prameňov v blízkosti toku. Spolu sa merania vykonávali na 49 miestach Demänovskej doliny. Ich lokalizácia je zrejme z obrázka 2, zoznam profilov spolu s ich súradnicami a krátkym slovným opisom lokalizácie meraní je v tabuľke 2. Súradnice profilov sa zaznamenávali v teréne pomocou GPS prístroja Garmin 60CSx, s možnou chybou lokalizácie do ±10 m. Pre hydrometrované profily na podzemnej Demänovke a jej prítokoch bola ich lokalizácia stanovená z digitalizovanej mapy podľa Hericha (2012).

Hydrometrické merania sa vykonávali hydrometrickými vrtulami fy. OTT (kleinflügel C2), vybavenými automatickým čítačom otáčok Z 35. Použité boli propelery OTT-3 a OTT-2. Jednotlivé zámery sa vykonávali po zvisliciach v približne 5 cm vertikálnych rozstupoch postupne od dna toku. Horizontálna vzdialenosť zámerových zvislic bola od 5 do 40 cm v závislosti od šírky toku, pri šírke profilu do 1,0 m bola vzdialenosť zámerových zvislic 10 cm, pri šírkach profilov 1,0 m až 3,0 m bola táto vzdialenosť 20 cm a pri väčších šírkach profilov (nad 3,0 m) boli zámerové zvislice navzájom vzdialené 40 cm. V polovičnej vzdialenosti medzi jednotlivými zámerovými zvislicami sa vždy realizovalo aj doplnujúce meranie hĺbky vodného stĺpca profilu na presnejšiu kalkuláciu prietokového prierezu, takže pri meraní profilu so šírkou nad 3,0 m boli napr. hĺbkové zámery od seba navzájom vzdialené 20 cm. Zistené rýchlosti prúdenia v jednotlivých zámeroch sa priradili polygónovým plochám (Voronoi) vytvoreným okolo týchto zámerov na základe meraní hĺbok a pozície zámerov. Celkový prietok bol vypočítaný ako celkový súčet prietokov podľa rýchlostí prúdenia v individuálnych polygónoch. Spolu

s meraním prietokov sa prístrojmi WTW LF 315 / LF 325 alebo WTW Cond 340 merala aj teplota vody a jej merná elektrická vodivosť.

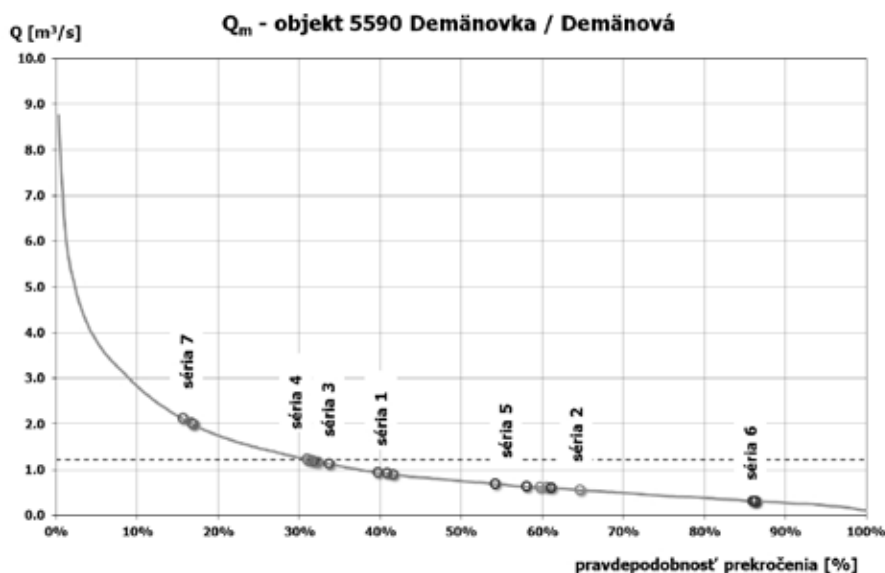
Termíny jednotlivých sérií hydrometrických meraní: 1. séria – 20. až 22. 1. 2011; 2. séria – 3. až 5. 3. 2011; 3. séria – 5. až 7. 5. 2011; 4. séria – 28. až 29. 6. 2011; 5. séria – 8. až 9. 9. 2011; 6. séria – 1. až 2. 12. 2011; 7. séria – 10. až 12. 5. 2012. Priemerné denné prietoky na vodomernej stanici Demänovka – Demänová (katalógové číslo Slovenského

hydrometeorologického ústavu 5990) počas nami vykonávaných hydrometrických meraní sú sumarizované v tabuľke 1. Ich kvantitatívny vzťah k dlhodobým prietokovým pomerom je tu vyjadrený pomocou pravdepodobnosti prekročenia (percentuálna hodnota pravdepodobnosti prekročenia tejto hodnoty v priebehu roka), ako *m*-denných prietokov (pravdepodobnosť prekročenia tejto hodnoty počas *m* dní v priebehu roka), ale aj pomocou ich percentuálneho pomeru k priemernému

Tab. 1. Vzťah prietokov Demänovky v priebehu hydrometrických meraní v jednotlivých sériách k dlhodobým prietokovým pomerom na objekte SHMÚ 5990 Demänovka – Demänová za roky 1968 – 2012.

Tab. 1. Relation of the discharges of the Demänovka stream during the measurements in individual series to the long-term observations on the gauging station Demänovka – Demänová (No. 5990, Slovak Hydrometeorological Institute) in the 1968 – 2012 period.

Séria č.	Dátum merania	Priemerný denný prietok na stanici 5590 Demänovka – Demänová [m ³ ·s ⁻¹]	Pravdepodobnosť prekročenia tohto prietokového množstva	Pravdepodobnosť prekročenia tohto prietokového množstva ako <i>m</i> -denný prietok	Pomer k priemernému prietoku na objekte 5990 za roky 1968 – 2012
1	20. 1. 2011	0,939	40 %	145	77 %
	21. 1. 2011	0,915	41 %	149	75 %
	22. 1. 2011	0,892	42 %	152	73 %
2	3. 3. 2011	0,554	65 %	236	46 %
	4. 3. 2011	0,608	60 %	218	50 %
	5. 3. 2011	0,607	61 %	221	50 %
3	5. 5. 2011	1,231	31 %	113	101 %
	6. 5. 2011	1,190	32 %	116	98 %
	7. 5. 2011	1,125	34 %	123	93 %
4	28. 6. 2011	1,170	32 %	118	96 %
	27. 6. 2011	1,205	32 %	115	99 %
	29. 6. 2011	1,235	31 %	113	102 %
5	8. 9. 2011	0,627	58 %	212	52 %
	9. 9. 2011	0,690	54 %	198	57 %
	10. 9. 2011	0,600	61 %	223	49 %
6	1. 12. 2011	0,305	86 %	314	25 %
	2. 12. 2011	0,304	86 %	315	25 %
	3. 12. 2011	0,303	86 %	315	25 %
7	10. 5. 2012	2,116	16 %	57	174 %
	11. 5. 2012	1,996	17 %	62	164 %
	12. 5. 2012	2,013	17 %	61	166 %



Obr. 1. Vzťah prietokov Demänovky v priebehu hydrometrických meraní v jednotlivých sériách k dlhodobým prietokovým pomerom na objekte SHMÚ 5990 Demänovka – Demänová za roky 1968 – 2012, prerušovaná horizontálna línia zodpovedá priemernému prietoku.

Fig. 1. Relation of the discharges of the Demänovka stream during the measurements in individual series to the long-term observations on the gauging station Demänovka – Demänová (No. 5990, Slovak Hydrometeorological Institute) in the 1968 – 2012 period, dashed line corresponds to the average discharge.

prietoku Demänovky (za roky 1968 – 2012) vo veľkosti 1,216 m³·s⁻¹. Grafické znázornenie jednotlivých sérií na čiare pravdepodobnosti prekročenia prietokov na objekte 5990 Demänovka – Demänová je na obrázku 1.

Výsledky týchto meraní (140 meraní na 20 veľkých profiloch, spolu s meraniami prítokov 347 meraní na 49 profiloch) sú základom pri zisťovaní skrytých úbytkov a prírastkov prietokových množstiev v tokoch

povrchovej a podzemnej Demänovky a niektorých ich prítokoch (Zadná voda, dolinky Vyvieranie a Okno). Výsledky meraní prítokov na jednotlivých profiloch sú spracované v tabuľke 3.

Tab. 2. Zoznam profilov s jednorazovými meraniami prietokov v Demänovskej doline – súradnice ich polohy a slovný opis ich lokalizácie.
Tab. 2. List of measured hydrometric profiles in the Demänová Valley – coordinates and description of their location.

Profil	Zemepisná dĺžka (WGS84) [°]	Zemepisná šírka (WGS84) [°]	Hydrometrovaný tok	Lokalizácia profilu
J1	19,593034	48,991673	podzemná Demänovka	jaskyňa Pustá – Achátový dóm; asi 5 m pod „achátovým“ kameňom, pod profilom previs na ľavom brehu
J2	19,591278	48,995894	podzemná Demänovka	Demänovská jaskyňa slobody – Pekelný dóm; 3 m pod inštalovaným osvetlením na pravom brehu
J3	19,589876	48,994442	podzemný tok v jaskyni Štefanová	jaskyňa Štefanová – 300 m nad odtokovým sifónom Jazerného domu
J4	19,584532	49,002237	podzemná Demänovka	Demänovská jaskyňa slobody – Mramorové riečisko, medzi 6. a 7. sifónom (pred odtokovým sifónom)
J5	19,587945	49,000827	podzemná Demänovka	Demänovská jaskyňa slobody – Mramorové riečisko, 20 m nad ponorom Podzemné prepádanie, na úrovni konca zábradlia, 3 m nad podtekaným balvanom 5 × 5 × 3 m
J6	19,589250	49,000252	podzemná Demänovka	Demänovská jaskyňa slobody – 25 m pod profilmi s „datovačkami“, nad kaskádami, 2 m pod veľkým kameňom s dvoma inštalovanými reflektormi
J6B	19,589991	48,997682	ľavostranný prítok podzemnej Demänovky	Demänovská jaskyňa slobody – ľavostranný prítok podzemnej Demänovky z Demänovskej medvedej jaskyne medzi Karfiolovým vodopádom a Pekelným dómom
J6C	19,584676	48,999559	podzemný tok v Údolnej jaskyni	Údolná jaskyňa – za druhou plazivkou, po preplazení po novom drevenom mostíku ešte asi 10 až 12 m, meranie v rozšírenej časti asi 1 m vysokej
J7	19,589243	48,999093	podzemná Demänovka	Demänovská jaskyňa slobody – „Pod rázcestím“, 5 m povyššie nového merného prahu, pri kameni a veľkej lampe
P1	19,606851	48,978036	Demänovka	na mernom prahu 5557 (číslovanie SHMÚ)
P2	19,597887	48,982736	Demänovka	70 m poniže mostíka, pod stromom spadnutým naprieč potokom, pri strmom ľavom brehu, 1. a 2. séria merané 20 m povyššie mostíka
P3	19,592259	48,985895	Demänovka	25 m od cesty, medzi dvoma balvanmi, na brehu vedie chodníček; povyššie starého profilu (nevhodný na meranie)
P4	19,591360	48,981608	Priečne	na mernom prahu 5568 (číslovanie SHMÚ), 100 m pod parkoviskom, poniže sú dva prítoky zľava (0,1 l·s ⁻¹) i sprava (0,15 l·s ⁻¹)
P5	19,587984	48,991817	Demänovka	pod dolinou Pustá, pod skalným odkryvom vrstevnatých vápencov
P6	19,583239	48,996128	Demänovka	nad sútokom so Zadnou vodou, pri smreku na ľavom brehu
P7	19,575583	48,987297	Zadná voda	na novom mernom prahu 5577 (číslovanie SHMÚ), 50 m nad dreveným mostíkom
P8	19,577621	48,989466	ľavostranný prítok Zadnej vody	v alúviu Zadnej vody, na päte svahu, 15 m pod cestou, medzi lesnou cestou a potokom,
P9	19,582900	48,996134	Zadná voda	tesne nad ústím do Demänovky, pod dolným okrajom mosta
P10	19,581685	48,996289	Radový potok	nefunkčný a zanesený Thomsonov prepád s pažnicou, merané na vtoku do betónového bazénika
P11	19,583176	49,000627	Demänovka	nad Objavným ponorom, meranie priamo pod mostom pri starom parkovisku
P12	19,582368	49,001061	ľavostranný prítok Demänovky	300 m pod hlavným parkoviskom pri Demänovskej jaskyni slobody, pri chodníku, vteká pri drevenom mostíku pre peších
P13	19,582224	49,001495	Demänovka	pod Objavným ponorom, pri budove nad vstupom do Demänovskej jaskyne slobody, 20 m poniže dreveného mostíka, cca 15 m v zákrute rieky
P14	19,582106	49,002548	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavej strane Demänovky, pod násypom cesty, pri mostíku ku vchodu do Demänovskej jaskyne slobody, 25 m od potoka, vyviera spod stromu
P15	19,581700	49,004204	ľavostranný prítok Demänovky	10 m nad cestou, 10 m pod vodopádom
P16	19,582165	49,004198	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavom brehu Demänovky, 3 m od potoka, vpravo od ústia potoka s profilom P15, pri päte svahu, 50 m poniže turistického mostíka (sú tu i ďalšie pramene z ľavého brehu)
P17	19,582389	49,005689	Demänovka	na novom mernom prahu 5579 (číslovanie SHMÚ), pred sútokom s prítokom od Vyvierania, merané na spodnom prahu
P18	19,590551	49,002601	potok v doline Vyvieranie	v mieste odkryvov na dne – drobné kaskády, 10 m pod guľatým 2,5 m balvanom s červenou škvrnou, na skalnom prahu nad vaňou, tesne pod pravostranným prítokom, v skalnej bráne, zelená turistická značka, 896 m n. m.
P19	19,588724	49,002625	ľavostranný prítok potoka v doline Vyvieranie	prítok z ľavého svahu, výver z kamenitého koryta; meranie 20 m proti toku v machu, 5 m vľavo od potoka

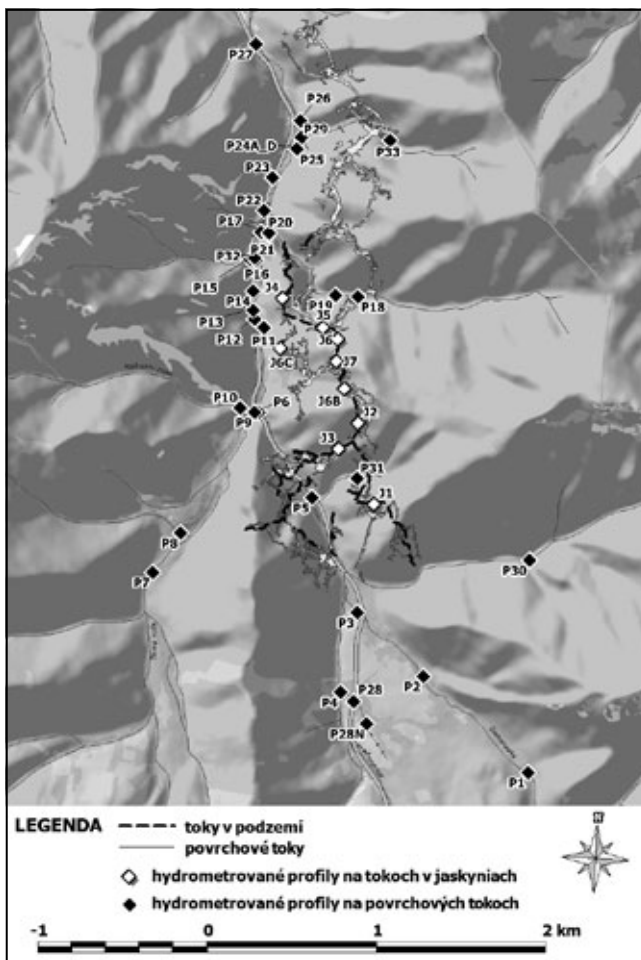
Profil	Zemepisná dĺžka (WGS84) [°]	Zemepisná šírka (WGS84) [°]	Hydrometrovaný tok	Lokalizácia profilu
P20	19,583064	49,005585	potok v doline Vyvieranie	poniže dreveného mosta, oproti bránke k vodnému zdroju Vyvieranie
P21	19,583015	49,005674	Vyvieranie	na novom mernom prahu 5583 (číslovanie SHMÚ), pod mostíkom, merané na prahu
P22	19,582520	49,006849	prameň na ľavej strane Demänovky	pri päte svahu – ústie nenápadnej dolinky a priepust pod cestou (10 m), oproti odbočke k Vyvieraniu
P23	19,583013	49,008624	ľavostranný prítok Demänovky	pri päte svahu 20 m nad cestou, oproti odbočke k Vyvieraniu, 100 m tečie popri ceste, potom sa stráca a objavuje na druhej strane cesty, kde ústi do Demänovky
P24A	19,584772	49,010198	pravostranný prítok Demänovky	prítok č. 1 z prameniska, profil pod mostíkom na chodníku
P24B	19,584800	49,010200	pravostranný prítok Demänovky	prítok č. 2 z prameniska, profil pod mostíkom na chodníku
P24C	19,584800	49,010200	pravostranný prítok Demänovky	prítok č. 3 z prameniska, profil pod mostíkom na chodníku
P24A_D	19,584800	49,010200	pravostranný prítok Demänovky	prítok č. 1 z prameniska, profil pod mostíkom na chodníku; duplicitné meranie k P24A inou vrtuľkou
P25	19,585102	49,010793	Demänovka	pri drevenej rampe pri turistickej značke, za veľkou priehlbňou na potoku, pod skalnou stenou, nad vstupom do dolinky
P26	19,584971	49,011720	prameň v ústí dolinky Okno, pravostranný prítok Demänovky	hneď pri chodníku, pri osamotenom smreku na brehu
P27	19,580932	49,015614	Demänovka	pri reštaurácii powyše Kamennej chaty, 5 m pod kaskádkami
P28			pravostranný prítok potoka Priečne	na križovaní potoka s cestou
P28N	19,593582	48,980040	pravostranný prítok potoka Priečne	upravený prameň (asi pre bungalovy Lúčky), oplotené betónové skruže, nezachytená voda vyteká na 2 miestach do jazierka s pstruhmi, odkiaľ pokračuje smerom k potoku, ale vsakuje; meranie na tomto profile nahrádza meranie na profile P28, merané nad jazierkom v žľabe, bočný prítok z rúry pod žľabom
P29	19,585105	49,010827	potok v doline Okno	suché koryto, ústi pri profile P25
P30	19,605800	48,989300	pravostranný prítok Demänovky	suché koryto v ústí ľavostrannej dolinky, v oblasti kóty 961 m
P31	19,591500	48,993000	prameň	korytový výver na dne strmej dolinky, v sutinách vápencov, poniže priepasti s rebríkom, po 10 m sa stráca v sutinách; powyše je podobný výver (0,05 l·s ⁻¹), poniže sa tá istá voda opäť na chvíľu objaví a zmizne v sutinách
P32E	19,582000	49,004300	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavom brehu Demänovky, 2 m pod profilom P32D
P32D	19,582000	49,004300	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavom brehu Demänovky, 1 m pod profilom P32C
P32C	19,582000	49,004300	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavom brehu Demänovky, 2 m pod profilom P32B
P32B	19,582000	49,004300	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavom brehu Demänovky, 2 m od prítoku (profil P15, po ľavej strane)
P32A	19,582000	49,004300	ľavostranný prítok Demänovky	prameň na ľavom brehu Demänovky, 5 m pod profilom P16, hneď pri prítoku s profilom P15 (po pravej strane)
P32	19,582000	49,004300	ľavostranný prítok Demänovky	všetky pramene P32A, B, C, D, E na ľavom brehu Demänovky spolu
P33	19,592260	49,011004	potok v doline Okno	nad jaskyňou Okno – v splytčenej časti dolinky, riedky les, 8 m pod stromom s oranžovými značkami, malý skalný prah, machový, 944 m n. m.; po 200 m sa stráca (ponor)

Tab. 3. Výsledky meraní prietokov na profiloch v Demänovskej doline [l·s⁻¹]. Dátumy jednotlivých hydrometrických meraní v rámci sérií sú uvedené v dolnom riadku tabuľky.

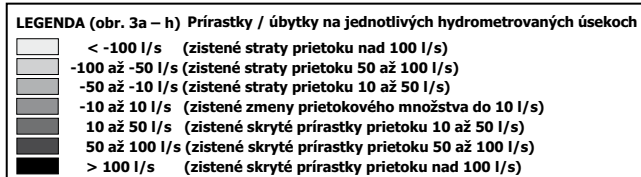
Tab. 3. Results of the hydrometric discharge measurements by current meter in the Demänová Valley [l·s⁻¹]. The dates of the individual measurements in series are shown in the bottom row.

Profil	1. séria	2. séria	3. séria	4. séria	5. séria	6. séria	7. séria
J1	1* 209,8	1* 165,9	1* 197,1	2* 197,7	1* 196,2	1* 152,3	1* 235,1
J2	2* 384,3	1* 314,0 2* 332,6	1* 355,5 2* 351	1* 331,9 2* 378,8	1* 360,9 2* 368,1	1* 263,1 2* 245,2	1* 424,3 2* 426,1
J3	1* 107,3	1* 76,4	1* 138,3	2* 128,2	1* 117,4	1* 61,0	1* 161,9
J4	1* 740,3	2* 472,4	2* 759,3	1* 680,6	2* 610,8	2* 391,0	2* 610,9
J5	2* 489,7	2* 401,9	2* 381,8	1* 445,2	2* 420,0	2* 284,3	2* 466,2
J6	2* 556,6	2* 400,5	2* 378,9	1* 437,8	2* 416,8	2* 290,4	2* 539,6

Profil	1. séria	2. séria	3. séria	4. séria	5. séria	6. séria	7. séria
J6B	2* 4,0	2* 3,2	2* 2,7	1* 3,3	2* 3,0	2* 2,5	2* 4,1
J6C	1* 100,0	1* 0,0	2* 169,6	2* 214,1	2* 117,2	2* 89,2	2* 99,5
J7	2* 361,4	2* 314,7	2* 335,9	1* 322,7	2* 365,4	2* 243,1	2* 394,4
P1	1* 99,9	1* 69,2	1* 315,8 1* 369,9	1* 273,3	1* 113,9	1* 73,7	1* 727,7
P2	1* 108,6	1* 8,6	1* 283,3	1* 291	1* 105,8	1* 31,0	1* 937,2
P3	1* 93,9	1* 3,3	1* 281,3	1* 256,3	1* 82,1	1* 28,2	1* 842,2
P4	1* 41,4	1* 13,6	1* 55,4 1* 61,8	1* 44,7	1* 25,8	1* 13,3	1* 112,6
P5	1* 141,3	1* 1,0	1* 297,9	1* 253,7	1* 82,9	1* 18,8	1* 942,9
P6	1* 97,7 2* 87,3	1* 0,0	1* 266,9 2* 272,3	1* 229,7 2* 235,1	1* 34,8 2* 50,2	1* 0,0	1* 898 2* 819,9
P7	2* 258,3	2* 172,3	2* 520,8	2* 514,2	1* 287,4	1* 138,3	1* 1283,8
P8	2* 3,3	2* 0,0	2* 0,1	2* 1,1	1* 1,8	1* 1,1	1* 2,0
P9	2* 211,8	1* 141,2 2* 131,3	1* 440,8 2* 482,8	2* 560,9	1* 274,6	1* 102,4 2* 85,7 3* 72,2	1* 1151,1
P10	2* 11,5	2* 5,7	2* 4,9	2* 9,4	1* 5,7	1* 4,1	1* 14,1
P11	3* 194	2* 0,0	2* 402,7	2* 581	2* 199,0	2* 0,0	2* 1560,3
P12	2* 1,1	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,4	2* 0,3	2* 0,0	2* 0,1
P13	3* 129,3	2* 0,0	2* 350,7	2* 576,7	2* 159,6	2* 0,0	2* 1639,1
P14	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,2	2* 0,1
P15	2* 3,7	2* 0,0	2* 0,0	2* 0,0	2* 0,8	2* 0,0	2* 0,0
P16	2* 0,4	2* 0,4	2* 0,3	2* 0,3	2* 0,3	2* 0,1	2* 0,1
P17	2* 22,6 3* 112,8	2* 0,0	3* 297,4	2* 489,3	2* 109,2	2* 0,0	2* 1420
P18	3* 18,1	2* 10,2	3* 10,9	3* 14,5	2* 13,5	2* 4,9	3* 18,1
P19	3* 0,2	2* 0,0	3* 0,0	3* 0,1	2* 0,0	2* 0,0	3* 0,1
P20	3* 7,1	2* 2	3* 0,8	1* 0,8 3* 1,3	2* 2,4	2* 0,0	3* 0,1
P21	2* 408,0 3* 350,0	2* 270,6 3* 249,0	2* 469,6 3* 470,0	1* 371,4 2* 348,0 3* 364,6	1* 345,7	2* 146,3	2* 380,1
P22	3* 0,1	2* 0,1	3* 0,0	3* 0,0	2* 0,1	2* 0,0	2* 0,0
P23	3* 0,3	2* 0,1	3* 0,6	3* 0,1	2* 0,0	2* 0,1	2* 0,0
P24A	3* 1,1	3* 1,2	3* 0,6	3* 1,4	2* 1,2	2* 0,2	3* 0,8
P24B	3* 2,3	3* 1,5	3* 0,8	3* 2,1	2* 4,1	2* 1,7	3* 1,5
P24C	3* 0,2	3* 0,1	3* 0,1	3* 0,1	2* 0,1	2* 0,1	3* 0,1
P24A_D							3* 0,7
P25	3* 539,5	3* 279	3* 893,8	3* 870,9	2* 516,1	2* 207,0	2* 2014,3
P26	3* 0,8	3* 0,5	3* 1,4	3* 1,9	2* 1,2	2* 0,0	3* 2,5
P27	3* 633,6	3* 302,2	3* 979,4	3* 935,7	2* 536,2	2* 207,7	2* 2067,6
P28	1* 0,2	-	-	-	-	-	-
P28N	-	3* 0,4	1* 0,6	1* 0,7	1* 0,4	2* 0,2	1* 0,7
P29	3* 0,0	3* 0,0	3* 0,0	3* 0,0	2* 0,0	2* 0,0	3* 0,0
P30	-	1* 0,0	1* 0,0	1* 0,0	1* 0,0	-	-
P31	-	1* 0,2	1* 0,4	1* 0,1	1* 0,0	-	1* 0,1
P32E	-	2* 0,2	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,2	2* 0,2	-
P32D	-	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,2	2* 0,1	2* 0,3	-
P32C	-	2* 0,3	2* 0,4	2* 0,2	2* 0,1	2* 0,3	-
P32B	-	2* 0,2	2* 0,2	2* 0,1	2* 0,1	2* 0,1	-
P32A	-	2* 0,2	2* 0,3	2* 0,2	2* 0,2	2* 0,1	-
P32	-	-	-	-	-	-	2* 0,3
P33	-	-	3* 0,8	-	-	2* 0,3	3* 0,8
Dátumy merania	1* 20. 1. 2011 2* 21. 1. 2011 3* 22. 1. 2011	1* 3. 3. 2011 2* 4. 3. 2011 3* 5. 3. 2011	1* 5. 5. 2011 2* 6. 5. 2011 3* 7. 5. 2011	1* 27. 6. 2011 2* 28. 6. 2011 3* 29. 6. 2011	1* 8. 9. 2011 2* 9. 9. 2011	1* 1. 12. 2011 2* 2. 12. 2011 3* 3. 12. 2011	1* 10. 5. 2012 2* 11. 5. 2012 3* 12. 5. 2012

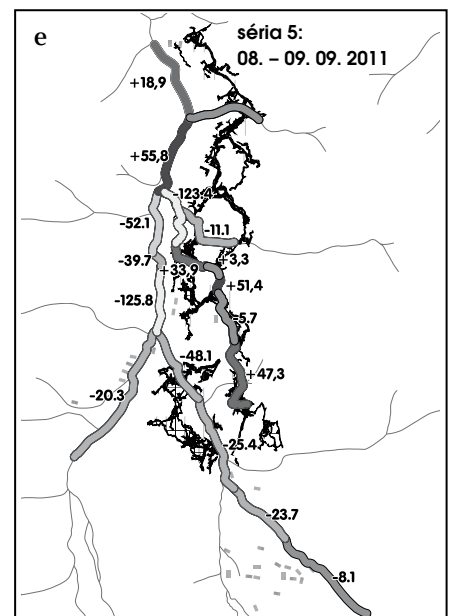
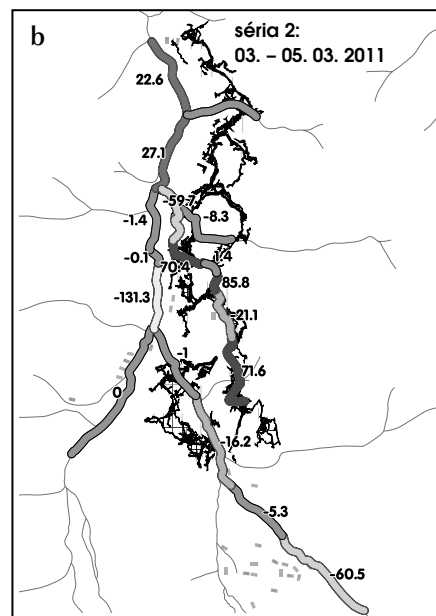
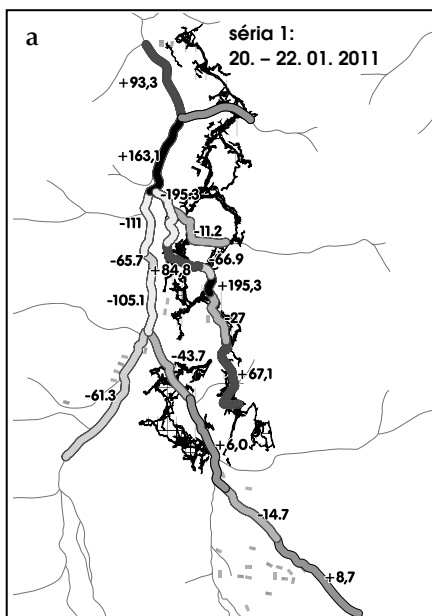
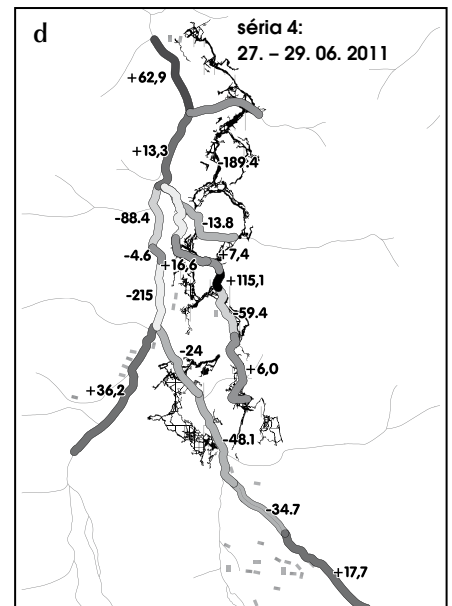
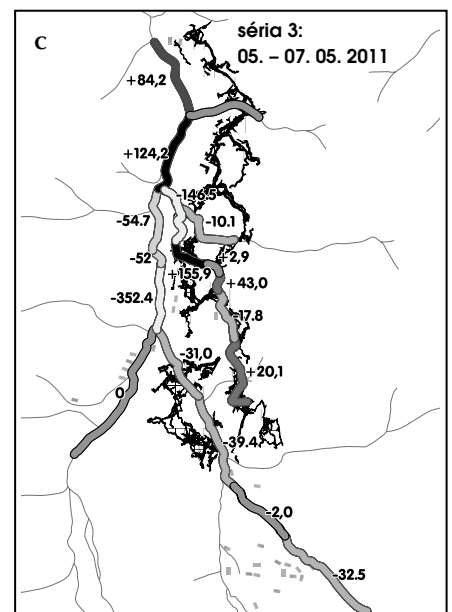


Obr. 2. Poloha profilov hydrometrických meraní v Demänovskej doline.
Fig. 2. Location of measured hydrometric profiles in the Demänová Valley.



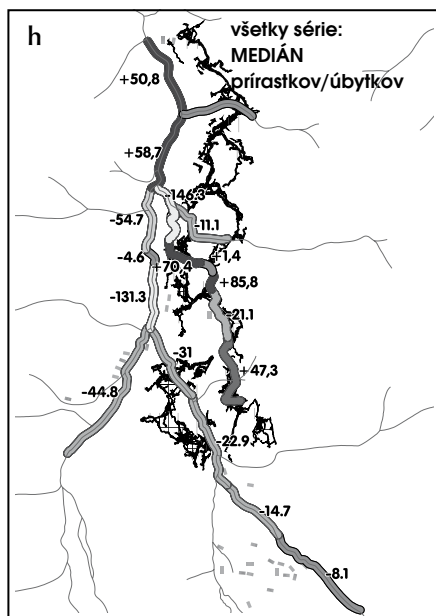
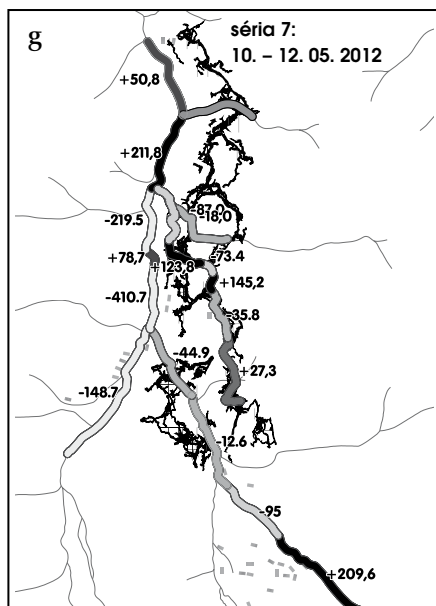
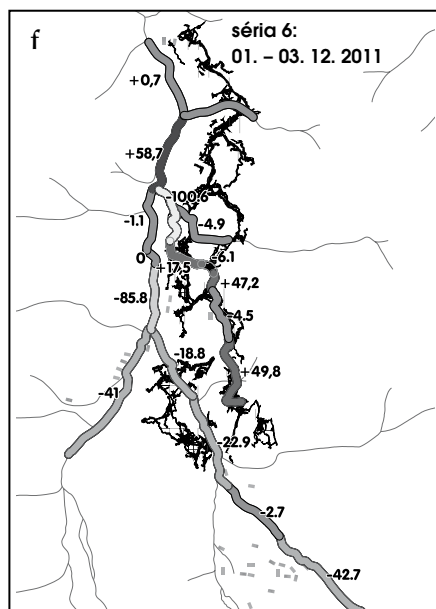
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky hydrometrických meraní prietokov na profiloch, zistené v rámci jednotlivých sérií meraní, sú zhrnuté v tabuľke 3. Na vyhodnotenie prírastkov alebo úbytkov prietokov na jednotlivých úsekoch povrchovej alebo podzemnej Demänovky medzi premeriavanými profilmi bolo potrebné vykonať vzájomné odčítanie alebo sčítanie zistených prietokov podľa algoritmu, ktorý je uvedený v tabuľke 4. V tabuľke 5 sú uvedené veľkosti skrytých prírastkov alebo úbytkov prietokových množstiev, stanovené pri jednotlivých sériách hydrometrických meraní, ako aj ich priemerné veľkosti a veľkosti mediánu prírastkov (úbytkov) zo všetkých siedmich sérií hydrometrických meraní. Výsledky úsekových hydrometrických meraní z jednotlivých sérií sú znázornené na mapovom podklade aj na obrázkoch 3a až 3g, na obrázku 3h je grafické znázornenie mediánu zmien prietokových množstiev (prírastkov alebo úbytkov) zo všetkých siedmich sérií hydrometrických meraní.



Obr. 3. Výsledky jednotlivých sérií úsekových hydrometrických meraní v Demänovskej doline na stanovenie skrytých prírastkov alebo úbytkov prietokových množstiev – obr. a) až g) – na obr. h) mediánu hodnôt; hodnoty sú uvedené v l·s⁻¹.

Fig. 3. Results of the individual series of interval hydrometric discharge measurements in the Demänová Valley, performed in order to determine hidden surpluses or losses of discharge – Figs. 3a) to 3g) – and median value shown on Fig. 3h) – values are given in l·s⁻¹.



Obr. 3. f) g) h).
Fig. 3. f) g) h).

Tab. 4. Algoritmy použité na výpočet prírastkov alebo úbytkov prietokov na úsekoch medzi jednotlivými meranými profilmi.

Tab. 4. Algorithms used for calculation of the hidden surpluses or hidden losses of discharge between the measured profiles.

Referenčný profil	Profily ohraničujúce hodnotený úsek	Algoritmus kalkulácie skrytých prírastkov alebo úbytkov prietoku v danom úseku
Povrchová Demänovka		
P2	P2 / P1	P2 - P1
P3	P3 / P2	P3 - P2
P5	P5 / P3	P5 - P4 - P28 - P3
P6	P6 / P5	P6 - P5
P11	P11 / P6	P11 - P9 - Z6 - P6
P13*	P13 / P11	P13 - P12 - P11
P17	P17 / P13	P17 - (P14 + P15 + P16 + P32ABCDE) - P13
P25	P25 / P17	P25 - (P21_P + P22 + P23 + P24ABC) - P17
P27	P27 / P25	P27 - P29 - P26 - P25
Podzemná Demänovka		
J2	J2 / J1 (prírastok prietoku v zatiaľ neznámej časti riečiska podzemnej Demänovky medzi Pustou jaskyňou a DJS znížený o prítok z odtokového sifónu Jazerného domu v jaskyni Štefanová)	J2 - J3 - J1
J7	J7 / J2	J7 - J6B - J2
J6	J6 / J7	J6 - J7
J5	J5 / J6	J5 - J6
J4	J4 / J5 (skrytý prírastok prietoku v neznámom úseku podzemnej Demänovky znížený o prítok z Objavného ponoru a Údolnej jaskyne)	J4 - J6C - (P13 - P12 - P11)* - J5
P21	P21 / J4	P21 - P20 - J4 + VZ**
Povrchový tok Zadnej vody		
P9	P9 / P7	P9 - P10 - P8 - P7
Povrchový tok v bočnej dolinke Vyvieranie		
P20	P20 / P18	P20 - P19 - P18
Povrchový tok v bočnej dolinke Okno		
P29	P29 / P33	P29 - P33

Poznámky: * viditeľný prítok cez Objavný ponor, ** vodárenský odber (vodný zdroj Vyvieranie)

Notes: * visible surplus through the original Objavný ponor ("Discovery swallow hole"), ** water abstraction by waterworks (Vyvieranie source)

1. série meraní prietokov (20. - 22. 1. 2011)

V rámci prvej série hydrometrovania sa zameralo 52 profilov. Z výsledkov meraní (tabuľka 3) vyplýva, že prietok v smere toku rastie až po záverečný profil, kde dosahuje hodnotu 633,6 l·s⁻¹. Relatívne zmeny medzi jednotlivými profilmi však majú rôznorodý charakter, pričom pri niektorých úsekoch dochádza k prírastku prietokových množstiev a pri iných naopak k úbytku prostredníctvom ponorov nachádzajúcich sa v koryte toku. Prvá významná zmena nastáva na profile J2 v Demänovskej jaskyni slobody, kde sa zistilo zvýšenie prietoku vôd o +67,1 l·s⁻¹. Na vonkajšom profile toku sa v tomto úseku dokumentovala naopak strata v prietokovom množstve v rozsahu -43,7 l·s⁻¹ (profil P6). Na nasledujúcich profiloch P6 až P17 na povrchovom toku potom dochádza postupne k ďalším stratám v prietokových množstvách cez ponory v koryte toku (P11: -105,1 l·s⁻¹; P13: -65,7 l·s⁻¹; P17: -111,0 l·s⁻¹) a k zvýšeniu prietokových množstiev dochádza na profile P25 (+156 l·s⁻¹) a P27 (+93,3 l·s⁻¹). Posledné dva profily sa nachádzajú pod vyvieracťou Vyvieranie, ktorá privádza vody z podzemného toku Demänovky na povrch. Tento rozdiel je dokumentovaný na povrchu zvýšením prietoku z hodnoty 22,6 l·s⁻¹ na profile P17 na hodnotu

539,5 l·s⁻¹ na profile P25. Pri tomto rozdieli si však treba uvedomiť, že určité množstvo vôd z vyvieracky Vyvieranie je odvedené do vodárenského systému na zásobovanie Liptovského Mikuláša pitnou vodou. Toto množstvo v danom čase dokumentovali vodárne prietokovým množstvom 144 l·s⁻¹. Od posledného podzemného profilu J4 k profilu vyvieracky Vyvieranie (P21) však ešte dochádza ku skrytému zníženiu prietokového množstva, ktoré (zníženie), ako sa zistilo, dosiahlo 195,3 l·s⁻¹. Medzi profilom P25 a P27 na povrchovom toku potom nastáva zvýšenie prietoku o 93,3 l·s⁻¹. Túto zmenu môžeme čiastočne pripísať dokumentovaným prameňom, ktoré sa v tejto oblasti nachádzajú, a čiastočne ďalším skrytým prestupom. Veľká časť z nevyjasnenej straty -195,3 l·s⁻¹ z podzemného toku sa pravdepodobne v ďalšej časti doliny podieľa na podzemnom odtoku v skrsovatených vápencoch.

Dokumentovaný prietok na profile J1 v Pustej jaskyni bol 209,8 l·s⁻¹. Podľa meraní na povrchových tokoch nad jaskyňou dochádza v tomto úseku iba k nevýznamným stratám vôd, okolo 10 l·s⁻¹. Vodný tok dokumentovaný v jaskyni Štefanová (profil J3) mal prietok 107,0 l·s⁻¹. Podľa najnovších zistení táto časť jaskynného systému Demänovskej doliny sú-

Tab. 5. Výsledky úsekových hydrometrických meraní na profiloch v Demänovskej doline na stanovenie skrytých prírastkov alebo úbytkov prietokových množstiev, zistené pri jednotlivých sériách hydrometrických meraní, a ich stredné hodnoty (priemer a medián) – hodnoty sú uvedené v l·s⁻¹.

Tab. 5. Results of the interval hydrometric discharge measurements in individual series on profiles in the Demänová Valley, performed in order to determine hidden surpluses or losses of discharge, and their mean values (average and median) – values are given in l·s⁻¹.

Referenčný profil	Profily ohraničujúce hodnotený úsek	1. séria	2. séria	3. séria	4. séria	5. séria	6. séria	7. séria	Priemer	Medián
Povrchová Demänovka										
P2	P2 / P1	+8,7	-60,5	-32,5	+17,7	-8,1	-42,7	+209,6	+13,1	-8,1
P3	P3 / P2	-14,7	-5,3	-2,0	-34,7	-23,7	-2,7	-95,0	-25,4	-14,7
P5	P5 / P3	+6,0	-16,2	-39,4	-48,1	-25,4	-22,9	-12,6	-22,6	-22,9
P6	P6 / P5	-43,7	-1,0	-31,0	-24,0	-48,1	-18,8	-44,9	-30,2	-31,0
P11	P11 / P6	-105,1	-131,3	-352,4	-215,0	-125,8	-85,8	-410,7	-203,7	-131,3
P13	P13 / P11	-65,7	-0,1	-52,0	-4,6	-39,7	0,0	+78,7	-11,9	-4,6
P17	P17 / P13	-111,0	-1,4	-54,7	-88,4	-52,1	-1,1	-219,5	-75,4	-54,7
P25	P25 / P17	+163,1	+27,1	+124,2	+13,3	+55,8	+58,7	+211,8	+93,4	+58,7
P27	P27 / P25	+93,3	+22,6	+84,2	+62,9	+18,9	+0,7	+50,8	+47,6	+50,8
Podzemná Demänovka										
J2	J2 / J1	+67,1	+71,6	+20,1	+6,0	+47,3	+49,8	+27,3	+41,3	+47,3
J7	J7 / J2	-27,0	-21,1	-17,8	-59,4	-5,7	-4,5	-35,8	-24,5	-21,1
J6	J6 / J7	+195,3	+85,8	+43,0	+115,1	+51,4	+47,2	+145,2	+97,6	+85,8
J5	J5 / J6	-66,9	+1,4	+2,9	+7,4	+3,3	-6,1	-73,4	-18,8	+1,4
J4	J4 / J5	+84,8	+70,4	+155,9	+16,6	+33,9	+17,5	+123,8	+71,9	+70,4
P21	P21 / J4	-195,3 -253,3	-59,7 -81,4	-146,5 -146,2	-189,4 -172,8 -165,9	-123,4	-100,6	-87,0	-143,5	-146,3
Povrchový tok Zadnej vody										
P9	P9 / P7	-61,3	-46,8	-42,9	+36,2	-20,3	-41,0 -57,8	-148,7	-47,8	-44,8
Povrchový tok v bočnej dolinke Vyvieranie										
P20	P20 / P18	-11,2	-8,3	-10,1	-13,8	-11,1	-4,9	-18,0	-11,1	-11,1
Povrchový tok v bočnej dolinke Okno										
P29	P29 / P33	-	-	-	-	-	-	-0,8	-	-

streduje viacero samostatných podzemných tokov do jedného, ktorý sa nakoniec objavuje v Pekelnom dome Demänovskej jaskyne slobody (J2), s prietokom 384,3 l·s⁻¹. Medzi týmto profilom a profilom nasledujúcim (J7) nenastali významné zmeny prietoku a rozdiel medzi týmito profilmi je v rozsahu možnej chyby. Za týmto profilom sa zaznamenal nárast prietokového množstva +195,3 l·s⁻¹ na profile J6. Medzi profilom J6 a J5 sa zistila strata -66,9 l·s⁻¹. Opačný charakter prejavuje ďalší úsek, pri ktorom sme dokumentovali zvýšenie prietoku +84,8 l·s⁻¹ až na hodnotu 740,3 l·s⁻¹. Okrem zdokumentovaného skrytého prestupu sa na zvýšení prietoku podieľajú i dokumentované vody z Objavného ponoru. Profil J4 je posledným profilom v jaskyni a záverečný profil tejto časti tvorí profil na vyvieracke P21. Medzi týmito dvoma profilmi dochádza k strate -195,3 l·s⁻¹. Tieto vody pravdepodobne skryto prestupujú medzi krasovým masívom a povrchovým tokom v ďalšom úseku (profil P25 a P27), kde sa zaznamenal celkový prírastok +249,3 l·s⁻¹.

2. séria meraní prietokov (3. – 5. 3. 2011)

Pri meraniach 2. série sa v hodnotenom území zdokumentovalo 58 profilov na vodných tokoch na povrchu a v podzemí. Celkovo boli prietoky v tomto období nižšie ako v období predchádzajúcich meraní. Maximálny prietok na najväčšom profile J4 dosahoval hodnotu 472,4 l·s⁻¹. Medzi najvyšším profilom P1 a profilom P2 dochádzalo k úbytku prietokových množstiev o -60,5 l·s⁻¹. Veľmi malé

zmeny na ďalších profiloch môžeme pripísať chybe merania. Významnejšia zmena nastala až na profile J2 (Pekelný dóm), kde sa zaznamenal prírastok prietokového množstva o 71,6 l·s⁻¹. Následne k výraznej zmene došlo až na profile J6, prietok sa zvýšil o 85,8 l·s⁻¹. Na povrchu sa naopak dokumentoval úbytok prietokového množstva na profile P11, a to -131,3 l·s⁻¹. V jaskyni sa tieto vody prejavujú na profile J4, kde sa zaznamenal nárast +70,4 l·s⁻¹. Medzi týmito posledným podzemným profilom a profilom na Vyvieraní (P21) sa znova dokumentoval úbytok, a to -59,7 l·s⁻¹. Naopak v ďalšej časti územia sa v povrchovom toku zaznamenal prírastok na profiloch P25 a P27, sumárne +47,7 l·s⁻¹.

Na profile J2 (Pekelný dóm) bol prírastok +71,6 l·s⁻¹. Ďalšie významné prírastky sa zistili na profiloch J6 (85,8 l·s⁻¹) a J5 (70,4 l·s⁻¹). Naopak jediný významný úbytok prietoku sa dokumentoval medzi profilom J4 a profilom na Vyvieraní (-59,7 l·s⁻¹). Z výsledkov je zrejmé, že



Obr. 4. Hydrometrovacie práce v jaskyni Štefanová – profil J3. Foto: D. Haviarová
Fig. 4. Measurement of discharges by current meter in the Štefanová Cave – profile J3. Photo: D. Haviarová

voda pritekajúca z nekrasovej časti povodia sa pri kontakte s krasovatejúcimi vápencami stráca a prestupuje buď skryto, alebo v známych ponoroch do podzemného riečiska, pričom na väčšine povrchového toku týmto spôsobom vzniká v zime suché koryto toku (profily P6 až P17). Najvýznamnejšie straty sa zaznamenali najmä medzi profilmi P1 a P2 (-60,5 l·s⁻¹) a P6 a P11 (-131,1 l·s⁻¹). Suché koryto toku sa končí až pod vyvierackou Vyvieranie a v ďalšej časti územia dochádza k veľmi malým prírastkom na prietoku v sume +47,7 l·s⁻¹.

3. séria meraní prietokov (5. – 7. 5. 2011)

V rámci 3. série sa zmeralo 60 profilov. Celkovo boli prietoky obdobné ako v prípade januárovej (2.) série. Podľa výsledkov meraní v najvyššej časti záujmového územia sa nezistili výraznejšie prírastky alebo úbytky až po profil P11. Celkovo hodnota prírastkov alebo úbytkov dosahuje hodnoty do $39,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, čo je v rozsahu možnej chyby. Prvá významnejšia zmena nastala až v úseku nad profilom P11, kde sa dokumentovala strata $-352,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. V ďalšej časti po profil P13 došlo rovnako k stratám, ale ich celkové množstvá boli menšie ($-52 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Tieto vody sa pravdepodobne následne indikovali v krasovom systéme v miestach nad profilom J4, kde sa prietok na podzemnom toku zvýšil o $155,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Celkovo však z jaskynného toku na povrch vo vyvieracke Vyvieranie vytekalo množstvo o $146,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ menšie ako na poslednom jaskynnom profile. V ďalšom úseku do povrchového toku po profil P27 skryto prestupovalo sumárne $207,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Výsledky meraní podzemného toku dokumentovali, že prietoky sa v smere toku postupne mierne zvyšujú a prvá významná zmena nastala až na záverečnom profile J4, kde bol prírastok $+155,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. V nasledujúcom úseku po profil na vyvieracke Vyvieranie (P21) naopak došlo k strate $-146,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Prietokové množstvá vôd dokumentované na povrchových profiloch boli pomerne rovnomerné a významná zmena nastala až na profile P11, kde sa strácalo $352,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Naopak, k skrytým prestupom do povrchového toku dochádzalo medzi profilmi P17 až P27, kde bol celkový prestup $+207,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

4. séria meraní prietokov (28. – 29. 6. 2011)

V tejto (letnej) sérii hydrometrických meraní sa zdokumentovalo 62 profilov na povrchových a podzemných tokoch a prameňoch. V smere nadol od najvyššieho profilu P1 na povrchovom toku nedochádzalo k významným zmenám v prietokových množstvách až po podzemný profil J7. Dokumentované zmeny boli v rozsahu $\pm 48 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Na profile J7 sa zaznamenala strata $-59,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Naopak, na ďalšom profile (J6) sa zistilo zvýšenie hodnoty prietoku o $115,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Prvá významná zmena na povrchovom toku nastala na profile P11, kde dochádzalo k skrytej strate prietokového množstva vo veľkosti $215,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Strata sa zaznamenala aj na ďalšom úseku po profil P17 ($-88,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Na podzemnom toku bola strata dokumentovaná medzi profilom J4 a profilom P21 na vyvieracke Vyvieranie ($-189,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Pri pohľade na podzemný tok Demänovky je zrejme, že prietokové množstvo postupne vzrastá z hodnoty $197,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (J1 – Pustá jaskyňa) na hodnotu $680 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (J4). Významné zmeny sa dokumentovali na troch profiloch v Demänovskej jaskyni slobody. Na profile J7 (pod Pekelným dómom) sa zistila strata $-59,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Naopak medzi týmto profilom a nasledujúcim (J6) sa zaznamenalo zvýšenie prietokového množstva o $115,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Zmeny na ďalších dvoch profiloch boli v rozsahu chyby merania. Z opisovaného jaskynného prostredia vytekalo vo vyvieracke Vyvieranie $348 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, čo znamená, že podzemný odtok skryto prestupujúci do ďalšej časti územia (alebo vodárenský odber) by mal mať veľkosť ďalších $189,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Pri pohľade na výsledky meraní prietokov na povrchovom toku zisťujeme, že najvyšší prie-



Obr. 5. Hydrometrovacie práce v Demänovskej jaskyni slobody – profil J5. Foto: P. Staník
Fig. 5. Measurement of discharges by current meter in the Demänová Cave of Liberty – profile J5. Photo: P. Staník

tok bol na profile P2, nad Pustou jaskyňou. Od tohto profilu sa prietokové množstvo vôd v toku postupne znižuje až po profil P6. Na celom opísanom úseku časť vody prechádza do obehu v podzemí, pričom najvyššia strata sa zaznamenala v ponoroch na úseku medzi profilom P6 a P11, kde sa strácalo $215,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Ďalšia strata sa dokumentovala na profile P17 ($-88,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$), ktorý sa nachádza nad Vyvieraním. V ďalšej časti pod spomínaným prameňom sa zistili malé prestupy po profil P27 v sumárnom množstve $+75,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Najvyššie prietoky boli pri tomto meraní (na rozdiel od januároveho merania) na záverečnom profile P27 ($935,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$).

5. séria meraní prietokov (8. – 9. 9. 2011)

V 5. sérii meraní sa dokumentovalo 54 profilov vodných tokov a prameňov. V smere od prvého profilu po prúde vodného toku dochádzalo iba k nevýznamným stratám v prietokových množstvách v rozsahu možnej chyby merania. Prvá významná zmena nastala na podzemnom profile J2 v Pekelnom dome Demänovskej jaskyne slobody, kde sa zaznamenal nárast $+47,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Následne k stratám na povrchovom toku dochádzalo v oblasti profilov P11 ($-125,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$), P13 ($-39,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) a P17 ($-52,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Na podzemnom toku boli tieto prestupy dokumentovateľné na profiloch J6 ($+51,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) a J4 ($+33,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Najvýznamnejšia strata sa pri tomto meraní dokumentovala medzi záverečným podzemným profilom J4 a vyvierackou Vyvieranie (P21; $-123,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Na ďalšom úseku dochádzalo k prírastkom prietokového množstva vôd v toku až po profil P27, celkovo o $72,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Z hľadiska toku podzemnej Demänovky sa najnižší prietok zaznamenal na profile v Pustej jaskyni ($192,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Po ďalší profil v Pekelnom dome bol zaznamenaný skrytý prestup $+47,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Od profilu J7 po nasledujúci J6 sa rovnako zaznamenal prírastok ($+51,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Medzi profilom J5 a profilom J4, na ktorom bývali najčastejšie

dokumentované najvyššie prírastky, sa v prípade tohto merania dokumentoval prírastok iba $+33,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Medzi uzáverovým podzemným profilom J4 a vyvierackou Vyvieranie (P21) sa ako v predchádzajúcich prípadoch zaznamenala strata, v tomto prípade $-123,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

6. séria meraní prietokov (1. – 2. 12. 2011)

V rámci 6. série sa hydrometrickými meraniami zdokumentovalo 59 profilov. Počas meraní sa zaznamenali najnižšie hodnoty prietokov spomedzi všetkých siedmich realizovaných sérií hydrometrických meraní. Medzi najvyšším profilom na povrchovom toku (P1) a nasledujúcim (P2) sa dokumentovala strata prietoku $-42,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Na ďalších profiloch v smere toku sa zaznamenali ďalšie straty, avšak vo veľmi malých množstvách, do max. $22,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Tieto straty boli zrejme následne sčasti dokumentovateľné na profile J2 v Pekelnom dome prírastkom $+49,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Na ďalšom úseku povrchového toku sa zistili úbytky prietokových množstiev až po profil P6, ktorý už tvorilo suché koryto. Vzhľadom na to nedochádzalo k významným prestupom vôd do podzemného toku na miestach overených predchádzajúcimi meraniami nad profilom J4. Voda sa v koryte povrchového toku znovu objavila až pod vyvierackou Vyvieranie, z ktorej vytekalo $146,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Na nasledujúcom úseku povrchového toku sa zaznamenali prírastky iba v úseku po profil P25. Pri pohľade na výsledky priebehu zmien prietokov na podzemnom toku Demänovky (tabuľky 3 a 5), zistíme, že prietok sa v smere prúdu pomaly zvyšuje z hodnoty $152,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ na profile J1 v Pustej jaskyni po hodnotu $391,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ na podzemnom profile J4, čo bola zároveň najvyššia dokumentovaná hodnota prietoku v hodnotenom úseku povodia Demänovky. V jaskynnom systéme sa zistili iba malé prírastky (najvyšší, $+49,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ako už bolo povedané, bol zdokumentovaný na profile J2 v Pekelnom dome Demänovskej jaskyne slobody). Druhý najvýznamnejší prírastok bol indikovaný v priestore medzi profilom J7 a J6 a dosiahol hodnotu $+47,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Pred profilom J4, v miestach predtým s najvyššími prírastkami, sa v tomto prípade dokumentovala iba malá hodnota v rozsahu chyby merania ($+17,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Na úseku medzi týmto profilom a Vyvieraním (P21) sa zaznamenala strata $-100,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Pri hodnotení zmien na povrchovom toku môžeme vychádzať z hodnoty prietoku $73,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, nameranej na najvyššom profile P1. Po ďalší profil P2 sa skryto strácalo $42,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ a v ďalších úsekoch až po profil P6 sa prietok postupne znižoval prestupmi do podzemia až na nulovú hodnotu, pričom najväčšia strata bola dokumentovaná v ponoroch nad profilom P11 ($-85,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Prítomnosť pretekajúcej vody sa potom zaznamenala až pod vyvierackou (Vyvieranie), kde prietok na profile P25 dosiahol hodnotu $207,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Pod spomínaným profilom sa zistil ešte ďalší prírastok prietokového množstva na povrchovom toku v hodnote $+58,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (po profil P27).

7. séria meraní prietokov (10. – 12. 5. 2012)

Posledná séria hydrometrických meraní sa uskutočnila až v máji roku 2012 z dôvodov dokumentácie režimu pri vysokých prietokoch, pričom bolo premeraných 51 doku-

mentačných bodov. Počas týchto meraní sa skutočne dokumentovali najvyššie prietoky na povrchovom toku (profil P27: 2067,6 l·s⁻¹). V smere od najvyššieho profilu P1 po profil P2 sa prietok na toku skryto zvýšil o 209,6 l·s⁻¹. Naopak, medzi profilom P2 a P3 v oblasti skrasovatených vápencov prestúpilo z toku do horninového masívu 95,0 l·s⁻¹. V ďalších častiach toku po profil P5 sa zmerala ďalšia strata prietoku vo veľkosti -12,6 l·s⁻¹. Tieto povrchové straty sa však na pozemnom toku Demänovky príliš neprejavili a dokonca medzi profilom J2 v Pekelnom dome a profilom J7 bola takisto zistená strata -35,8 l·s⁻¹. Prvý významný prírastok na podzemnom toku v Demänovskej jaskyni slobody nastal medzi profilmi J7 a J6, kde dosiahol hodnotu +145,2 l·s⁻¹. Naopak, v ďalšom úseku sa po profil J5 strácalo 73,4 l·s⁻¹. Na povrchovom toku sa za týmto úsekom po profil P11 strácalo ďalších až 410,7 l·s⁻¹ vôd. Opačný charakter mal povrchový tok od profilu P11 po profil P13, kde napriek viditeľnému odtoku do Objavného ponoru sa celkový prietok zvýšil o skrytý prírastok +78,7 l·s⁻¹. Na podzemnom toku sa medzi profilom J5 a J4 zvýšilo prietokové množstvo o ďalších 123,8 l·s⁻¹. V tomto úseku doliny sa tiež na paralelnom úseku povrchového toku zdokumentoval úbytok prietokového množstva vôd medzi profilmi P13 a P17 vo veľkosti -219,5 l·s⁻¹. V podzemí sa tento úbytok na prietoku neprejavil a dokonca medzi posledným podzemným profilom a vyvieračkou Vyvieranie došlo k strate (-87,0 l·s⁻¹). V ďalšej časti už do povrchového toku skryto prestupovalo po profil P27 celkovo 262,5 l·s⁻¹ vôd.

Pri hodnotení priebehu zmien v prietokových množstvách vôd na podzemnom riečisku Demänovky zisťujeme, že prietok 235,1 l·s⁻¹ zmeraný na najvyššom profile J1 v Pustej jaskyni sa po profil J2 v Pekelnom dome zvýšil na hodnotu 424,3 l·s⁻¹, avšak skryté prírastky boli dokumentované len v hodnote +27,3 l·s⁻¹, čo je v rozmedzí chyby merania. Mierne nižší prietok sa zaznamenal na profile J7 v Demänovskej jaskyni slobody, kde sa dokumentovaná strata nachádza v rozsahu novej chyby merania. Významnejšie prírastky sa zmerali až medzi profilmi J7 a J6 a dosiahli hodnotu +145,2 l·s⁻¹. Na ďalšom úseku po profil J5 sa zaznamenala strata -73,4 l·s⁻¹. Na úseku J5 až J4 bol dokumentovaný prírastok +123,8 l·s⁻¹, čím prietok podzemného toku dosiahol svoju najvyššiu hodnotu, a to 610,9 l·s⁻¹. Na vyvieračke Vyvieranie dosiahol zmeraný prietok 380,1 l·s⁻¹, čo znamená úbytok prietokového množstva od posledného profilu J4 o 87,0 l·s⁻¹.

Na najvyššom profile P1 sa na povrchovom toku zmeral prietok 727,7 l·s⁻¹. Po ďalší profil P2 sa zaznamenal prírastok +209,6 l·s⁻¹. Naopak, po nasledujúci profil P3 bola dokumentovaná strata -95,0 l·s⁻¹. Pri nasledujúcich troch profiloch sa nezistila nijaká významná zmena a prietok sa zmeral v rozsahu od 842 do 942 l·s⁻¹. Významná zmena prietoku nastala až na profile P11, kde sa v ponoroch strácalo až 410,7 l·s⁻¹. K ďalším (menej významným) stratám došlo až na úseku medzi profilmi P13 a P17. Naopak v úseku pod vyvieračkou (Vyvieranie) sa na povrchu toku zistili skryté prírastky +211,7 l·s⁻¹ po profil P25.

Merania prietokov v dolnej časti toku Zadná voda a v dolinkách Vyvieranie a Okno

Bočný ľavostranný prítok Demänovky – tok Zadnej vody pramení síce v oblastiach budovaných horninami kryštalinika, ktoré majú aj najväčšie plošné zastúpenie v celom jeho povodí, ale v jeho najnižšej časti už preteká skrasovatenými strednotriasovými vápencami fakria, prostredníctvom ktorých môže komunikovať s podzemným hydrologickým systémom Demänovskej doliny. Samotný prítok Zadnej vody je ako profil P9 započítaný do bilancie prietokov povrchovej Demänovky medzi profilmi P6 a P11. Relatívne zmeny prietokových množstiev v najnižšej časti toku sa však overovali aj na dvojici profilov P7 (vyšší z nich, situovaný 50 m nad dreveným mostíkom, merania sa vykonávali na novom mernom objekte 5577, postavenom povýše bývalého objektu SHMÚ s tým istým číslom) a P9 (nižší profil pod mostom, tesne nad ústím Zadnej vody do Demänovky). Na týchto profiloch sa v rámci 7 sérií hydrometrických meraní realizovalo 8 spoločných meraní prietokov (jedno meranie navyše bolo v rámci časovej previazanosti). Z tabuľky 5, kde sú tieto merania sumarizované, vyplýva, že medzi profilmi P7 a P9 na toku Zadná voda nastali v siedmich prípadoch úbytky prietokového množstva (od -148,7 l·s⁻¹ do -20,3 l·s⁻¹ s aritmetickým priemerom týchto úbytkov vo veľkosti -47,8 l·s⁻¹ a ich mediánom s veľkosťou -44,8 l·s⁻¹). Iba v prípade 4. série meraní v júni 2011 sa zaznamenal skrytý prírastok prietokového množstva +36,2 l·s⁻¹.

Na pravostrannom bočnom prítoku Demänovky z dolinky Vyvieranie možno pozorovať postupnú stratu prietokových množstiev aj vizuálne. Jej kvantitatívne vyčistenie medzi profilmi P18 a P20 preukázalo strednú hodnotu týchto úbytkov -11,1 l·s⁻¹ (aritmetický priemer i medián). V rámci jednotlivých sérií meraní sa skrytá strata prietokových množstiev pohybovala od -18,0 l·s⁻¹ (7. série meraní) do -4,9 l·s⁻¹ (6. série meraní; tabuľka 5). Nižšie sa nachádzajúci pravostranný prítok Demänovky z dolinky Okno sa overoval iba počas 7. série meraní prietokov, keď sa tu medzi profilmi P33 a P29 zistila strata -0,8 l·s⁻¹, t. j. strácalo sa celé množstvo pretekajúce profilom P33. Profil P29 bol počas všetkých meraní v 7. sérii suchý, bez prietoku.

ZÁVER

Od januára 2011 do mája 2012 sa na povrchových tokoch strednej časti Demänovskej doliny a podzemných tokoch podzemného hydrologického systému Demänovskej doliny realizovalo 7 sérií hydrometrických meraní. Na povrchovej časti Demänovky sa zistili straty prietokových množstiev od najvyššieho profilu P1 (nad Lúčkami, pod Krčahovom, na mernom objekte 5557) až po profil P17 (po sútoku povrchovej a podzemnej Demänovky). Tieto straty boli pravidelne zaznamenávané medzi každou dvojicou profilov s výnimkou úsekov medzi profilmi P2/P1 a P5/P3 počas prvej série meraní a P2/P1 vo štvrtnej a siedmej sérii. Priemerná suma prietokových strát zo všetkých 7 sérií má na úseku P17 až P1 veľkosť -356,3 l·s⁻¹ a veľkosť sumy mediánových hodnôt prírastkov/úbytkov je -267,3 l·s⁻¹

(obr. 3g). Povrchová časť Demänovky potom skryte zväčšuje prietokové množstvá na dvoch dolných hydrometrovaných úsekoch, a to medzi profilmi P25/P17 a aj P27/P25. Na daných dvoch úsekoch môžeme pozorovať skryté prírastky spôsobené vstupmi podzemných vôd s priemernou veľkosťou +141,1 l·s⁻¹, resp. sumou mediánových hodnôt prírastkov +109,5 l·s⁻¹.

Podzemný tok Demänovky sa vyznačuje striedavými skrytými prírastkami a úbytkami prietokových množstiev: prírastky sa vždy zistili medzi Achátovým domom jaskyne Pustá a Pekelným domom Demänovskej jaskyne slobody (úsek J2/J1; medián prírastkov +47,25 l·s⁻¹), úbytky z podzemného toku sa vždy zaznamenali v nižšom úseku po profil „Pod rázcestím“ (J7/J2; medián úbytkov -21,07 l·s⁻¹). Konštantne prírastkový bol potom ďalší (nižší) úsek J6/J7 (medzi „datovačkami“ pri schodisku do Veľkého domu a profilom „Pod rázcestím“; medián prírastkov +85,79 l·s⁻¹). V ďalšom úseku po Podzemné prepádanie boli striedavo zaznamenávané skryté úbytky i prírastky prietokového množstva, pričom absolútna veľkosť úbytkov prevažovala (ich aritmetický priemer bol -18,77 l·s⁻¹, kým ich medián mal veľkosť +1,35 l·s⁻¹). Najvýznamnejšie výrazné skryté prírastky sa potom zaznamenali na úseku medzi 6. a 7. sífonom (pred odtokovým sífonom) v oblasti Mramorového riečiska a Podzemným prepádaním (profile J4/J5; medián prírastkov +70,41 l·s⁻¹). Záverečný bod podzemného toku Demänovky tvorí vyvieračka Vyvieranie, kde bol posledný dokumentovaný profil podzemného riečiska (P21). Vo všetkých dvanástich prípadoch, keď bolo možné porovnať hydrometrovaním zistené množstvá na týchto profiloch, sa medzi profilmi P21 a J4 konštatovali úbytky prietoku, a to od -253,4 l·s⁻¹ do -59,7 l·s⁻¹, s priemerným úbytkom prietokového množstva Demänovky o 143,5 l·s⁻¹ a mediánom úbytkov -146,4 l·s⁻¹. V tejto časti sa však nachádza vodný zdroj Vyvieranie, odvádzajúci časť vôd do vodárskej siete. Liptovské vodárne uvádzajú, že veľkosť odoberaných množstiev je 144,0 l·s⁻¹ pre všetky série meraní – tieto hodnoty boli zakalkulované do bilancie úseku P21/J4. V tomto prípade potom nie je ľahké odhadnúť, aký podiel zo zistenej veľkosti úbytkov je ešte súčasťou prípadných vyšších odberov a aký podiel môže teoreticky vstupovať do ďalšej, dosiaľ neznámej súčasti podzemného hydrologického systému. Súčet všetkých skrytých prírastkov a úbytkov prietokových množstiev na podzemnej Demänovke v jej vyššej časti od profilu J1 po profil J4 však signalizuje významný podiel skrytých prírastkov. Súčet priemerných hodnôt skrytých prírastkov/úbytkov je +167,5 l·s⁻¹ a súčet mediánov +183,7 l·s⁻¹.

Okrem hlavného toku Demänovky sa straty prietokových množstiev dokumentovali hydrometrickými prácami aj v spodnej časti povodia Zadnej vody (medzi profilmi P9/P7; priemerne -47,8 l·s⁻¹, s mediánom -44,8 l·s⁻¹) a v menších dolinkách Okno (P29/P33, jednorazovo zistená strata -0,8 l·s⁻¹) a Vyvieranie (P20/P18; priemerne -11,1 l·s⁻¹).

Ak by sme spočítali všetky zistené straty a prírastky na podzemných i povrchových tokoch v skúmanej oblasti Demänovskej doliny, dostaneme pre sumu priemerných hod-

nôt z jednotlivých úsekov stratu ($-250,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) a pre sumu hodnôt mediánov takisto stratu ($-177,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). V tejto sume sú však započítané aj neznáme straty v oblasti medzi profilmi P21 a J4 s možnou súčasťou neznámej zložky odberov vôd. Ak daný úsek P21/J4 nezohľadníme, suma priemerných hodnôt z ostatných úsekov ostane stále v oblasti skrytých strát ($-107,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) a aj pre sumu mediánov hodnôt bude ich súčet „v strate“ ($-30,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Je teda pravdepodobné, že časť prietokových množstiev s veľkosťou niekoľko desiatok $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, ktoré sa strácajú z povrchovej Demänovky (ale možno aj z podzemnej Demänovky na úseku P21/J4 nad Vyvieraním), postupuje v masíve ešte ďalej pod profil P27, prípadne na iné miesto v krasovej hydrogeologickej štruktúre. Naopak, významným sa ukazuje podiel skryte prestupujúcich vôd do podzemného toku

Demänovky po profil J4. Na rozdiel od predchádzajúcich konštatovaní o podmienení vystupovania veľkých množstiev vôd vo vrchnej časti Demänovskej doliny, uprostred gutensinských vápencov, v dôsledku tektonických pomerov v doline (Kullman a Hanzel, 1976), resp. o ich podmienení eleváciou polopriepustných dolomitov spolu s kombinovanými účinkami zlomu v-z. smeru (Méryová, 1990) sa nazdávame, že vzájomná komunikácia takýchto veľkých prietokových množstiev je podmienená významným rozvojom dosiaľ neznámych podzemných krasových foriem (krasových kanálov) aj pod úrovňou súčasnej eróznej bázy v tejto časti Demänovskej doliny.

Podakovanie. Prezentované výsledky v tejto publikácii vznikli vďaka projektu *Zlepšenie starostlivosti o Ramsarskú lokalitu Jaskyne Demänovskej doliny*, ktorý bol realizovaný Správou slovenských jaskýň na základe výzvy Operačného programu Životné prostredie (číslo výzvy OPZP-PO5-09-1) pre programové obdobie 2007 – 2013 a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja a štátneho rozpočtu. Metodicky vychádzalo riešenie problematiky z aktivity 3.5 *Stanovenie kvantitatívnych parametrov prirodzených výstupov podzemných vôd v priestore a čase projektu Integrovaný systém pre simuláciu odtokových procesov* (ISSOP; ITMS kód 26220220066), ktorú v rokoch 2010 – 2013 riešil Štátny geologický ústav Dionýza Štúra na základe podpory Agentúry Ministerstva školstva SR pre štrukturálne fondy EÚ. Autori tiež ďakujú za obetavú pomoc počas terénnych hydrometrovacích prác Stanislavovi Jurčákovi, Adamovi Baštekoví a Adamovi Malíkoví.

LITERATÚRA

- AUXT, A. – MALÍK, P. – KLAČANOVÁ, Z. – PRISTAŠ, P. – FILO, J. – ŠUCHOVÁ, M. – GRETSCH, J. – GREGOR, M. – BOTTLÍK, F. – MIKITA, S. – PAŽICKÁ, A. – BUČEK, S., ČERNÁK, R. – NAGY, A. – MIČALKO, J. – MACLAV, J. – MAŠA, B. – ŠVASTA, J. – DANKO, D. 2012. *Doplňkový hydrogeologický prieskum a monitoring ramsarskej lokality Jaskyne Demänovskej doliny*. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, arch. č. 91991, 181 s.
- BIELY, A. (Ed.) – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – BUJNOVSKÝ, A. – HALOUZKA, R. – IVANIČKA, J. – KOHÚT, M. – KLINEC, A. – LUKÁČIK, E. – MACLAV, J. – MIKO, O. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – VOZÁR, J. 1992. *Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000*, GÚDŠ, Bratislava.
- BIELY, A. – BEZÁK, V. (Eds.), BIELY, A. – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLINEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – HANZEL, V. – KUBEŠ, P. – LIŠČÁK, P. – LUKÁČIK, E. – MACLAV, J. – MOLÁR, B. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – SLAVKAY, M. 1997. *Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier 1 : 50 000*. GS SR, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 232 s.
- DROPPA, A. 1957. *Demänovské jaskyne*. Krasové zjavy Demänovskej doliny. SAV, Bratislava, 289 s.
- DROPPA, V. – KLAUČO, S. 1985. *Mezozoikum SZ svahov Nízkych Tatier – hydrogeologický prieskum*. Etapová správa čiastkovej úlohy za rok 1984. IGHP Žilina – závod Bratislava. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, arch. č. 65527, 73 s.
- HAVIAROVÁ, D. 2008. *Nové poznatky k hydrografii jaskyne Štefanová (Nízke Tatry, Demänovská dolina)*. *Aragonit*, 13, 2, 20–23.
- HERICH, P. 2012. *Poznámky k mapám jaskýň Demänovskej doliny*. *Spravidaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 43, 1, 46–52.
- JALOVÝ, J. 1953. *Závrtý a ponory v horní časti doliny Demänovské a Repiskách*. *Československý kras*, 5, 109–112.
- KULLMAN, E. – HANZEL, V. 1976. *Hydrogeologický výskum mezozoika SZ svahov Nízkych Tatier*. Čiastková záverečná správa. Manuskript – archív Geofondu Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra, Bratislava, arch. č. 38600, 116 s.
- MÉRYOVÁ, E. 1990. *Mezozoikum SZ svahov Nízkych Tatier*. *Vyhľadávacie hydrogeologický prieskum*. Záverečná správa – manuskript. Archív INGEO Žilina.

DEMÄNOVÁ VALLEY: SURFACE WATER / GROUNDWATER INTERACTION

SUMMARY

In the Demänová cave system (Slovakia) and its vicinity, discharge of water courses on the surface and in the underground hydrologic system on 49 places were measured by current meter in 7 series of discharge measurements. These measurements included discharges of the surface streams, waters of the underground hydrological system as well as the springs in the vicinity of streams. Measurements were concentrated on the surface part of the Demänovka Stream and its tributaries between the sites of Lúčky and Kamenná chata, and underground Demänovka between Achátový dóm Dome in the Pustá Cave and its terminating point on the karstic spring of Vyvieranie.

Discharge measurements, performed both on the surface and in the cave system enabled the estimation of hidden surpluses or discharge losses between measurement points in different hydrologic situation (high / low water stages).

Discharge measurements were performed mostly by current meter (OTT, C2 type), and sometimes when possible – in the case of smaller streams or streams – method of dish & stop watch was applied. Measurements of discharge in the Demänovka watershed were repeatedly performed during field work campaigns in 2011 – 2012 in various water stages to enable respective comparison of different water exchange. These were performed in the days of 20. – 22. 1. 2011 (series 1); 3. – 5. 3. 2011 (series 2); 5. – 7. 5. 2011 (series 3); 27. – 29. 6. 2011 (series 4); 8. – 9. 9. 2011 (series 5); 1. – 3. 12. 2011 (series 6); and 10. – 12. 5. 2012 (series 7). Relation of the discharges of the Demänovka Stream during the measurements in individual series to the long-term observations on the gauging station Demänovka – Demänová (No. 5990, Slovak Hydrometeorological Institute) in the 1968 – 2012 period is shown in Table 1 and on Fig. 1. Location of measured hydrometric profiles in the Demänová Valley is shown on Fig. 2. Coordinates of measured hydrometric profiles position, together with short description of location is in Table 2. Results of the hydrometric discharge measurements on individual profiles are listed in Table 3. These measurements served as a base for calculation of hidden discharge surpluses or losses in individual segments of surface or underground streams, bounded by measured profiles. Algorithms used for calculation of these surpluses (losses) between the measured profiles (taking into account also side tributaries or water abstraction) can be found in Table 4. Final results for the delineated stream segments, both in individual series and as mean (average and median) values are listed in Table 5 and show on maps on Figs. 3a – 3g.

Upper parts of the Demänovka and Priečny potok surface streams were identified as typical losing streams, as the between the profiles P1 and P17 the average sum of discharge losses of all 7 series of measurements here is $-356,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Total sum of surpluses/losses medians of these segments (P1 to P17) is $-267,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (Fig. 3g) that means the water running in the surface Demänovka Stream gets into karstified underground via ponors existing in the vicinity of these segments. In contrary to this, under the tributary of the Zadná voda Stream, in the distance interval between the Vyvieranie and the Kamenná chata (two segments between profiles P17 and P27) a gaining part of Demänovka was found. The average of calculated hidden surpluses here is $+141,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, and the median of the same values represents the mean value of hidden discharge surplus of $+109,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Apart from the main surface stream of Demänovka, hidden discharge losses were discovered also on its tributaries of Zadná voda ($-47,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ in average and $-44,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ in median between profiles P7 and P9) and stream in the Vyvieranie Valley ($-11,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ / $-11,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ between P18 and P20 profiles).

Demänovka in the underground hydrologic system of the Demänová cave system was found as prevalingly gaining river, with limited discharge loses to the adjacent connected conduit system between profiles J1/J4 (average of sums of surpluses/losses in individual series is $+167.5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, median of the same values is $+183.7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Disputable is the systematic hidden loss of discharge found on the segment of underground Demänovka Stream between profiles J4 and P21. An abstraction point of waterworks is situated within the Vyvieranie Cave here, and although the water user claims systematic abstraction of $144.0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ in the time of all measurements, another hidden loss of $-143.5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (average value) or $+146.4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (median value) was found here. It is not easy to estimate, whether the "missing water" is additionally taken into pipeline or whether it enters to the conduits of recently unknown parts of the karstic system.

Sum of all average surpluses/losses in individual series, if not taking into account disputable segment between J4 and P21 profiles with possible additional water abstraction, is $-107.4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (sum of medians $-30.4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). It is therefore possible that part of discharge (some tens of litres per second) that is lost from surface streams on the investigated territory of Demänová Valley continues in hidden conduits of the unknown system under the profile P27, or somewhere to the eastern or western part of the karstified structures beyond the surface hydrological boundaries. If taking into consideration the lost amounts between J4 and P21 profiles, the total "unregistered" transferring discharge would be even several times higher.

KORÓZNE ŠIKMÉ FACETY A ICH MORFOGENETICKÉ VZŤAHY – PRÍKLADY Z VYBRANÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU

Pavel Bella^{1,2}

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

² Katedra geografie, Pedagogická fakulta KU, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

P. Bella: Solution inward-inclined facets and their morphogenetic relationships – examples from selected caves in Slovakia

Abstract: The paper deals with facets as solution inward-inclined smooth wall surfaces (*Facetten* in the sense of Kempe et al., 1975 or *planes of repose* in the sense of Lange, 1963) generally maintain a slope of approximately 40 – 45 degrees, independent of bedding planes inclination in the walls. Facets present important morphological indicators of cave origin. They are usually associated with horizontal ceiling (triangular cross-section). Several opinions or models of the formation of solution facets were worked out. According to Gripp (1913) a horizontal ceiling corresponds to a stable water table, water density increases due to gypsum dissolution initiating a descending current on the facet (convection water flow), the gypsum dissolution rate decreases from top down, the triangular cross-section of the passage is caused by retreat of the fracture walls from vertical to sub-horizontal positions. In the sense of Lange (1963), these specific inward-inclined speleogens were formed by solution during slow water circulation, when the accumulation of insoluble residues created a barrier for widening the floor and sloping walls in flooded part of cavities (see also Goodman, 1964, 1969). Reinboth (1968) suggested that the horizontal ceiling develops lower than the water table, gypsum dissolution functions at the horizontal ceiling and along lateral overhanging wall sections (no dissolution at the facets). According to Kempe (1972) and Kempe et al. (1975) *Laugdecken* and *Facetten* are formed below a water table (in the shallow phreatic zone), the dissolution rate along the facets is uniform, the horizontal ceiling rises upward at the same time as the facets retreat. Solution facets occur also in several limestone caves including Slovakia (Ochtinská Aragonite Cave, Leontína Cave, Čertova Cave, Belianska Cave, Liskovská Cave, Dobšinská Ice Cave, Harmanecká Cave and Zápoľná Cave). Solution facets in the studied Slovak caves are observed in several morphological sets and morphostratigraphic relationships with adjacent speleogens of phreatic or epiphreatic origin: (1) solution facets occurring below solution flat ceilings (triangular cross-section), (2) facets below lateral epiphreatic water-table notches, (3) facets on the lower parts of horizontal or inclined oval passages, (4) facets on the lower parts of cupola-like halls without lateral notches between facets and upper non-smooth rock surfaces, (5) facets cutting phreatic conduits on rock walls or on the bottom of passages, (6) small facets in the lower part of wall niches (faceted niches).

Key words: karst geomorphology, cave morphology, *Facetten*, solution facets, planes of repose, faceted niche, limestone cave, speleogenesis, Western Carpathians

ÚVOD

Medzi pozoruhodné geomorfologické morfoskulptúrne tvary v niektorých jaskyniach patria korózne šikmé ploché, hladko modelované steny alebo spodné časti stien, sklonené dovnútra jaskyne pod uhlom okolo 45° (nie sú štruktúrne podmienené, nevytvorili sa pozdĺž vrstvových plôch alebo iných štruktúrne-tektonických diskontinuí). V nemeckej literatúre sa označujú termínom *Facetten*, resp. *Lösungsfacetten*, *Laugfacetten*, *Stillwasserfacetten* (Gripp, 1913; Biese, 1931; Trimmel et al., 1965; Kempe, 1970; Reinboth, 1971, 1992 a iní), v anglo-americkéj literatúre sa uvádzajú ako *solution facets*, resp. *facets* (Ford, 1988; Ford a Williams, 1989; Lauritzen a Lundberg, 2000) alebo *planes of*

repose (Lange, 1963, 1968). S cieľom terminologickej jednoznačnosti sa u nás opisujú ako korózne šikmé facety (ako facety sa zvykli označovať aj korózne lastúrovité jamky, angl. *scallops*; detailnejšie zdôvodnenie podáva Bella, 2007). Korózne šikmé facety patria medzi morfológické indikátory vytvárania jaskýň vo freatickej zóne veľmi pomaly prúdiacou až takmer stagnujúcou vodou atmosférického pôvodu (bez zvýšenia jej agresívnosti vplyvom hlbinných zdrojov) (Lange, 1963; Kempe et al., 1975 a iní), ako aj hypogénnych jaskýň (Klimchouk, 1997, 2007, 2013).

Na Slovensku sa korózne šikmé facety doteraz súbornejšie opísali iba v Ochtinskej aragonitovej jaskyni (Bella, 1998, 2004; Bosák et al., 2002), Belianskej jaskyni (Bella a Osbor-

ne, 2007) a Dobšinskej ľadovej jaskyni (Bella, 2011). Stručnejšie sa spomínajú aj v niektorých ďalších jaskyniach. Vyskytujú sa vo viacerých korózných jaskyniach, ktoré sa vytvorili vodou vystupujúcou pozdĺž zlomov (Bella a Bosák, 2012). Keďže korózne šikmé facety sú dôležité morfológické indikátory speleogenézy, treba im aj u nás venovať väčšiu pozornosť.

V predložennom príspevku sa podáva prehľad názorov na vznik korózných šikmých faciet, zdôrazňuje sa ich význam ako morfológických indikátorov vývoja jaskýň v podmienkach pomaly prúdiacej až stagnujúcej vody, sumarizujú sa doterajšie poznatky o ich výskyte v jaskyniach na Slovensku a analyzujú sa ich morfofenetické vzťahy k susedným formám jaskynného georeliéfu.

ZÁKLADNÝ PREHĽAD PROBLEMATIKY

Šikmé facety sa prvotne skúmali a opísali v nemeckých sadrovcových jaskyniach (Gripp, 1913; Biese, 1931). Neskôr sa v Nemecku týmito osobitnými tvarmi jaskynného georeliéfu zaoberali Reinboth (1968, 1971, 1974), Kempe (1969, 1970, 1972, 1976, 1996), Kempe a Se-

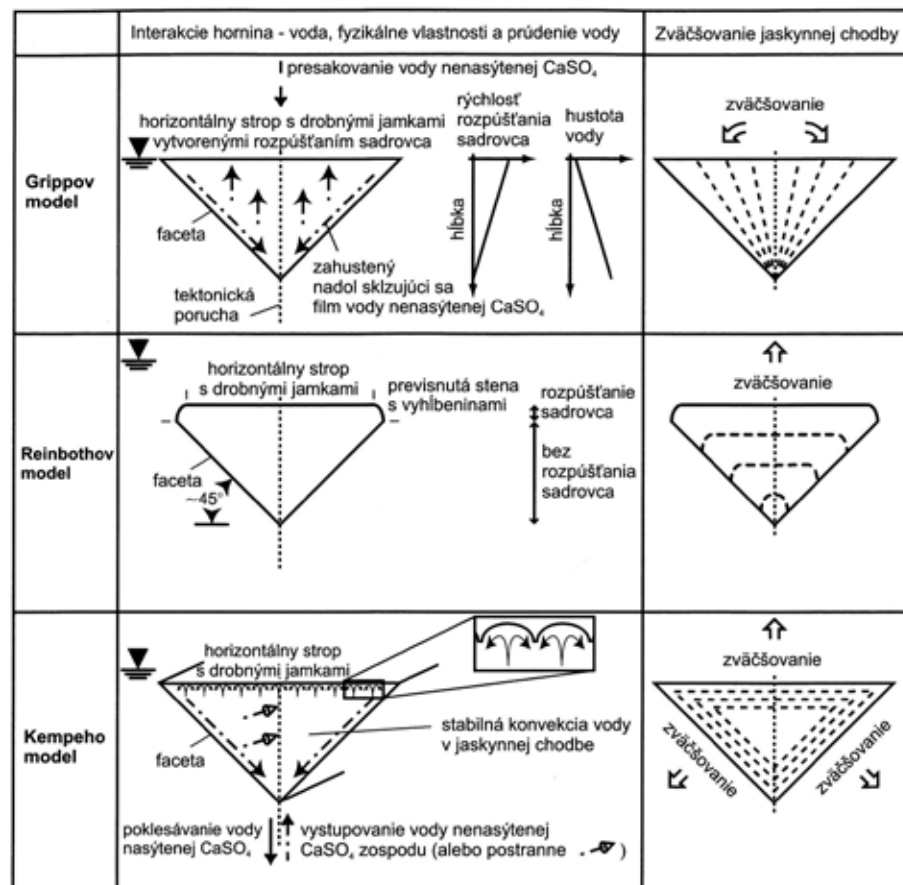
eger (1972), Kempe et al. (1975, 1976), Brandt et al. (1976), Kempe a Hartmann (1977) a ďalší. Facetten sa v jaskyniach často pozorujú spolu s vylúhovaným zarovnaným stropom *Laugdecken*, pričom vytvárajú trojuholníkový priečny profil (tvar „▽“). V jaskyniach vznikajúcich v prostredí stagnujúcej vody (*Laughöhlen* – Biese, 1931) sa vytváranie *Facetten* a *Laugdecken* vysvetľuje viacerými spôsobmi (obr. 1).

z povrchu pozdĺž vertikálnej poruchy. Pozdĺž hladiny podzemnej vody a v hornej, menej nasýtenej zóne je rozpúšťanie sadrovca intenzívnejšie, postupne klesá smerom do nižšej časti vodou vyplnenej chodby. Tým podľa Grippa po stranách poruchy vznikajú šikmé steny faciet, ktorých sklon sa postupne znižuje (zarovnaný strop sa vytvára na hladine podzemnej vody). Pozdĺž faciet rozpúšťaním sadrovca vzniká prúd vody s vyššou koncentráciou rozpustených látok a väčšou hustotou, ktorý poklesáva a spôsobuje v rámci chodby konvekčné prúdenie. Podľa Langeho (1963) mechanizmus vytvárania šikmých skalných stien na základe rozdielnej intenzity rozpúšťania v závislosti od hustotného gradientu vody je možný len v podmienkach takmer stagnujúcej alebo veľmi pomaly cirkulujúcej vody a extrémne rozpustných hornín.

V americkej literatúre Lange (1963, 1968) opisuje vo vápencových jaskyniach šikmé hladké skalné tvary zv. *planes of repose* (so sklonom okolo 45°), ktoré sa základnou morfológiou zhodujú so šikmými facetami. Avšak vyskytujú sa v spodných častiach ovalných chodieb (tvar nadol zúženého kruhového výseku). Považuje ich za korózne tvary vznikajúce rozpúšťaním počas pomalej cirkulácie vôd. Lange (1963, 1968), ako aj Goodman (1964, 1969) predpokladajú, že v zaplavenej časti jaskynných priestorov akumulácia nerozpustných zvyškov prekáža koróznemu rozširovaniu dna a šikmých stien (približne so sklonom 45° a menším). Usadzovanie jemných sedimentov usmerňuje pôsobenie korózie nad horný okraj ich pokryvu, kde sa strmé vyššie časti skalných stien postupne rozširujú do bočného zárezu, až kým novovytvorený skalný podlahový povrch zárezu nenadobudne sklon, na ktorom sa začnú usadzovať sedimenty zastavujúce rozpúšťanie materskej horniny (Lange, 1963; obr. 2).

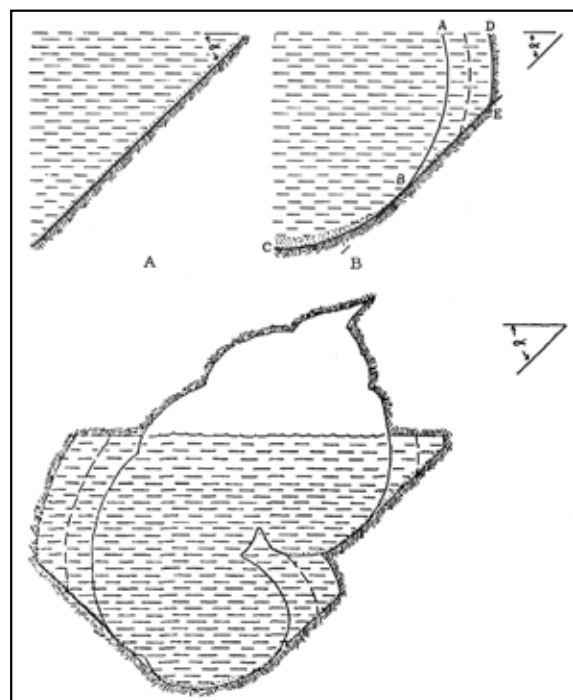
Podobne Reinboth (1971, 1992) predpokladá vytváranie *Facetten* odspodu nahor pod uhlom 45°. Vytváranie zarovnaného stropu (pod úrovňou hladiny podzemnej vody) vysvetľuje intenzívnejším rozpúšťaním sadrovca vo vyššej časti freatickej zóny. Po jeho stranách sa rozpúšťaním sadrovca formujú zaoblené previsnuté horné časti stien, ktoré sa skláňajú do nižších šikmých faciet (podľa Reinbotha na šikmých facetách rozpúšťanie sadrovca neprebíha).

Prostredníctvom tzv. Kempeho modelu sa vznik *Facetten* vysvetľuje uniformným rozpúšťaním sadrovca v dôsledku konvekčného prúdenia vody od stropu nadol pozdĺž šikmých skalných stien (hustotné prúdy hrubé 1 až 3 mm zostupujú po stenách faciet rýchlosťou okolo 0,5 cm.s⁻¹, resp. do niekoľkých desiatok cm.min⁻¹). Rozpúšťanie je optimálne pri sklone stien okolo 45°. Do jaskyne voda pomaly vystupuje pozdĺž vertikálnej poruchy z podložných obmedzených akviférov alebo preniká zo strán z aluviálnych sedimentov priľahlej doliny. Nenasýtená voda konvekčným prúdením pod zarovnaným stropom preniká do strán (rýchlosťou niekoľko dm.deň⁻¹) a klesá pozdĺž šikmých stien. Po nasatíni sadrovcom sa voda stáva ťažšou, klesá nadol a podĺž vertikálnej poruchy sa vracia do podložného akviféru (mechanizmus prírodnej konvekcie vody pozdĺž poruchy). *Facetten* sa vytvárajú



Obr. 1. Modely vytvárania *Facetten* podľa Grippa, Reinbotha a Kempeho (Gechter, 2008)

Fig. 1. Models of the *Facetten* origin according to Gripp, Reinboth and Kempe (Gechter, 2008)



Gripp (1912) vysvetľuje vznik *Lösungsfacetten* rozdielnou intenzitou rozpúšťania sadrovca v závislosti od hustotného gradientu vody (podľa miery jej nasýtenia), ktorá presakuje

Obr. 2. Model vytvárania *planes of repose*: A – sedimentácia jemných usadenín zabraňuje rozpúšťaniu materskej horniny na skalnej stene sklonenej pod uhlom α (~45°) alebo menším uhlom, B – kruhový rúrovitý sektor ABC sa rozpúšťaním materskej horniny pretvára na plochú skalnú policu BE sklonenú pod uhlom α a pokrytú povlakom jemných usadenín (Lange, 1963)

Fig. 2. Model of the origin of *planes of repose*: A – sedimentation of fine-grained deposits hinders solution of host-rock on rock wall of slope angle α (~45°) or less, B – circular tube sector ABC develops by solution of host-rock to plane rock shelf BE of slope angle α and covered with coating of fine-grained deposits (Lange, 1963)

rozpúšťaním sadrovca paralelne so šikmými a plochými stenami vytvorenými v prvotnom vývojom štádiu. Horizontálny strop sa paralelne zvyšuje odspodu nahor, súčasne do strán ustupujú facety. Podľa tohto modelu *Laugdecken* vznikajú rýchlym rozpúšťaním horniny málo nasýtenou vodou v plytkej freatickej zóne asi 1 až 2 m pod stagnujúcou hladinou podzemnej vody (Kempe, 1970, 1972, 1976; Kempe a Seeger, 1972; Kempe et al., 1975; Brandt et al., 1976; Kempe a Hartmann, 1977). Na *Laugdecken* vznikajú drobné korózne jamkovité, resp. kalíškovité vyhlbeniny *Laugnäpfe* – veľkosti špičky prsta, ktoré sú vymodelované malými konvekčnými bunkami *saltfingers* (Kempe, 1969). V podzemných priestoroch so šikmými facetami, ktoré sa vytvorili konvekčným prúdením vody pozdĺž stien odvrchu nadol, sa jemné sedimenty mohli usadiť až po vytvorení týchto skalných tvarov. V nadväznosti na Kempeho model sa sedimenty pokrývajúce facety považujú za sekundárne a rozpúšťaniu materskej horniny prekážajú iba v následnom vývoji jaskyne.

V sadrovcových jaskyniach často vidieť polygonálne, resp. lichobežníkové priečne profily chodieb so šikmými, dovnútra zbiehajúcimi sa stenami (tvar „ ∇ “). Lukin (1967 in Andrejchuk, 1992, 1996) ich vytváranie dáva do súvisu s hydrochemickou stratifikáciou vody a pokrývaním skalných stien jemnými sedimentmi, ktoré zabraňujú a usmerňujú ďalšie rozpúšťanie hornín na ich nepokrytých povrchoch. *Stillwasserfacetten* v niektorých vápencových jaskyniach opisujú Knolle (1985), Ford a Williams (1989), Bella (1998), Lauritzen a Lundberg (2000) a ďalší.

Vytváranie faciet a horizontálneho stropu rozpúšťaním halitu skúmali Gechter et al. (2008). Na základe laboratórnych experimentov i terénnych pozorovaní soľných jaskýň zistili, že ak tektonická porucha alebo trubica poskytuje komunikáciu medzi hydrogeologicke obmedzenou nenasýtenou vodou a nadložným ľahko rozpustným soľným telesom, rozpúšťanie halitu prebieha najmä na horizontálnom strope a na horných koncoch faciet. Dutiny sa vytvárajú v dôsledku vzostupného, gradientom koncentrácie hnaného prúdu podzemnej vody, spojeného s rozpúšťaním halitu. Dutiny trojuholníkového prizmatického alebo kónického tvaru sa zväčšujú narastaním stropu nahor a laterálnym zväčšovaním horných koncov faciet.

V doterajšej literatúre sa termíny *Facetten*, resp. *facets* a *planes of repose* používajú na označenie viac-menej rovnakých morfológických tvarov v jaskyniach, ktorých genéza nie je dostatočne objasnená. Podľa Goodmana (1969) by bolo vhodnejšie formy pôvodne označované ako *Laugfacetten* opisovať ako *Ruheflächen* (= *planes of repose*). Vzhľadom na pretrvávajúcu nejednotnosť názorov na ich vytváranie (Kempe et al., 1975 vs. Lange, 1963) sa doteraz tieto pojmy zväčša používajú v ich pôvodnom význame.

KORÓZNE ŠIKMÉ FACETY V SLOVENSKÝCH JASKYNIACH

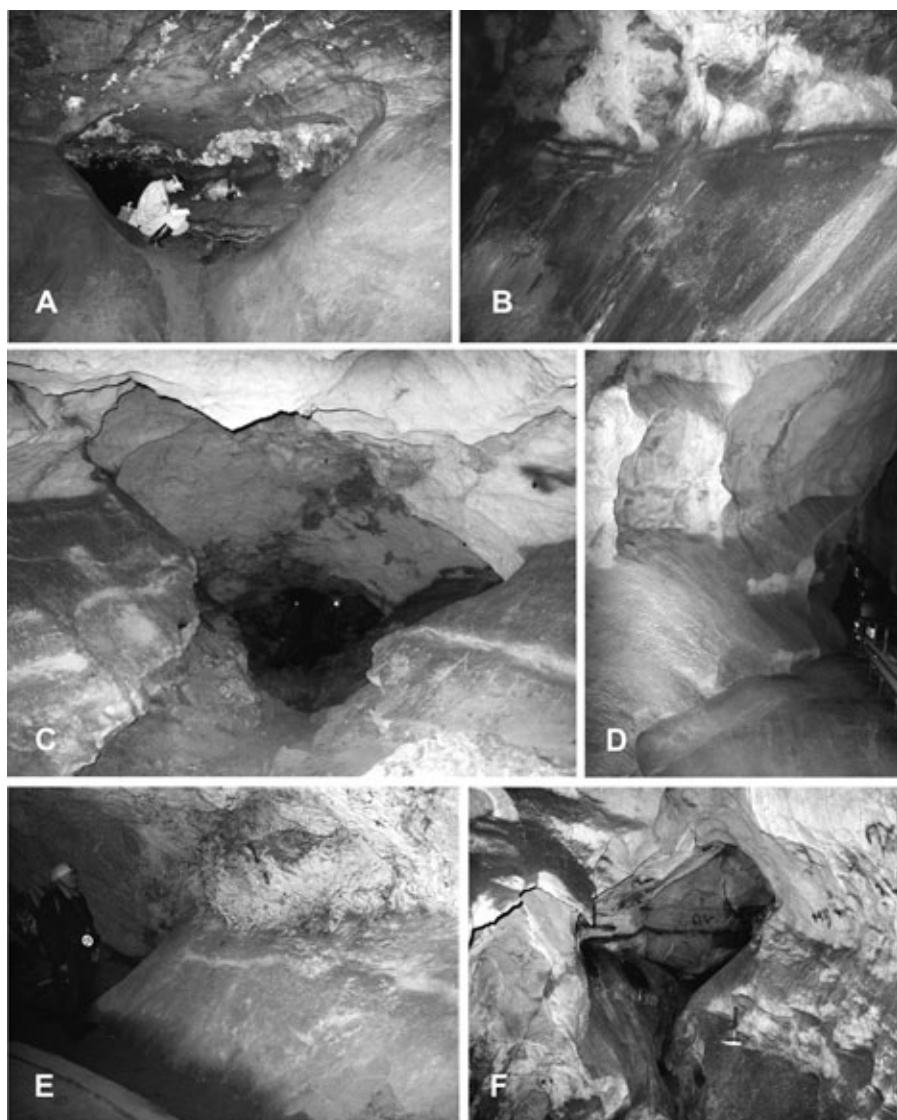
Za posledných 15 rokov sa získali viaceré poznatky o korózných šikmých facetách aj z viacerých jaskýň na Slovensku. Dovtedy ne-

boli tieto pozoruhodné skalné tvary z našich jaskýň opísané. Nami prezentované príklady výskytu korózných šikmých faciet potvrdzujú a rozširujú poznatky o ich vytváraní aj vo vápencových jaskyniach.

Ochtinská aragonitová jaskyňa. Vytvorená je v šošovke devónskych kryštálických vápencov, čiastočne hydrotermálne premenených na ankerity a siderity (Gaál, 2004 a in.). Je súčasťou Ochtinského kryptokrasu na severozápadnom svahu Hrádku (809 m) v Revúckej vrchovine. Korózne šikmé facety sa vytvorili po okrajoch Priepastovej chodby, Hviezdnej siene, chodby Srdca Hrádku, Siene Mliečnej cesty, Oválnej chodby (obr. 3A), Ježovitej chodby, Aragonitovej záhrady a siene medzi Oválnou chodbou a Hlbokým dómom (Bella, 1998, 2004; Bosák et al., 2002). Vyskytujú sa v chodbách so zarovnaným stropom, ako aj v chodbách a sieňach s oválnym klenbovitým stropom. Korózne šikmé facety nie sú v jednej výškovej úrovni. Zvetrávaním ankeritov a sideritov sa tvorili okre, ktoré sa v jazer-
nom prostredí usadzovali na dne i na šikmých skalných stenách chodieb a siení, čo korešponduje s názorom Langeho (1963, 1968) na

vytváranie *planes of repose* s protikoróznym vplyvom pokryvu sedimentov. Ak by sa chodby s trojuholníkovým profilom (zarovnaným stropom *Laugdecken* a plochými skalnými stenami zbiehajúcimi sa ku dnu *Facetten*) vytvárali konvekciou vody podľa Kempeho modelu, jemné sedimenty sa mohli usadiť až po vytvorení týchto chodieb (tento model nevysvetľuje akumuláciu sedimentov súčasne s koróznym zväčšovaním jaskynného profilu). Pod zarovnaným stropom sú po oboch stranách zaoblené previsnuté horné časti stien, ktoré sa sklňajú do nižších šikmých faciet. Táto morfológia zodpovedá Reinbothovmu modelu vytvárania faciet a zarovnaného stropu. Lange (1963, 1968) vysvetľuje vytváranie *planes of repose* aj v kruhovitých a eliptických chodbách vyplnených vodou. V Ochtinskej aragonitovej jaskyni chodby tejto morfológie (napr. bočné chodby medzi Hviezdnou sieňou a Srdcom Hrádku) ležia pod úrovňou zarovnaných stropov.

Leontína. Jaskyňa situovaná na pravej strane kaňonu Slanej, na okraji Gombaseckého lomu, 12,5 m nad nivou Slanej. Výrazné korózne šikmé facety vidieť po stranách širo-



Obr. 3. Korózne facety: A – Ochtinská aragonitová jaskyňa, B – jaskyňa Leontína, C – Čertova jaskyňa, D – Dobšinská ľadová jaskyňa, E – Belianska jaskyňa, F – Liskovská jaskyňa. Foto: P. Bella

Fig. 3. Solution facets: A – Ochtinská Aragonite Cave, B – Leontína Cave, C – Čertova Cave, D – Dobšinská Ice Cave, E – Belianska Cave, F – Liskovská Cave. Photo: P. Bella

kej Vstupnej chodby a príľahlej časti Hlavnej siene (obr. 3B). Na úrovni stagnácií vodnej hladiny v jaskyni poukazujú úrovňové zárezy na stenách, zväčša v úrovni horného okraja šikmých faciet, ako aj široké zarovnané stropy. Na opakované zaplavovanie jaskyne, pravdepodobne vodami z rieky Slaná, poukazuje značná hrúbka jemnozrnných sedimentov s vločkami červenohnedej hliny, tvoriacich jaskynnú podlahu (Gaál, 2008). Dĺžka jaskyne je 231 m (Máté, 2006).

Čertova jaskyňa. Nachádza sa vo východnom výbežku Veporských vrchov (podcelok Fabova hoľa), juhozápadne od vrcholu Kučelacha (1141 m) a juhovýchodne od sedla Zbojská, neďaleko od západného okraja Muránskej planiny. Vytvorená je v kučelašskej tektonickej troske strednotriasových wettersteinských vápencov muránskeho príkrovu, v blízkosti kontaktu s miocénymi andezitmi subvulkanickej zóny takmer úplne zdenudovaného veporského stratovulkánu. Celková dĺžka jaskyne je takmer 250 m (Kámen, 1965; Vlček, 2009). Korózne šikmé facety sa vytvorili po stranách Hlavnej chodby (juhozápadne od Vstupnej siene; obr. 3C), ktorá je súčasťou vrchnej subhorizontálnej úrovne tiahnucej sa v dĺžke asi 70 m. Ostatné chodby v nižšej časti jaskyne sú zväčša užšie a nižšie.

Belianska jaskyňa. Morfológicky pozoruhodná jaskyňa s množstvom kupol, vytvorená na východnom okraji Belianskych Tatier prevažne v strednotriasových gutensteinských vápencoch križňanského príkrovu (Pavlarčík, 2002), v priestore križovania sa podtatransko-ružbašského zlomu so zlomom prechádzajúcim medzi Tatranskou kotlinou a východným okrajom Ždiaru (pozri Maglay et al., 1999). V dolnej časti jaskyne sa šikmé facety vyskytujú vo Vstupnej chodbe (obr. 3D) a na Rázcestí, ako aj vo vyššej chodbe pri priepasti medzi Dómom trosiek a Šikmým dómom. V hornej východnej vetve sa pozorujú v Dóme objaviteľov, medzi Dómom objaviteľov a Vysokým dómom, ako aj v šikmej bočnej chodbe s vadóznym kanálkom pri tuneli medzi Palmovou sieňou a Zbojníckou komorou. V hornej časti Dómu objaviteľov sa šikmé facety vytvorili na oboch protíľahlých spodných častiach skalných stien, ktoré sa zbiehajú do stredu podlahy. V dolnej západnej vetve šikmé facety vidieť v spodnej časti Vodopádového dómu, v Galérii, Hľadobnej sieni, Rúrovitom dóme, ako aj pod zarovnaným stropom na severovýchodnom okraji Bieleho dómu na prechode do Hlinekej chodby (Bella a Osborne, 2008).

Výskyt korózných šikmých faciet v Belianskej jaskyni poukazuje na vývojové fázy, keď jej podzemné priestory boli úplne alebo čiastočne vyplnené pomaly prúdiacou až viac-menej stagnujúcou vodou s akumuláciou jemných sedimentov. Ak sa korózne šikmé facety vyskytujú pod mohutnými stropnými kupolami v spodných častiach kupulovitých siení alebo šikmých oválnych chodieb bez výrazných laterálnych zárezov medzi facetami a vyššími nefacetovanými skalnými povrchmi, vytvorili sa koróziou vo freatických podmienkach pomaly cirkulujúcej až stagnujúcej vody, pravdepodobne už v čase modelácie dominujúcich kupulovitých tvarov, keď podzemné priestory boli úplne

vyplnené vodou. Výskyt korózných šikmých faciet pod horizontálnymi bočnými hladinovými zárezmi poukazuje na epifreatické podmienky ich korózne modelácie v mladších fázach vývoja jaskyne, keď sa v nej vyskytovala voľná hladina podzemnej vody (Bella a Osborne, 2008; Bella et al., 2011).

Liskovská jaskyňa. Predstavuje viacúrovňový labyrintový jaskyňu vytvorenú v hrastovitej kryhe karbonátov chočského príkrovu pri západnom okraji Liptovskej kotliny (Droppa, 1971; Hochmuth, 1997 a iní). V jaskyni prevládajú nepravidelné korózne tvary freatickej modelácie. V niektorých chodbách a sieňach (chodba medzi Malým dómom a Vodopádom, priestory severozápadne od Zanvitových chodieb (Veľký labyrint; obr. 3E), ktoré majú freatické klenbovité, kupulovité, komínovité či vrecovité stropné tvary, spodné časti stien tvoria šikmé ploché, dovnútra sklonené skalné facety (Bella, 2005).

Dobšinská ľadová jaskyňa. Nachádza sa na pravej strane doliny Hnilca a predstavuje ponorovú časť rozsiahleho systému Stratenskej jaskyne. V Dobšinskej ľadovej jaskyni, ktorá je vytvorená v strednotriasových steinalmských a wettersteinských vápencoch stratenského príkrovu (Novotný a Tulis, 2000), sa miestami zachovali skalné tvary freatickej modelácie bez typických znakov riečnej modelácie. Korózne šikmé facety v rôznych výškových polohách vidieť v Ruffínyho koridore na spodnej a strednej časti vysokej skalnej steny vedľa prehladkového chodníka (oproti ľadovému monolitu; obr. 3F). Ich vývoj sa viazal na spodné časti bočných výklenkov a policovitých vyhlbenín v skalnej stene. Šikmé plochy faciet v spodnej časti týchto stenových vyhlbenín sa končia ostrou hranou, nad ktorou sú previsnuté skalné povrchy pokračujúce do hornej časti výklenkov. Najväčší facetovaný povrch dosahuje v smere spádnice šírku 5,5 až 6 m. Po stranách stenových výklenkov a policovitých vyhlbenín, ktorých spodnú časť tvoria korózne šikmé facety, nie sú výrazné horizontálne zárezy, ktoré by zodpovedali dlhodobým fázam stabilizácie vodnej hladiny.

Harmanecká jaskyňa. Nachádza sa v južnej časti Veľkej Fatry, 260 m nad terajším dnom doliny Harmanca. Vytvorená je v strednotriasových gutensteinských vápencoch chočského príkrovu. Korózne šikmé facety sa pozorujú medzi tzv. Riečiskom a úsekom stúpajúcim do Nánosovej chodby. Spolu s kupolami, kupulovitými sieňami až dómami poukazujú, že vytváranie Harmaneckej jaskyne nemožno spájať výlučne s riečnou modeláciou, ako sa pôvodne uvažovalo (prvotným úvahám o riečnom pôvode jaskyne prislúcha názov Riečisko). Pravdepodobne ide o koróznou jaskyňu, na ktorej vytváraní sa podieľali vody, ktoré vystupovali zospodu k bývalému piezometrickému povrchu podzemných vôd, pomaly prúdili a na povrch sa dostávali vyvieracou na dne plytkej pradoliny (Bella, 2000, 2013), ktorá mierne rozčlenila predkvartérny zarovnaný povrch (jeho zvyšky sú vo výške 930 až 1000 m n. m.). V neskoršom vývojom štádiu sa do jaskyne dostávali aj vody z príľahlej oblasti Kremnických vrchov, čo dokazujú alochtónne sedimenty zachované v Nánosovej chodbe (Droppa, 1974).

Zápoľná. Korózne šikmé facety sú známe aj z jaskyne Zápoľná na pravej strane doliny Čierneho Váhu (Bella a Holúbek, 2002). V priestore nad Tatrovkou, severozápadne od ústia spomenutej úzkej puklinovej priepasti klesajúcej z vyššie situovanej chodby s hladinovými zárezmi na stenách, je pozoruhodný rovný strop. Nesie znaky korózne planácie v stagnujúcom vodnom prostredí, resp. na úrovni pokojnej vodnej hladiny. Nachádza sa 23 m nad hladinou vodných sifónov v najnižšej časti jaskyne, resp. 10 m nad povrchovým riečiskom Čierneho Váhu. Rovný strop sa vytváral vo vzťahu k stagnujúcej vodnej hladine, v čase jej prerušenia poklesávaním (v závislosti od etapovitého zahľbovania doliny). Pod rovným stropom sú šikmé ploché steny, ktoré sa z oboch strán zbiehajú k úzkemu dnu.

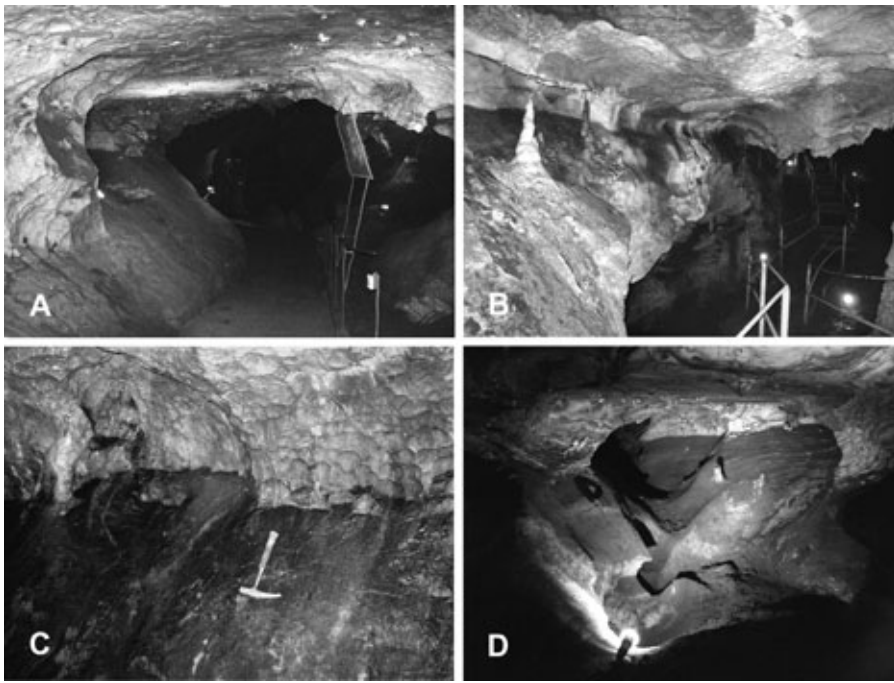
V niektorých jaskyniach (Belianska jaskyňa, Ochtinská aragonitová jaskyňa, Moldavská jaskyňa, Jaskyňa na Mníchu a iné) sa vyskytujú facetované výklenky (Bella, 2008).

MORFOGENETICKÉ VZŤAHY KORÓZNYCH ŠIKMÝCH FACIET

Korózne šikmé facety spolu so susednými formami jaskynného georeliéfu predstavujú synchronne asociované morfofenetické celky (všetky zoskupené tvary sa vytvárali súčasne) alebo morfostratigrafické vzťahy poukazujú na postupnosť vytvárania jednotlivých korózných tvarov vo freatickej a epifreatickej fáze vývoja jaskýň.

Korózne šikmé facety pod zarovnanými stropmi. V skúmaných jaskyniach prechod medzi facetami a horizontálnym stropom tvorí pás previsnutej steny, rozčlenený viacerými nepravidelnými koróznymi vyhlbeninami (nevytvoril sa úplný trojuholníkový priečný profil s ostrými uhlami medzi facetami a zarovnaným stropom). V takomto zoskupení sa facety vyskytujú v Oválnej chodbe, Ježovitej chodbe a Aragonitovej záhrade v Ochtinskej aragonitovej jaskyni (obr. 4A). Morfológiou zodpovedajú Reinbothovmu modelu, podľa ktorého nahor rovnomerne prehlbujúci a postranne zväčšujúci sa horizontálny strop spolu s previsnutými stenami po jeho okrajoch sú mladšie ako nižšie časti faciet. Podľa Kempeho modelu sa horizontálny strop *Laugdecken* i dovnútra chodby zbiehajúce sa šikmé skalné steny *Facetten* vytvárajú súčasne (Kempe et al., 1975). Korózne šikmé facety pod zarovnaným stropom sú aj v jaskyni Leontína.

Korózne šikmé facety pod horizontálnymi stenovými zárezmi. Vznikajú poníže hladiny podzemnej vody v mladšej fáze vývoja, resp. remodelácie jaskýň, keď sa horizontálne stenové zárezy zahľbujú do skalných stien chodieb, siení alebo dómov freatického pôvodu (napr. v Belianskej jaskyni na severovýchodnom okraji Bieleho dómu na prechode do Hlinekej chodby; obr. 4B). Vrchná vrstva stagnujúcej vody sa absorpciou CO₂ na hladine stáva viac agresívnou ako v nižších polohách. Laterálne zárezy v skalných stenách jaskýň, ktoré sa vytvorili na úrovni a tesne pod voľnou vodnou hladinou (*water-level horizons*), sa skladajú z horných horizontálnych, resp. zarovnaných korózných plôch (*water-level planes*) modelovaných pozdĺž vodnej



Obr. 4. Morfológické zoskupenia a morfostratigrafické vzťahy: A – korózne šikmé faceti pod zarovnaným stropom a previsnutou stenou s koróznymi vyhlbeninami, Ochtinská aragonitová jaskyňa; B – korózne šikmé faceti pod hladinovým zárezom, Belianska jaskyňa; C – korózna šikmá faceta a lastúrovité jamky (angl. *scallops*) indikujúce prúdenie vody nadol pozdĺž hornej časti skalnej steny, Liskovská jaskyňa; D – freatické kanály prerazané koróznymi šikmými facetami, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella

Fig. 4. Morphological sets and morphostratigraphical relationships: A – solution facets below a solution flat ceiling and overhanging wall with solution pits, Ochtinská Aragonite Cave; B – solution facets below a water-table notch, Belianska Cave; C – solution facet and scallops indicating downward water flow along the upper part of rock wall, Liskovská Cave; D – phreatic channels cut by solution facets, Ochtinská Aragonite Cave. Photo: P. Bella

hladiny a šikmých korózných plôch *planes of repose* (Lange, 1962, 1963).

Musia korózne šikmé faceti pod laterálnymi zárezmi vždy zodpovedať stagnujúcej vodnej hladine? Lange (1963) vysvetľuje vytváranie šikmých skalných povrchov *planes of repose* naraz vo viacerých výškových pozíciách, avšak pritom nevznikajú laterálne pozdĺžne vyhlbeniny v podobe horizontálnych hladinových zárezov. Podľa Kempeho (1976) sa horizontálne zárezy typu *Laugdecken* a k nim prislúchajúce *Facetten* môžu vytvárať aj vo viacerých polohách nad sebou – 1 až 2 m pod spodným a horným okrajom zóny priemerných ročných výkyvov (oscilácie) hladiny podzemnej vody, keď na oboch stranách chodby pod vodnou hladinou symetricky laterálne pôsobi „hustotné“ konvekčné prúdenie vody.

Korózne šikmé faceti pod klenbovými stropmi chodieb. Pozorujú sa v horizontálnych, resp. subhorizontálnych chodbách (bočné chodby Ochtinskej aragonitovej jaskyne juhozápadne od Siene Mliečnej cesty, Liskovská jaskyňa, Hlavná chodba Čertovej jaskyne), ako aj v šikmých chodbách (Belianska jaskyňa – bočná chodba poniže Vysokého dómu, šikmé medzivrstvové chodby nad Vstupnou chodbou). Tieto chodby majú priečny profil nadol zúženého kruhového výseku. Miestami je však naspodku medzi dovnútra zbiehajúcimi sa šikmými facetami pozdĺžna podlaha, zväčša pokrytá jemnými sedimentmi.

V niektorých častiach jaskýň (napr. v Liskovskej jaskyni v západnom výbežku Pieskových siení) sú do oválnej skalnej steny nad koróznymi šikmými facetami vyhlbené lastú-

rovité jamky (angl. *scallops*), indikujúce prúdenie vody nadol pozdĺž hornej časti steny (obr. 4C). Korózne šikmé faceti sú ploché (bez lastúrovitých jamiek), miestami s povlakom jemných sedimentov. Medzi hornou klenbovitou skalnou stenou s lastúrovitými jamkami a nižším hladkým povrchom šikmej faceti je ostré morfológické rozhranie, avšak bez hladinového stenového zárezu. Kontrastná morfológia týchto skalných povrchov poukazuje na odlišné podmienky a procesy ich vývoja. Zostupným prúdením vody pozdĺž skalných stien sa lastúrovité jamky prestali vytvárať v miestach, kde boli spodné časti stien v podobe *planes of repose* pokryté jemnými sedimentmi.

Korózne šikmé faceti po spodnom obvo-de kupolovitých dómov. Korózne šikmé faceti sa vyskytujú aj pod mohutnými stropnými kupolami v spodných častiach kupolovitých siení alebo šikmých oválnych chodieb bez výrazných laterálnych hladinových zárezov medzi facetami a vyššími nefacetovanými skalnými povrchmi (napr. v Belianskej jaskyni v Dóme objaviteľov, Hudobnej sieni a Rúrovitom dóme). V takýchto prípadoch sa šikmé faceti vytvorili koróziou vo freatických podmienkach pomaly cirkulujúcej až stagnujúcej vody, pravdepodobne už v čase modelácie dominujúcich kupolovitých tvarov, keď podzemné priestory boli úplne vyplnené vodou (Bella a Osborne, 2008). Morfológické líniové (ostrohranné) rozhranie medzi horným okrajom šikmých faceti a spodným okrajom nadfacetových skalných povrchov má horizontálny, šikmý, zväčša však krivoľaký priebeh s nadol alebo nahor vybiehajúci skalnými výčnelkami.

Korózne šikmé faceti prerušujúce freatické kanály. Na viacerých miestach Ochtinskej aragonitovej jaskyne (v Pripastovitej chodbe, medzi Hviezdnou sieňou a chodbou Srdca Hrádku, medzi Ježovitou chodbou a Aragonitovou záhradou) korózne šikmé faceti „prerezávajú“ staršie oválne kanály (šťasti alebo úplne vyplnené jemnými sedimentmi), ktoré sa vytvorili počas prvotnej modelácie jaskyne (Bella et al., 2012; obr. 4D). Priestrannejšie chodby a siene s koróznymi šikmými facetami sú mladšie ako postranné a podlahové freatické kanály (morfostratigrafické pravidlo pretínania).

Korózne šikmé faceti v stenových výklenkoch (vnútrovýklenkovité faceti). Pozorujú sa v dvoch základných morfológických zoskupeniach: (1) facetované výklenky s klenbovým stropným povrchom (Belianska jaskyňa, Jaskyňa na Mníchu, Liskovská jaskyňa); (2) facetované výklenky s rovným stropným povrchom (Moldavská jaskyňa, Ochtinská aragonitová jaskyňa) s obrubovitým prechodným pásom (zväčša rozčleneným paralelnými vertikálnymi žliabkami) medzi spodnými koróznymi šikmými facetovými plochami a vyšším plochým stropným povrchom (Bella, 2004, 2008; Hochmuth, 2004, 2007). Planárne stropné plochy facetovaných výklenkov väčšinou ležia vo viacerých výškových pozíciách a nie sú pozostatkami zarovnaných stropov. Podľa Hochmutha (2004) zarovnané plôšky vznikli koróznou modeláciou stropu mikrožzierok, ktoré sa vytvorili lokálnou kumuláciou vody v miestach gravitačného oddelenia ílovito-hlinitých sedimentov od horných previsových častí skalných stien jaskynných priestorov. Niektoré výklenky môžu predstavovať zvyšky pôvodných tvarov, ktoré sa vytvárali v prvotnom štádiu vývoja jaskýň a môžu byť „zreznuté“ mladšími tvarmi. Iné výklenky sa mohli vytvárať súčasne s modeláciou hlavných tvarov, prípadne počas čiastočnej remodelácie sa zahĺbili do hlavných tvarov (napr. facetované výklenky v Belianskej jaskyni po stranách oválnych siení a dómov).

ZÁVER

Korózne šikmé faceti sa vyskytujú aj v niektorých vápencových jaskyniach na Slovensku a sú dôležitými morfológickými indikátormi ich vývoja. V Belianskej, Liskovskej a Harmaneckej jaskyni patria medzi sprievodné, v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, jaskyni Ľudmila a Čertovej jaskyni dokonca medzi hlavné morfológické tvary. Ochtinská aragonitová jaskyňa predstavuje veľmi významnú až typovú lokalitu výskytu korózných zarovnaných stropov a šikmých faceti vytvorených v kryštalických vápencoch. Z tohto hľadiska patrí medzi najvýznamnejšie jaskyne na svete. Vďaka tejto osobitej morfológii sa spomína aj v známej monografii o hydrogeológii a geomorfológii krasu od Forda a Williamsa (2007).

Korózne šikmé faceti asociované so zarovnanými stropmi vidieť v hlavných chodbách Ochtinskej aragonitovej jaskyne a v jaskyni Leontína, spodné časti chodieb pod oválnymi, resp. klenbovými stropmi vytvárajú v Čertovej a Liskovskej jaskyni. Šikmé faceti v Belianskej a Harmaneckej jaskyni tvoria spod-

né časti korózných dómov, siení a priestraných chodieb zložitejšej morfológie. V niektorých zoskupeniach jaskynných skalných tvarov sa korózne šikmé facety vytvárali súčasne s ostatnými, resp. dominujúcimi koróznymi formami (napr. v Belianskej jaskyni šikmé facety sú integrálnou časťou korózných dómov pri podlahách, ako aj v stenových výklenkoch), v iných prípadoch sú mladšie a zrezávajú, resp. pretínajú staršie formy (napr. v Ochtinskej aragonitovej jaskyni korózne šikmé facety zrezávajú staršie freatické kanály).

Jaskyne alebo časti jaskýň, v ktorých sa vytvorili korózne šikmé facety, nie sú fluvial-

neho pôvodu. Niektoré z nich sa vytvárali vodami vystupujúcimi pozdĺž zlomov (napr. Belianska jaskyňa), iné sa vytvorili pomaly cirkulujúcimi až stagnujúcimi vodami v šošovkách vápencov umiestnených v prostredí nerozpustných hornín (napr. Ochtinská aragonitová jaskyňa, Čertova jaskyňa). Niektoré jaskyne s koróznymi šikmými facetami sú na okrajoch dolín, kde vody z povrchových riečisk vnikali do vápencov, ale nekoncentrovali sa do odtokových drenážnych trubíc s rýchlym prúdením vody (napr. jaskyňa Leontína).

Prezentované poznatky o korózných šikmých facetách v jaskyniach na Slovensku

potvrďujú, že tieto osobitné skalné formy, ktoré boli prvotne opísané v sadrovcových jaskyniach v Nemecku, sa vytvárajú aj vo vápencových jaskyniach vznikajúcich koróziou v podmienkach pomaly prúdiacej až stagnujúcej vody. Korózia pôsobí na odhalených vápencoch, mimo šikmých skalných stien (so sklonom okolo 45°) pokrytých jemnými sedimentmi.

Úloha sa riešila v rámci vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0030/12 „Hypogénne jaskyne na Slovensku: speleogenéza a morfogenetické typy“.

LITERATÚRA

- ANDREJCHUK, V. 1992. O proischozhenii polygonal'nykh sečenij pečernykh chodov. Izučeniye ural'skikh pečer, doklady 2. i 3. konferencii speleologov Urala. Perm, 103–105.
- ANDREJCHUK, V. 1996. Gypsum Karst of the Pre-Ural Region, Russia. In Klimchouk, A. – Lowe, D. – Cooper, A. – Sauro, U. (Eds.): Gypsum karst of the world. International Journal of Speleology, 25, 3–4, 285–292.
- BELLA, P. 1998. Morfológické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit, 3, 3–7.
- BELLA, P. 2000. Harmanecká jaskyňa – názory a problémy genézy, základné morfológické a genetické znaky. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívajúce a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie (Demänovská Dolina, 16. – 19. 11. 1999), Liptovský Mikuláš, 71–81.
- BELLA, P. 2004. Geomorfologické pomery Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 57–88.
- BELLA, P. 2005. K morfológii a genéze Liskovskej jaskyne. Slovenský kras, 43, 37–52.
- BELLA, P. 2007. Scallops, transverse flutes, Laugfacetten a solution bevels v slovenskej speleogeomorfologickej terminológii. Aragonit, 12, 33–37.
- BELLA, P. 2008. Facetované výklenky v skalných stenách jaskýň. Aragonit, 13, 1, 7–12.
- BELLA, P. 2012. Korózne šikmé facety v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Aragonit, 17, 1–2, 14–18.
- BELLA, P. 2013. Disolučné kupoly v jaskyniach, ich morfogenetické znaky a typológia – príklady z vybraných jaskýň na Slovensku. Aragonit, 18, 1, 30–35.
- BELLA, P. – BOSÁK, P. 2012. Speleogenesis along deep regional faults by ascending waters: case studies from Slovakia and Czech Republic. Acta Carsologica, 41, 2–3, 169–192.
- BELLA, P. – BOSÁK, P. – PRUNER, P. – GLÁZEK, J. – HERCMAN, H. 2011. Vývoj doliny Bielej vo vzťahu ku genéze Belianskej jaskyne. Geografický časopis, 63, 4, 369–387.
- BELLA, P. – HOLUBEK, P. 2002. Základné morfológické a genetické znaky jaskyne Zápoľná v doline Čierneho Váhu (Kozie chrbty). Slovenský kras, 40, 31–40.
- BELLA, P. – OSBORNE, A. 2008. Korózne šikmé facety a ich morfogenetické znaky vo vzťahu ku genéze Belianskej jaskyne. Slovenský kras, 46, 1, 75–86.
- BELLA, P. – SLABE, T. – GAÁL, L. 2012. Morfostratigrafia jaskynného georeliéfu a rekonštrukcia speleogenézy: príkladová štúdia z Ochtinskej aragonitovej jaskyne. In Bella, P. – Pačpo, T. (Eds.): Geomorfológia a integrovaný výskum krajiny. Zborník abstraktov, Exkurzný sprievodca, 7. vedecká konferencia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV (Ružomberok 10. – 12. 9. 2012), 16–18.
- BIESE, W. 1931. Über Höhlenbildung, I. Teil. Entstehung der Gipshöhlen am südlichen Harzrad und am Kyffhäuser. Abhandlung der Preußischen Geologischen Landesanstalt, NF, 137, Berlin, 71 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.
- BRANDT, A. – KEMPE, S. – SEEGER, M. – VLADI, F. 1976. Geochemie, Hydrographie und Morphogenese des Gipskarstgebietes von Düna/Südharz. Geologisches Jahrbuch, Reihe C (Hydrogeologie, Ingenieurgeologie), Heft 15, Stuttgart, 55 s.
- BÖGLI, A. 1978. Karsthydrographie und physische Speläologie. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 292 s.
- DROPPA, A. 1971. Geomorfologický výskum Liskovskej jaskyne v Liptovskej kotlině. Československý kras, 20, 75–84.
- DROPPA, A. 1974. Krasové javy v okolí Harmanca vo Veľkej Fatre. Slovenský kras, 12, 59–94.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 1989. Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman, London – Boston – Sydney – Wellington, 601 s.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Wiley, Chichester, 562 s.
- GAÁL, L. 2004. Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 37–56.
- GAÁL, L. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. ŠOP SR, SSI, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina, 168 s.
- GECHTER, D. 2008. Genesis and shapes of salt and gypsum solution cavities created by density-driven groundwater flow: a laboratory experimental approach. PhD Thesis, University of Basel, Faculty of Science, 122 s.
- GECHTER, D. – HUGGENBERGER, P. – ACKERER, PH. – WABER, H. N. 2008. Genesis and shape of natural solution cavities within salt deposits. Water Resources Research, 44, 11, W11409.
- GOODMAN, L. R. 1964. Planes of repose in Höllern, Germany. Cave Notes, 6, 3, 17–19.
- GOODMAN, L. R. 1969. Ein Beitrag zur Laugung bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sediment. Abhandlungen, 5. Internationaler Kongress für Speläologie (Stuttgart, 1969), 2, München, 30/1–30/6.
- GRIPP, K. 1913. Über den Gipsberg in Segeberg und die in ihm vorhandene Höhle. Hamburg wissenschaftliche Anstalten, 30 (1912), 6, 35–51.
- HOCHMUTH, Z. 1997. Príspevok k problematike genézy jaskynných úrovní v Liskovskej jaskyni. Slovenský kras, 35, 89–96.
- HOCHMUTH, Z. 2004. Príspevok ku genéze drobných foriem modelácie jaskynných chodieb v Medzevskej pahorkatine. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie. Liptovský Mikuláš, 35–42.
- HOCHMUTH, Z. 2007. Opis jaskynných priestorov. In Soják, M. – Terray, M. (Eds.): Moldavská jaskyňa v zrkadle dejín. MÚ, Moldava nad Bodvou, 15–24.
- KÁMEN, S. 1965. Čertova jaskyňa (Tisovský kras). Slovenský kras, 5, 37–41.
- KEMPE, S. 1969. Laugnäpfe und ihre Entstehung. Die Höhle, 20, 4, 111–113.
- KEMPE, S. 1970. Beiträge zum Problem der Speläogenese im Gips unter besonderer Berücksichtigung der Unterwasserphase. Die Höhle, 21, 3, 126–134.
- KEMPE, S. 1972. Cave genesis in gypsum with particular reference to underwater conditions. Cave Science, 49, 1–6.
- KEMPE, S. 1976. Höhlenbildung und Wasserkörper in Stillwasserbereich. In Panoš, V. (Ed.): Proceeding of the 6th International Congress of Speleology – Olomouc (1973), 4, 125–132.
- KEMPE, S. 1996. Gypsum karst of Germany. In Klimchouk, A. – Lowe, D. – Cooper, A. – Sauro, U. (Eds.): Gypsum karst of the world. International Journal of Speleology, 25, 3–4, 209–224.
- KEMPE, S. – BRANDT, A. – SEEGER, M. – VLADI, F. 1975. “Facetten” and “Laugdecken”, the typical morphological elements of caves developed in standing water. Annales des Speléologie, 30, 4, 705–708.
- KEMPE, S. – BRANDT, A. – SEEGER, M. – VLADI, F. 1976. Fünf Aspekte der Entwicklung der Gipshöhlen im Hainholz/Südharz. Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V., 22, 1, 7–10.
- KEMPE, S. – HARTMANN, R. 1977. Solution velocities on facets: Vessel experiments. In Ford, T. D. (Ed.): Proceeding of the 7th International Congress of Speleology, Sheffield, 256–258.
- KEMPE, S. – SEEGER, M. 1972. Zum Problem der Höhlengeneese im Stillwassermilieu. Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V., 18, 3, 53–58.

- KLIMCHOUK, A. 1997. Speleogenetic effects of water density differences. In Jeannin, P.-Y. (Ed.): Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, 1, La Chau-de-Fonds, 161–164.
- KLIMCHOUK, A. 2007. Hypogene Speleogenesis: Hydrological and Morphogenetic Perspective. National Cave and Karst Research Institute, Special Paper, 1, Carlsbad, NM, 106 s.
- KLIMČUK, A. B. 2013. Gipogennyj speleogenez, ego gidrogeologičeskoe značenie i rol' v evolucii karsta. Ukrainskij institut speleologii a karstologii, Simferopol', 180 s.
- KNOLLE, F. 1985. Die Kubacher Kristallhöhle als Lehrbuchbeispiel für die Ausbildung von Stillwasserfacetten im Karbonatkarst. Karst und Höhle 1984/85, 127–130.
- LANGE, A. L. 1962. Water level planes in caves. Cave Notes, 4, 2, 12–16.
- LANGE, A. 1963. Planes of repose in caves. Cave Notes, 5, 6, 41–48.
- LANGE, A. L. 1968. The changing geometry of cave structures. Part III: Summary of solution processes. Caves and Karst, 10, 3, 29–32.
- LAURITZEN, S.-E. – LUNDBERG, J. 2000. Solutional and erosional morphology. 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., 408–426.
- MACLAY, J. – HALOUZKA, R. – BAŇACKÝ, V. – PRISTAŠ, J. – JANOČKO, J. – HÓR, J. 1999. Neotektonická mapa Slovenska 1 : 500 000. Geologická služba SR, Bratislava.
- MÁTĚ, T. 2006. Znovuobjavenie Leontíny v Slovenskom krase. Spravodaj SSS, 37, 4, 13–19.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2000. Litologické a štruktúro-tektonické pomery sprístupnenej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie (Demänovská Dolina, 16. – 19. 11. 1999), Liptovský Mikuláš, 59–65.
- PAVLARČÍK, S. 2002. Geologické pomery východnej časti Belianskych Tatier a ich vplyv na vývoj Belianskej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001), Liptovský Mikuláš, 15–21.
- REINBOTH, F. 1968. Beiträge zur Theorie der Gipshöhlenbildung, Die Höhle, 19, 3, 75–83.
- REINBOTH, F. 1971. Zum Problem der Facetten- und Laugdeckenbildung in Gipshöhlen. Die Höhle, 22, 3, 88–92.
- REINBOTH, F. 1974. Untersuchungen zum Problem der Höhlenbildung im Gips. Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V., 20, 2, 25–34.
- REINBOTH, F. 1992. Laborversuche zur Entstehung von Stillwasserfacetten und Laugdecken – mit einem kritischen Überblick zum Stand der Diskussion. Die Höhle, 43, 1, 1–18.
- VÍČEK, L. 2009. Geológia Čertovej jaskyne vo Veporských vrchoch. Aragonit, 14, 1, 12–22.

STROPNÁ ERÓZIA V JASKYNIACH: POČIATKY SKÚMANIA A ZDENĚK ROTH AKO AUTOR KONCEPTU

Pavel Bella^{1,2} – Pavel Bosák³

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

² Katedra geografie, Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

³ Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6 – Lysojaje, Česká republika; bosak@gli.cas.cz

P. Bella, P. Bosák: Ceiling erosion in caves: early studies and Zdeněk Roth as author of the concept

Abstract: Ceiling channels belong to specific geomorphological forms (speleogens) occurring only in caves. Their origin has been connected with the parageneis. According to review articles, the terms of ceiling channel and parageneis were defined by Philippe Renault (1958) for the first time. Nevertheless, Zdeněk Roth in his study of morphology and geomorphological evolution of the Domica Cave (southern Slovakia) published in 1937 (in Czech with long French summary) not only described ceiling channels, but he presented also their definition. The term was used later also by Roth (1940; Baradla Cave, norther Hungary), Mann, Poubá and Šantrůček (1949; Domica Cave), Sekyra (in Ložek et al., 1956; Jasovská Cave) and Seněš (1956; Drienovská Cave). The term was generally defined by Kunský in his textbook (1950 in Czech, 1956 in Polish and 1958 in French). Therefore it is clear, that the description of paragenetic ceiling channels by Renault (1958) can be considered as the first one only in Western European karstology literature.

Key words: ceiling channel, parageneis, antigravitative erosion, definition, Zdeněk Roth, Domica Cave, Slovak Karst

ÚVOD

Medzi špecifické geomorfologické formy, ktoré sa vytvárajú iba v jaskyniach, patria stropné korytá (angl. *ceiling channel*). Ich vznik sa vysvetľuje tzv. paragenézou. V prehľadovej štúdií o stropných korytách a anti-gravitatívnej erózii v jaskyniach Pasini (2009) uvádza, že proces prehlbovania skalného stropu odspodu nahor, pôsobením vodného toku prúdiaceho pod tlakom v dôsledku usadzovania sedimentov od podlahy chodby, objavil Philippe Renault (1958). Podobne Farrant a Smart (2011) uvádzajú, že koncept paragenézy je známy od priekopníckej práce P. Renaulta zo 60. rokov minulého storočia.

Avšak už v roku 1937 český geológ Zdeněk Roth skúmal a opísal stropné korytá v jaskyni Domica. Keďže štúdiá vyšla v českom jazyku, prvotné poznatky o stropných korytách sa nedostali do pozornosti zahraničných odborníkov zaoberajúcich sa krasom a jaskyňa-

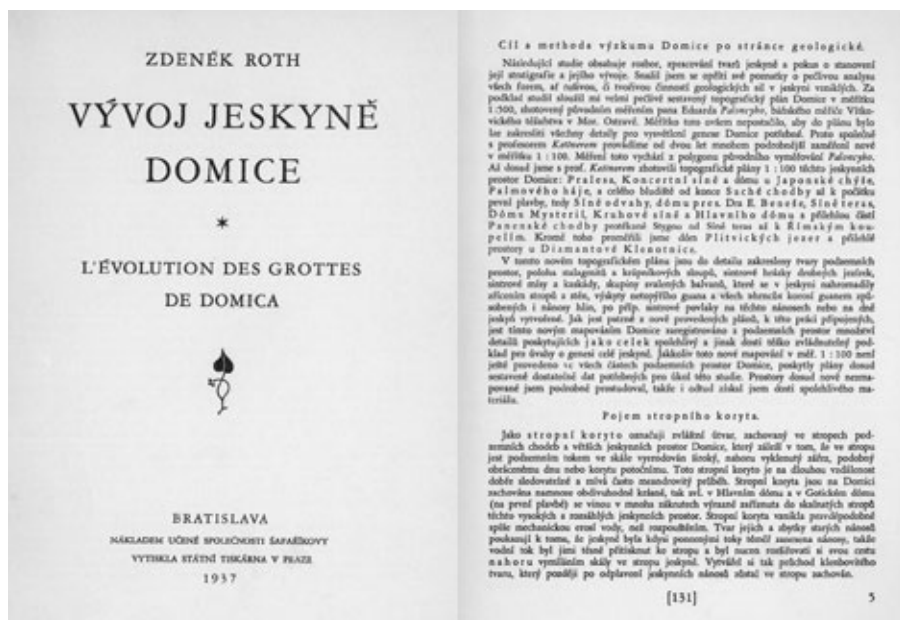
mi, hoci obsahovala rozsiahle resumé vo francúzskom jazyku. Napriek veľkému časovému odstupe treba aj dnes poukázať na významnosť geomorfologickej štúdie Z. Rotha o jaskyni Domica, ktorej súčasťou je prvotný opis stropných koryt. V doterajšej literatúre, ktorá sa zaoberá problematikou tzv. paragenetického vývoja jaskýň, resp. antigravitatívnej eróziou v jaskyniach, nie sú zmienky o prácach spred roka 1958 opisujúcich morfológiu, podmienky a procesy vytvárania stropných koryt.

Vznik stropných koryt (angl. *ceiling channel*) sa vo všeobecnosti vysvetľuje tzv. paragenézou (Renault, 1958, 1968, 1970; Lauritzen a Lauritzen, 1995; Lauritzen a Lundberg, 2000; Farrant, 2004; Farrant a Smart, 2011 a iní), resp. antigravitatívnu eróziou (Pasini, 1967, 1975, 2009, 2012). Stropné koryto vytvára podzemný vodný tok, ktorý fluvialne sedimenty usadzované vo freatickom prostredí prítlačujú k skalnému stropu, čím prúdiaca voda zväčšuje stropný kanál odspodu nahor.

Od stropných koryt treba odlišovať tzv. falošné stropné kanály (angl. *false ceiling channels*), ktoré predstavujú nahor vyhlbené časti protokanálikov vytvorených na kontakte nadložných rozpustných a podložných nerozpustných hornín, napr. v intrastratálnom sadrovcovom krase (súvrstvia sadrovcov sa striedajú so slieňmi a ílmi) v oblasti Sorbas v južnom Španielsku (pozri Calaforra a Pulido-Bosch, 2000).

PRVOTNÝ VÝSKUM STROPNÝCH KORYT V JASKYNI DOMICA

Jaskyňa Domica na juhozápadnom okraji Silickej planiny (Slovenský kras) je vytvorená v strednotriasových svetlých wettersteinských vápencoch silického príkrovu chemickou a mechanickou eróznou činnosťou občasných ponorných vodných tokov, ktoré do krasu pritekajú z príľahlej časti Bodvianskej pahorkatiny (Droppa, 1961, 1972 a iní). Hlavná chodba jas-



Obr. 1. Titulná strana separátneho výtlačku štúdie Z. Rotha o jaskyni Domica z roku 1937 a strana s definíciou stropného koryta.

Fig. 1. Title page of the printed copy of Z. Roth paper on the Domica Cave from 1937 and the page with the definition of ceiling channel.



Obr. 2. Stropné koryto v Suchoj chodbe, jaskyňa Domica. Foto: P. Bella
Fig. 2. Ceiling channel in Dry Passage, Domica Cave. Photo: P. Bella



Obr. 3. Stropné koryto v Meandrovej chodbe, jaskyňa Domica. Foto: P. Bella
Fig. 3. Ceiling channel in Meander Passage, Domica Cave. Photo: P. Bella

kyne Domica pokračuje cez štátnu hranicu do jaskyne Baradla na území Maďarskej republiky – obe jaskyne tvoria súvislý genetický celok. Stropné korytá patria medzi najvýraznejšie morfológické tvary jaskyne Domica. Vadózna agradácia podláh (ukladaním aluviálnych sedimentov), miestami až úplné zaplnenie chodieb sedimentmi až k stropu v hornej príponorovej polovici jaskynného systému je dôsledkom alogénnej drenáže so splavovaním množstva štrkových a hlinitých sedimentov do chodieb s malým sklonom (Ford, 2000).

V štúdiu o morfológii a geomorfologickom vývoji jaskyne Domica z roku 1937 Zdeněk Roth nielen opisuje stropné korytá, ale aj podáva definíciu pojmu „stropné koryto“ (str. 131; obr. 1). Za stropné koryto označil zvláštny útvar zachovaný na stropoch chodieb a väčších jaskynných priestorov – široký, nahor vyklenutý zárez erózne vyhlbený podzemným vodným tokom v skalnom stropu, ktorý sa podobá obrátenému riečnemu korytu, pozoruje sa aj na pomerne dlhých vzdialenosti a často má meandrovitý priebeh. Ďalej píše, že na vytváraní stropných koryt sa pravdepodobne vo väčšej miere podieľala mechanická erózia spôsobená prúdiacou vodou ako rozpúšťanie vápencov (podľa novších prác paragenéze zodpovedajú skalné tvary vytvorené rozpúšťaním hornín, napr. Farrant a Smart, 2011). Na základe tvaru stropných koryt a zvyškov riečnych nánosov Roth (1937) predpokladá, že jaskyňa Domica bola kedysi takmer zanesená nánosmi transportovanými ponornými vodnými tokmi. Vodný tok, nánosmi prítlačný tesne k stropu, bol nútený „rozširovať svoju cestu nahor vymieľaním skaly v stropu

jaskyne“ (prepis z citovanej štúdie). Tým sa vytváral „priechod klenbovitého tvaru“, ktorý po neskoršom odplavení jaskynných nánosov zostal na stropu (obr. 2). Na niektorých úsekoch stropné korytá nemajú klenbovité, ale rovný tvar (obr. 3).

V jaskyni Domica sa stropné korytá vytvorili v dvoch výškových polohách. Stropné korytá vyššej úrovne prechádzajú cez Suchú chodbu, Sieň odvahy, Dóm indických pagod, Sieň terás, Dóm mystérií, Majkov dóm, chodbu I. plavby (Gotický dóm), Klenotnicu a Kvetnicu. Stropné korytá nižšej úrovne sú v Panenskej chodbe, v úseku Prales – Meandrová sieň, vo Vstupnej chodbe a chodbe II. plavby (Roth, 1937). Poznatky zo skúmania stropných koryt viazucich sa na vývojovej úrovne boli pri rekonštrukcii vývoja jaskyne jedny z najdôležitejších.

Roth (1937) zaviedol pojem *stropné koryto* a formuloval zákonitosť vytvárania stropných koryt na základe vlastných terénnych pozorovaní (necituje žiadne publikované práce, ktoré by sa predtým zaoberali problematikou stropných koryt). V nasledujúcej štúdiu Roth (1940) porovnáva morfológiu jaskýň Domica a Baradla, opisuje stropné korytá aj v jaskyni Baradla (obr. 4) a koreluje ich s korytami v Domici.

Nadväzujúc na štúdiu Z. Rotha meandrujúce stropné korytá v Objavnej chodbe jaskyne Domica, patriace do nižšej úrovne, opísali Mann, Pouba a Šantrúček (1949). Vo vtedajšej dobe bola jaskyňa Domica jednou z najlepšie geomorfologicky preskúmaných jaskýň na Slovensku, resp. v bývalom Československu, pravdepodobne i v širšom stredo-európskom regióne.

Najmä na základe prevzatých poznatkov z výskumu jaskyne Domica Josef Kunský opisuje podmienky a procesy vytvárania stropného koryta v monografii *Kras a jaskyně*, ktorá vyšla česky v roku 1950 (bola preložená do poľštiny, 1956 a francúzštiny, 1958). Opisuje dva spôsoby vytvárania stropných koryt. Ak sa po zanesení jaskynnej chodby až k stropu obnoví podzemný vodný tok, prúdiaca voda eroduje nánosy a unášanými štrkami vymieľa strop, pričom vytvára obrátené, nahor vyklenuté koryto. Stropné koryto môže vzniknúť aj počas končiaceho sa zanášania chodby, keď podzemný vodný tok je prítlačný k stropu, ktorý vymieľa. V monografii a neskoršej štúdiu o vývoji jaskyne Domica Droppa (1961, 1972) namiesto stropných koryt píše o povalových korytách.

Zdeněk Roth (doc. RNDr., DrSc.; 1914 – 2009; obr. 5) spracoval túto pozoruhodnú a významnú štúdiu ako mladý vedecký pracovník Geologicko-paleontologického ústavu Karlovej univerzity v Prahe za podpory svojho učiteľa prof. Radima Kettnera. Geomorfologický výskum potom vykonal v rámci činnosti Krasovej komisie pri Klube československých turistov (KČST), zriadenej v roku 1933 s cieľom výskumu jaskyne Domica a jej okolia (jej predsedom sa stal prof. Radim Kettner, riaditeľ Geologicko-paleontologického ústavu Karlovej univerzity v Prahe). V rokoch 1936 – 1938 R. Kettner a Z. Roth vykonal detailné geomorfologické mapovanie hlavných častí jaskyne – štyri výseky z podrobného plánu jaskyne sú publikované v spomenutej štú-



Obr. 4. Stropné koryto v jaskyni Baradla, Čerňanská vetva. Foto: P. Bella
Fig. 4. Ceiling channel in Baradla Cave, Csernai Branch. Photo: P. Bella



Obr. 5. Zdeněk Roth nad jadrami z vrtnú Krásná 1, rok 1975. Archív Českej geologickej služby.
Fig. 5. Zdeněk Roth at cores from borehole Krásná 1, 1975. Archive Czech Geological Survey.

dlii Z. Rotha z roku 1937, dva výseky v štúdiu R. Kettnera z roku 1948; dva farebné listy sú v zbierke jaskynných plánov a máp Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši (Lalkovič, 1997, 2001).

ZÁVER

Medzi najstaršie práce, ktoré opisujú morfológiu a vytváranie stropných koryt v jaskyniach, treba zaradiť geomorfologickú štúdiu jaskyne Domica Z. Rotha z roku 1937 o morfológii a vývoji jaskyne. Napriek veľkému časovému odstupe treba aj dnes poukázať

na významnosť tejto štúdie, ktorej súčasťou je prvotný opis stropných koryt. Keďže štúdia vyšla v českom jazyku v časopise Bratislava, určenom najmä pre slovenskú, resp. vtedajšiu československú komunitu, prvotné poznatky o stropných korytoch sa nedostali do pozornosti zahraničných odborníkov zaoberajúcich sa krasom a jaskyňami. Časopis Bratislava, určený pre výskum Slovenska a Podkarpatskej Rusi, vydávala Učená spoločnosť Šafaříkova v rokoch 1927 – 1937. K šíreniu a využívaniu poznatkov z Rothovej štúdie v zahraničí neprispelo ani rozsiahle resumé vo francúzskom jazyku.

Renaultom (1958) možno považovať za prvý iba v západoeurópskej odbornej literatúre.

Podakovanie: Ďakujeme pani Václave Škvorovej, knihovníčke Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., za vyhľadanie pôvodných zdrojov literatúry a Ing. Marcelovi Lalkovičovi, CSc., bývalému riaditeľovi Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva, za konzultácie k mapovému dielu z jaskyne Domica. Práca vznikla v rámci inštitucionálneho financovania Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., č. RVO67985831 a bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11.

LITERATÚRA

- CALAFORRA, J. M. – PULIDO-BOSCH, A. 2000. Cave Development in Vadose Settings in a Multilayer Aquifer – The Sorbas Karst, Almeria, Spain. 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., 382–386.
- DROPPA, A. 1961. Domica – Baradla, jaskyne predhistorického človeka. *Šport*, Bratislava, 151 s.
- DROPPA, A. 1972. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. *Československý kras*, 22, 65–72.
- FARRANT, A. 2004. Paragenesis. In Gunn, J. (Ed.): *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, New York – London, 569–571.
- FARRANT, A. R. – SMART, P. L. 2011. Role of sediment in speleogenesis; sedimentation and paragenesis. *Geomorphology*, 134, 1–2, 79–93.
- 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.
- KETTNER, R. 1948. O netopyřím guanu a guanových korosích v jaskyni Domici. *Sborník Státního geologického ústavu Československé republiky*, 15, Praha, 41–64.
- KUNSKÝ, J. 1950. Kras a jaskyně. *Přírodovědecké nakladatelství, Praha*, 163 s.
- KUNSKÝ, J. 1956. *Zjawiska krasowe. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa*, 207 s.
- KUNSKÝ, J. 1958. Karst et grottes. *Service d'Information géologique du B.R.G.G.M., Paris*, 107 s.
- LALKOVIČ, M. 1997. Zbierka jaskynných plánov a máp Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši. In Kováčová, M. (Ed.): *Historické mapy. Zborník z vedeckej konferencie, Bratislava 24. – 25. 4. 1997*. Kartografická spoločnosť SR, Slovenský národný archív, Bratislava, 30–39.
- LALKOVIČ, M. 2001. Detailné mapovanie jaskyne Domica v rokoch 1936 – 1938. In Kováčová, M. – Hájek, M. (Eds.): *Historické mapy. Zborník z vedeckej konferencie, Bratislava 26. – 27. 4. 2001*. Kartografická spoločnosť SR, Bratislava, 149–156.
- LAURITZEN, S.-E. – LAURITZEN, A. 1995. Differential diagnosis of paragenetic and vadose canyons. *Cave and Karst Science*, 21, 2, 55–59.
- LAURITZEN, S.-E. – LUNDBERG, J. 2000. Solutional and erosional morphology. 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., 408–426.
- LOŽEK, V. – SEKÝRA, J. – KUKLA, J. – FEJFAR, O. 1956. Výzkum Velké Jasovské jeskyně (Die Durchforschung der Grossen Jasover Höhle). *Anthropozoikum*, 6, 197–282. (Dtsch. Zusammenfassung, 266–282).
- MANN, K. – POUBA, Z. – ŠANTRŮČEK, P. 1949. Nová speleologická studia v Domici (New Speleological Studies in the Domica-cavern). *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, 54, 2, Praha, 99–106. (Engl. summary, 105–106).
- PASINI, G. 1967. Osservazioni sui canali di volta delle grotte bolognesi. *Le Grotte d'Italia*, 4, 1, 17–74.
- PASINI, G. 1975. Sull'importanza speleogenetica dell' "erosione antigrafitativa". *Le Grotte d'Italia*, 12, 4, 297–326.
- PASINI, G. 2009. A terminological matter: paragenesis, antigrafitative erosion or antigrafitative erosion? *International Journal of Speleology*, 38, 2, 129–138.
- PASINI, G. 2012. Speleogenesis of the "Buco dei Vinchi" inactive swallow hole (Monte Croara karst sub-area, Bologna, Italy), an outstanding example of antigrafitative erosion (or "paragenesis") in selenitic gypsum. An outline of the "post-antigrafitative erosion". *Acta Carsologica*, 41, 1, 15–34.
- RENAULT, P. 1958. *Éléments de spéléomorphologie karstique*. *Annales de Spéléologie*, 13, 1–4, 23–48.
- RENAULT, P. 1968. Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Les facteurs sédimentologiques*. *Annales de Spéléologie*, 23, 3, 529–596.
- RENAULT, P. 1970. *La formation des cavernes*. Presses Universitaires de France, Paris, 127 s.
- ROTH, Z. 1937. Vývoj jeskyně Domice (L' evolution des grottes de Domica). Bratislava, 11, 129–163 (Res. Français, 163–168/38–42).
- ROTH, Z. 1940. Vývojový vztah jeskyně Baradla k jaskyni Domici v Jiho-slovenském krasu (Das genetische Verhältnis der Baradla-Höhle zu der Domica-Höhle in Südslovakischen Karste). *Věstník Královské české společnosti nauk, třída mat.-přírodověd.*, 1–9. (Dtsch. Zusammenfassung, 5–9).
- SENEŠ, J. 1956. Výsledky speleologického výskumu Drienovskej (Šomody) jaskyne v Slovenskom krase (Ergebnisse der speleologischen Erforschung der Höhle Drienovská jaskyně (Šomody) im Slowakischen Karst). *Geografický časopis*, 8, 1, 16–28. (Dtsch. Zusammenfassung, 27–28).

OBJEMOVÁ AKTIVITA RADÓNU V OVZDUŠÍ VAŽECKEJ JASKYNE

Iveta Smetanová¹ – Karol Holý² – Ján Zelinka³ – Jozef Omelka⁴

¹ Geofyzikálny ústav, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 845 28 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

³ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; zelinka@ssj.sk

⁴ MicroStep-MIS, Čavojského 1, 841 04 Bratislava; omelka@microstep-mis.com

I. Smetanová, K. Holý, J. Zelinka, J. Omelka: Radon activity concentration in the atmosphere of the Važecká Cave

Abstract: Radon research in the Važecká Cave (Važec Karst, northern Slovakia) started in June 2012 and it is still being carried out. The monitoring of ²²²Rn activity concentration in cave atmosphere is performed using the Barasol probe (Algade, France), based on the detection of alpha particle. The cave is formed in Middle Triassic Gutenstein limestone, the detector is situated in Galeria, the most distant part from the entrance. Besides radon, CO₂ content in cave atmosphere, internal temperature, internal air movement speed and direction are measured here. Radon activity concentration in the atmosphere of the Važecká Cave showed seasonal, short-term and daily variations. First results indicate that radon reached its maximum in summer months, from June to September, when radon activity concentration was relatively stable and the daily average values ranged between 3,000 and 5,300 Bq.m⁻³. In the rest of a year the short-term variations lasting 4 – 13 days were observed and the daily average radon concentration varied from 1,000 to 4,300 Bq.m⁻³. The seasonal and daily variations of ²²²Rn activity concentration in cave atmosphere are assumed to be associated with the atmospheric temperature. No effect of atmospheric pressure on radon short-term variation was found.

Key words: radon, activity concentration, variation, Važecká Cave, monitoring

ÚVOD

Radón (²²²Rn) je rádioaktívny vzácny plyn s dobou polpremeny 3,823 dňa. Vzniká alfa premenou ²²⁶Ra v premennom rade ²³⁸U. Spolu so svojimi dcérskymi produktmi spôsobuje približne polovicu radiačnej záťaže obyvateľstva, preto je jeho monitoring vo všetkých zložkách prírodného prostredia dôležitý (UNSCEAR, 2000).

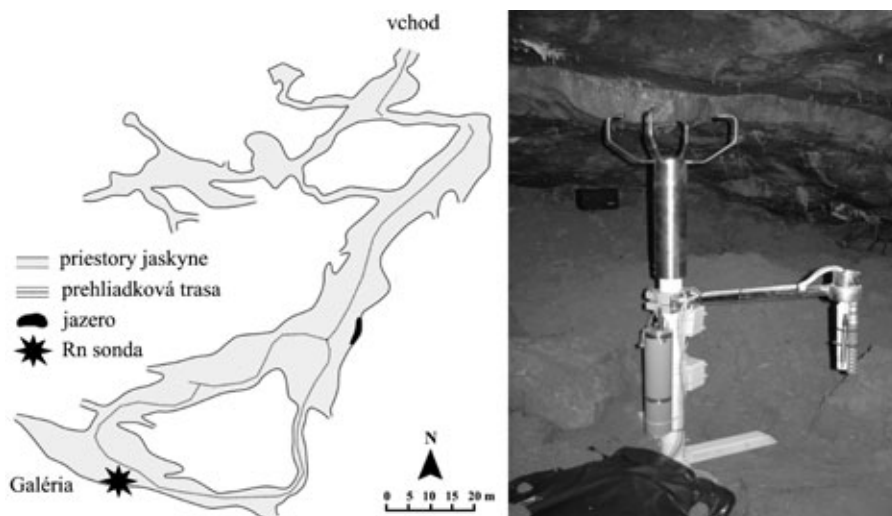
Monitoring objemovej aktivity ²²²Rn sa v ovzduší našich sprístupnených jaskýň vykonáva predovšetkým s cieľom zistiť zdravotné riziko, ktorému sú vystavení ich zamestnanci (Solomon et al., 1996; Dueñas et al., 1999; Lario et al., 2005; Sainz et al., 2007; Bahtijari, 2008; Calin et al., 2012). Na druhej strane sa monitoring radónu využíva pri sledovaní pohybu vzdušných mäs v podzemných priestoroch, čo je dôležité z hľadiska výskumu režimu jaskynnej mikroklímy (Hakl et al., 1996; Przylibski, 1999; Gregorič et al., 2013).

Vzhľadom na to, že radón je za normálnych podmienok chemicky inertný plyn, jeho objemová aktivita v určitom prostredí je vo všeobecnosti určená koncentráciou a distribúciou jeho materského prvku rádia, efektívnou transportných procesov a jeho dobou polpremeny.

Objemová aktivita ²²²Rn v ovzduší podzemných priestorov na určitom mieste nie je stabilná. Mení sa v priebehu roka, počas dňa, ako aj vplyvom zmien meteorologických prvkov. Vplyv meteorologických prvkov na koncentráciu radónu v jaskynnom ovzduší a jej časové variácie ovplyvňuje morfológia jaskyne, poloha vstupného otvoru či množstvo a smer puklín spájajúcich podzemné priestory s vonkajšou atmosférou (Hakl, 1996; Bahtijari, 2008). Tento vplyv závisí predovšetkým od rozdielu medzi teplotou vzduchu v jaskyni a vonkajšou teplotou vzduchu, od stupňa miešania jaskynných vzdušných mäs

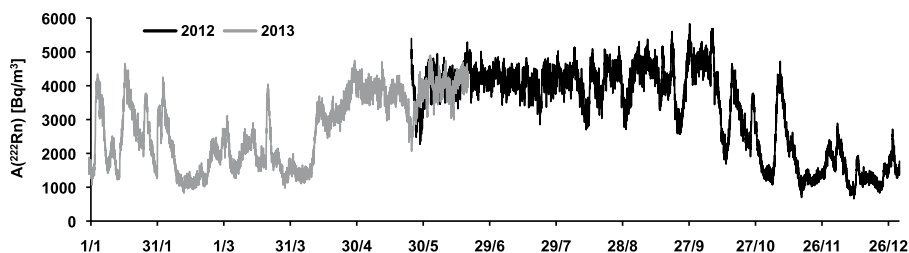
s vonkajším ovzduším, ďalej od rýchlosti prúdenia vzduchu, jeho relatívnej vlhkosti, atmosférického tlaku, úhrnu zrážok a stupňa ich priesaku do jaskynných priestorov. Nemenej dôležité sú informácie o krasovej geomor-

fológii (hlavne o objeme a tvare jaskynných priestorov), porozite hornín a sedimentárnych výplní jaskynných priestorov, ako aj o obsahu rádia v hornine a v jaskynných sedimentoch či možnostiach exhalácie radónu



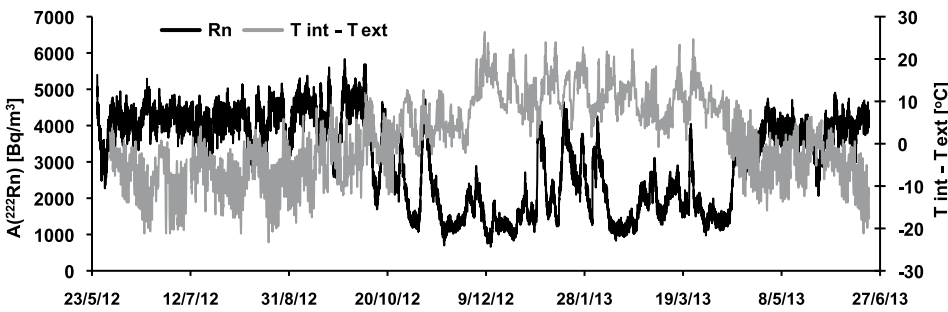
Obr. 1. Mapa Važeckej jaskyne s vyznačením miesta kontinuálneho merania objemovej aktivity ²²²Rn v ovzduší na meracej stanici v Galérii.

Fig. 1. Map of the Važecká Cave with marked measuring point of ²²²Rn activity concentration at the monitoring station in Galéria.

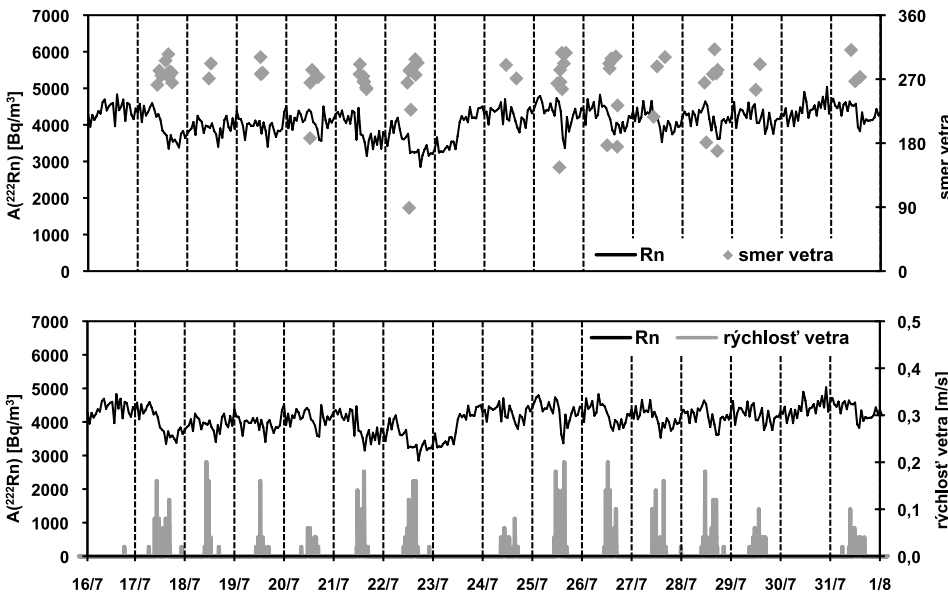


Obr. 2. Sezónna zmena objemovej aktivity ²²²Rn (hodinové priemery) v ovzduší Važeckej jaskyne na stanici Galéria.

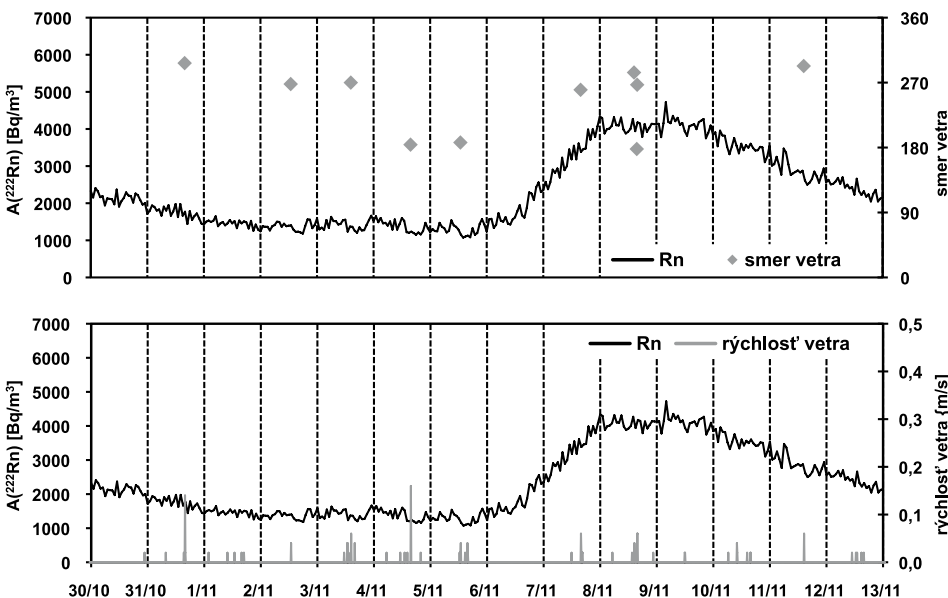
Fig. 2. Seasonal variation of ²²²Rn activity concentration (hourly averages) in the Važecká Cave at the station in Galéria.



Obr. 3. Sezónna zmena objemovej aktivity ^{222}Rn vo vzťahu k rozdielu teplôt vzduchu v jaskyni a vo vonkajšej atmosfére.
Fig. 3. Seasonal variation of ^{222}Rn activity concentration and the difference in internal and external air temperature in the Važecká Cave.



Obr. 4. Smer a rýchlosť prúdenia vzduchu a denné zmeny objemovej aktivity ^{222}Rn na stanici Galéria vo Važeckej jaskyni v letných mesiacoch.
Fig. 4. Air movement direction and speed with ^{222}Rn activity concentration measured at the station Galéria in the Važecká Cave in the summer season.



Obr. 5. Smer a rýchlosť prúdenia vzduchu a denné zmeny objemovej aktivity ^{222}Rn na stanici Galéria vo Važeckej jaskyni v jesenných mesiacoch.
Fig. 5. Air movement direction and speed with ^{222}Rn activity concentration measured at the station Galéria in the Važecká Cave in the autumn season.

zo stien jaskyne (Dueñas et al., 1999; Przylibski, 1999; Lario et al., 2005; Perrier et al., 2010).

Na Slovensku sa prvý dlhodobý výskum objemovej aktivity radónu v podzemných priestoroch realizoval v rokoch 1995 – 1996. Vo vybraných sprístupnených jaskyniach a baniach sa vykonával integrálny monitoring radónu pomocou stopových detektorov CR-39 (Vičanová et al., 1997). Prvé kontinuálne meranie radónu v našich podmienkach sa uskutočnilo v jaskyni Driny. Prebiehalo od júna 2006 do októbra 2011 s využitím detektora TS 96 (Briestenský et al., 2011). Od mája 2010 do júla 2011 sa pomocou detektora Barasol (Algade, Francúzsko) vykonávalo kontinuálne meranie objemovej aktivity radónu v jaskyni Domica (Smetanová et al., 2012).

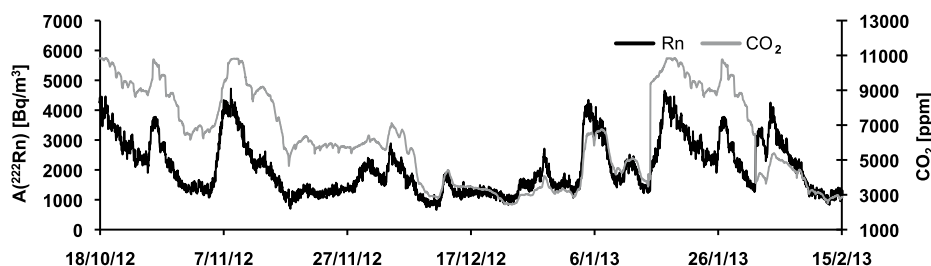
V príspevku sú uvedené predbežné výsledky prvého roku kontinuálneho merania objemovej aktivity radónu (jún 2012 – júl 2013) v ovzduší Važeckej jaskyne.

METODIKA

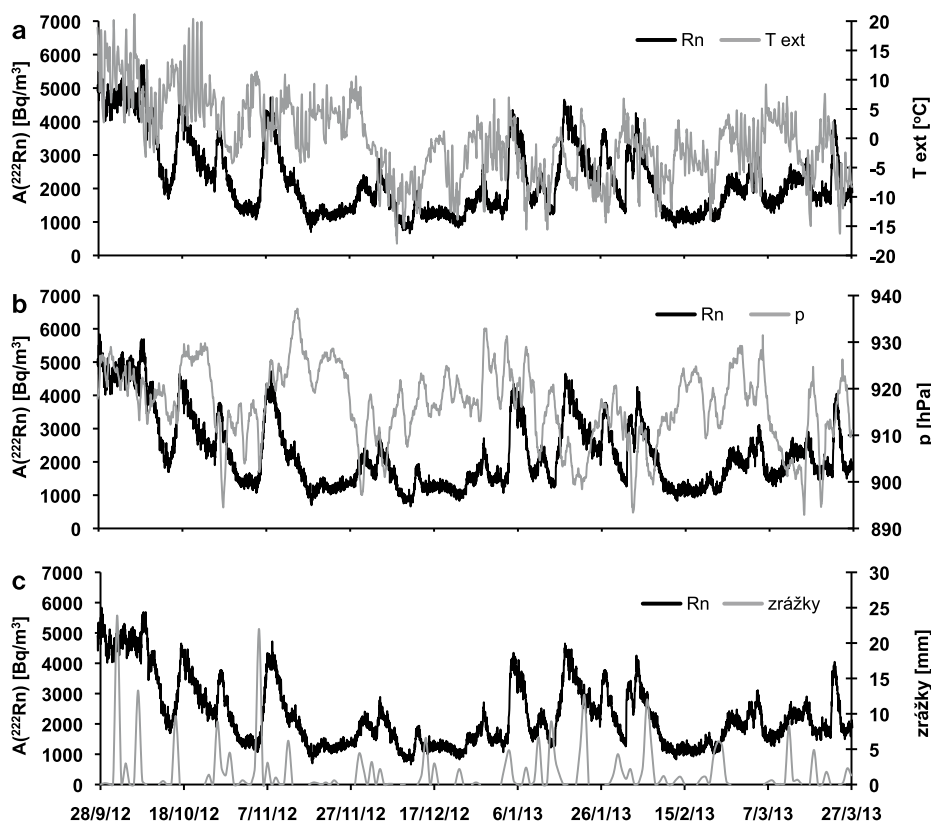
Važecká jaskyňa sa nachádza vo Važeckom krasu na styku Kozích chrbtov s Liptovskou kotlinou, na západnom okraji obce Važec. Vchod do jaskyne, ležiaci 8 m nad údolnou nivou Bieleho Váhu, je v nadmorskej výške 784 m. Jaskyňa je vytvorená v druhohorných strednotriasových tmavosivých gutensteinských vápencoch bielovážskej série chočského príkrovu bývalými ponornými vodami bočného ramena Bieleho Váhu. Dosahuje dĺžku 530 m. Teplota vzduchu v jaskyni je 6,5 až 7,1 °C, relatívna vlhkosť 94 až 96 %.

Meranie objemovej aktivity radónu v ovzduší Važeckej jaskyne sa uskutočňuje od júna 2012. Vykonáva sa pomocou detektora alfa častíc Barasol, ktorý je umiestnený pri prehliadkovej trase jaskyne v časti nazvanej Galéria (obr. 1). Citlivosť merania detektora je 0,02 impulzov za hodinu na $1 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ (Papastefanou, 2007). Nadmorská výška meracej stanice je 789,4 m, od vchodu do jaskyne je vzdialená 160 m. Galéria patrí medzi klimaticky najstabilnejšie časti jaskyne (Zelinka, 2002). Okrem radónovej sondy sa v Galérii nachádzajú aj zariadenia na meranie koncentrácie CO_2 v ovzduší, teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu a rýchlosti a smeru prúdenia vzduchu v jaskyni. Údaje zo všetkých meracích prístrojov sa zaznamenávajú v desaťminútových intervaloch.

Pretože Važecká jaskyňa nie je momentálne vybavená vonkajšou meteorologickou stanicou, údaje o atmosférickej teplote a tlaku vzduchu, ako aj denný úhrn zrážok sme získali z meteorologickej stanice Geofyzikálneho ústavu SAV v Starej Lesnej, vzdialenej približne 40 km severovýchodne od obce Važec.

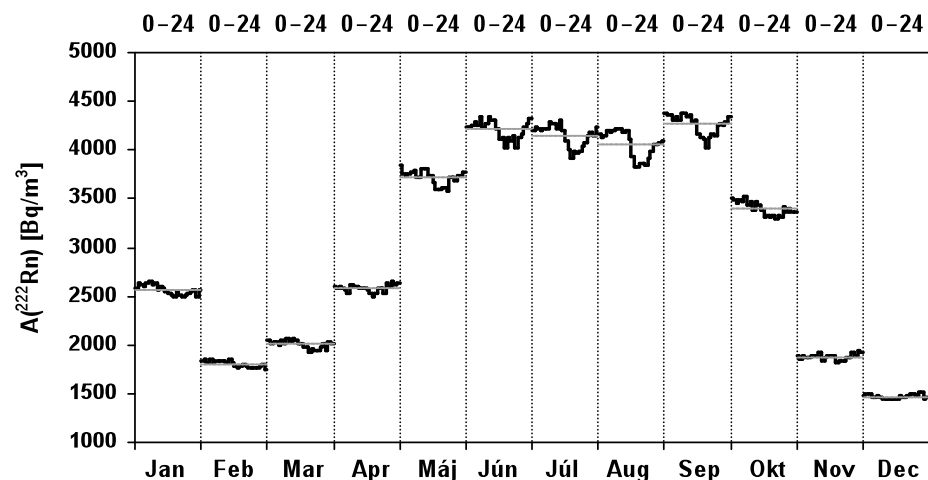


Obr. 6. Variácie objemovej aktivity ^{222}Rn a koncentrácie CO_2 v ovzduší Važeckej jaskyne na stanici Galéria.
Fig. 6. The variation of ^{222}Rn activity concentration and CO_2 concentration in the Važecká Cave at the station Galéria.



Obr. 7. Vplyv zmien vonkajšej teploty vzduchu (a) a atmosférického tlaku (b) na krátkodobé zmeny objemovej aktivity ^{222}Rn nebol vo Važeckej jaskyni pozorovaný. Niektoré krátkodobé variácie nasledovali po dažďových zrážkach (c).

Fig. 7. No effect of atmospheric air temperature (a) and atmospheric pressure (b) changes on short term variation of ^{222}Rn activity concentration was observed in the Važecká Cave. Rainfall events preceded some of the radon short-term variations (c).



Obr. 8. Priemerné denné vlny objemovej aktivity ^{222}Rn v ovzduší Važeckej jaskyne počas roka s vyznačením priemernej hodnoty objemovej aktivity ^{222}Rn za mesiac.

Fig. 8. Average daily waves of the ^{222}Rn activity concentration in the atmosphere of the Važecká Cave during a year, with marked position of the average radon concentration for each month.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Objemová aktivita radónu v ovzduší Važeckej jaskyne prejavuje zreteľnú sezónnu zmenu, pozorovali sa aj periodické denné a neperiodické krátkodobé variácie.

V období od júna 2012 do júla 2013 sa v ovzduší Važeckej jaskyne namerali hodinové priemery objemovej aktivity ^{222}Rn v intervale od 700 do 5800 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (obr. 2). Denné priemerné hodnoty sa pohybovali v rozsahu 1030 do 5300 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Sezónnu zmenu objemovej aktivity radónu vo Važeckej jaskyni charakterizuje maximum v letných mesiacoch jún až september a minimum v zimných mesiacoch. Pozorovaný typ sezónnej variácie je v jaskynných priestoroch častý (Dueñas et al., 1999; Przylibski, 1999; Perrier et al., 2010; Gregorič et al., 2013) a vysvetľuje sa zmenou ventiláčného režimu jaskyne v priebehu roka. V letnom období denné priemerné hodnoty objemovej aktivity radónu vo Važeckej jaskyni dosahovali 3000 až 5300 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, v zimných mesiacoch sa pohybovali v rozsahu 1030 až 4300 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. V mesiacoch máj až august sa namerali relatívne stabilné hodnoty objemovej aktivity ^{222}Rn v porovnaní s ostatnými mesiacmi roka, hodinové priemery sa pohybovali prevažne v rozmedzí 4000 až 5000 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Vysoké hodnoty sa zaznamenali aj počas krátkodobých variácií objemovej aktivity radónu v jesenných a zimných mesiacoch (obr. 2).

Sezónna zmena objemovej aktivity ^{222}Rn v ovzduší Važeckej jaskyne je spojená so zmenou atmosférickej teploty vzduchu počas roka (obr. 3). V zimnom režime, v mesiacoch od októbra do apríla, počas ktorých je rozdiel teploty jaskynného vzduchu a vonkajšej atmosféry kladný, je jaskyňa prirodzene ventilovaná. Do priestorov jaskyne prúdi vzduch chudobný na radón z vonkajšej atmosféry a objemová aktivita radónu v jaskyni preto nadobúda svoje minimum. Nízke hodnoty objemovej aktivity radónu sú prerušované krátkodobými variáciami, ktoré sú výrazné hlavne vtedy, keď sa rozdiel teplôt blíži k nule. V letnom režime, počas mesiacov máj až september, je naopak rozdiel vnútornej a atmosférickej teploty vzduchu záporný a ventilácia jaskynných priestorov je veľmi slabá. Následkom toho nastáva v jaskynných priestoroch postupné nahromadenie radónu a objemová aktivita dosahuje svoje maximum.

Mikroklimatologický výskum vo Važeckej jaskyni (Zelinka, 2002) potvrdil, že ovzdušie na meracom stanovišti Galéria je veľmi stabilné. Vchodové dvere do jaskyne sú dostatočne utesnené a jaskyňa má len jeden vchod. Napriek nízkym nameraným rýchlostiam prúdenia vzduchu v jaskyni, v rozsahu od 0,1 do 0,3 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, je sezónna zmena objemovej aktivity radónu v ovzduší veľmi výrazná. Výraznejší pohyb vzduchu sa zaznamenal iba počas vstupov do jaskyne (obr. 4 a 5). Pretože Važecká jaskyňa je v pondelok pre návštevníkov zatvorená, počas letnej turistickej sezóny sa pravidelne práve v tento deň nezaznamenal žiadny pohyb vzduchu (obr. 4). Prúdenie vzduchu sa

nezaznamenalo ani v mesiacoch, keď je jaskyňa pre verejnosť uzavretá (december a január). Výnimkou bolo niekoľko dní v januári 2013, počas ktorých v jaskyni prebiehal paleontologický výskum.

Krátkodobé variácie objemovej aktivity radónu v trvaní spravidla 4 – 13 dní sa pozorovali počas celého roka s výnimkou mesiacov máj až august. V období od októbra 2012 do marca 2013 krátkodobé variácie radónu a koncentrácie CO₂ v jaskynnom ovzduší (obr. 6) prebiehali takmer súčasne ($R^2 = 0,54$). Vyhodnotiť ich vzájomný vzťah v iných mesiacoch roka nebolo možné pre poruchu merania, ako aj nedostatočný merací rozsah CO₂ sondy, keď namerané hodnoty v ovzduší Galérie prekročili 10 960 ppm.

Krátkodobé zmeny objemovej aktivity radónu sú často ovplyvnené zmenami atmosférického tlaku (Whittlestone et al., 2003; Perrier et al., 2010), prípadne dažďovými zráž-

kami (Whittlestone et al., 2003). V ovzduší Važeckej jaskyne sa nezistila korelácia krátkodobých zmien vonkajšej teploty vzduchu ($R^2 = 0,00 - 0,10$) ani atmosférického tlaku vzduchu ($R^2 = 0,00 - 0,11$) na výskyt a trvanie krátkodobých zmien objemovej aktivity radónu (obr. 7a,b). Niektoré krátkodobé nárasty hodnôt objemovej aktivity radónu nasledovali po intenzívnych zrážkach (obr. 7c). Tento jav sa nepozoroval v letných mesiacoch. Intenzívny dažď často spôsobil, že časť jaskyne v blízkosti Galérie bola zaplavená následkom zvýšenej hladiny podzemnej vody.

Najväčšie amplitúdy denných vln objemovej aktivity ²²²Rn, dosahujúce takmer 1000 Bq.m⁻³, sa zistili v letných mesiacoch (obr. 8). Počas zimných mesiacov boli denné variácie veľmi nevýrazné. Tvar dennej vlny objemovej aktivity radónu bol pre jednotlivé mesiace v roku rovnaký a je pravdepodobne spôsobený zmenou atmosférickej teploty vzduchu počas dňa. Denné variácie objemovej aktivity radó-

nu nadobúdali maximum medzi 6. a 11. hodinou dopoludnia, minimum v popoludňajších hodinách od 14. do 18. hodiny.

ZÁVER

V ovzduší Važeckej jaskyne sa v priebehu roka zistili výrazné časové zmeny objemovej aktivity radónu. Maximum jeho objemovej aktivity sa pozorovalo v letných mesiacoch, minimum v zimných. Denné aj sezónne zmeny objemovej aktivity radónu sú pravdepodobne spojené so zmenou vonkajšej teploty vzduchu v priebehu dňa a roka. Vplyv zmien atmosférického tlaku vzduchu na krátkodobé zmeny objemovej aktivity radónu v jaskynnom ovzduší sa nezistil. Niektoré krátkodobé variácie súviseli s dažďovými zrážkami.

Podakovanie: Výskum bol podporený grantovou agentúrou Ministerstva školstva SR (VEGA, projekt č. 2/0135/2).

LITERATÚRA

- BAHTIJARI, M. – VAUPOTIČ, J. – GREGORIČ, A. – STEGNAR, P. – KOBAL, I. 2008. Exposure to radon in the Gadime Cave, Kosovo. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 2, 343–348.
- BRIESTENSKÝ, M. – THINOVÁ, L. – STEMBERK, J. – ROWBERRY, M. D. 2011. The use of caves as observatories for recent geodynamic activity and radon gas concentrations in the Western Carpathians and Bohemian Massif. *Radiation Protection Dosimetry*, 145, 2–3, 166–172.
- CALIN, M. R. – ZORAN, M. – CALIN, M. A. 2012. Radon levels assessment in some Northern Romanian salt mines. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 293, 2, 565–572.
- DUEÑAS, C. – FERNÁNDEZ, M. C. – CAÑETE, S. – CARRETERO, J. – LIGER, E. 1999. ²²²Rn concentrations, natural flow rate and the radiation exposure levels in the Nerja Cave. *Atmospheric Environment*, 33, 3, 501–510.
- GREGORIČ, A. – VAUPOTIČ, J. – ŠEBELA, S. 2013. The role of cave ventilation in governing cave air temperature and radon levels (Postojna Cave, Slovenia). *International Journal of Climatology*, 34, 5, 1488–1500.
- HAKL, J. – CSIGE, I. – HUINYADI, I. 1996. Radon transport in fractured porous media – experimental study in caves. *Environment International*, 22, Suppl. 1, 433–437.
- SAINZ, C. – QUINDÓS, L. S. – FUENTE, I. – NICOLÁS, J. – QUINDÓS, L. 2007. Analysis of the main factors affecting the evaluation of the radon dose in workplaces: The case of tourist caves. *Journal of Hazardous Materials*, 145, 3, 368–371.
- LARIO, J. – SÁNCHEZ-MORAL, S. – CAÑAVERAS, J. C. – CUEZVA, S. – SOLER, V. 2005. Radon continuous monitoring in Altamira Cave (northern Spain) to assess user's annual effective dose. *Journal of Environmental Radioactivity*, 80, 2, 161–174.
- PAPASTEFANO, C. 2007. Measuring radon in soil gas and groundwaters: a review. *Annals of Geophysics*, 50, 4, 569–578.
- PERRIER, F. – RICHON, P. 2010. Spatiotemporal variation of radon and carbon dioxide concentrations in an underground quarry: coupled processes of natural ventilation, barometric pumping and internal mixing. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101, 4, 279–296.
- PRZYLIBSKI, T. A. 1999. Radon concentration changes in the air of two caves in Poland. *Journal of Environmental Radioactivity*, 45, 1, 81–94.
- SOLOMON, S. B. – LANGROO, R. 1996. Radon exposure to tour guides in Australian show caves. *Environment International*, 22, Suppl. 1, 409–413.
- SMETANOVÁ, I. – HOLÝ, K. – ZELINKA, J. – OMEKÁ, J. – JURČÁK, D. 2012. Sezónna zmena objemovej aktivity radónu v ovzduší jaskyne Domica. *Aragonit*, 17, 1–2, 24–27.
- 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. – ĎURČÍK, 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.
- WHITTLESTONE, S. – JAMES, J. – BARNES, C. 2003. The relationship between local climate and radon concentrations in the Temple of Baal, Jenolan Caves, Australia. *Helvetic*, 38, 2, 39–44.
- ZELINKA, J. 2002. Termodynamická charakteristika Važeckej jaskyne. In *Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 3, zborník referátov z vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001). Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 123–131.*

RADON ACTIVITY CONCENTRATION IN THE ATMOSPHERE OF THE VAŽECKÁ CAVE

SUMMARY

Radon research in the Važecká Cave (Važec Karst, northern Slovakia) started in June 2012 and it is still being carried out. The monitoring of ²²²Rn activity concentration in cave atmosphere has been performed using the Barasol probe (Algade, France), based on alpha particle detection.

The Važecká Cave is formed in Middle Triassic Gutenstein limestone, the detector is situated in the Galéria, which the most distant part from the cave entrance. The cave length is 530 m, the entrance is at an altitude of 784 m. Besides radon, CO₂ content in cave atmosphere, internal temperature, internal air movement speed and direction are measured here. Atmospheric temperature and pressure values were taken from meteorological station operated by the Geophysical Institute of Slovak Academy of Sciences in Stará Lesná, 40 km NE from Važec village. A temporal variability of radon and environmental parameters measured inside and outside the cave was analyzed.

Radon activity concentration in the atmosphere of the Važecká Cave exhibited seasonal, short-term and daily variations. First results indicate that radon reached its maximum in summer months, from June to September, when radon activity concentration was relatively stable and the daily average values ranged between 3,000 and 5,300 Bq.m⁻³. In the rest of a year the short-term variations lasting 4 – 13 days were observed and the daily average radon concentration varied from 1,000 to 4,300 Bq.m⁻³. The seasonal and daily variations of ²²²Rn activity concentration in cave atmosphere are assumed to be associated with the atmospheric temperature. No effect of atmospheric pressure on radon short-term variation was found. Several short-term radon increases followed a preceding rainfall event. The largest amplitudes of radon daily variations up to 1,000 Bq.m⁻³ were registered in summer months. In winter the daily variations absented.

OBJAVY NOVÝCH DRUHOV JASKYNNÝCH ČLÁNKONOŽCOV (ARTHROPODA) NA SLOVENSKU

Vladimír Papáč¹ – Andrej Mock² – Ľubomír Kováč² – Karel Tajovský³

¹ Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Železničná 31, 979 01 Rimavská Sobota, papac@ssj.sk

² Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Moyzesova 11, 040 01 Košice, lubomir.kovac@upjs.sk, andrej.mock@upjs.sk

³ Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie, Na Sádkách 7, CZ-370 05 České Budějovice, Česká republika, tajov@upb.cas.cz

V. Papáč, A. Mock, Ľ. Kováč, K. Tajovský: Discoveries of new species of cave arthropods (Arthropoda) in Slovakia

Abstract: Three new springtail species *Megalothorax carpaticus* Papáč & Kováč, 2013, *Megalothorax hipmani* Papáč & Kováč, 2013 and *Megalothorax tatrensis* Papáč & Kováč, 2013, and millipede *Hylebainosoma gulickai* Tajovský, Mock & Papáč, 2014 have been discovered in caves of Slovakia. They are the first cave obligate representatives of the genus *Megalothorax* and *Hylebainosoma* in the Western Carpathians. By their miniature size (body length of adults 0.4 – 0.6 mm) springtails of the genus *Megalothorax* belong to the smallest troglotrophic arthropods. The individuals were collected preferably on surface of standing water and occasionally also on remains of decaying wood. Specific features are associated with mode of their life in cave environment (larger body, elongated claws) not observed in surface congeners. Troglomorphic millipede *Hylebainosoma gulickai* was discovered in five caves of the Tisovský kras karst area. It is the endemic troglotrophic millipede with the northernmost occurrence in Central Europe. The new species is completely depigmented, eyeless, and it is restricted to subterranean environment.

Key words: biospeleology, subterranean biology, Western Carpathians, Collembola, Diplopoda, endemic species, troglomite

ÚVOD

Jaskyne a podzemný svet zostávajú jedným z najmenej preskúmaných ekosystémov. Vedci každoročne objavujú nové formy živočíchov na povrchu, vo vode či v podzemí. V našej oblasti však tieto objavy nie sú také bežné a územie Západných Karpát je z pohľadu druhovej diverzity subteránnej fauny podstatne chudobnejšie ako južná Európa, ale bohatšie ako napr. Český masív či Škandinávia. Zo Západných Karpát je známych niekoľko jaskynných foriem, pričom všetky patria medzi bezstavovce. Medzi najznámejšie jaskynné živočíchov u nás môžeme zaradiť terestrické chrobáky z rodu *Duvalius*, štúrika *Neobisium slovacum*, mnohonôžku z rodu *Typhloiulus*, vodné kôrovce z rodu *Niphargus* alebo suchozemského kôrovca *Mesoniscus graniger*. Pri pozornejšej prehliadke jaskýň je možné tieto druhy pozorovať priamo na dreve, na stene či sedimentoch. Medzi naše najmenšie jaskynné živočíchov patria štúrovky (Palpigradi), chvostoskoky (Collembola) a roztoče (Acari). Ich rozmery dosahujú iba niekoľko milimetrov, a preto sú v jaskyniach často prehliadané.

CHVOSTOSKOKY SLOVENSKÝCH JASKÝŇ

Počtom jedincov a množstvom druhov (više 200; Papáč, nepubl.) patria chvostoskoky medzi najpočetnejšiu skupinu živočíchov v jaskyniach Slovenska. Približne desiatinu druhov môžeme pokladať za jaskynné, keďže ich výskyt je známy z nášho územia iba alebo prevažne z podzemia. Prvýkrát sa chvostoskoky v jaskyniach Slovenska spomínajú v práci Stacha (1929), kde autor uvádza z Drienockej jaskyne pri Slizkom (Revúcka vrchovina) jeden troglotilný druh: *Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835). V tomto období Stach

(1929) ako prvý opísal z územia Západných Karpát (jaskyňa Baradla) troglotické chvostoskoky: *Arrhopalites* (*Pygmarrhopalites*) *aggtelekiensis* Stach, 1929 (pôvodne ako *Arrhopalites pygmaeus aggtelekiensis*) a *Pseudosinella aggtelekiensis* (Stach, 1929) (pôvodne ako *Lepidocyrtus aggtelekiensis*). Ďalšie zbery zo slovenských jaskýň sú až z obdobia po roku 1950; spolu so súhrnom dovtedajších faunistických údajov ich publikoval Paclt (1957a,b, 1972). Ďalšie výskumy vyústili do opisu nových jaskynných druhov chvostoskokov (*Pseudosinella paclti*, *Deuteraphorura kratochvili*, *Hypogastrura crassaegranulata carpathica*, *Arrhopalites slovacicus*) z krasových oblastí Slovenska (Rusek, 1961; Nosek 1963, 1975). Tieto opisy predstavovali na dlhé obdobie posledné taxonomické práce venované jaskynným chvostoskokom. Až v súčasnosti bol opísaný nový druh troglotického chvostoskoka z jaskýň východného Slovenska *Neelus koseli* (Kováč & Papáč, 2010). Príspevkom zaoberajúcim sa opisom

nových druhov jaskynných chvostoskokov z rodu *Megalothorax* pokračujeme v dokumentovaní fauny našich podzemných ekosystémov (Papáč & Kováč, 2013).

ZÁKLADNÉ POZNATKY O RODE MEGALOTHORAX

Rod *Megalothorax* radíme medzi Neelipleona, ktoré patria medzi najmenšie zo štyroch radov chvostoskokov s celkovým počtom 44 druhov (zvyšné tri rady zahŕňajú više 8000 druhov). Sú charakteristické guľatým telom, absenciou očí a bielym sfarbením, často však až svetlooranžovým alebo tmavým pigmentom roztrúseným na povrchu tela. Tykadlá sú vždy kratšie ako hlava. Rod *Megalothorax* má



Obr. 1. Jedince *Megalothorax* sp. na hladine jazierka. Foto: Ľ. Kováč a T. Čuković
Fig. 1. Individuals of *Megalothorax* sp. on surface of water pool. Photo: Ľ. Kováč and T. Čuković



Obr. 2. *Megalothorax* sp. – celkový vzhľad vytvorený pomocou skenovacieho elektrónového mikroskopu (SEM). Pôdny druh z Francúzska má výrazne menšie pazúriky na končatinách. Priehlbiny na tele (krátery) predstavujú senzorické políčka. Foto: C. Schneider a C. A. D'Haese
Fig. 2. *Megalothorax* sp. – general appearance, SEM picture. Soil species from France with striking smaller claws on the legs. Crater-like depressions represent sensory fields. Photo: C. Schneider and C. A. D'Haese

užší vzťah k vlhkým biotopom, dosiaľ je na svete známych 29 druhov z tohto rodu. Pre ich miniatúrne rozmery sa im od objavenia v roku 1896 nevenovala dostatočná pozornosť. Existuje však viacero špecifických morfológických znakov, ktorých detailné štúdium poukazuje na značnú druhovú diverzitu tohto rodu. Roku 2013 bol tento rod chvostoskokov revidovaný s definovaním hlavných determináčnych znakov a redeskribovaný bol aj nominálny druh *Megalothorax minimus* (Schneider & D'Haese, 2013). *M. minimus* patrí medzi najrozšírenejšie druhy s geografickým areálom pokrývajúcim všetky kontinenty okrem Arktídy a Antarktídy. Na Slovensku sa spolu s *Megalothorax incertus* zistil vo viacerých jaskyniach, ako aj povrchových biotopoch (pôdy, machy). Ostatné druhy rodu *Megalothorax* majú obmedzený areál a väčšinou sú známe iba z typových lokalít. Medzi obligátne jaskynné formy zaraďujeme dva druhy z Pyrenej *M. massoudi* Deharveng, 1978 a *M. tuberculatus* Deharveng et Beruete, 1993, dva druhy z Mexika *M. spinotricosus* Palacios et Sánchez, 1999 a *M. tonoius* Palacios et Sánchez, 1999 a *M. boneti* Stach, 1960 z jaskyne v Afganistane. Systematickým výskumom slovenských jaskýň boli objavené tri nové druhy pre vedu, ktoré sú zároveň prvými nálezmi troglobiontných zástupcov tohto rodu v celých Karpatoch (Papáč & Kováč, 2013).

NOVÉ JASKYNNÉ CHVOSTOSKOKY Z RODU MEGALOTHORAX

Prvé jedince rodu *Megalothorax* v jaskyniach Slovenska sme našli už koncom 90. rokov minulého storočia v Domici a Ardovskej jaskyni. Išlo však o povrchové druhy *M. minimus* a *M. incertus*. Od roku 2002 sa nám podarilo odchytiť aj jedince, ktoré nás na prvý pohľad upúťali svojimi predĺženými pazúrikmi, predstavujúcimi morfológické adaptácie na jaskynné mikrohabitaty (troglomorfizmy). Chýbali však určovacie znaky, ktoré by jednoznačne rozlíšili jednotlivé druhy. Preto po naberaní dostatočného množstva materiálu nasledovalo ich detailné morfológické štúdium s cieľom rozlíšiť jednotlivé populácie. Súbežne so zoológmi z Prírodovedného múzea v Paríži (C. Schneider a C. D'Haese) sa podarilo definovať viacero nových determináčnych znakov, čo prinieslo objav troch nových druhov zo slovenských jaskýň a jedného z rumunskej jaskyne Drăcoia.

***Megalothorax carpaticus* Papáč & Kováč, 2013** predstavuje najviac rozšírený druh spomedzi troch nových druhov, dosiaľ sa našiel v 14 jaskyniach vo viacerých krasových aj nekrasových oblastiach. Predpokladá sa jeho širšie rozšírenie v jaskyniach celého horského masívu Karpát. Jedince dosahujú dĺžku tela 0,45 – 0,6 mm, samce sú menšie ako samice. Jedince sú biele s drobnými tmavými bodkami pigmentu najmä v okolí hlavy, hrude a bruška. Typovou lokalitou je jaskyňa Zlá diera v pohorí Bachureň. Ďalší výskyt je známy z jaskýň Kolónia II a Lukáčova priepať v Čiernej hore, jaskyňa Pleky v Hornádskej kotline, jaskyňa Bradá v Kozích chrbtoch, Jaskyňa pod Spišskou a Jaskyňa pod Jankovcom v Levočských vrchoch, Aksamitka v Pieninách, Bobačka a Rysie hniezdo na Muránskej planine, ako aj



Obr. 3. *Megalothorax hipmani*. a – hlava, b – predĺžený pazúrik na prednej nohe, c – tykadlo, d – skákacia vidlička (furca)

Fig. 3. *Megalothorax hipmani*. a – head, b – foot-complex with elongated claw on the first leg, c – antennae, d – jumping organ (furca)

zo sprístupnených jaskýň Harmanecká, Demänovská jaskyňa mieru, Gombasecká, Dobšinská ľadová a Važecká. Jedince *M. carpaticus* sme nachádzali pri vchodoch, ako aj v hlbších častiach jaskýň, prevažne na hladine jazierok.

***Megalothorax hipmani* Papáč & Kováč, 2013** má najvýraznejšie morfológické adaptácie na život v jaskynnom prostredí spomedzi slovenských zástupcov rodu *Megalothorax*. Dorastá do veľkosti 0,46 – 0,57 mm a má výrazne predĺžené pazúriky na končatinách ako adaptáciu na pohyb po vodnej hladine (až do 27 μ m; povrchové formy 10 – 15 μ m). Zistil sa na hladine jazierok v šiestich jaskyniach centrálnych pohorí Západných Karpát: Važecká jaskyňa (typová lokalita), Harmanecká jaskyňa, Starý hrad, Demänovská jaskyňa mieru, Zlatnica na Muránskej planine a Četníkova svadba v Strážovských vrchoch. Nový druh je pomenovaný na počesť Petra Hipmana (1940 – 1999), ktorý výrazne prispel k výskumu jaskýň Nízkych Tatier a objavil najhlbšiu jaskyňu Slovenska Starý hrad, časť jaskynného systému Hipmanových jaskýň (-495 m).

Druh ***Megalothorax tatrensis* Papáč & Kováč, 2013** je svojimi rozmermi 0,38 – 0,55 mm našim najmenším suchozemským troglobiontom. Známy je iba zo štyroch jaskýň dvoch blízkych krasových regiónov Nízke Tatry a Horehronské podolie. Typovou lokalitou je Jaskyňa mŕtvych netopierov, okrem toho sme ho zistili aj v Demänovskej jaskyni mieru, Bystrianskej jaskyni a v Starom hrade (Hipmanove jaskyne). Našiel sa na hladine jazierok hlboko v jaskyniach, ale napríklad aj v sedimente neďaleko vchodu Bystrianskej jaskyne. *M. tatrensis* predstavuje pravdepodobne úzko endemický druh viazaný na oblasť Nízkych Tatier a príslušného krasového predhoria. Svojou morfológiou sa najviac podobá nedávno opísanému druhu zo Špicbergov *Megalothorax svalbardensis* Schneider & D'Haese, 2013.

V roku 2009 prvý autor počas speleologického výskumu jaskyne Drăcoia v Rumunsku zachytil niekoľko jedincov patriacich do rodu *Megalothorax*. Chvostoskoky nazbieral v strednej časti jaskyne na hladine sintrových jazierok. Po prvotnej obhliadke sa zistilo, že ide o neznámy jaskynný druh s vysokým stupňom adaptácie na jaskynné prostredie. Nový druh bol pomenovaný podľa typovej lokality ako ***Megalothorax draco* Papáč & Kováč, 2013**. Tento druh má ešte výraznejšie predĺžené pazúriky na nohách ako *M. hipmani* (až do 34 μ m). Ďalším špecifickým morfológickým znakom *M. draco* je veslovito rozšírené mukro, ktoré zakončuje skákacia vidlička. Zosilnenie mukra a výrazné predĺženie pazúrikov slúži ako stabilizačný prvok pri pohybe na hladine vody.

MNOHONŔŽKY SLOVENSKÝCH JASKÝŇ

V porovnaní s faunou Álp a Južných Karpát je fauna mnohonôžok Západných Karpát chudobná. Dlhšie obdobie tu bola známa iba troglofilná endemická mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx* (Verhoeff, 1907) z centrálnych pohorí Západných Karpát a jediný troglobiontný druh *Typhloiulus polypodus* (Loksa, 1960) z krasového pohoria Búkk v Maďarsku. Ostatné druhy nájdené v jaskyniach na Slovensku, ako napríklad *Trachysphaera costata*, *Polydesmus complanatus* alebo *P. denticulatus*, sú široko rozšírené a môžu byť považované za lokálne troglofily (Mock, 2000). Inverzné stanovišťa vchodov jaskýň a priepaští sú reliktnými habitatmi niektorých subalpínskych alebo alpínskych druhov, napr. *Hylebainosoma tatranum* v Slovenskom krase a Cerovej vrchovine. Prvé podrobné mapovanie mnohonôžok slovenských jaskýň realizoval Gulička (1975, 1985). Začiatkom nového milénia bolo objavených ďalších deväť druhov kaverníkových mnohonôžok (Mock, 2010) patriacich k vyšším taxónom, ktoré dovtedy neboli na Slovensku známe (čelade Trichopolydesmidae a Brachychaeteumatidae). Troglofilný druh *Mecogonopodium carpaticum* opísali z jaskýň a podzemných biotopov z pohoria Čierna hora (Mock & Tajovský, 2008). Nálezy mnohonôžok z čelade Blaniulidae (*Cibiniulus* sp.) sa podrobia detailnejšiemu taxonomickému štúdiu. V súčasnosti bol opísaný nový troglo-



Obr. 4. *Hylebainosoma gulickai*, detail prednej časti tela, jaskyňa Kostolík, Tisovský kras. Foto: L. Kováč a A. Mock

Fig. 4. *Hylebainosoma gulickai*, fore body part, Kostolík Cave, Tisovský kras. Photo: L. Kováč and A. Mock

biont *Hylebainosoma gulickai* z jaskýň v okolí Tisovca (Tajovský a kol., 2014), čo predstavuje jeden z najvýznamnejších nálezov jaskynnej makrofauny bezstavovcov na Slovensku.

ZÁKLADNÉ POZNATKY O RODE *HYLEBAINOSOMA*

Rod *Hylebainosoma* Verhoeff, 1899 bol vytvorený pre druh *Hylebainosoma tatranum* Verhoeff, 1899 a objavený bol v pôdnych biotopoch alpských polôh Vysokých Tatier. Neskôr sa zistil aj v iných orografických celkoch Slovenska (napr. Gulička, 1985), vo Východných Karpatoch v Poľsku (Tajovský & Wytwer, 2010) a na Morave (Tajovský a kol., 2014). Po opise *H. tatranum* sa tento rod dlho pokladal za monotypický (s jediným známym druhom) a endemický pre Západné Karpaty. Z jaskýň Rumunska bol neskôr opísaný nový rod *Romanosoma* (Ceuca, 1967), ktorý morfológicky pripomínal rod *Hylebainosoma* zo Západných Karpát. Podľa súčasnej klasifikácie (Tajovský a kol., 2014) boli tri druhy z rodu *Romanosoma* preradené do rodu *Hylebainosoma*. Neskôr z južného Francúzska opísali ďalší druh *H. nontronensis* (Mauriés & Kimé, 1999). K nim v súčasnosti pribudol nový jaskynný druh zo Slovenska, *H. gulickai*.

NOVÁ MNOHONÔŽKA Z RODU *HYLEBAINOSOMA*

Prvé jedince nového druhu mnohonôžky našli v jaskyni Michňová pri Tisovci už v roku 1998 (Igt. R. Mlejnek). Od roku 2004 sa nám počas biospeleologického výskumu v Tisovskom krase podarilo objaviť jedince aj na ďalších štyroch jaskynných lokalitách: Kostolík, Teplica, Rysie hniezdo a Jaskyňa netopierov. ***Hylebainosoma gulickai* Tajovský, Mock & Papáč, 2014** je obyvateľom krasových jaskýň



Obr. 5. Vchod do jaskyne Kostolík – typová lokalita *Hylebainosoma gulickai*. Foto: L. Papáčová
Fig. 5. Entrance of Kostolík Cave – type locality of *Hylebainosoma gulickai*. Photo: L. Papáčová

a predstavuje najsevernejší výskyt jaskynnej mnohonôžky v strednej Európe. Dorastá do dĺžky okolo 10 mm a dospelé jedince majú po 30 článkov. Takmer všetky jedince sa našli na vlhkom dreve od vstupných častí až do tmavej zóny jaskýň, s teplotou okolo 5,8 – 6,8 °C a relatívnou vlhkosťou okolo 95 %. Jaskyne sú spojené hydrologicky okrem Kostolíka a Rysieho hniezda, ktoré boli v minulosti pravdepodobne tiež spojené s hlavným jaskynným systémom. Intenzívny výskum terestrických bezstavovcov v príslušných krasových regiónoch Muránskej planiny a Revúckej vrchoviny nepreukázal výskyt iných jaskynných mnohonôžok. *H. gulickai* predstavuje striktné jaskynného živočicha, bez očí a pigmentu na tele. Ďalšími výraznými znakmi, ktoré ho odlišujú

od príbuzných druhov, je odlišná štruktúra pohlavných orgánov (Tajovský a kol., 2014). Nový druh je pomenovaný po Jánovi Guličkovi (1925 – 2009), slovenskom myriapodológovi a biospeleológovi, ktorý bol významným zoológom a ekológom na Slovensku v minulom storočí.

Podakovanie. Príspevok vznikol počas riešenia projektu VEGA 1/0139/09 „Taxonómia, zoogeografia a ekológia kavernikolných článkonožcov Západných Karpát“ a počas riešenia výskumnej úlohy Ministerstva životného prostredia SR OPZP-PO5-09-1 „Monitorovanie stavu a trendu vývoja spoločenstiev bezstavovcov v nesprístupnených jaskyniach Slovenska“.

LITERATÚRA

- CEUCA, T. 1967. Quelques autres Diplopodes nouveaux de la faune de la Roumanie. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Seria Biologia*, 12, 1: 107–117.
- CULVER, D. C. – DEHARVING, L. – BEDOS, A. – LEWIS, J. J. – MADDEN, M. – REDDELL, J. R. – SKET, B. – TRONTJEL, P. – WHITE, D. 2006. The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography*, 29, 120–128.
- GULIČKA, J. 1975. Fauna slovenských jaskýň. *Slovenský kras*, 13: 37–85.
- GULIČKA, J. 1985. Pôdna a jaskynná makrofauna krasových pohorí Západných Karpát. *Slovenský kras*, 23: 89–127.
- KOVIČ, L. – PAPAČ, V. 2010. Revision of the genus *Neelus* Folsom, 1896 (*Collembola*, *Neelida*) with the description of two new troglotibiotic species from Europe. *Zootaxa*, 2663, 36–52.
- LOKSA, I. 1960. Zwei neue Diplopoden-Arten aus Ungarn. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 6: 413–418.
- MAURIÉS, J.-P. – KIMÉ, R. D. 1999. Description, écologie et chorologie de trois espèces nouvelles de diplopodes (*Myriapoda*, *Diplopoda*) des zones périphériques du Massif central et du centre de la France. *Zoosystema*, 21: 367–378.
- MOCK, A. 2000. Millipedes (*Diplopoda*) of the Western Carpathian caves – a preliminary review. *Fragmenta Faunistica*, 43 Supplement: 313–319.
- MOCK, A. 2010. Terrestrial isopods and millipedes in Slovak caves: results of long-term exploration. In Moškrič, A. – Trontelj, P. (Eds.): *International Conference on Subterranean Biology*, Postojna, Abstract book, 137–138.
- MOCK, A. – TAJOVSKÝ, K. 2008. *Mecogonopodium carpathicum* n. sp. (*Diplopoda*: *Chordeumatida*: *Attemsidae*), a new trogliphilic millipede from Slovakia. *Zootaxa*, 1778: 26–36.
- NOSEK, J. 1963. Zwei neue Collembolen arten aus den Karpathen. *Zoologischer Anzeiger*, 170: 76–80.
- NOSEK, J. 1975. Arrhopalites slovacicus, a new species of *Collembola* from the Domica cave. *Revue Suisse de Zoologie*, 82, 3: 599–602.
- PACLT, J. 1957a. *Collembola* z kvapľovej jaskyne „Dupná diera“ v Strážovských vrchoch. *Acta rerum naturalium museorum slovenicum, Bratislava*, 3, 2: 1–6.
- PACLT, J. 1957b. Über die Collembolen-Fauna der slowakischen Höhlen. *Beiträge zur Entomologie*, 7, 3/4: 269–275.
- PACLT, J. 1972. Verzeichnis der Höhlen-Springschwänze Mährens und der Slowakei. *Senckenbergiana biologica*, 33: 411–425.
- PAPAČ, V. – KOVIČ, L. 2013. Four new troglotibiotic species of the genus *Megalothorax* Willem, 1900 (*Collembola*: *Neelipleona*) from the Carpathian Mountains (Slovakia, Romania). *Zootaxa*, 3737 (5): 545–575.
- RUSEK, J. 1961. Eine neue Collembolen art aus den slowakischen Höhlen. *Beiträge zur Entomologie*, 11, 1/2: 21–23.
- SCHNEIDER, C. – D'HAESE, C. A. 2013. Morphological and molecular insights on *Megalothorax*: the largest *Neelipleona* genus revisited (*Collembola*). *Invertebrate Systematics*, 27, 317–364.
- STACH, J. 1929. Verzeichnis der Apterygogenea Ungarns. *Annales Musei nationalis Hungarici, Budapest*, 26: 269–312.
- TAJOVSKÝ, K. – WYTWER, J. 2010. Operat ochrony wijów (*Chilopoda* and *Diplopoda*). In Plan ochrony Bieszczadzkiego Parku Narodowego, 111–146.
- TAJOVSKÝ, K. – MOCK, A. – PAPAČ, V. 2014. The genus *Hylebainosoma* Verhoeff, 1899 (*Diplopoda*, *Chordeumatida*, *Haaseidae*): Redescription of *Hylebainosoma tatranum*, description of a new troglotibiotic species and notes to the *Hylebainosoma*–*Romanosoma* species group. *Zootaxa*, 3764 (5): 501–523.

REKONŠTRUKCIA PREHLIADKOVÉHO CHODNÍKA V DEMÄNOVSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI

Peter Labaška

Demänovská ľadová jaskyňa je jednou z dvoch sprístupnených jaskýň v Demänovskej doline na území Národného parku Nízke Tatry. Jej výzdobu tvorí ľadová výplň spolu so sintrovými útvarmi. Pôvodnú prehliadkovú trasu tvorili drevené schodiská, lávky v kombinácii s oceľovými profilmi a oceľovým zábradlím s drevenou výplňou. Vplyvom jaskynného prostredia boli hlavne drevené časti konštrukcie výrazne nahnité, a preto sa museli každoročne opravovať a vymieňať za nové. Oceľové profily sa natierali ochranným náterom, čo nepôsobilo vhodne na jaskynnú mikroklimu.

Keď sa naskytla možnosť získať finančné prostriedky zo štrukturálnych fondov EÚ na kompletnú výmenu prehliadkovej trasy, Správa slovenských jaskýň sa rozhodla uchádzať o financie na realizáciu týchto prác, dôležitých z hľadiska bezpečnosti pohybu návštevníkov i environmentálneho hľadiska. Na základe žiadosti o nenávratný finančný príspevok bola 19. 6. 2009 s ministerstvom životného prostredia podpísaná zmluva na príspevok vo výške 585 190,26 eur.

Ing. arch. Jaroslav Šuna z firmy Projekta, v. d., Liptovský Mikuláš vypracoval projekt stavby, v ktorom sa z hľadiska prehľadnosti celá prehliadková trasa rozdelila na viaceré ucelené časti. Následne Obvodný banský úrad v Banskej Bystrici vydal odborné vyjadrenie k projektovej dokumentácii a Krajský úrad životného prostredia v Banskej Bystrici povolil výnimku zo zakázaných činností ustanovených v zákone č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny. Na základe verejnej súťaže bol určený víťazný uchádzač firma Zamgeo, spol. s r. o., z Rožňavy.

Drevený chodník spolu s konštrukciou schodísk, lávok, premostení a zábradlí nahradila nová konštrukcia z prvkov a jäcklových profilov z nehrdzavejúcej ocele podľa STN 17 241. Zároveň sa vymenili skrinky ovládačov elektrického osvetlenia, konštrukcie na elektrické zásuvky, káble elektrického osvetlenia boli na určených trasách uložené do antikorových žľabov a súčasne sa vymenilo kompletné uzemnenie v jaskyni.

Koncepcia riešenia pozostávala z troch základných konštrukčných systémov:

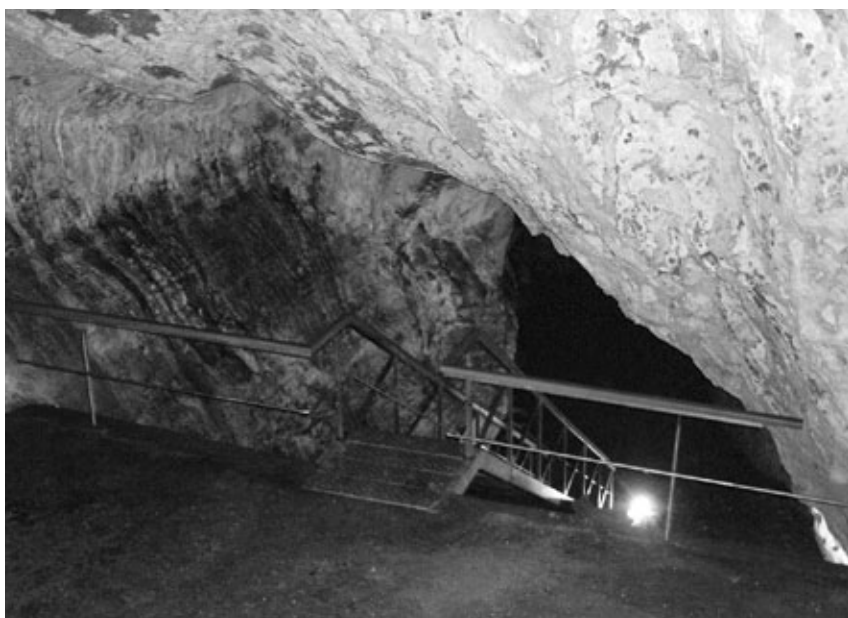
1. Zábradlie tvoria stĺpiky, horné držadlo a výplň s jednou vodorovnou rúrkou. Držadlo je vychýlené nad os výplne cez ohnutý trň. Tento spôsob sa použil v časti Bellov dóm – Jánošíkov dóm.
2. Návštevnú trasu tvoria schodiská a premostenia, ukotvené do skalného podložja, prípadne do steny. Jednotlivé prvky sú z oceľových valcovaných profilov, navzájom pozváraných, ktoré tvoria jednotnú konštrukciu, tzv. priehradové väzňníky. Na vrchnom jäckli je naskrutkované drevené držadlo. Šírka schodísk a lávok je 1 m. Podlahy premostení a schodiskových stupňov sú vyrobené z protišmykových perforovaných plechov. Tento typ chodníka sa použil vo väčšej časti jaskyne, a to v úsekoch od vchodu po Bellov dóm a od Veľkého dómu po východ z jaskyne.
3. Zábradlie je ukotvené do ľadového podložja a držadlo drevené. Chodník je vyhotovený z pochôdných perforovaných plechov, osadených do rámov z antikorových uholníkov. Zábradlie spolu s chodníkom sa dá demontovať na diely, navzájom spojené skrutkovaním. Tento spôsob sa

využil v ľadovej časti Kmetovho dómu. Výhodou tohto riešenia je možnosť rozobratia úseku podľa potreby, pretože v tomto mieste je ľad v pohybe a chodník sa deformuje.

Súčasťou rekonštrukcie bola aj výmena skorodovaných plechových dverí pri Starom vchode za antikorové menších rozmerov, pričom otvor sa zamuroval. Nad stenou sa vymenila pôvodná mreža za antikorovú. Zároveň sa jednokrídlové mrežové dvere pri východe upravili na dvojkridlové a strmé schodisko sa vybúrilo a nahradilo novým z prírodného kameňa s miernejším sklonom. Medzi najnáročnejšie úseky na výmenu patrili schodisko vo Veľkom dóme a premostenie v Spojovacej chodbe, a to pre bezpečnosť zamestnancov dodávateľa vzhľadom na výšku umiestnenia chodníka.

Práce v jaskyni sa vykonávali etapovite mimo prevádzkovej doby v rokoch 2009 až 2012. Celkové náklady dosiahli sumu 576 000 eur bez DPH a uhradili sa na základe zmluvy o poskytnutí nenávratného finančného príspevku zo štrukturálnych fondov EÚ, operačný program Životné prostredie.

Rekonštrukciou návštevej trasy sa zabezpečilo výrazné skvalitnenie technickej infraštruktúry v jaskyni aj vo vzťahu k bezpečnosti návštevníkov. Použitím nehrdzavejúceho materiálu sa zlepšila ochrana životného prostredia v danej lokalite, pričom v neposlednom rade je aj podľa ohlasov návštevníkov takýto materiál menej rušivý z estetického hľadiska, a to najmä v ľadových častiach jaskyne. Z toho vyplýva, že projekt rekonštrukcie splnil svoj účel tak vo vzťahu k návštevníkom jaskyne, ako aj vo vzťahu k jej ochrane.



Zrekonštruovaný prehliadkový chodník v Demänovskej ľadovej jaskyni. Foto: P. Labaška

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

Pavel Bella

Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši v spolupráci s Asociáciou slovenských geomorfológov pri SAV, Geologickým ústavom Akadémie vied Českej republiky a Poľskou geologickou spoločnosťou organizovala 9. vedeckú konferenciu „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“, ktorá sa konala v dňoch 23. – 26. septembra 2013 v hoteli Bobrovník v Liptovskej Sielnici.

Rovnako ako pri predchádzajúcich konferenciách tohto zamerania (Mlynky 1997, Demänovská Dolina 1999, Stará Lesná 2001, Tále 2003, Demänovská Dolina 2005, Ždiar 2007, Smolenice 2009, Demänovská Dolina 2011), jej hlavným cieľom bola prezentácia najnovších výsledkov výskumu, environmentálneho monitoringu a ochrany krasu a jaskýň na Slovensku. Hlavný odborný program tvorilo 30 referátov a 5 posterov, ktoré sa z obsahového hľadiska týkali geológie a geomorfológie (13 referátov a 2 poster), hydrologie a hydrochémie (5 referátov), speleoklimatológie a prirodzenej radiácie v jaskyniach (3 referáty a 3 poster), biospeleológie a mikrobiológie (6 referátov), geoekológie (1 referát), ako aj histórie a archeológie (2 referáty).

Geológia a geomorfológia. Referáty sa zaoberali rádioizotopovým datovaním sintrov z Krásnohorskej jaskyne (M. Gąsiorowski, M. Gradziński, H. Hercman a J. Stanekovič), vplyvom netopierov na tvarovanie a výplne jaskýň (A. Osborne), stanovením hornej hranice povrchových seizmických zrýchlení na základe elastických parametrov neporušených stalagmitov a mechanických vlastností zlomených stalagmitov v jaskyni Domica (K. Gribovskij, K. Kovács, P. Mónus, Chuan-Chou Shen, Á. Török, L. Brimich, P. Varga, A. Novák a S. Kele), hydrotermálnou speleogenézou v magnezitoch na Slovensku (P. Bella, L. Gaál, S. Milovská, R. Milovský a P. Koděra), paleomagnetizmom travertínov pri Bešeňovej, Liptovských Sliačoch a Ludrovej v Liptovskej kotline (P. Bosák, P. Pruner, S. Šlechta, K. Čížková a P. Bella), primárnymi jaskyňami v travertínoch na príkladoch zo Slovenska (P. Bella, M. Gradziński a P. Holúbek), využívaním jaskýň na detekciu recentného napätového tektonického poľa na Slovensku



Odborný program konferencie v hoteli Bobrovník. Foto: P. Bella



Exkurzia na Bešeňovských travertínoch. Foto P. Bella

a v Českej republike (M. Bristenský), hydrotermálnou speleogenézou v Západných Karpatoch a ich predpolí v rozdielnych podmienkach a epochách geologického vývoja (P. Bella a L. Gaál), nálezmi pleistocénnych koní (*Equus* sp.) z neandertálskej lokality Bojnice I – Prepoštská jaskyňa (T. Čeklovský), vplyvom dolinových glaciáluálnych agradácií na speleogenézu stredohorského alogénneho krasu na príkladoch z tatranskej oblasti Západných Karpát (P. Bella, H. Hercman, M. Gradziński a M. Gąsiorowski), vývojom jaskyne Starý hrad a jeho ekvivalentov v krase pohoria Munti Apuseni v Rumunsku (P. Orvoš), jaskynnými úrovňami ako indikátormi tektonického vývoja krasových území na Slovensku a morfogenetickými typmi jaskynných úrovní (P. Bella a M. Veselský) a reliktnými jaskyňami na svahoch planín Slovenského krasu (G. Lešínský). Poster prezentovali výsledky prieskumu suchých jaskýň regiónu Chemuil v oblasti Quintana

Roo v Mexiku (Z. Hochmuth, A. Petrvalská) a mineralogického a geochemického výskumu kryogénnych kalcitov z vybraných jaskýň na Slovensku (M. Orvošová, R. Milovský, S. Milovská a M. Deininger).

Hydrologia a hydrochémia. Referáty sa zamerali na monitorovanie izotopového zloženia vôd v podzemnom hydrologickom systéme Demänovskej doliny (P. Malík, D. Haviarová, Z. Grolmusová, P. Veis a J. Michalko), miešanie podzemných a povrchových vôd v podzemnom hydrologickom systéme Demänovskej doliny (P. Malík, D. Haviarová, J. Švasta, M. Gregor a A. Auxt), chemické zloženie vôd vybraných jaskýň Demänovskej doliny, skúmané v rokoch 2005 – 2007 (D. Haviarová, M. Gradziński, J. Motyka a M. Czop), monitorovanie vodného režimu toku v jaskyni Skalistsý potok v južnej časti Jasovskej planiny v Slovenskom krase (Z. Hochmuth a P. Kandričák) a na problematiku hydrologického výskumu Stanišovskej dolinky v Nízkych Tatrách (P. Holúbek).

Biospeleológia a mikrobiológia. Referáty zhodnotili objav nových troglobiontných druhov chvostoskokov (Hexapoda: Collembola) v jaskyniach na Slovensku a v Rumunsku (V. Papáč a L. Kováč), monitoring jaskynných bezstavovcov na Slovensku v rokoch 2010 – 2012 na príklade rodu *Collembola* (Hexapoda) (L. Kováč, A. Parimuchová a D. Miklisová), analyzovali výskyt aspergilov v jaskyniach (A. Nováková a V. Hubka) a beta-laktámovú rezistenciu baktérií *Enterobacter cloacae* izolovaných z jaskyne Domica (A. Donauerová, B. Gaálová, M. Seman, D. Papajová a H. Bujdaková), ďalej charakterizovali najvýznamnejšie zimoviská netopierov v Belianskych Tatrách (Z. Višňovská) a multidisciplinárny výskum guárovej kopy v jaskyni Domica (V. Kríšťufek, J. Beneš, H. Svitavská-Svobodová, M. Andreas, M. Uhrin, I. Světlík, L. Kováč, J. Šantrůček, V. Šustr, V. Papáč a K. Žák).

Speleoklimatológia a prirodzená radiácia v jaskyniach. Referáty analyzovali klimatické zmeny vo vstupnej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne v súvislosti s otváraním a zatváraním dvier oplotení (M. Korzystka-Muskała, T. Sawiński, J. Zelinka a J. Piasecki), zhodnotili skúsenosti a priblížili technické inovácie

environmentálneho monitoringu jaskýň (J. Marikovičová a J. Omelka) a predložili prvotné výsledky kontinuálneho merania objemovej aktivity radónu vo Važeckej jaskyni (I. Smetanová, K. Holý, J. Zelinka a J. Omelka). Postery priblížili dynamiku termických podmienok vo Vodných chodbách Punkevných jaskýň v Moravskom krase (M. Korzystka-Muskała, T. Sawiński, J. Hebelka a J. Piasecki), priestorovú distribúciu teploty vzduchu v jaskyni Domica (M. Korzystka-Muskała, T. Sawiński, J. Zelinka a J. Piasecki) a mikroklimatický monitorovací systém (J. Marikovičová a J. Omelka).

Geokológia. Referát podal výsledky geokológického mapovania Drienovskej jaskyne v Slovenskom krase (Š. Ratkovský, P. Bella, P. Gažík, D. Haviarová, Z. Višňovská, L. Vlček a J. Zelinka).

História a archeológia. Témami referátov boli písomné pamiatky v našich jaskyniach (M. Lalkovič), jaskyňa Dúpnica (Západné

Tatry) a využívanie jaskýň v dobe železnej (V. Struhár, M. Soják, Z. Šimková). Abstrakty referátov a posterov sú uverejnené v časopise Aragonit, číslo 18/1 z roku 2013.

Za prednáškovou časťou konferencie nasledovali exkurzie. Popoludní 25. septembra 2013 sa uskutočnila prehliadka neďalekej archeologickej lokality Havránok, počas ktorej sa účastníci oboznámili aj s geologickou stavbou a geomorfologickými pomermi centrálnej časti Liptovskej kotliny a okolitých pohorí. Celodenná exkurzia dňa 26. septembra 2013 viedla do Prosieckej doliny v Chočských vrchoch (tiesňava Vráta, vyvieracka), Bešeňovej (syngenetickej travertínová studňa pod Drienkom, travertíny Červenej terasy), na Lúčky (vodopád so syngenetickej jaskyňou travertínových konštruktívnych vodopádov, jaskyne typu *tree moulds* v travertínovom lome) a do Liptovských Sliachov (travertínový kráter Čertovica). Pre nepriaznivé počasie sa

zrušila plánovaná prehliadka Liskovskej jaskyne a jej okolia.

Na konferencii bolo prítomných 54 účastníkov, z toho 19 zo zahraničia – z Českej republiky, Poľska, Maďarska, Tadžikistanu, Gruzínska a Austrálie. Zahraniční účastníci zastupovali Geologický ústav AV ČR v Prahe, Správu jaskýň Českej republiky v Průhoniciach, Ústav pôdnej biológie AV ČR v Českých Budějoviciach, Ústav štruktúry a mechaniky hornín AV ČR v Prahe, Geologický ústav Jagielonskej univerzity v Krakove, Geologický ústav Poľskej akadémie vied vo Varšave, Ústav geografie a regionálneho rozvoja Vroclavskej univerzity, Geodetický a geofyzikálny ústav Maďarskej akadémie vied v Šoproni, Ústav vodného hospodárstva, hydroenergetiky a ekológie Akadémie vied Tadžikistanskej republiky v Dušanbe, Ústav geofyziky Gruzínskej akadémie vied v Tbilisi a Univerzitu v Sydney.

POKONGRESOVÁ EXKURZIA PO SPRÍSTUPNENÝCH JASKYNIACH NA SLOVENSKU

Pavel Bella – Peter Gažík – Ján Zelinka

V dňoch 21. – 28. 7. 2013 sa konal v Brne 16. medzinárodný speleologický kongres, ktorému predchádzali alebo naň nadväzovali viaceré predkongresové a pokongresové exkurzie v Českej republike a okolitých štátoch strednej Európy vrátane Slovenska. Zo strany Českej speleologickej spoločnosti hlavným koordinátorom všetkých exkurzií bol David Havlíček.

Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši pripravila pokongresovú exkurziu A1SK po vybraných sprístupnených jaskyniach na Slovensku, ktorá sa uskutočnila v dňoch 29. 7. – 2. 8. 2013. Kontaktnou osobou pri zabezpečovaní exkurzie bol Peter Gažík, organizačne ju ďalej pripravili Ján Zelinka a Viera Granátová, na odbornom sprievode sa podieľali Pavel Bella, Zuzana Višňovská, Dagmar Haviarová, Ľudovít Gaál a Vladimír Papáč.

Na túto exkurziu (speleologicky nenáročnú) sa prihlásilo 19 účastníkov kongresu, ktorí pochádzali z Austrálie (Teritórium austrálskeho hlavného mesta, Viktória, Nový Južný Wales), Spojených štátov amerických (Kalifornia, Colorado, Texas, Nové Mexiko) a Talianska. Z osobností známejších v speleologických, geomorfologických a biospeleologických kruhoch sa exkurzie zúčastnili S. White, N. J. White a J. R. Dunkley z Austrálie.

Účastníci exkurzie pricestovali z Brna do Liptovského Mikuláša vlakom. Hneď po príchode v pondelok ráno 29. 7. 2013 sa z Liptovského Mikuláša presunuli do Demänovskej doliny, kde sa ubytovali v hoteli Repiská. Po krátkom oddychu navštívili Jasnú a z vyhlídky na hrebeni Ostredka sa oboznámili

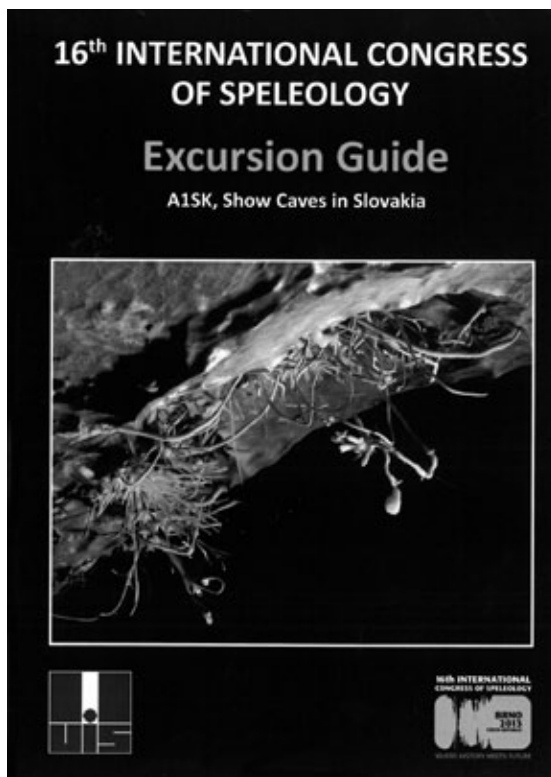
s prírodnými podmienkami Demänovskej doliny a vývojom tamojšieho alogénneho krasu na severných svahoch Nízkych Tatier. Popoludní si prezreli Demänovskú jaskyňu slobody a Demänovskú ľadovú jaskyňu.

Na druhý deň ráno sa účastníci presunuli cez Poprad do Tatranskej Kotliny, kde program pokračoval prehliadkou Belianskej jaskyne. V daždivom počasí nasledovala cesta cez Kež-

marok na Spišský hrad, ktorý je spolu s okolitými historickými pamiatkami zaradený do zoznamu svetového kultúrneho dedičstva. Popoludní sa uskutočnila prehliadka Dobšinskej ľadovej jaskyne v južnej časti Slovenského raja.

Po prenocovaní v penzióne Borovica v Stratenej sa program tretieho dňa začal prehliadkou Ochtínskej aragonitovej jaskyne v Revúckej vrchovine. Z vyhlídky pri obci Rudná, západne od Rožňavy, sa účastníkom prezentovali základné poznatky o geologickej stavbe, geomorfologických pomeroch a vývoji Slovenského krasu, stredoeurópskeho planinového krasu mierneho klimatického pásma s množstvom povrchových i podzemných krasových javov (jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu sú zaradené do svetového prírodného dedičstva spolu s Ochtínskou aragonitovou jaskyňou i Dobšinskou ľadovou jaskyňou s celým systémom Stratenskej jaskyne). Popoludní nasledovala prehliadka Gombaseckej jaskyne a Silickej ľadnice, najnižšie situovanej trvalo zaľadnenej jaskyne v miernom klimatickom pásme. Podvečer sa účastníci vrátili do Rožňavy, kde boli ubytovaní v hoteli Kras.

Program štvrtého dňa sa začal prehliadkou Krásnohorskej jaskyne so sprievodom Jaroslava Stankoviča. Viacerí účastníci exkurzie napriek pokročilému veku preukázali počas náročnejšej prehliadky tejto jaskyne svoje dlhoročné jaskyniarske skúsenosti a zvládli ju bez problémov. Popoludní si účastníci prezreli jaskyňu Domica, kde absolvovali aj podzemnú plavbu. Na začiatku dlhej cesty k Harmaneckej jaskyni sme sa zastavili v Tornali na lokalite Morské oko, ktorú tvorí zatopená



Exkurzný sprievodca



Časť účastníkov exkurzie pred Dobšinskou ľadovou jaskyňou. Foto P. Bella



Účastníci exkurzie pri Krásnohorskej jaskyni. Foto P. Bella

priepasť s výverom artézskych vôd (ich infiltračnou oblasťou je juhozápadný okraj Silickej planiny). Po presune cez Rimavskú Sobotu, Lučenec, Zvolen a Banskú Bystricu sa účastníci večer ubytovali v penzióne Sant Bernard v Tureckej neďaleko Starých Hôr.

Posledný deň exkurzie zahŕňal prehliadku Harmaneckej jaskyne, historických pamiatok v starobylej baníckej obci Špania Dolina (nachádzajúcej sa severne od Banskej Bystrice) a nakoniec travertínového vodopádu v Lúčkach na úpätí Chočských vrchov. V Liptovskom Mí-

kuľáš sa účastníci ubytovali hoteli Jánošík, kde sme sa s nimi rozlúčili pri slávnostnej večeri. Z Liptovského Mikuláša odchádzali v nedeľu 3. 8. 2014, najmä vlakom do Bratislavy. Po návrate domov nám poslali množstvo kladných ohlasov a poďakovaní za zdarný priebeh exkurzie.

5. MEDZINÁRODNÝ WORKSHOP O ĽADOVÝCH JASKYNIACH (IWIC-V), BARZIO (LC), VALSASSINA, GRIGNA A MILÁNO, TALIANSKO, 16. – 21. SEPTEMBRA 2012

Ján Zelinka

Absencia a potreba stretnutí, výmen skúseností, nadväzovania bližších kontaktov a spolupráce odborníkov, zaoberajúcich sa rôznymi oblasťami súvisiacimi so zaľadnenými jaskyňami, vyústila v roku 2004 do zorganizovania prvého Medzinárodného workshopu o ľadových jaskyniach IWIC-I v Rumunsku (informácia o podujatí bola uverejnená v Aragonite č. 9, 2004, s. 82 – 83). Prínos workshopu a dominancia prezentácií odborníkov zaoberajúcich sa výskumom, monitoringom a turistickým využívaním trvale zaľadnených jaskýň preukázali jednoznačný záujem o pravidelné pracovné stretnutia tohto druhu, no otvorili aj otázku kto a kde. Keďže väčšina zúčastnených poznala unikátne slovenské „ľadovky“ len z počutia a z literatúry a prítomní boli aj dvaja žijúci účastníci podobného odborného stretnutia pri 100. výročí objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne (Slovenský kras, 9, 1971) F. Oedl a I. Viehmann, oslovení na prípravu a organizáciu 2. workshopu boli práve pr-

tomní zástupcovia Správy slovenských jaskýň. Tak o dva roky prebol v Demänovskej Doline nasledujúci workshop pod označením IWIC-II (Aragonit, 11, 2006, s. 83 – 85). Nasledovali ďalšie: v roku 2008 v ruskom Kungure (Aragonit, 13/2, 2008, s. 50 – 53) a o dva roky v rakúskom Obertraune (Aragonit, 15/2,

2010, s. 107 – 108). Zatiaľ posledný IWIC-V sa konal v čase od 16. do 21. septembra 2012 v talianskom Barzii, pohorí Grigna a Miláne.

Pokiaľ u nás všetky súvislosti s prípravou, organizáciou a realizáciou IWIC-u zabezpečovala Správa slovenských jaskýň, na úspešnom priebehu jeho piateho pokračovania už bolo potrebné zaangažovať viaceré partnerské subjekty. Hlavnými organizátormi boli prírodovedne zamerané fakulty Milánskej univerzity a Milánskej univerzity Bicocca, ktorých zástupcovia boli iniciátormi nielen prvého, no sú dodnes platnými členmi všetkých vedeckých výborov doterajších workshopov: Prof. A. Bini – prezident vedeckého výboru IWIC-V, Prof. V. Magi ako jeho člen či Dr. S. Turri ako sekretár. Ďalšími členmi boli Dr. Z. Kern z Bernskej univerzity, Švajčiarsko, Dr. A. Perşoiu z rumunskej Suceavskej univerzity, A. Pflitsch, profesor z Rúskej univerzity v Bochume, Nemecko a Prof. G. Veni, Národný jaskynný a krasový výskumný inštitút, USA. Odborná časť



Účastníci workshopu pred miestom jeho konania v sídle Horskej komunity Valsassina. Foto: S. Turri



Severná časť pohoria Grigna krasový masív Moncodeno. V strede fotografie v lese sa nachádza vchod do najznámejšej zaľadnenej jaskyne La Ghiaccialla. Foto: J. Zelinka



Povrchová exkurzia vysokohorským krasom Moncodena. Foto: J. Zelinka



Zostup do najvýznamnejšej zaľadnenej jaskyne územia LO LC 1650. Foto: J. Zelinka

podujatia prebiehala v dňoch 17. a 18. septembra v kongresovej hale v sídle tzv. Horskej komunity Valsassina, ktorá združuje štyri obce

neďaleko Barzia. Tu organizačné záležitosti, ako registráciu, techniku, občerstvenie, dopravu, ubytovanie a pod., zabezpečovali pracovníci Regionálneho parku Grigna. Workshop bol opäť zaradený medzi oficiálne podujatia Medzinárodnej speleologickej únie UIS a patronát nad ním prebrala jeho Komisia pre ľadové jaskyne a kryokras v polárnych a vysokohorských regiónoch GLAC-KIPR. Okrem Komisie bol pod patronátom aj Talianskeho glaciologického výboru, Regiónu Lombardia a Provincie Lecco.

Po otváracom ceremoniáli, v rámci ktorého odznelo viacero príhovorov od najvyšších predstaviteľov organizátorov, inštitúcií, ktoré nad podujatím prevzali patronát, sponzorov či miestnych komunit, bola prostredníctvom dvoch referátov predstavená história výskumov talianskych trvale zaľadnených jaskýň a ich prehľad, opis a výskyt.

Príhlásené referáty a posterové boli podľa zamerania rozdelené do viacerých sekcií a venovali sa hlavne genézam zaľadňovania jaskýň a dynamike ich ľadových výplní (z príhlásených referátov ich fyzicky odznelo 9), jaskynnej klíme (9 referátov), kryomineralógií a kryokryštalografii (2), paleoklimatológii a globálnym zmenám (3), chemickým a geochemickým otázkam jaskynného ľadu (3) či manažmentu sprístupnených zaľadnených jaskýň a najnovším trendom a technológiám využívaných v nich (3). Obdobné témy boli aj obsahovou náplňou a zameraním 13 posterov. Vo workshopových materiáloch, ktoré dostal každý jeho účastník pri registrácii, bol aj zborník abstraktov a exkurzný sprievodca. Vybrané referáty po recenziách budú publikované v špeciálnom čísle vedeckého časopisu Milánskej univerzity Geografia Fisica Dinamica Quaternaria, ktoré má byť monotematicky venované zaľadnených a ľadovým jaskyniam. Do časopisu boli zaradené aj dva naše príspevky, ktoré vznikli zo vzájomnej dlhoročnej spolupráce Správy slovenských jaskýň s Vroclavskou univerzitou z Poľska a odzneli počas workshopu. Ich autormi sú M. Korzystka, J. Piasecki, T. Sawiński a J. Zelinka. Prvý sa venoval fenoménu tzv. komínového efektu a jeho úlohe pri tvorbe a režime súčasných teplotných podmienok v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Druhý príspevok sa zamerával na posúdenie vplyvu niektorých antropogénnych činností na klimatické prostredie zaľadnených jaskýň a vychádzal z príkladovej štúdie, ktorá sa dlhodobo realizuje v priestoroch vstupu do Dobšinskej ľadovej jaskyne. S posterom venujúcim sa trendom a skúsenostiam s využívaním LED svietidiel v jaskyniach sa prezentoval majiteľ firmy COMLUX z Bratislavy J. Novomeský. Vo Výchovnom a vzdelávacom centre v dedinke Barzio, v ktorej sme boli ubytovaní, nám po dva večery dobrovoľní jaskyniari, združení v Lombardskej speleologickej federácii, pripravili pútavú prezentáciu o jaskyniach v ich území a o najhlbších jaskyniach pohoria Grigna.

Pohorie Grigna bolo aj cieľom terénnych exkurzií. Prvýkrát sa to stalo v rámci predworkshopovej geologickej exkurzie loďou z Lecca po jazere Como 16. septembra. Práve výhľad z lode počas plavby známym ľadovcovým jazerom bol ideálny na objasnenie geológie a vývoja južných predhorí Álp, ktorého súčasťou sú aj západné svahy tohto pohoria, strmo asi 800 m stúpajúce priamo z jazera. Druhýkrát to bol dvojdný pobyt 19. a 20. septembra v severnej časti masívu Grigna, ktorú zaberá krasové územie Moncodeno tvorené triasovými vápencami. Dominuje mu plató, ktoré sa rozprestiera vo výškach asi od 1800 do 2400 m n. m. Nájdeme tu rôzne formy vysokohorského krasu, ktorý počas jeho genézy značne ovplyvňovala činnosť ľadovcov. Nachádza sa tu veľké množstvo vertikál, z ktorých 13 má hĺbku väčšiu ako 100 m. Najhlbšia z nich má deniveláciu -1170 m. Vďaka nadmorskej výške, v ktorej sa vyskytujú početné krasové javy, evidujú aj značné množstvo tzv. firnových jaskýň. Vo vchodoch do týchto jaskýň sa počas zimy nahromadí množstvo snehu, ktorý sa v nich udrží väčšinu roka. Podľa charakteru zím a expozície vchodu sa v niektorých môže sneh udržať aj niekoľko rokov, no nedochádza k jeho rekrystalizácii na ľad a postupne sa aj tak roztopí. Typické trvalé zaľadnenie sa v jaskyniach Moncodena nachádza vo väčších hĺbkach priepastí, ale maximálne do hĺbky okolo 100 m. Charakter ich zaľadnenia, ako aj jeho genéza veľmi pripomína našu Ľadovú priepasť na Ohništi alebo Ľadovú priepasť v Červených vrchoch.

Vlastná terénna exkurzia sa pre časovú úsporu a ľahšiu dostupnosť cieľových lokalít začala vrtuľníkovým transportom z Barzia do najvyšších partií vysokohorského krasu Moncodena v okolí horskej chaty Brioschi (2410 m n. m.). Exkurzná trasa prvého dňa bola vedená tak, aby sme mali možnosť vidieť čo najširšiu škálu krasových javov, ktoré sa tu nachádzajú. Na vrcholovej planine sme prešli popri vchodoch viacerých priepastí, ktorých veľká časť bola otvorená ľadovcovou eróziou. Práve ľadovcová modelácia bola viditeľná na viacerých miestach. Ako jeden z dôkazov sú glaciálne sedimenty vyplňajúce práve dna týchto jaskýň. Časté sú tu aj veľké závrty, často zrútené. Na dvoch miestach plató pretínali na výrazných tektonických poruchách „krasové ulice“ (tzv. bogazy), ktorých dĺžka dosahovala možno aj vyše 1 km. Na okrajoch územia sa nachádzali aj menšie kaňony či skalné veže. No najviac zastúpené boli vchody do veľkého množstva priepastí. Do najznámejšej z nich s viacerými ľadovými zátkami pripravili organizátori aj zostup. Nesie označenie LO LC 1650 a volajú ju aj Ľadová jaskyňa. (Všetky jaskyne majú takéto pracovné označenie, kde LO znamená krasový región Lombardia, LC krasový rajón Lecco + poradové číslo lokality v zozname jaskýň rajónu.) O význame tejto jaskyne svedčí aj fakt, že v nej ako jedinej už asi 10 rokov prebieha dlhodobý kontinuálny mikroklimatický a glaciologický monitoring. Energiu pre chod nainštalovaných datalogerov a snímačov či na prenos zaznamenaných údajov zabezpečuje solárny panel umiestnený pred vchodom do priepasti. Po večer prvého dňa sme zišli pod hornú hranicu lesa do horskej chaty Bogani (1816 m



Vrtuľníkový transport na terénnu časť workshopu. Foto: J. Zelinka

n. m.), kde sme mali ubytovanie, večeru, no a samozrejme dlhé diskusie. Druhý deň sme sa postupne presúvali do nižších partií krasového územia. Medzi najzaujímavejšie lokality, ktoré sme navštívili, patrila Moncodenská ľadová jaskyňa, ktorej ľadové výplne boli počas našej návštevy už len sporadické. Myslím si, že budúcnosť, respektíve ukončenie ich trvalej existencie je už otázkou pomerne krátkeho času. No medzi miestnymi jaskyniarimi má pre svoju

históriu významné postavenie a sú na ňu patrične hrdí. To vďaka tomu, že ju vo svojej dobe navštívil a opísal Leonardo da Vinci či ďalší uznávaný taliansky dejateľ Stenone. V krajine dominantné a hojne navštevované bolo aj skalné okno Porta di Prada, z ktorého bol krásny panoramatický výhľad na jazero Como, okolité Alpy s ľadovcami či ďalšie ľadovcové jazerá v neďalekom Švajčiarsku.

Zopäť navečer sme zostúpili do sedla v nadmorskej výške 1290 m, kde v chate Cainallo prebehlo rozlúčkový večer so slávnostnou večerou, nezáväzná diskusia a nasledoval nocľah.

Posledný deň workshopu bol po presune do Milána venovaný návšteve Milánskej univerzity Bicocca a prehliadke jej relatívne nového „Ľadového laboratória“, kde okrem iných činností spracovávajú odvrátené jadrá z ľadu nielen ľadovcov, ale aj ľadových mo-

nolitov z jaskýň. Robia ich chemické analýzy, ako aj peľové s následnou rekonštrukciou paleoklímy oblastí ich odberu či stanovenie približného veku. Že o robotu nemajú núdzu, nasvedčovalo aj množstvo nespracovaných vzoriek napríklad i z 3 km hlbokého vrtu v Antarktíde, na ktorom sa podieľajú aj glaciológovia tejto univerzity.

O tom, že počet účastníkov, zastúpenie krajín i odborná úroveň IWIC-u rastie, svedčia aj tieto čísla z jeho posledného ročníka: 64 registrovaných účastníkov z 11 krajín a asi 25 domácich, hlavne dobrovoľných jaskyniarov, ktorí sa podieľali na jeho vcelku vydarenom priebehu. Ako nováčik bol zástupca z Číny a Českej republiky, rozrástla sa účasť študentov a doktorandov najmä z Nemecka a Slovinska, ktoré sa zúčastnilo už na druhom ročníku. Bohužiaľ, na poslednú chvíľu odriekli účasť stabilní Rumuni a riaditeľ Národného jaskynného a krasového výskumného inštitútu z Nového Mexika, USA, Prof. George Veni (inakšie hlavný organizátor predposledného svetového speleologického kongresu). Ten však poslal jedinú prihlášku a nominačnú prezentáciu na organizovanie najbližšieho medzinárodného workshopu o ľadových jaskyniach, ktorá bola aj schválená. Bude sa konať v dňoch 17. až 22. augusta 2014 v Idaho Falls, Idaho, USA. Detaily o pripravovanom workshopu a jeho atraktívnom programe môžete nájsť na stránke <http://www.ivic-vi.org/>.

ODBORNÝ SEMINÁR K 100. VÝROČIU OBJAVENIA ZBRAŠOVSKÝCH ARAGONITOVÝCH JASKÝŇ

Ján Zelinka

Zbrašovské aragonitové jaskyne sa nachádzajú pod Zbrašovským vrchom, na ľavom brehu rieky Bečvy, v kúpeľoch Teplice nad Bečvou. Tvoria zložitý komplex chodieb, dômov, komínov a puklín v niekoľkých výškových úrovniach. Sú jedinou prístupnou jaskyňou hydrotermálneho pôvodu v Českej republike. Medzi jej unikátne výplne patria „ónyxové“ povlaky stien, kryštalické agregáty aragonitu či tzv. gejírové stalagmity. Na dne jaskyne sa vyskytujú plynové jazerá – priestory vyplnené vysokou koncentráciou oxidu uhličitého. Sú tiež najteplejšou českou jaskyňou – teplota vzduchu sa pohybuje v rozmedzí od 14 do 16 °C pri jeho relatívnej vlhkosti okolo 90 %. Majú známu dĺžku 1322 m pri prevýšení 55 m. Návštevný okruh je dlhý 375 m a jeho prehliadka trvá asi 50 minút.

Začiatkom roku 2013 ubehlo 100 rokov od objavu Zbrašovských aragonitových jaskýň. Podnetom na ich objav bol silný prúd pary, ktorý v mrazivom počasí vystupoval z pukliny v obecnom kameňolome „Na Baránce“, odkrytej pri ťažbe už v decembri roku 1912. Bratia Josef a Čeněk Chromý, ktorí sa už dlhšie

zaujímali o krasové javy v okolí obce Zbrašov, postupne puklinu rozšírili a v januári 1913 zostúpili 42 m hlbokým komínom do jaskyne. Hneď po objave sa objavitelia so skupinou dobrovoľníkov snažili o jej prístupenie, ku ktorému došlo v roku 1926. Jaskyňa od obdobia prístupenia prešla postupne viacerými prevádzkovateľmi, ktorí zabezpečovali len jej najnutnejšiu údržbu. Väčšina tohto času



Prevádzková budova a východ zo Zbrašovských aragonitových jaskýň. Foto: J. Zelinka

sa odôvodnene považuje za obdobie útlmu. Keď ju v roku 1991 prevzala ústredná organizácia ochrany prírody (ČÚOP), konečne sa jej dostalo zodpovedajúcej pozornosti. Medzi najvýznamnejšie medzníky od tohto času patrí zavedenie odsávania CO₂ z celej návštevných trasy (ukončené v roku 2000), dokončenie nadstavby a rekonštrukcie prevádzkovej budovy (2001), vyhlásenie jaskyne za národnú prírodnú pamiatku (2003) či ukončenie rozsiahlej celkovej rekonštrukcie prehliadkovej trasy (2005), spojenej s jej zokruhovaním aj rekonštrukciou technického vybavenia. Zrealizované práce odrážajú najnovšie svetové trendy pri sprístupňovaní jaskýň, ako aj využitie moderných osvetľovacích telies, pri ktorých návštevník dosahuje vyšší zážitok a v konečnom dôsledku dochádza aj k značnej úspore elektrickej energie. Jaskyňa od roku 2006 dosiaľ patrí pod Správu jeskyní České republiky.

Pri príležitosti 100. výročia objavenia Zbrašovských aragonitových jaskýň zorganizovala Správa jeskyní ČR a Správa Zbrašovských aragonitových jeskyní (ZAJ) odborný seminár. Konal sa v dňoch 9. a 10.

apríla 2013 v Kúpeľnom dome Moravan v Tepliciach nad Bečvou. Náplňou seminára bola hlavne prezentácia vyžadovaných referátov, v ktorých oslovení autori predstavili najmä výsledky najnovších výskumov, viažucich sa k ZAJ. Po slávnostnom otvorení prítomných oboznámila s históriou objavu a prístupňovania ZAJ vedúca ich správy B. Šimečková. Po nej J. Otava zoznámil účastníkov seminára s polyfázovým vývojom Hranického krasu a V. Řezníček predstavil nový pohľad na hydrogeologickú situáciu v oblasti kúpeľov Teplice nad Bečvou. Ďalej vystúpili: P. Bosák s novými speleogenetickými a stratigrafickými poznatkami zo sprístupnených jaskýň ČR, M. Geršl s prehľadom názorov na vznik raftových stalagmitov od ich objavenia podnes, D. Hanuláková s najnovšími poznatkami výskumu mikrobiálneho napadnutia aragonitu z pohľadu mykológa a na záver odbornej časti prvého dňa V. Ouhřabka pripravil prehľad vývoja mapovej dokumentácie jaskyne. Po obede nasledovala slávnostná prehliadka ZAJ s vystúpením spevokolu Harmonia pod vedením B. Šimečkovej. Nasledoval spoločenský večer so spomienkovým stretnutím v reštaurácii Aragonit.

Odborný program pokračoval druhý deň doobeda tiež sériou referátov. Postupne sa s rozličnými témami vystriedali títo autori: J. Havíř s referátom zaoberajúcim sa tektonickou stavbou jaskyne a jej vzťahom ku geometrii krasových dutín, J. Stemberk s interpretáciou zistených recentných tektonických aktivít v ZAJ, nasledoval A. Komaško so svojím príspevkom k poznaniu



Gejzírové stalagmity na Tureckom cintoríne v Jurikovom dome, Zbrašovské aragonitové jaskyne. Foto: J. Zelinka



Príhovor B. Šimečkovej, vedúcej Zbrašovských aragonitových jaskýň, pred podpisom Dohody o spolupráci medzi ŠOP SR, Správou slovenských jaskýň a Správou jeskyní České republiky. Sprava J. Zuskin a J. Hromas. Foto: J. Zelinka

zbrašovských speleotém a M. Vaněk so speleologickými objavmi v jaskyni v priebehu posledných troch rokov. V následnom blo-

ku opäť M. Geršl uzavrel predstavenie výsledkov 12-ročného výskumu fenoménu jaskynného CO₂ otázkou: čo o ňom vieme a čomu stále nerozumieme? Výsledky výskumov jaskynnej bioty odzneli v prezentácii J. Šafařa (Výskyt stavovcov v NPP ZAJ), S. Kubešovej (Machy v blízkosti svietidiel ZAJ) či z úst R. Mlejnk, ktorý aj za spoluautorov K. Tajovského, V. Růžičku, I. Tufa a nášho zástupcu V. Papáča predstavil zistené druhové zastúpenie bezstavovcov z jaskyne. Aj v poslednom vyžadovanom referáte, ktorý odznel na seminári, sme mali zastúpenie v osobe P. Bellu, ktorý spolu s P. Bosákom podali základný prehľad o hydrotermálnej speleogenéze v Západných Karpatoch.

K 100. výročiu objavenia Zbrašovských aragonitových jaskýň vydala Správa jeskyní České republiky v edícii Acta speleologica aj zborník s rozsahom 232 strán, ktorého recenzia je v tomto čísle vedeckého a odborného časopisu Aragonit.

Do programu seminára bolo zaradené aj slávnostné podpísanie dohody o spolupráci medzi Správou jeskyní ČR a ŠOP SR, Správou slovenských jaskýň, ktoré pred zúčastnenými zrealizovali riaditelia organizácií RNDr. Jaroslav Hromas a RNDr. Ján Zuskin. Oficiálnym podpísaním vzájomnej dohody sme nadviazali na dlhoročnú úzku odbornú a inú spoluprácu medzi našimi organizáciami. Zároveň to bolo aj prvé pracovné stretnutie RNDr. Jána Zuskina vo funkcii riaditeľa sekcie ŠOP SR Správy slovenských jaskýň s manažmentom našej najbližšej zahraničnej partnerskej organizácie.

Prezentácie krasu a jaskýň na 7. vedeckej konferencii Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV

V rámci 7. vedeckej konferencie Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV „Geomorfológia a integrovaný výskum krajiny“, ktorá sa konala v dňoch 10. – 12. 9. 2012 na Katedre geografie Pedagogickej fakulty Katolíckej univerzity v Ružomberku, odznel samostatný blok referátov venovaný krasovej geomorfológii. Pozostával z deviatich referátov prezentujúcich nové poznatky z výskumu krasu a jaskýň na Slovensku, ako aj v Poľsku. Referáty sa zaoberali problematikou vzniku hypogénnych jaskýň na Slovensku vo vzťahu ku geologickej stavbe Západných Karpát (P. Bella), odlišnosťami vývoja alogénneho krasu Demänovskej doliny v spodnom pleistocéne a mladších obdobiach štvrtohôr (P. Bella, J. Kadlec, H. Hercman, M. Gradziński, P. Bosák, P. Pruner, M. Gąsiorowski, T. Nowicki, M. Chadima, P. Schnabl, S. Šlechta), rekonštrukciou vývoja dolín a kaňonov v Slovenskom krase na základe skúmania jaskýň zachovaných v ich svahoch (Z. Hochmuth), morfoštruktúr-



Odkryv akumulácie riečnej terasy Váhu (T-III) v lome pri Liskovskej jaskyni (exkurzná zastávka v sprievode Z. Hochmutha). Foto: P. Bella

ným poľom Muránskej planiny a jeho špecifikami v rámci krasových plošín Slovenska (P. Orvoš), využitím leteckého laserového skenovania pri geomorfologickom mapovaní krasu (A. Petrválská, J. Kaňuk, M. Gallay), morfológiou závrtoch na Zádielskej planine (A. Petrválská, K. Kulčáková), krasovými javmi v pohorí

kyniam prezreli okolie a vchod do Liskovskej jaskyne, ako aj travertínové útvary v Liptovských Sliachoch a Liptovskom Jáne. Abstrakty všetkých referátov sú uverejnené v samostatnom zborníku, ktorý obsahuje aj exkurzného sprievodcu.

Pavel Bella

Karel Valoch a kol. autorov:

Kůlna – historie a význam jeskyně

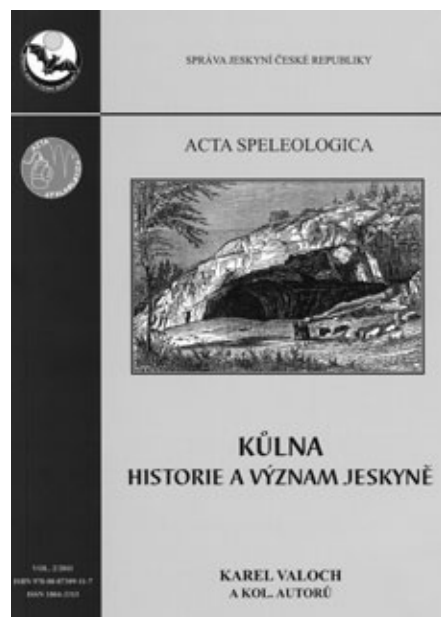
Acta Speleologica, 2, Správa jeskyní České republiky, Průhonice 2011,

158 strán

ISBN 978-80-87309-11-7

ISSN 1804-3313

Jaskyňa Kůlna leží v katastri obce Sloup (okres Blansko), asi 30 km severne od Brna. Situovaná je na severozápadnom okraji vápencového masívu Moravského krasu, nad Sloupským potokom. Do širšieho povedomia laickej i odbornej verejnosti sa ako pozoruhodná paleolitická lokalita dostala už koncom 19. storočia zásluhou prvej generácie moravských paleolitikov skúmajúcich jaskyňu – lekára Dr. J. Wankla (1821 – 1897), notára Dr. M. Kříža (1841 – 1916) a učiteľa J. Kniesu (1860 – 1937).



Systematický výskum v nej realizoval ústav Anthropos Moravského zemského múzea v Brne (MZM) v rokoch 1961 – 1976 v rámci výskumného programu Československej akadémie vied, koordinovaného Archeologickým ústavom ČSAV v Prahe, pod vedením nestora českej archeológie a donedávna emeritného pracovníka ústavu Anthropos MZM doc. PhDr. K. Valocha, DrSc. (1920 – 2013).

Správa jeskyní České republiky iniciovala a zároveň v roku 2011 aj vydala v edícii Acta Speleologica publikáciu sumarizujúcu výsledky dlhodobých výskumov kľúčovej stredoeurópskej lokality – jaskyne Kůlna, ktorá tvorí jeden z pilierov stredopaleolitických zbierok ústavu Anthropos MZM. So značným záujmom zahraničných bádateľov sa stretla už nemecky napísaná monografia publikovaná v roku 1988 (s českým, francúzskym a anglickým súhrnom). Kůlna sa tým zaradila medzi významné európske lokality najmä stredného paleolitu. Recenzovaná publikácia vychádza z výsledkov vyššie uvedených výskumov, je však doplnená pred-

všetkým zásluhou Mgr. P. Nerudu, PhD., ktorý sa zaoberá problematikou stredného paleolitu v predmetnej jaskyni, niektorými modernými aspektmi a hlavne novými dátovacími prostriedkami.

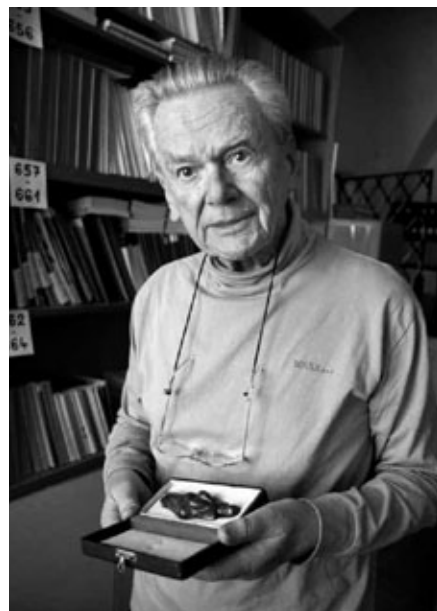
Odhliadnuc od krátkeho úvodu, záveru a zoznamu literatúry je práca prehľadne rozdelená do 17 kapitol. V prvej K. Valoch opisuje polohu Kůlny v rámci Moravského krasu; ide o eróznú tunelovú, 87 m dlhú, maximálne 25 m širokú a približne 8 m vysokú vápencovú jaskyňu s vchodom v nadmorskej výške 470 m. Jaskyňa je súčasťou komplexu Sloupsko-šošůvských jaskýň. Geologickým pomorom venuje pozornosť autor druhej kapitoly L. Slezák. Charakterizuje geológiu, tektoniku, morfológiu a hydrologiu.

P. Zajíček v tretej kapitole poukázal na systém priepastí, dómov a meandrujúcich chodieb v spodnej úrovni jaskyne (tzv. Křížový jeskyně), ktorých hlavný prieskum a dokumentáciu vykonal v roku 1902 významný český archeológ, geograf, paleoantropológ a zoológ, jedna z veľkých postáv európskej archeológie prvej polovice 20. storočia a vnuk Jindřicha Wankla – K. Absolon. Potom bol vchod opäť zasypaný a až v roku 1950 definitívne odkrytý.

Z pohľadu archeológie a dejín výskumu je zaujímavou štvrtá kapitola z pera W. Antlovej-Weiserovej. Spracovala v nej súbor podrobne inventarizovaných parohových, kostených a kamenných artefaktov (najpravdepodobnejšie z neskorého magdalénienu) spolu so zvyškami kostí zvierat zo zbierky Dr. J. Wankla, ktoré sú od roku 1883 deponované v Prírodovednom múzeu vo Viedni. Príspevok je názorne doplnený ukázkami fotografií i kresieb najdôležitejších nálezov, vrátane plánov jaskyne s vyznačeným predpokladaným miestom výkopov J. Wankla.

V piatej kapitole rozoberá J. Břečka zložitý pomery z čias Hitlerovej Tretej ríše. Roku 1943 sa Kůlna ocitla spolu s ďalšími jaskyňami Moravského krasu v centre pozornosti nemeckých okupantov. V rokoch 1944 – 1945 v nej umiestnili nacistickú továrňu na výrobu súčiastok pre lietadlá a tanky. Rozsiahle terénne úpravy v jaskyni v súvisí s touto výrobou spôsobili nenahraditeľné škody. Zničili sa najmä najmladšie sedimenty z konca pleistocénu a holocénu. Prínosným bol však aspoň krátky záchranný archeologický výskum v roku 1943, ešte pred začatím stavebných prác, pod vedením Štátneho archeologického ústavu v Prahe. Po príchode Červenej armády bola zamurovaná stena pri južnom vchode odstrelaná a všetky zvyšné stroje zabavené ako vojnová korisť. Po rozobratí továrne zostala jaskyňa na viac rokov opustená.

V šiestej kapitole K. Valoch rekonštruuje históriu archeologických výskumov v Kůlne od druhej polovice 19. storočia. Prvý bádateľ skúmajúci v roku 1880 jaskyňu bol vyššie spomenutý Dr. Jindřich Wankel, neskôr nazvaný „otcom moravskej archeológie“. Svoje poznatky získané prácami v Moravskom krase zúročil v knihe Bilder aus der Mährischen Schweiz z roku 1882, ktorá je dodnes dôležitým zdrojom informácií o pionierskych dobách poznávania tohto regiónu. Druhým úspešným výskumníkom v Kůlne bol v rokoch 1881 – 1886, 1891 Dr. Martin Kříž, v rokoch 1887, 1892, 1909 – 1913 zasa Jan Knies.



Doc. PhDr. Karel Valoch, DrSc.

Jednou z nosných je siedma kapitola, v ktorej K. Valoch analyzuje jednotlivé výskumné sezóny v rokoch 1961 – 1976, so základnou charakteristikou doložených výsledkov (makroskopicky rozlíšené vrstvy s najdôležitejšími nálezmi). Spomedzi výskumných kampaní bol azda najpozoruhodnejší rok 1965, keď sa zhodou okolností počas medzinárodného antropologického kongresu uskutočneného v MZM objavila v hĺbke 212 cm neúplná horná čeľusť neandertálcu (vo vrstve 7a). Spomedzi ďalších antropologických nálezov zo stredného paleolitu možno spomenúť tri mliečne zúbky neandertálcu z výskumu roku 1966 a pravá časť temenej kosti neandertálcu zo sezóny 1970 (vo vrstve 7a, z hĺbky 370 cm). V ôsmej kapitole autor podrobne rozoberá stratigrafiu sedimentov so sledom zachytených vrstiev v jaskyni, označených ako vrstvy 1-6, 6a, 7a-7d, 7a1-7a3, 7α, 7e, 8a, 8b, 9a, 9b, 10, 11a-d, 12a, 12b, 13a, 13b, 14, chronologicky od prvých dvoch holocénnych vrstiev až po najstarší pleistocénny sediment v Kůlne v hĺbke 9 až 9,6 m.

Horeuvedeným antropologickým pamiatkam venuje pozornosť K. Valoch v samostatnej – deviatej kapitole. Vedľa kostí neandertálcov (časť hornej čeľuste, temenná kosť, 3 mliečne zúbky) sa našli aj zvyšky moderného človeka – najmä pravá polovica spodnej čeľuste magdalénienskej kultúry z výkopu M. Kříža a dva zuby z epimagdalénienskej vrstvy č. 3. Desiata kapitola špecifikuje vyhotovené prírodovedné analýzy – sedimentológiu (J. Pelíšek a L. Smolíková), vegetáciu (peľové rozboru H. Svobodovej a E. Opravila), zastúpenú faunu (R. Musil) a malakofaunu (J. Kovanda). Absolútne datovanie je viackrát overené rádiokarbónovou metódou ¹⁴C z vrstiev 6a, 7a.

Nosnými sú jedenásta a dvanásta kapitola. Prvú spolu s K. Valochom spracoval P. Neruda, druhú K. Valoch. V kapitolách je podrobne opísaná hrubá sedimentárna výplň, ktorá zachytáva geologický vývoj v časovom úseku viac ako 130 000 rokov. Časť zachytených vrstiev obsahuje aj pozostatky

po prítomnosti človeka, na základe ktorých sú špecifikované zastúpené kultúry s dominantným osídlením zo stredného paleolitu. Najstaršie osídlenie z Kúlnoy reprezentuje 100 ks štiepanej kamennej industrie mousterienskej kultúry s levalloiskou technikou. Artefakty z vrstvy 14 dokladajú prvú návštevu hominidov typu *Homo neanderthalensis* v Moravskom krase. Výrazná je industria z komplexu vrstiev 11, rozpoznaná ako svojrázny prejav stredopaleolitického technokomplexu a klasifikovaná ako taubachien. Popri ďalších lokalitách na území Čiech (Předmostí II, Ládví u Prahy) či južného Poľska (Nowa Biała – jaskyňa v Oblazowej) je analogická industria doložená aj na Slovensku, napr. v Gánovciach (Hrádok) a v Hôrke-Ondreji (Smrečaniho skala – sektor A). Spomedzi drobných nástrojov prevládajú driapadlá na úkor zúbkových a vrubovitých úštepov. Mladšie sedimenty obsahovali štiepané kamenné nástroje bifaciálne (obojsstranne) opracovaných nástrojov kultúry micoquien. Kúlno leží približne v strede sídliskového priestoru spomenutého technokomplexu, s veľkými centrami v jaskyniach južného Poľska v okolí Krakova a v jaskyniach južného Nemecka. Typické spektrum nástrojov obsahovali vrstvy 6a, 7a, 7c, 7a. Špecifická je prítomnosť pästných klinov a klinových nožov, miniatúrnych bifaciálne opracovaných nástrojov – listovitých hrotov, driapadiel a podobne. Zhotovené sú dominantne z kriedového spongilitu, menej z ostatných surovín (kremeň, kremenec, tmavý rohovec typu Olomoučany, sivé jurské rohovec, rádiolarit, krištál, morénový silicit a iné). Sprievodnými sú kosti lovných zvierat, medzi ktorými dominujú kosti sobov, menej mamutov a ďalších zástupcov fauny. Vyššie ležiace vrstvy poskytli nálezy zaradené do kultúry magdalénien, gravettien a epimagdalénien. Na základe drobných štiepanej kamennej industrie sa predpokladá aj prítomnosť nositeľov niektorej z mezolitických kultúr. Vrchné dve vrstvy patria už do holocénu.

P. Neruda sa v trinástej kapitole venuje doloženým zvyškom lovných zvierat, ktoré zohrávali v lovecko-zberačských populáciách kľúčovú úlohu. Pozornosť upriamí na kosti so stopami intencionálnych zásahov, zvlášť na fragmenty kostí so stopami rezov, indikujúcich ich symbolický význam. Okrem nich má medzi kostenými predmetmi svoje nezastupiteľné miesto aj mäkký retušér, doložený na zlomkoch kostí. Prvoradá pozornosť sa zamerala na čo najobjektívnejšie potvrdenie možných symbolických záznamov na osteologickom materiáli a na technologickú charakteristiku retušérov taubachien a micoquienu. Hodno poznamenať, že podrobne sa tejto problematike venuje samostatná monografia (P. Neruda – M. Lázníčková-Galetová – G. Dreslerová: Retušéry a kosti s rýhami z jaskyne Kúlno v Moravskom krase. Interdisciplinárny analýza tvrdých živočíšnych tkání ze stredopaleolitických horizontů. Moravské zemské muzeum. Brno 2011). Autor si všima aj vyživovacie stratégie v oboch stredopaleolitických kultúrach, problém loveckej špecializácie a loveckých zručností neandertálcov (lov veľkej fauny, napr. mamuta), ich inte-

rakciu k jaskynným šelmám (lov medveďov z výlučne ekonomických dôvodov, alebo aj z neutilitárnych/symbolických pohnútok?). Všeobecne známym faktom zostáva, že neandertálci lovili kontaktným spôsobom, resp. na krátku vzdialenosť, čím krasové alebo skalné prostredie Moravského krasu poskytovalo lovcovi značnú výhodu. V nasledujúcej kapitole si P. Neruda všima rozmiestnenie nálezov v rámci sídliskového priestoru, t. j. priestorovú distribúciu artefaktov v taubachien i micoquien. Podarilo sa dokázať, že správanie neandertálcov sa menilo a že ku koncu svojho vývoja sa svojimi prejavmi nevelmi odlišovali od prichádzajúcich anatomicky moderných ľudí; nemožno k nim pristupovať ako k primitívom, ale ako k ľuďom so značným mentálnym potenciálom. Dosaď neobjasneným celoeurópskym fenoménom je minimálne množstvo doložených skutočných veľkých ohnísk, čo je vzhľadom na stabilné sídliská v Kúlne (vrstvy 11 a 7a) tiež očividné (nepočítané sú aj prepálené artefakty a kosti).

V. Podborský v poradí v pätnástej kapitole vyhodnocuje postpaleolitické nálezy z jaskyne Kúlno, hoci ide o pomerne bežný archeologický, často ťažko presne klasifikovateľný materiál. Spomedzi nich patria k významnejším nálezi dve bronzové spony, jedna loďkovitá z doby halštatskej, druhá jednodielna s podvianou nôžkou z mladšej doby rímskej. Z ostatných prítomných nálezov je zjavné, že jaskyňa využila aspoň na prechodné osídlenie nositelia kultúry s lineárnou keramikou v neolite, ďalej ľud únetickej kultúry v staršej dobe bronzovej, ojedinele aj v dobe popolnicových polí, v dobe halštatskej, o niečo výraznejšie ju osídlili Kelti v mladšej dobe železnej – laténskej a po dlhšej prestávke príležitostne opäť až ľudia v stredoveku.

V predposlednej kapitole K. Valoch poukázal na význam paleolitického osídlenia jaskyne Kúlno. V Moravskom krase sú tri veľké osídlené jaskyne – Kúlno, Pekárna a Býčí skála. Kúlno je spomedzi nich najväčšia a sídliskovo najvhodnejšia. Patrí k najbohatším a najdlhšie osídleným miestam zo stredného paleolitu na území Moravy a Čiech. Neandertálci ju navštevovali opakovane v priebehu mnohých desiatok tisícročí a je z tohto hľadiska, ako aj z hľadiska vzácných antropologických nálezov neandertálcov (objavených vo vrstve 7a) mimoriadnou archeologickou lokalitou.

Knihu uzatvára výpočet dôležitých návštev domácich a zahraničných bádateľov v jaskyni Kúlno, zvečnených svojimi podpismi v knihe návštev, najmä počas „zlatého veku“ moravskej archeológie v 60. rokoch 20. storočia. Kniha návštev sa končí rokom 1998.

Publikáciu uzatvára literatúra trocha nezvyčajne len ku kapitólám K. Valocha, keďže pramene a zoznam literatúry k statiam ostatných autorov sú zaradené priamo v texte na konci jednotlivých kapitol. Monografia s relatívne pekným grafickým riešením má preto skôr povahu zborníka, čo je so zreteľom na monografický charakter práce (zdôraznený i v úvodnom poďakovaní) na škodu. Vyčítať jej možno aj chaotické označovanie obrázkových príloh, ktoré nie je v kapitolách jednotné (raz je fotografia označená ako foto, inokedy obr., kresby artefaktov niekedy obr., inde tab. atď.). V nepo-

slednom rade jej absentuje lepšia (pevnejšia) väzba, čo sa prejavilo už pri recenzovaní práce (vypádanie strán). Keďže sumarizuje dlhoročný interdisciplinárny výskum významnej paleolitckej lokality európskeho významu, nemal by v nej chýbať aspoň krátky súhrn v jednom zo svetových jazykov.

Napriek načrtnutým výhradám či pripomienkam je práca cenným prínosom pre poznanie mimoriadneho postavenia a vedeckého významu jaskyne Kúlno v paleolite, k jeho popularizácii a k poznaniu jedinečného prírodného fenoménu Moravského krasu. Určená je tak nielen pre profesionálnych archeológov, zvlášť pre paleolitikov, ale aj pre študentov a záujemcov o archeológiu a jej špecifickú odnož – speleoarcheológiu a napokon pre speleológov.

Marián Soják

Ian J. Fairchild –
– Andy Baker:

Speleothem Science: From Process to Past Environments

Wiley-Blackwell, 2012, 450 strán
ISBN 978-1-4051-9620-8

Speleotémy, ktorými sa v angloamerickej terminológii označujú najmä chemogénne minerálne uloženie vytvorené v jaskyniach, sú dlhodobým objektom mineralogického a prísluchajúceho interdisciplinárneho výskumu



a z hľadiska ochrany predstavujú jedny z najväznejších prírodných zložiek jaskynného prostredia. Na základe ich výskumu možno získať zaujímavé a dôležité poznatky o meniacom sa prírodnom prostredí a podnebí počas ľadových dôb pleistocénu a počas holocénu s postupným vzostupom civilizácie. Impozantný je nárast štúdií o speleotémach ako prírod-

ných „archívov“, ktorých výskum sa zameriava na rekonštrukciu paleoklímy a klimatických zmien v minulosti, ako aj na riešenie problematiky globálneho otepľovania. Výskumom speleotémov sa dlhé roky zaoberala iba určitá skupina výskumníkov, zväčša iba v súvislosti so speleológiou a krasovou geomorfológiou. Vývoj novej prístrojovej techniky na datovanie a špeciálne laboratórne analýzy umožnil skúmanie speleotémov rozšíriť na spoznávanie klímy v minulosti, ako aj na environmentálne aplikácie získaných poznatkov. Tým sa záujem o výskum speleotémov značne rozšíril nad rozsah tradičného výskumu krasu a jaskýň. Súborná publikácia o tomto dynamicky sa rozvíjajúcom interdisciplinárnom odbore vedeckého výskumu však chýbala.

Predložená monografia o speleotémach, ktorej autormi sú dve známe a vedúce osobnosti v tomto vednom odbore, podáva holistické vysvetlenie vzťahov medzi vlastnosťami speleotém a klimatickými i jaskynnými podmienkami, v ktorých sa vytvorili. Následne aplikuje mnohé vedecké prístupy a metódy na skúmanie a rekonštrukciu zmien prírodného prostredia počas kvartéru. Monografia súborne podáva aktuálnu a dôležitú problematiku vedeckého výskumu speleotém. Pozostáva zo štyroch častí, ktoré sa postupne zaoberajú vedeckým a geologickým kontextom vývoja a skúmania speleotém (kapitoly 1 až 3), prírodnými procesmi v krase vplyvujúcimi na vytváranie speleotém vrátane biochemizmu prírodného prostredia v krase (kapitoly 4 až 6), fyzikálnymi a geochemickými vlastnosťami speleotém vrátane zmien ich vytvárania v čase a datovania (kapitoly 7 až 9) a rekonštrukciu paleoenvironmentálnych prostredí na základe skúmania speleotém (kapitoly 10 až 12).

Súčasťou obsahu monografie sú samozrejme aj teoretické modely rastu stalagmitov a tvarov stalagmitov a stalaktitov, geometrická klasifikácia speleotém, analýzy stabilných izotopov O a C v speleotémach s detekciou environmentálnych zmien v čase (štádiálne až glaciálne epizódy, variácie v rámci tisícročí, ročné cykly) či prehľad moderných metód datovania speleotém (^{14}C , U-Th, U-Pb a inými izotopovými metódami). Vo vzťahu k rekonštrukcii klímy a environmentálnych zmien v holocéne a pleistocéne sa značná pozornosť venuje testovaniu a kalibrácii vzťahov klimatických a environmentálnych „proxov“ – merateľných parametrov speleotém (napr. rýchlosť rastu, koncentrácia Mg, záznamy stabilných izotopov $\delta^{18}\text{O}$ alebo $\delta^{13}\text{C}$), ktoré svojou podstatou odrážajú, resp. sú dôsledkom environmentálnej premenlivosti (zmien priemernej ročnej teploty, sezónnej intenzity monzúnov, zmeneného typu vegetácie a pod.). Početné obrázky a grafy sú dokonale integrované do textu, čím sa zvyšuje celková prehľadnosť a názornosť publikácie. Jej súčasťou je farebná obrazová časť (vložená medzi kapitoly 5 a 6). V dodatku sú odporúčania na archiváciu skúmaných vzoriek speleotém a údajov o speleotémach.

Túto obsahom veľmi hodnotnú monografiu treba odporučiť najmä výskumným pracovníkom, ktorí sa zaoberajú jaskyňami s ich prírodnými „archívami“, paleoklimatológiou či environmentálnou geochemiou. Niektoré jej

kapitoly môžu byť užitočné aj pre kvartérnych geológov, geochemikov, krasových geológov a geomorfológov. Vzhľadom na dôležitosť a perspektívnosť rozvoja výskumu speleotém je kniha ako celok nesmierne užitočná aj pre študentov špecializujúcich sa na túto problematiku. Táto veľmi prínosná knižná publikácia, ktorá vhodne doplnila a obohatila vedeckú speleologickú literatúru, veľkou mierou prispieva k prehĺbeniu doterajších poznatkov o pozoruhodnom svete jaskýň.

Pavel Bella

**Barbora Šimečková –
– Milan Geršl (Eds.):**

Zbrašovské aragonitové jeskyně – 100. výročí objevení

**Acta speleologica 4, Správa jeskyní
České republiky, 2013, 231 strán
ISBN 978-80-87309-18-6
ISSN 1804-3313**

Rovných sto rokov uplynulo od chvíle, keď sa bratia Čeněk a Josef Chromí pustili do čerstvo odkrytej pukliny v obecnom kameňolome Na Baránce v Hranickom krase a objavili tak Zbrašovskú aragonitovú jaskyňu, ktorá je dodnes vedeckým unikátom. Týmto slovom začíná úvod zborníka Jaroslav Hromas, riaditeľ Správy jeskyní České republiky. Jaskyňa odvtedy prešla početnými zmenami. Niektoré

jubileum formou adekvátnej publikácie. Publikácia dokumentuje jednak unikátne hodnoty neživej a živej prírody jaskyne a jednak výsledky snaženia obetavých ľudí, ktorí dokázali odhaliť jej nevedné poklady a zabezpečiť ich spoľahlivú ochranu.

V historickej časti nás Barbora Šimečková, zapálená znalkyňa histórie jaskyne, zavedie do sveta dobových spomienok, starých sprievodcovských textov a výskumných dokumentov tohto unikátneho prírodného fenoménu. Ďalšia kapitola sa zaoberá geológiou, mineralogiou a hydrologiou jaskyne. Autori M. Geršl, A. Komaško, H. Hercman, P. Pruner, J. Stemberk a ďalší prezentujú výsledky nových výskumov genézy gejzírových stalagmitov, jaskynných sedimentov a speleotém, rudných žíl, malachitových sintrov, paleontologických nálezov a tektonických meraní. Nemenej zaujímavá kapitola o jaskynných živočíchoch sa zaoberá nálezmi vzácných chrobákov, troglofilných mnohonôžok, bezstavovcov a netopierov v jaskyni, ale nechýba ani problematika lampovej flóry. Medzi autormi, ktorými sú R. Mlejnek, K. Tajovský, V. Růžička, J. Šafář, S. Kubešová a ďalší, nájdeme aj biospeleológa Správy slovenských jaskýň Vladimíra Papáča, ktorý sa podieľal na výskume chvostoskokov tejto jaskyne. Zborník obsahuje aj poznatky z modernej jaskynnej vednej disciplíny – mikrobiológie. D. Hanuláková informuje o mikrobiálnom napaďnutí aragonitu z mykologického pohľadu a A. Nováková o sledovaní mikroskopických vláknitých húb.

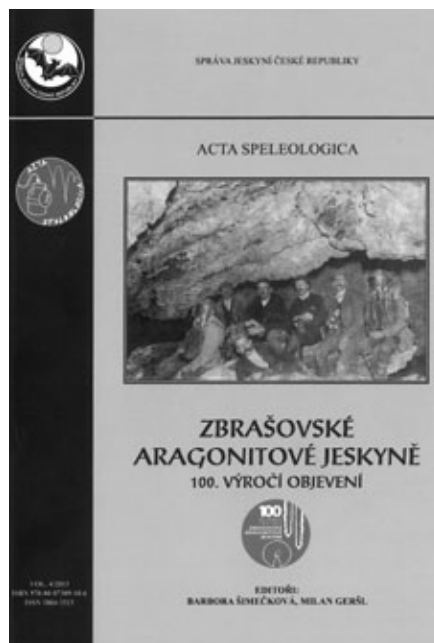
Nasledujúce kapitoly sa zaoberajú problematikou sprístupnenia jaskyne, rekonštrukciou návštevných trás, prevádzkou, návštevnosťou, využitím jaskyne na kultúrne účely, dokumentáciou a legislatívnou stránkou ochrany jaskyne. Ochrane jaskyne je venovaný pomerne široký priestor, ktorý umožní získať užitočné informácie aj o praktickej starostlivosti a o maľazmente jaskyne.

Záverčné kapitoly s bohatým dobovým ilustračným materiálom uvádzajú krátke životopisy osobností, ktoré sa zaslúžili o objav a zveľaďovanie Zbrašovskej aragonitovej jaskyne. Pozoruhodná je aj stať o starostlivosti o hroby objaviteľov jaskyne a zaradenie niekoľkých kresieb detí.

Publikácia je vytlačená na kriedovom papieri, čo umožnilo dokonalú reprodukciu dobových fotografií, množstva máp, čiernobielych a farebných dokumentov, grafov, hodnotných mineralogických či biospeleologických záberov alebo krásnych „náladoviek“ Sašu Komaška. Každá kapitola obsahuje aj krátky anglický abstrakt.

Pri listovaní touto publikáciou si slovenský čitateľ uvedomí výhodu samostatnej odbornej organizácie na starostlivosť o jaskyne, ktorá ako jediná dokáže zabezpečiť odbornú garanciu nad takými perliami podzemia, akou je Zbrašovská aragonitová jaskyňa, a umožňuje vhodnú prezentáciu dokumentov získaných generáciami zapálených jaskyniarov, vedcov a nadšencov. Ostáva nám len dúfať, že v tomto smere aj na Slovensku svitne na lepšie časy. Českým kolegom, najmä Bárke Šimečkovej, úprimne gratulujeme.

Ludovít Gaál



jaskyne nemajú len dejiny svojho prírodného vývoja, ale často sú objektmi, ku ktorým sa viaže aj kus ľudskej histórie, množstvo archívnych dokumentov, historických údajov a vedeckých názorov. Takouto jaskyňou je i Zbrašovská aragonitová jaskyňa, ktorá si bezpochyby zaslúži dôstojnú spomienku na

RNDr. Jaroslav Hromas sedemdesiatnikom

Jaroslav Hromas je na Slovensku dobre známa osobnosť. Pôsobil v radoch dobrovoľných jaskyniarov, no najmä ako profesionál medzi jaskyniarimi a ochranármi prírody v rôznych inštitúciách Českej republiky. Spoluzakladal Českú speleologickú spoločnosť v roku 1977, stal sa jej prvým tajomníkom a neskôr vykonával aj funkciu jej predsedu.

Jubilant sa narodil 2. júna 1943 v Prahe. Už v detstve ho lákala príroda a jaskyne. Tento záujem ho priviedol k štúdiu na geologickej priemyselke a následne na Prírodovedeckú fakultu Karlovej univerzity v Prahe, kde absolvoval obor geológie. Po krátkom pôsobení geológa v n. p. Inžinierske a priemyslové stavby Praha roku 1962 zakotvil na Správe Koněpruských jaskýň a v Okresnom múzeu v Beroune. Pôvodný mladický záujem tak prerástol do profesionálneho zamestnania, v ktorom pôsobí až do súčasnosti.

Od roku 1967 pracoval v Štátnom ústave pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody v Prahe. Tu sa venoval prieskumnej a výskumnej činnosti v krasových územiach a ich dokumentácii. Orientoval sa aj na prieskum a dokumentáciu historického podzemia miest takmer celého Česka.

Náš jubilant bol svedkom novodobých udalostí a foriem spravovania jaskýň v Českej republike alebo tieto procesy osobne tvoril. Roku 1990 bol poverený ministrom životného prostredia ustanoviť nové odborné pracovisko štátnej ochrany prírody. Do organizácie Český ústav ochrany prírody, ktorého sa stal prvým riaditeľom, boli začlenené aj sprístupnené jaskyne. Počet zamestnancov vzrástol na 650 osôb a ústav prevzal veľkú zodpovednosť za najcennejšie zložky prírody. V roku 1992 stál pri zrode nového zákona o ochrane prírody a krajiny, ktorý posilnil kompetencie ústavu. Prevzal nemalé majetky a pozemky v chránených územiach. Sprístupnené jaskyne sa stali zaujímavými objektmi na ich privatizáciu. Okrem náročnej činnosti musel jubilant so spolupracovníkmi čeliť, ako sám hovorí, chamtivým privatizérom. Z tohto boja vyšiel so cfou a aj lukratívne jaskyne ostali v rukách štátu. Budúcnosť mu dala za pravdu.



V nástupníckej organizácii Agentúry ochrany prírody a krajiny pracoval ako odborný pracovník, než sa stal opäť jej riaditeľom.

Rok 2006 sa stal významným medzníkom v dejinách starostlivosti a ochrany jaskýň v Českej republike. Využila sa príhodná chvíľa, politická vôľa a schopnosti zanietencov pre jaskyne a vznikla samostatná odborná organizácia Správa jaskýň Českej republiky. Jaroslav Hromas bol opäť pritom. Vymenovali ho za jej riaditeľa a v tejto funkcii pôsobí doteraz. Pod jeho vedením pokračuje organizácia v revitalizácii sprístupnených jaskýň, ich podzemia i vstupných areálov. Rozšírila sa pôsobnosť organizácie, venuje sa dokumentačnej a výskumnej činnosti, vydáva zaujímavé tituly o svojej práci a propaguje pozoruhodnosti jaskýň.

Jaroslav Hromas je autorom alebo spoluautorom viacerých knižných titulov s tematikou jaskýň a speleologickej činnosti. Len nedávno ma obdaril ešte „čerstvou“ obrazovo-textovou publikáciou Zprístupněné jeskyně České republiky so spoluautorstvom Petra Zajíčka. Istotne najvýznamnejšou je knižná publikácia Jeskyně v edícii Chráněná území ČR z roku 2009. V minulosti to boli tituly Speleologické mapování, Technologie trhacích prací, Jeskyně a propasti Československa a množstvo odborných prác v časopisoch a zborníkoch.

V knižôčke Jeskyně - můj osud (2010), ktorá je prepisom jeho rozhlasového rozprávania,

opisuje svoju jaskyniarsku storu od detských čias, cez objaviteľské výpravy do jaskýň celého Česka. Vo vzťahu k Slovensku sú zaujímavé jeho cesty najmä do Slovenského krasu. Ako člen Krasovej sekcie Spoločnosti Národného múzea v Prahe spolu s významnými osobnosťami V. Stárkom, F. Skřivánkom, V. Ložekom, J. Kuklom a ďalšími objavovali a dokumentovali najmä neznáme priepasti tohto územia. Bolo to v päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch minulého storočia, keď sa ozajstné jaskyniarstvo na Slovensku ešte len tvorilo.

Dnes si už málokto spomenie, že v 80. rokoch minulého storočia za bývalej čs. federácie fungoval

tzv. Československý speleologický koordináčný výbor. Predstaviteľia oboch národných speleologických inštitúcií i profesionálnych organizácií sa pravidelne stretávali a riešili spoločnú jaskyniarsku problematiku. Náš jubilant bol členom výboru a aj jeho zásluhou sa posilňovala vzájomná spolupatričnosť.

Nie je možné nespomenúť aspoň okrajovo jeho pestrofarebnú mozaiku zahraničných aktivít. Išlo o akcie objaviteľské, poznávacie, ale aj turistické, no takmer vždy sa viazali na krasovú krajinu a jaskyne. Navštívil krajiny väčšiny kontinentov, ale zúčastňoval sa i na kongresoch, konferenciách a mítingoch, pričom využil možnosť navštíviť nepoznané jaskyne.

Doktor Jaroslav Hromas venoval celý svoj život jaskyniam a ochrane prírody. Jeho pracovitost' je vskutku príkladná a svoje aktivity vždy dôkladne dokumentoval. Rozsiahle znalosti, rozhodnosť, komunikatívnosť, ale aj tolerancia ho predurčili na funkcie, ktoré zastával a vykonáva aj v súčasnosti.

Vždy sme jedným okom pozorne sledovali osudy jaskýň v Česku, Prahe, Moravskom krase. Jardo ako jeden z protagonistov tohto diania ochotne a kamarátsky spolupracoval, podelil sa so svojimi názormi, poradil.

Dedku, Tvoje životné jubileum je len malým pozastavením pri myšlienke, ako ten čas letí. Za jaskyniarov zo Slovenska Ti želim dobré zdravie a nech Ti ten Tvoj entuziazmus ešte dlho vydrží!

Jozef Hlaváč