

# SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 52  
ČÍSLO 2



2014

Liptovský Mikuláš

# SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

Vedecký karsologický a speleologický časopis

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3878/09

ISSN 0560-3137

## **Editor / Editor**

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

## **Výkonný redaktor / Executive Editor**

RNDr. Ján Zelinka, Ing. Peter Holúbek

## **Redakčná rada / Editorial Board**

### **Predseda / Chairman**

doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

### **Členovia / Members**

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Dr. hab. Michał Gradziński, Ing. Jozef Hlaváč, Ing. Peter Holúbek, doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., RNDr. Vladimír Košel, CSc., doc. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., acad. Dr. Andrej Kranjc, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., PhDr. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc.

### **Recenzenti / Reviewers**

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc., Ing. Jozef Thuróczy, Ing. Ján Tulis, RNDr. Marcel Uhrin, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc., RNDr. Ján Zelinka

## OBSAH – CONTENTS

### ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

<i>Pavel Bella, Régis Braucher, Juraj Holec, Michal Veselský</i> Datovanie pochovania alochtónnych fluviálnych sedimentov v hornej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne (IV. vývojová úroveň systému Stratenskej jaskyne) pomocou kozmogénnych nuklidov <i>Cosmogenic nuclide dating of the burial of allochthonous fluvial sediments in the upper part of the Dobšinská Ice Cave (IV<sup>th</sup> evolution level of the Stratenská cave system), Slovakia</i> .....	101
<i>Pavel Bella, Juraj Littva, Petr Pruner, Ludovít Gaál, Pavel Bosák, Dagmar Haviarová</i> Malužinská jaskyňa v severovýchodnej časti Nízkych Tatier: freatická speleogenéza spôsobená vodami vystupujúcimi pozdĺž zlomovej zóny <i>The Malužinská Cave in the north-eastern part of the Nízke Tatry Mts.: phreatic speleogenesis by waters ascending along the fault zone</i> .....	111
<i>Michal Veselský, Lukáš Ágh, Alexander Lačný, Miloš Stankoviánsky</i> Závrtý na krasovej plošine Biela skala a ich morfometrická analýza, Kuchynsko-orešanský kras, Malé Karpaty <i>The morphometric analysis of dolines on the karst plateau Biela skala, Kuchyňa-Orešany Karst, Malé Karpaty Mts., western Slovakia</i> .....	127
<i>Pavel Bella, Ján Soták</i> Jaskyňa Zbojnická diera v polymiktých zlepencoch pri Švošove, Veľká Fatra <i>Zbojnická diera Cave in a polymictic conglomerate near Švošov Village, Veľká Fatra Mts., Slovakia</i> .....	141
<i>Magdalena Korzystka-Muskala, Tymoteusz Sawiński, Ján Zelinka, Jacek Piasecki, Piotr Muskala</i> Climatic effect of environmental modifications in entrance area Dobšinská Ice Cave (Slovak Paradise, Slovakia) – the latest results <i>Klimatický efekt environmentálnych modifikácií vo vstupnej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne (Slovenský raj) – posledné výsledky</i> .....	147
<i>Zdenko Hochmuth</i> História mapovania a vytvorenie spojitého meračského ťahu ako podkladu na reambulovanie mapy Domice <i>History of surveying of the Domica cave and creation of a contiguous traverse as a basis for reevaluation of the contemporary cave map</i> .....	173
<i>Zuzana Višňovská, Alfréd Gresch, Stanislav Rak, Katarína Kisková</i> Jaskyňa Aksamitka a ďalšie podzemné zimoviská netopierov (Chiroptera) v Pieninách <i>The Aksamitka Cave and other underground hibernacula of bats (Chiroptera) in the Pieniny Mts.</i> .....	191
<i>Andrej Holúbek</i> Poznámky k úbytku ľadu vo Veľkej ľadovej priepasti na Ohništi v Nízkych Tatrách <i>Notes to the ice reduction in the Great Ice Abyss on the Ohnište, Nízke Tatry Mts., Slovakia</i>	207

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – *SOCIAL CHRONICLE*

*Peter Holúbek*

Jubileum Marcela Lalkoviča

*Jubilee of Marcel Lalkovič* ..... 215

*Pavel Bosák*

Ryszard Gradziński (15. 8. 1929 – 31. 12. 2014) ..... 217

RECENZIE – *REVIEWS*

*Zdenko Hochmuth*

Jaskynný systém Domica-Baradla ..... 221

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	101 – 110	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

# DATOVANIE POCHOVANIA ALOCHTÓNNYCH FLUVIÁLNYCH SEDIMENTOV V HORNEJ ČASTI DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNE (IV. VÝVOJOVÁ ÚROVEŇ SYSTÉMU STRATENSKEJ JASKYNE) POMOCOU KOZMOGÉNNYCH NUKLIDOV

PAVEL BELLA<sup>1,2</sup> – RÉGIS BRAUCHER<sup>3</sup> –  
JURAJ HOLEC<sup>4</sup> – MICHAL VESELSKÝ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta, Katedra geografie, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok; Pavel.Bella@ku.sk

<sup>2</sup> Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01, Liptovský Mikuláš; bella@ssj.sk

<sup>3</sup> Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, A. V. L. P., 13545 Aix-en-Provence CEDEX 04, France; braucher@cerege.fr

<sup>4</sup> Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4; juraj.holec@uniba.sk, michal.veselsky@uniba.sk

**P. Bella, R. Braucher, J. Holec, M. Veselský: Cosmogenic nuclide dating of the burial of allochthonous fluvial sediments in the upper part of the Dobšinská Ice Cave (IV<sup>th</sup> evolution level of the Stratenská cave system), Slovakia**

**Abstract:** The Dobšinská Ice Cave represents the past inflow part of the large multilevel system of the Stratenská Cave with a length more than 22.2 km (the Duča Plateau in the southern part of the Slovak Paradise, Spišsko-Gemerský Karst). The upper ice-free parts of the Dobšinská Ice Cave consist of wide passages and halls with flat solution ceilings, ceiling channels and wall channels. They were developed by the sinking paleo-Hnilec River. Genetically, they belong to the IV<sup>th</sup> evolution level of the Stratenská Cave, which is more than 6.4 km long with an inclination of 3 ‰, representing one of the most extensive cave levels in Slovakia. Cosmogenic nuclide dating (<sup>10</sup>Be and <sup>26</sup>Al) of quartz sand from the Grape Hall in the ice-free part of the Dobšinská Ice Cave was used for the geochronological reconstruction of this cave large level. Allochthonous fluvial sediments were transported into the cave by sinking stream from the adjacent non-karst area (mainly from the eastern edge of the Nízke Tatry Mts.). Since their burial age is 3.02±0.4 Ma, the studied cave level developed during (or before) Late Pliocene. The result dates more exactly the assumed age of this cave level (see Jakál, 1971; Tulis and Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný and Tulis, 2005), supported by paleomagnetism and magnetostratigraphy of cave sediments (Pruner et al., 2002). Several pediment remnants on the surface along the Hnilec River valley are conserved at the same altitude as the dated cave level. They are correlated with the River level (Late Pliocene) in the denudation chronology of the Western Carpathians.

**Key words:** karst geomorphology, allogenic karst, speleogenesis, multilevel cave system, allochthonous sediment, geochronology, cosmogenic nuclides

## ÚVOD

Hlavná vývojová úroveň Stratenskej jaskyne (planina Duča, južná časť Slovenského raja), ktorej súčasťou sú aj horné horizontálne časti Dobšinskej ľadovej jaskyne, je jednou z najlepšie vytvorených jaskynných úrovní na Slovensku. Keďže

jej vývoj sa koreluje s vrchnopliocénou poriečnou rovňou (Jakál, 1971; Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný a Tulis, 2002, 2005), je dôležitá aj z hľadiska rekonštrukcie fáz vývoja reliéfu okolitého územia. V doterajších prácach sa genéza tejto jaskynnej úrovne, ako aj celého jaskynného systému rekonštruje v súvislosti s geologicko-geomorfologickým vývojom okolitého územia, z exaktnejších údajov sa dokladá iba výsledkami paleomagnetického výskumu jaskynných sedimentov (Pruner et al., 2002).

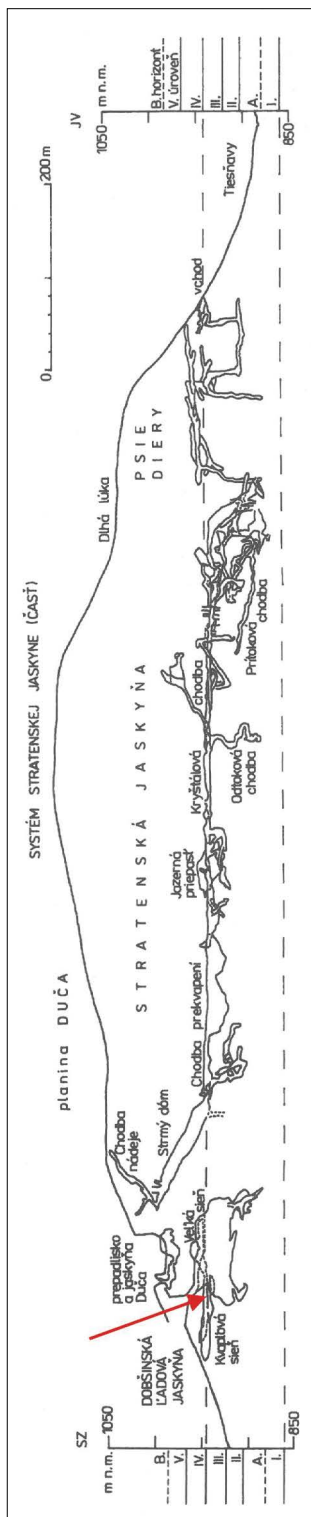
S cieľom doplniť a spresniť doterajšie poznatky o vývoji tejto rozsiahlej úrovne sme vykonali datovanie doby splavenia a uloženia alochtónnych fluviálnych sedimentov na hornej vývojovej úrovni Dobšinskej ľadovej jaskyne na základe kozmogénnych nuklidov  $^{10}\text{Be}$  a  $^{26}\text{Al}$ . Výsledky datovania a ich základnú interpretáciu podávame v tomto príspevku.

### ZÁKLADNÉ ÚDAJE A NÁČRT PROBLEMATIKY

Horné časti Dobšinskej ľadovej jaskyne, ktorá dosahuje dĺžku 1483 m a vertikálne rozpätie 112 m, tvoria prevažne horizontálne, oválne riečne modelované chodby so stropnými korytami, zarovnanými stropmi, bočnými korytami a zachovanými alochtónnymi fluviálnymi sedimentmi (Novotný a Tulis, 2002; obr. 1). Zväčša ležia v nadmorskej výške 940 – 945 m a zahŕňajú Kvapľovú sieň s príľahlými chodbami a sieňami v nezaľadnenej časti jaskyne (Vstupná chodba, Bočná chodba, Hroznová sieň, Severná chodba, Ploché bludisko, Biely dóm a Ľadová pivnica), ako aj pôvodné priestory v úrovni dnešnej Veľkej a Malej siene (neskôr zaľadnené). Výškovou polohou prislúchajú IV. vývojovej úrovni Stratenskej jaskyne (Kucharič et al., 1980; Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný a Tulis, 2002, 2005). Viacúrovňo-



Obr. 1. Zarovnaný strop v Kvapľovej sieni, Dobšinská ľadová jaskyňa. Foto: P. Staník  
Fig. 1. Flat solution ceiling in the Dripstone Hall, Dobšinská Ice Cave. Photo: P. Staník



Obr. 2. Systém Stratsenskej jaskyne s vyznačením miesta odberu alochtonných fluvialných sedimentov na datovanie pomocou kozmogénnych nuklidov (šípka ukazuje miesto odberu vzorky; topografia a bočný priemet podľa Novotného a Tulisa, 2005)  
 Fig. 2. The Stratsenská Cave system with a location of allocthonous fluvial sediments sampling for cosmogenic nuclide dating (the arrow shows the place of sampling; topography and side projection after Novotný and Tulis, 2005)

vý systém Stratsenskej jaskyne v planine Duča (obr. 2) vytvárali alochtonne podzemné vodné toky (ponárajúce sa z rieky Hnilca a potoka Tiesňavy) v nadväznosti na etapovité zahlbovanie doliny Hnilca. Okrem Stratsenskej jaskyne speleologicky prepojenej s jaskyňou Psié diery (sústava dlhá vyše 22,2 km, tretia najdlhšia na Slovensku) a Dobšinskej ľadovej jaskyne je jeho genetickou súčasťou aj jaskyňa Duča (319 m), Vojenská jaskyňa (53 m), Zelená jaskyňa (31 m) a Sintrová jaskyňa (21 m). Koncom treťohôr a v starších štvrťohorách Dobšinská ľadová jaskyňa s príľahlou Stratsenskou jaskyňou spolu tvorili jednu súvislú jaskyňu, ktorá sa rozdelila skalným rútením pod prepadliskom Duča, pravdepodobne koncom stredného pleistocénu (Tulis a Novotný, 1989; Novotný a Tulis, 1996, 2002, 2005).

V Stratsenskej jaskyni chodby, dómy a siene patriace do IV. vývojovej úrovne (930 – 950 m n. m.) dosahujú dĺžku vyše 6,4 km. Priemerné šírky chodieb a dómov tejto úrovne sa pohybujú od 3 – 4 m do 46 m, výšky od 1,5 m do 18,7 m. Jej súčasťou je aj Rozprávkový dóm s objemom 79 017 m<sup>3</sup> (najväčší jaskynný priestor na Slovensku). IV. vývojová úroveň zaberá 36,5 % z celkovej dĺžky jaskyne a 60,6 % z celkovej dĺžky úrovni a horizontov (Tulis a Novotný, 1989). Sklon úrovne je 3 ‰ v smere prúdenia bývalých paleotokov Hnilca a Tiesňav (Novotný, 1993). V Dobšinskej ľadovej jaskyni priestory tejto úrovne dosahujú dĺžku asi 630 m (z údajov Novotného a Tulisa, 2002). Keďže táto rozsiahla jaskynná úroveň sa vytvárala v nadväznosti na dlhodobu stabilný piezometrický povrch podzemných vôd viažuci sa na miestnu eróznú bázu v doline Hnilca, umožňuje rekonštruovať prislúchajúcu fázu vývoja reliéfu v južnej časti Slovenského raja, prípadne aj v širšom okolí.

Problematickou určením časového obdobia vytvárania horných úrovňových častí Dobšinskej ľadovej jaskyne, resp.

IV. vývojovej úrovne systému Stratenskej jaskyne sa zaoberali viacerí autori. Podľa Droppu (1957, 1960) sa horné horizontálne časti Dobšinskej ľadovej jaskyne vytvárali vo vývojovom štádiu „A“, jej najnižšie časti (Peklo, Kvapľová pivnica s oválnou chodbou riečného pôvodu vo výške 890 m n. m., Suchý dóm) v mladšom vývojovom štádiu „B“. Vzhľadom na vyššiu polohu nad medzimeandrovými (vrchnopliocénnymi?) plošinkami v doline Hnilca sa horná úroveň podľa Droppu (1980) vytvárala v strednom pliocéne, kým spodná úroveň ležiaca pod týmito plošinkami v najstaršom pleistocéne. Jakál (1971) usudzuje, že horné úrovňové časti Dobšinskej ľadovej jaskyne sa vytvárali ponornými vodami Hnilca koncom treťohôr vo vrchnom pliocéne. Tento vek sa prisudzuje aj hlavnej IV. vývojovej úrovni Stratenskej jaskyne (Kucharič et al., 1980; Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný a Tulis, 2002, 2005). Magnetostratigrafické údaje z profilu v Májovej chodbe zodpovedajú predpokladanému veku, resp. vývoju tejto úrovne zhruba pred 1,8 – 3,7 mil. rokov (Pruner et al., 2002). S cieľom presnejšie určiť jej vek sme vykonali datovanie veku pochovania (splavenia a uloženia) alochtónnych fluviálnych sedimentov pomocou kozmogénnych nuklidov.

## MATERIÁL, METODIKA A VÝSLEDKY DATOVANIA

Dobu pochovania jaskynného sedimentu, ktorý obsahuje kremitý materiál, možno určiť pomocou kozmogénnych nuklidov  $^{10}\text{Be}$  a  $^{26}\text{Al}$  (pozri Granger et al., 1997, 2001; Granger a Muzikar, 2001; Stock et al., 2004, 2005; Häuselmann a Granger, 2005; Granger, 2006 a ďalší). Tieto terestrické kozmogénne nuklidy sú produkované v kremeň pri zemskom povrchu, väčšinou trieštivými reakciami na  $^{28}\text{Si}$  a  $^{16}\text{O}$ , pričom  $^{28}\text{Si}$  sa mení na  $^{26}\text{Al}$  a  $^{16}\text{O}$  na  $^{10}\text{Be}$ . Oveľa menej sa produkujú negatívnym zachytením miónov a rýchlymi miónovými interakciami. Ak sa kremeň zo zemského povrchu následne dostane do jaskyne (podzemných priestorov), kde je kozmickému žiareniu zatielený, produkcia kozmogénnych nuklidov prestáva a ich koncentrácia sa začína postupne znižovať. Al sa rozkladá  $26\times$  rýchlejšie ako Be, takže pomer Al/Be sa časom znižuje. Po uplynutí 700 000 rokov je rozložená polovica Al, kým Be iba 27 %. Na základe tohto pomeru, ktorý sa meria prostredníctvom špeciálnych citlivých techník (použitím AMS – accelerator mass spectrometry), možno určiť vek pochovania kremitého materiálu. Pri datovaní jaskynných kremitých sedimentov použitím kozmogénnych nuklidov je dôležité, aby sa vzorka odobrala najmenej 20 m pod zemským povrchom (tým sa značne spresní výpočet veku pochovania). Dá sa datovať aj sediment z plytšej hĺbky pod terénom, avšak výsledky môžu byť skreslené. Datuje sa sediment, ktorý pred transportom do jaskyne nebol inde pochovaný. Ak bol sediment počas pochovania v jaskyni presúvaný, nemožno zistiť predpokladaný minimálny vek priestorov, v ktorých bol odobraný. Časové rozpätie tejto metódy datovania je približne 0,1 až 5 mil. rokov. Preto sa využíva na rekonštrukciu vývoja jaskýň alebo ich častí, ktoré sa vytvárali v pliocéne, spodnom alebo strednom pleistocéne.

Na hornej vývojovej úrovni Dobšinskej ľadovej jaskyne sa vyskytujú alochtónne fluviálne sedimenty, ktoré pochádzajú z pramennej oblasti Hnilca na východnom svahu Kráľovej hole (1946 m), z hornín kryštalinika a sčasti z jeho sedimentárneho obalu. Do jaskyne boli splavené ponorným paleotokom Hnilca (Droppa, 1957, 1960, 1978; Novotný a Tulis, 2002). Štrky pozostávajú najmä z kremeňa, v menšej miere z kvarcitu, granodioritu, paleoryolitu, ruly, migmatitu, svoru, fylitu, metapsamitu,



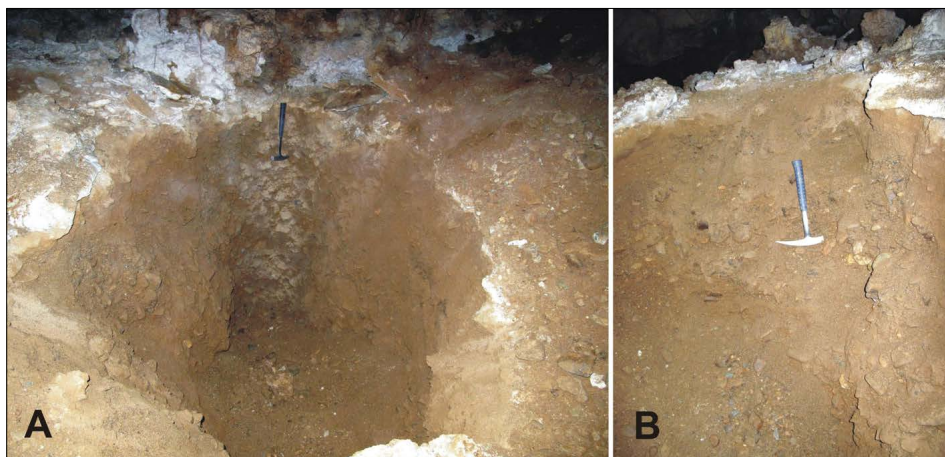
serpentinitu i amfibolitu. Imbrikácia štrkov poukazuje na ich transport smerom na juh až juhovýchod, t. j. do Zrúteného dómu a príľahlých častí, ktoré sa neskôr zaľadnili (Novotný a Tulis, 2002).

Na datovanie doby splavenia a uloženia alochtónnych fluvialných sedimentov v horných úrovňových častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne sme v máji 2014 odobrali vzorku drobného štrku a piesku zo sondy na podlahe Hroznovej siene (obr. 3 a 4).



Obr. 3. Hroznová sieň so zarovnaným stropom a bočným zárezom, Dobšinská ľadová jaskyňa. Foto: P. Bella

Fig. 3. Grape Hall with flat solution ceiling and lateral notch, Dobšinská Ice Cave. Photo: P. Bella



Obr. 4. Miesto odberu kremitého piesku na datovanie pomocou kozmogénnych nuklidov: A – vykopaná sonda, B – detail skúmaného profilu. Foto: P. Bella

Fig. 4. The place of quartz sand sampling for cosmogenic nuclide dating: A – digged pit, B – details of studied profile. Photo: P. Bella

Táto sonda je hlboká 2,2 m, jej skalné dno je v nadmorskej výške 943 m (Droppa, 1978). Leží pri meračskom bode č. 119 na mape kvapľových častí Dobšinskej ľadovej jaskyne z roku 2000 (príloha príspevku Novotného a Tulisa, 2002; označená S-1). Následne sme zabezpečili datovanie veku pochovania odobratých sedimentov pomocou kozmogénnych nuklidov  $^{10}\text{Be}$  a  $^{26}\text{Al}$  v laboratóriu CNRS CEREGE ASTER, Europôle Méditerranéen de l'Arbois v Aix-en-Provence vo Francúzsku. Výsledky datovania ukazujú, že alochtónne fluviaálne sedimenty boli do tejto časti Dobšinskej ľadovej jaskyne splavené a uložené asi pred 3 mil. rokov (tab. 1).

Tab. 1. Koncentrácie a pomery kozmogénnych nuklidov a vek pochovania alochtónnych fluviaálnych sedimentov na hornej vývojovej úrovni Dobšinskej ľadovej jaskyne

Table 1. Concentrations and ratios of cosmogenic nuclides and the burial age of allochthonous fluvial sediments in the upper evolution level of the Dobšinská Ice Cave

Vzorka	$^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ( $10^{-13}$ )	$^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ ( $10^{-14}$ )	$^{10}\text{Be}$ konc. ( $10^4$ atóm.g $^{-1}$ )	$^{26}\text{Al}$ konc. ( $10^4$ atóm.g $^{-1}$ )	vek pochovania sedimentu v jaskyni (mil. rokov)	denudácia, resp. rýchlosť erózie pred pochovaním sedimentu (m.mil. rokov $^{-1}$ )
Ladova	1,014	6,189	11,0731	18,3704	3,028757±0,4	12

Na základe nameranej koncentrácie terestrických kozmogénnych nuklidov možno za určitých podmienok (ak je známa rýchlosť produkcie konkrétneho nuklidu, hustota erodovanej horniny a priemerný hĺbkový dosah nukleónovej zložky) určiť rýchlosť erózie na zemskom povrchu (pozri Brown et al., 1995; Granger et al., 1996 a ďalší), v našom prípade v riečnej znosovej oblasti pred Dobšinskou ľadovou jaskyňou (horná časť povodia pred ponormi, cez ktoré sa voda z povrchového vodného toku dostávala do jaskyne). Pred pochovaním týchto sedimentov do jaskyne bola v hornom povodí paleo-Hnilca, od konca východného hrebeňa Nízkyh Tatier po jeho ponory na západnom okraji planiny Duča, rýchlosť erózie 12 m za 1 mil. rokov. Pri denudácii zemského povrchu sa horniny rozrušovali a v podobe sedimentov transportovali do jaskyne.

Túto metódu limitujú viaceré podmienky: 1) intenzita erózie by mala byť relatívne konštantná; 2) analýza sa určí iba erózia litologického povrchu, z ktorého pochádzajú analyzované minerály; 3) čas transportu sedimentov by mal byť pomerne krátky (Dunai, 2010). Napriek tomu túto metódu možno použiť aj v prípadoch, keď sa nemožno vyhnúť uvedeným obmedzeniam. Presnosť stanovenej miery denudácie je však potom znížená.

## INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Vek pochovania kemitého štrku  $3,03\pm 0,4$  mil. rokov na hornej vývojovej úrovni Dobšinskej ľadovej jaskyne poukazuje, že táto časť jaskyne, ako aj ostatná časť IV. úrovne Stratenskej jaskyne bola vytvorená najneskôr vo vrchnom pliocéne (podľa najnovšej medzinárodnej stratigrafickej tabuľky). Podstatne väčšia šírka chodieb a dómov ako ich výška poukazuje na prevládajúcu bočnú eróziu počas dlhého obdobia tektonickej stability. Pôvodne boli chodby tejto jaskynnej úrovne vyplnené

fluviálnymi sedimentmi vo väčšej miere, ako to vidieť v súčasnosti. Na viacerých miestach bol vodný tok agradáciou štrku pritláčaný až ku skalnému stropu, pričom eróziou odspodu nahor vznikli stropné korytá. Dlhodobou laterálnou eróziou sa vytvorili široké zarovnané stropy. Počas nasledujúceho vývoja bol štrk sčasti vyplavený, zostal najmä na podlahách chodieb a siení (pokrytý je jemnejšími sedimentmi a sutinou). Zvyšky štrkov sa zachovali aj v bočných korytách.

Podľa Tulisa a Novotného (1989), Novotného (1993), resp. Novotného a Tulisa (2005) sa IV. vývojová úroveň systému Stratenskej jaskyne vytvárala v neskoršom pliocéne – romane (3,7 – 1,8 mil. rokov) v podmienkach dlhodobej tektonickej stabilizácie územia (trvajúcej 1,5 – 2 mil. rokov), prerušovanej miernymi tektonickými pulzáciami so striedaním sa miernych poklesov a výzdvihov (vo vertikálnom rozpätí do 20 m). Amplitúda týchto pohybov sa údajne postupne zväčšovala smerom k začiatku kvartéru. Korelujúc mediteránnu, resp. štandardnú stratigrafiu so stratigrafiou Centrálnej Paratethýdy, roman zodpovedá gelasu, piacenzu a neskorému zancleanu (pozri Rögl, 1988 a Magyar et al., 1999a,b). Zmenou medzinárodnej stratigrafickej tabuľky v roku 2009 bol gelas (2,588 – 1,8 mil. rokov) preradený z pliocénu do kvartéru. Obdobie, počas ktorého sa vytvárala IV. vývojová úroveň systému Stratenskej jaskyne, podľa aktuálnej stratigrafickej tabuľky prislúcha piacenzu (3,5 – 2,588 mil. rokov), resp. skoršiemu romanu (v stratigrafii Centrálnej Paratethýdy).

V čase vytvárania opísaných úrovnových chodieb v Dobšinskej ľadovej jaskyni a Stratenskej jaskyni na povrchu Hnilca tiekol v úrovni poriečnej rovne (pozri Mazúr, 1963; resp. v úrovni poriečného systému zarovňavania povrchu podľa Lukniša, 1964), ktorej zvyšky v doline Hnilca sú vo výške okolo 950 m n. m. (Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1993; Novotný a Tulis, 2005). Vrcholce vyvýšenín medzi meandrami v kaňonovitom úseku doliny Hnilca západne od Stratenej, ktoré už Lukniš (1945) považoval za zvyšky starého dna doliny, predstavujú nižší zvyšok zarovňavania, resp. planácie reliéfu. Novotný a Tulis (2005) ich považujú za zvyšky terás. Podobne Karniš a Kvitkovič (1970) poukazujú v doline Hnilca na útržky „vrchnopliocénnych terás“ vo výške 100 až 150 m nad súčasným tokom. V severnej časti Slovenského raja pozdĺž prelomovej doliny Hornádu sú zvyšky poriečnej rovne vo výške 150 m nad jeho terajším tokom (Mičian, 1962). Poriečnej rovni sa prisudzuje vrchnopliocénny vek (Mazúr, 1963; Lukniš, 1964); jej formovanie miestami pravdepodobne pokračovalo aj v spodnom pleistocéne (Činčura, 1967). V období pliocénu až spodného pleistocénu sa v Karpatoch uvažuje o tvorbe viacerých pedimentov (Zuchiewicz, 2011 a ďalší), čo sa pravdepodobne prejavilo aj v predmetnej časti doliny Hnilca.

Priestory IV. vývojovej úrovne (vo výške 950 až 930 m n. m.) mierne klesajú od Dobšinskej ľadovej jaskyne smerom k doline potoka Tiesňavy. V priestore osady Dobšinská Ľadová Jaskyňa je terajší tok Hnilca na dne doliny vo výške 845 m n. m., t. j. 105 m pod akumuláčnou podlahou IV. vývojovej úrovne v Dobšinskej ľadovej jaskyni (Tulis a Novotný, 1989). Pri obci Stratená je súčasné riečisko Hnilca (805 m n. m.) asi 125 m pod IV. vývojovou úrovňou na východnom okraji Stratenskej jaskyne. Terajšie riečisko Hnilca má v tomto úseku približne 2× väčší spád ako IV. vývojová úroveň jaskynného systému.

V rámci celej doliny Hnilca miernejší úsek pozdĺžnej dolinovej krivky je medzi Pustým Poľom a Mlynkami, kým od zväčšenia sklonu spádovej krivky pod Mlynkami strmší spád riečiska viac-menej pokračuje až po ústie Hnilca do Hornádu. Zalomenie spádovej krivky pod Mlynkami má tendenciu pomalého migrovania proti

toku Hnilca (Lacika, 2001). Keď sa dolina Hnilca spätnou eróziou prehĺbi, sklon dolinového riečiska sa v porovnaní so sklonom IV. jaskynnej úrovne zväčší.

Povodie Hnilca sa nachádza medzi progresívnymi povodiami Hornádu, Slanej a Bodvy. Preto je dlhodobo v regresívnom vývoji s redukciou povodia v prospech susedných povodií (Lukniš, 1945; Lacika, 2001). Takýto trend vývoja doliny Hnilca sa pravdepodobne zintenzívnil zahlbovaním doliny (v dôsledku tektonického výzdvihu územia) po vytvorení poriečnej rovne. V takýchto podmienkach Hnilca spätnou eróziou od jeho vtoku do Hornádu prehlboval, a aj v súčasnosti prehľbuje svoje riečisko pomalšie ako okolité rieky. Preto vytváranie IV. vývojovej úrovne systému Stratenskej jaskyne v úseku horného toku Hnilca, s pretrvávajúcimi stabilizovanými spádovými pomermi poriečnej rovne, pravdepodobne pokračovalo dlhšiu dobu. V mnohých ostatných územiach vodné toky začali svoje riečiská zahlbovať skôr, čím sa v príslušných dolinách vrchnopliocénna poriečna planácia skončila.

## ZÁVER

Určenie veku pochovania alochtónnych fluviálnych sedimentov na IV. vývojovej úrovni systému Stratenskej jaskyne pomocou kozmogénnych nuklidov  $^{10}\text{Be}$  a  $^{26}\text{Al}$  ( $3,03 \pm 0,4$  mil. rokov) potvrdzuje doterajšie predpoklady o jej predkvartérnom vývoji v čase formovania sa vrchnopliocénnej poriečnej rovne v doline Hnilca (prelomová dolina v južnej časti Slovenského raja). Predmetné časti Dobšinskej ľadovej jaskyne a Stratenskej jaskyne sú dôkazom, že v pliocéne boli na viacerých miestach Západných Karpát vhodné podmienky na vytváranie výrazných jaskynných úrovní. Tie sú spolu s prislúchajúcimi zvyškami poriečnej rovne dôležitým morfochronologickým rozhraním pri rekonštrukcii vývoja reliéfu Západných Karpát.

Okrem datovania pochovania alochtónnych fluviálnych sedimentov v jaskyniach metódy datovania pomocou kozmogénnych nuklidov umožňujú získať kvantitatívne údaje aj o výzdvihu morfoštruktúr pohorí, rýchlosti subsidencie paniev, vývoji sedimentačných prostredí alebo rýchlosti erózie, čo v podmienkach regiónu Západných Karpát a panónskej oblasti načrtáva Šujan a Holec (2014).

Podakovanie: Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11. Za cenné rady a pripomienky, ktoré prispeli k skvalitneniu tohto príspevku, ďakujeme recenzentom prof. RNDr. Pavlovi Bosákovi, DrSc., a Ing. Jánovi Tulisovi.

## LITERATÚRA

- BROWN, E. T. – STALLARD, R. F. – LARSEN, M. C. – RAISBECK, G. M. – YIOU, F. 1995. Denudation rates determined from the accumulation of in situ produced  $^{10}\text{Be}$  in the Luquillo Experimental forest, Puerto Rico. *Earth and Planetary Science Letters*, 129, 1–4, 193–202.
- ČINČURA, J. 1967. Príspevok k veku poriečnej rovne v Západných Karpatoch (na príklade južnej časti Turčianskej kotliny). *Geografický časopis*, 19, 4, 316–326.
- DROPPA, A. 1957. Dobšinská ľadová jaskyňa. *Geografický časopis*, 9, 2, 99–118.
- DROPPA, A. 1960. Dobšinská ľadová jaskyňa. *Šport*, Bratislava, 115 s.
- DROPPA, A. 1980. Jaskyne južnej časti Slovenského raja. *Československý kras*, 30 (1978), 51–65.

- DUNAI, T. 2010. Cosmogenic nuclides. Principles, concepts and applications in the Earth Surface Sciences. Cambridge University Press, Cambridge, 187 s.
- GRANGER, D. 2006. A review of burial dating methods using  $^{26}\text{Al}$  and  $^{10}\text{Be}$ . In Siame, L. L. – Bourlès, D. L. – Brown, E. T. (Eds.): *In Situ-Produced Cosmogenic Nuclides and Quantification of Geological Processes*. Geological Society of America Special Paper, 415, 1–16.
- GRANGER, D. E. – FABEL, D. – PALMER, A. N. 2001. Plio-Pleistocene incision of the Green River, Kentucky determined from the radioactive decay of cosmogenic  $^{26}\text{Al}$  and  $^{10}\text{Be}$  in Mammoth Cave sediments. *Geological Society of America Bulletin*, 113, 7, 825–836.
- GRANGER, D. E. – KIRCHNER, J. W. – FINKEL, R. 1996. Spatially averaged longterm erosion rates measured from in-situ produced cosmogenic nuclides in alluvial sediment. *The Journal of Geology*, 104, 249–257.
- GRANGER, D. E. – KIRCHNER, J. W. – FINKEL, R. 1997. Quaternary downcutting rate of the New River, Virginia, measured from decay of cosmogenic  $^{26}\text{Al}$  and  $^{10}\text{Be}$  in cave-deposited alluvium. *Geology*, 25, 2, 107–110.
- GRANGER, D. E. – MUZIKAR, P. F. 2001. Dating sediment burial with in situ-produced cosmogenic nuclides: theory, techniques, and limitations. *Earth and Planetary Science Letters*, 188, 269–281.
- HÄUSELMANN, P. – GRANGER, D. E. 2005. Dating of caves by cosmogenic nuclides: Method, possibilities, and the Siebenhengste example (Switzerland). *Acta Carsologica*, 34, 1, 43–50.
- JAKÁL, J. 1971. Morfológia a genéza Dobšinskej ľadovej jaskyne. *Slovenský kras*, 9, 27–33.
- KARNIŠ, J. – KVITKOVIČ, J. 1970. Prehľad geomorfologických pomerov východného Slovenska. *Geografické práce*, 1, SPN, Bratislava, 220 s.
- KUCHARIČ, L. – NOVOTNÝ, L. – STEINER, A. – TULIS, J. 1980. Geologicko-geofyzikálny prieskum medzi Stratenskou jaskyňou a Dobšinskou ľadovou jaskyňou a niektoré otázky genézy týchto jaskýň. *Slovenský kras*, 18, 29–57.
- LACIKA, J. 2001. Geomorfologický vývoj doliny Hnilca. *Geomorphologia Slovaca*, 1, 1, 26–34.
- LUKNIŠ, M. 1945. Príspevok ku geomorfológii povrchového krasu Ztratskej hornatiny (Slov. raja). *Sborník prác Prírodovedeckej fakulty Slovenskej univerzity v Bratislave*, sv. 12, Bratislava, 46 s.
- LUKNIŠ, M. 1964. Pozostatky starších povrchov zarovnávania reliéfu v Československých Karpatoch. *Geografický časopis*, 16, 3, 289–298.
- MAGYAR, I. – GEARY, D. H. – MÜLLER, P. 1999a. Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 147, 151–167.
- MAGYAR, I. – GEARY, D. H. – SÚTÓ-SZENTAI, M. – LANTOS, M. – MÜLLER, P. 1999b. Integrated biostratigraphic, magnetostratigraphic and chronostratigraphic correlations of the Late Miocene Lake Pannon deposits. *Acta Geologica Hungarica*, 42, 1, 5–31.
- MAZÚR, E. 1963. Žilinská kotlina a príľahlé pohoria. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 188 s.
- MIČIAN, L. 1962. Niekoľko poznámok k prielomu Hornádu v Stratenskej hornatine a morfológia jeho okolia. *Geografický časopis*, 14, 1, 57–62.
- NOVOTNÝ, L. 1993. Tretiohorné jaskynné úrovně a zarovnané povrchy v Slovenskom raji. *Slovenský kras*, 31, 55–59.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 1996. Výsledky najnovších výskumov v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Slovenský kras*, 34, 139–147.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2002. Nové poznatky o kvapľových častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): *Výskum využívanie a ochrana jaskýň*. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 36–49.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2005. *Kras Slovenského raja*. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš – Slovenská speleologická spoločnosť – Knižné centrum, Žilina, 175 s.
- PRUNER, P. – BOSÁK, P. – KADLEC, J. – MAN, O. – TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 2002. Magnetostratigrafie sedimentární výplně IV. jeskynní úrovně ve Stratenské jeskyni. In

- Bella, P. (Ed.): Výskum, ochrana a využívanie jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 50–57.
- RöGL, F. 1998. Palaeogeographic considerations for Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 99A, 279–310.
- STOCK, G. – ANDERSON, R. – FINKEL, R. 2004. Pace of landscape evolution in the Sierra Nevada, California, revealed by cosmogenic dating of cave sediments. *Geology*, 32, 3, 193–196.
- STOCK, G. M. – GRANGER, D. E. – SASOWSKY, I. D. – ANDERSON, R. S. – FINKEL, R. C. 2005. Comparison of U–Th, paleomagnetism, and cosmogenic burial methods for dating caves: Implications for landscape evolution studies. *Earth and Planetary Science Letters*, 236, 388–403.
- ŠUJAN, M. – HOLEC, J. 2014. Datovanie pomocou kozmogénnych nuklidov: metódy, praktická aplikácia a perspektívy využitia v geomorfologickom a geologickom výskume Západných Karpát a panónskej oblasti. *Geographia Cassoviensis*, 8, 1, 79–95.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. *Osveta*, Martin, 464 s.
- ZUCHIEWICZ, W. 2011. Planation surfaces in the Polish Carpathians: myth or reality? *Geographia Polonica*, 84, 2, 155–178.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	111 – 126	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## MALUŽINSKÁ JASKYŇA V SEVEROVÝCHODNEJ ČASTI NÍZKYCH TATIER: FREATICKÁ SPELEOGENÉZA SPÔSOBENÁ VODAMI VYSTUPUJÚCIMI POZDĽŽ ZLOMOVEJ ZÓNY

PAVEL BELLA<sup>1,2</sup> – JURAJ LITTVA<sup>3</sup> – PETR PRUNER<sup>4,5</sup>  
– ĽUDOVÍT GAÁL<sup>1</sup> – PAVEL BOSÁK<sup>4,5</sup> – DAGMAR HAVIAROVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko; pavel.bella@ssj.sk; ludovit.gaal@ssj.sk; dagmar.haviarova@ssj.sk

<sup>2</sup> Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta, Katedra geografie, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovensko; Pavel.Bella@ku.sk

<sup>3</sup> Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geológie a paleontológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, Slovensko; littva@gmail.com

<sup>4</sup> Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, Česká republika; pruner@gli.cas.cz, bosak@gli.cas.cz

<sup>5</sup> Inštitút za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6320 Postojna, Slovenija

**P. Bella, J. Littva, P. Pruner, Ľ. Gaál, P. Bosák, D. Haviarová: The Malužinská Cave in the north-eastern part of the Nízke Tatry Mts.: phreatic speleogenesis by waters ascending along the fault zone**

**Abstract:** The Malužinská Cave is located on the right side of the Bocianka Valley (Nízke Tatry Mts., northern Slovakia). By its nature and position, it represents one of the most important caves in the area. It is developed in Middle Triassic Gutenstein limestones, dolomites and breccias of the Choč Nappe. It was expected, that the cave was formed by dissolution of seeping meteoric rain- and melt-waters or by underground waters from sinking allochthonous Bocianka Stream. The origin of primary solution halls and passages with numerous blind chimneys, ceiling pockets and cupola-shaped cavities was controlled by steep faults of NW – SE, NE – SW, N – S and E – W directions. In some cave segments, original phreatic morphologies were remodelled by breakdowns along intensively faulted bedrock, mainly along intersections of faults with different directions and inclinations. In addition to breakdown products, only fine-grained allochthonous sediments (yellowish-brown clay) occur in the cave. Allochthonous gravels and sands are completely absent here, in spite of aggraded fluvial fill in nearby surface Bocianka riverbed. The resurgence of gently warmed waters is located at the Malužiná Village just below the cave. The original solution morphologies in the cave serve as clear indicator of phreatic speleogenesis by (slightly heated) waters ascending along faults, which is also supported by the absence of coarser-grained allochthonous fill. The termination of speleogenesis can be dated to Middle Pleistocene from the relative altitude of cave floor at 35 – 38 m above the recent valley bottom and by the normal polarity of fine-grained sediments (Brunhes chron, younger than 0.78 Ma) deposited during phreatic/epiphreatic phase of speleogenesis.

**Key words:** speleogenesis, phreatic morphology, fault tectonics, ascending waters, paleomagnetism, Western Carpathians, Slovakia

### ÚVOD

Malužinská jaskyňa patrí medzi mnohé naše jaskyne, ktoré nie sú dostatočne preskúmané a doterajšie poznatky o ich genéze treba prehodnotiť a doplniť. Pritom ide

o jednu z najvýznamnejších jaskýň východnej časti Nízkych Tatier. V predložennom príspevku podávame výsledky jej geologického a geomorfologického výskumu, ktorý sme vykonali v roku 2014. Tie umožňujú formulovať nový pohľad na vznik a vývoj tejto jaskyne, pozoruhodnej najmä výraznou freatickou morfológiou predisponovanou viacerými zlomami na rozhraní tektonických jednotiek medzi západnou a východnou časťou Nízkych Tatier.

## POLOHA A OKOLIE JASKYNE

Malužinská jaskyňa sa nachádza na ľavej strane Bocianskej doliny na severnej strane Nízkych Tatier (Kráľovoholské Tatry, Priebyba), nad východným okrajom obce Malužiná v okrese Liptovský Mikuláš. Vchod do jaskyne leží v nadmorskej výške 781 m, okolo 50 m nad terajším tokom Bocianky (Droppa, 1971, 1973, 1976). Okrem vstupného komína, hlbokého 11 m (Volko, 1954), z jaskyne ústi na povrch aj nepriehľadný komín stúpajúci z Kvapľovej siene, ktorého otvor je situovaný asi 30 m juhovýchodne od vchodu (Hochmuth a Vozárik, 1987).

Dávnejšie známa predná časť jaskyne, tvorená vstupným komínom a Vysokým dómom (Veľký dóm podľa Volka, 1954), merala 80 m (Droppa, 1971, 1973, 1976). Po preskúmaní a zameraných zadných častí (Kvapľová sieň a príľahlé časti) jaskyňa dosahuje dĺžku 328 m. Jej najnižšie miesto v Závrťovom dóme (na južnom okraji jaskyne) je 26,9 m pod úrovňou vchodu (Hochmuth a Vozárik, 1987).

Kras pozdĺž prelomovej Bocianskej doliny, tvorený stredno- a vrchnotriasovými karbonátmi, má alogénnu polohu. Bocianka i jej pravostranný prítok Malužiná stekajú spod severnej strany hlavného chrbta Nízkych Tatier budovaného horninami kryštalinika.

## PROBLEMATIKA VÝSKUMU

Podľa Droppu (1976) Malužinská jaskyňa má korozívny pôvod, vznikla účinkom presakujúcich zrážkových vôd a na mnohých miestach je dotvorená rútením. Podobne vo vzťahu k početným komínom v starej i neskôr objavenej časti jaskyne Hochmuth a Vozárik (1987) píšú o vertikálnej cirkulácii atmosférických vôd a ich korozívnej činnosti. Poukazujú aj na vodorovnú úroveň v nadmorskej výške 768 m (12 m poniže vchodu), ktorej prislúcha 180 m chodieb. Hochmuth (2008) uvádza, že jaskyňa pravdepodobne vznikla podzemným tokom Bocianky v strednom pleistocéne. Uvedené názory na genézu Malužinskej jaskyne nie sú jednotné a súbornejšie doložené. V jaskyni absentuje alochtónny štrk a piesok, ktorý vyplňa povrchové riečisko Bocianky. Mnohé morfológické tvary poukazujú na freatickú modeláciu jaskyne vodami vystupujúcimi pozdĺž viacerých zlomov viditeľných v jej podzemných priestoroch. Preto cieľom nášho doplnujúceho výskumu bolo presnejšie objasniť genézu tejto jaskyne na podklade štúdie Bellu a Bosáka (2012) o speleogenéze spôsobenej vodami vystupujúcimi pozdĺž zlomov.

## LITOLOGICKÉ A ŠTRUKTÚRNO-GEOLOGICKÉ POMERY

Územie v blízkom okolí Malužinej budujú spodno- a stredotriasové horniny hronika (pozri Biely et al., 1992). Od juhu na sever na povrch vychádzajú spodnotriasové pieskovce, ílovité a ílovito-piesčité bridlice benkovského súvrstvia a vyššie uložené ílovité, sericitické a slienité bridlice šuňavského súvrstvia. V ich nadloží sa v generálnom smere V – Z so sklonom 30°–40° k severu tiahnu stredotriasové



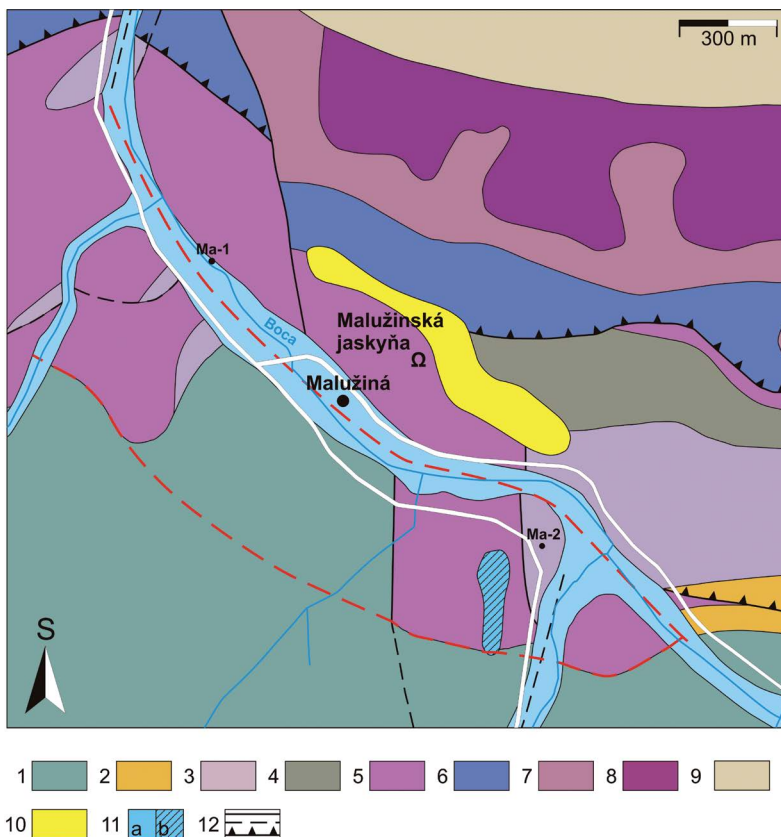
horniny gutensteinského súvrstvia, najmä tmavosivé lavicovité vápence a dolomity. V priestore Malužinskej jaskyne vystupujú dolomity, ktoré sú však na geologickej mape v mierke 1 : 50 000 (Biely et al., 1992) vyznačené osobitne. Keďže na ich báze sú brekcie a rauwacky, tieto dolomity pravdepodobne takisto patria ku gutensteinskému súvrstviu. Ich odkryv vidieť pod kostolom vedľa záchytného objektu vyvieračky. Nad Malužinskou jaskyňou vystupujú gutensteinské vápence. V nadloží gutensteinského súvrstvia sú sivé vrstevnaté ramsauské dolomity a sivé i svetlosivé dolomity neistého zaradenia. Severnejšie, smerom ku Kráľovej Lehote vystupujú stredno- a vrchnotriasové horniny bielovážskej panvy v podobe reiflinských vápencov (sivé rohovcové vápence) a hrubých polôh lunzských vrstiev (ílovité bridlice, jemnozrnné pieskovce). Južne od Malužinej sa triasové horniny stýkajú s permským malužinským súvrstviem, ktoré tvoria tholeitové bazalty a andezity s polohami vulkanoklastík, pestrofarebné pieskovce a bridlice (pozri Biely et al., 1992; obr. 1).

Na základe našich pozorovaní je Malužinská jaskyňa v celom rozsahu dnes známych podzemných priestorov vytvorená v sivých až tmavosivých dolomitoch, ako to uvádzajú Droppa (1976), Hochmuth a Vozárik (1987). Vzorky odobraté od vchodu, z východnej časti Vysokého dómu, zo Spojovacej chodby, z Kvapľovej siene a z oblasti Závrtového dómu boli negatívne na skúšku s HCl, slabá reakcia nastala len na tenkých kalcitových žilkách (s hrúbkou do 1 mm), ktorými je hornina pretkaná. Zo vzoriek z Vysokého dómu (M-5) a Spojovacej chodby (M-4) sú vyhotovené výbrusy, na základe ktorých ide o drobnokryštalický dolomit s mierne usmernenou textúrou a s tenkými kalcitovými žilkami, ojedinele s fantómami organizmov, šmuhami a peletmi (obr. 2). Chemická analýza troch vzoriek materských hornín (tab. 1), v ktorých sa zistil vysoký obsah Mg (20,7 %, 21,4 % a 21,3 %), preukazuje čistý dolomit (za dolomit  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$  sa považuje karbonát s obsahom Mg 19,6 – 21,7 %). V západnej časti Vysokého dómu sú dolomity výrazne brekciovité. Mikrobrekciovitú štruktúru s úlomkami 1 – 3 mm majú aj dolomity v oblasti Závrtového dómu. Brekciovitú štruktúru a rekryštalizáciu s mierne usmernenou textúrou môžeme pripisovať tektonickému namáhaniu horninového súboru v oblasti výraznej zlomovej línie, prebiehajúcej v smere SSZ – JJV v oblasti Malužinej. Možno predpokladať, že vek dolomitov podľa ich polohy v podloží gutensteinských vápencov je spodný anis (egee – bityn).

Dolomity sa v jaskyni javia ako masívne alebo málo zreteľne doskovité. Dosky sú uložené prevažne k východu až k juhovýchodu pod uhlom  $15^\circ - 40^\circ$  (namerané hodnoty smeru sklonu a sklonu sú vo vstupnej časti  $108^\circ/35^\circ$ , v bočnom sieňovitom výklenku s heliktitmi na okraji Vysokého dómu  $98^\circ/40^\circ$ , vo Vysokom dome  $85^\circ/35^\circ$ , v Kvapľovej sieni  $142^\circ/15^\circ$  a v bočnej chodbe Závrtového dómu  $120^\circ/15^\circ$ ). Smerom vrstiev sa líšia od generálneho v.-z. smeru gutensteinských vápencov a dolomitov v oblasti Malužinej. Ťažko posúdiť, či táto odchýlka nastala následkom dislokácie alebo ide o lokálnu redukovanú antiklinálu.

Nadložné gutensteinské vápence do jaskynných priestorov priamo nezasahujú. Vyzrážaním uhličitanu vápenatého z kalcimorfných roztokov, ktoré z gutensteinských vápencov do jaskyne presakujú, sa miestami vytvorila sintrová výplň.

V okolí Malužinej sa vyskytuje niekoľko výrazných tektonických diskontinuit. Najvýraznejšími z nich sú násunové línie zodpovedné za vnútorné rozčlenenie príkrovového telesa hronika na skupinu čiastkových príkrovov (malužinský, bociansky a svarínsky príkrov sensu Havrila, 2011). Ďalej v geologickej mape Bieleho et al. (1992) je pozorovateľných niekoľko zlomov s orientáciou S – J, SSZ – JJV, SV – JZ



Obr. 1. Geologická mapa okolia Malužinskej jaskyne (vytvorená z Digitálnej geologickej mapy Slovenskej republiky v mierke 1 : 50 000 – Káčer et al., 2005; spracovanej z podkladu: Biely et al., 1992): 1 – vulkanity malužinského súvrstvia (vrchný perm); 2 – sedimenty malužinského súvrstvia (vrchný perm); 3 – pieskovce a bridlice benkovského súvrstvia (spodný trias: griesbach – namal); 4 – vápnité bridlice šuňavského súvrstvia (spodný trias: spat); 5 – sivé dolomity (?spodný anis: egej – bityn); 6 – gutensteinské súvrstvie (spodný až stredný anis: egej – pelsón); 7 – ramsauské dolomity (stredný anis: pelsón); 8 – reiflinské vápence (stredný anis – spodný karn: pelsón – kordevol); 9 – lunzské vrstvy (spodný karn); 10 – deluviálne sedimenty (kvartér); 11 – fluviaálne sedimenty: a) riečnej nivy (holocén), b) riečnej terasy (pleistocén); 12 – tektonické poruchy: zlomy zistené, zlomy predpokladané, násunové línie príkrovov. Zlomy nevyznačené na mape Bielyho et al. (1992) sú zvýraznené červenou farbou.

Fig. 1. Geological map of the Malužinská Cave vicinity (compiled from the Digital Geological Map of the Slovak Republic at scale 1 : 50 000 – Káčer et al., 2005; based on data of Biely et al., 1992): 1 – volcanics of Malužiná Formation (Upper Permian); 2 – sediments of Malužiná Formation (Upper Permian); 3 – sandstone and shale of Benková Formation (Lower Triassic: Griesbachian – Namalian); 4 – calcareous shale of Šuňava Formation (Lower Triassic: Spathian); 5 – grey dolomite (?Lower Anissian: Aegean – Bithynian); 6 – limestone and dolomite of Gutenstein Formation (Lower to Middle Anissian: Aegean – Pelsonian); 7 – Ramsau Dolomite (Middle Anissian: Pelsonian); 8 – Reifling Limestone (Middle Anissian – Lower Carnian: Pelsonian – Cordevolian); 9 – Lunz Beds (Lower Carnian); 10 – deluvial sediments (Quaternary); 11 – fluvial sediments of: a) river flood-plain (Holocene), b) river terrace (Pleistocene); 12 – tectonic discontinuities: determined faults, expected faults, nappe overthrust lines. Faults not expressed in the map of Biely et al. (1992) are marked by red color.

Tab. 1. Chemická analýza vzoriek materských hornín z Malužinskej jaskyne (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Geoanalytické laboratóriá, Spišská Nová Ves)

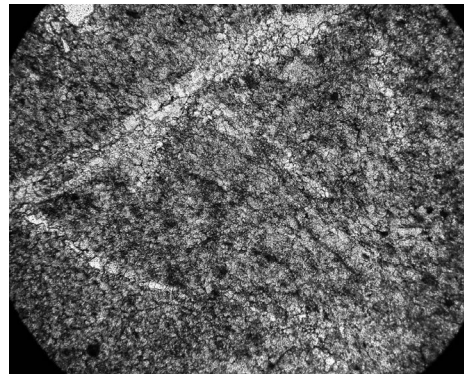
Tab. 1. Chemical analysis of host rock samples from the Malužinská Cave (State Geological Institute of Dionýz Štúr, Geoanalytical Laboratories, Spišská Nová Ves)

Chemické zloženie [%] Chemical composition	Vzorka / Sample			Metóda Method
	M-3	M-5	M-6	
SiO <sub>2</sub>	0.31	0.64	0.35	RFS
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.35	0.13	RFS
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.31	0.19	0.28	RFS
CaO	31.3	30.2	30.6	RFS
MgO	20.7	21.4	21.3	RFS
TiO <sub>2</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	RFS
MnO	0.11	0.07	0.10	RFS
K <sub>2</sub> O	<0.05	0.06	<0.05	RFS
Na <sub>2</sub> O	<0.2	<0.2	<0.2	RFS
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.01	RFS
Strata žíhaním [%] Loss on ignition	47.0	46.8	47.1	G

RFS – röntgenfluorescenčná spektrometria / röntgenfluorescence spectrometry. G – gravimetria / gravimetry

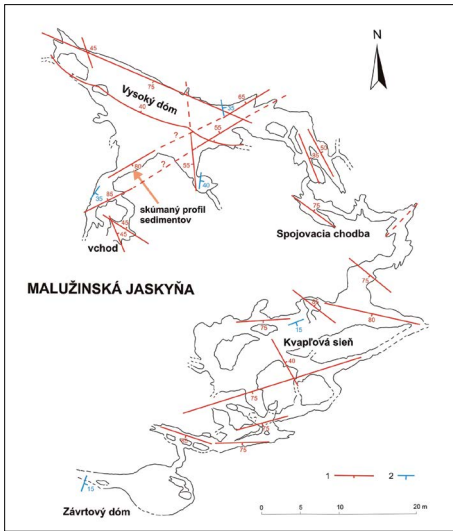
a V – Z. Okrem toho možno predpokladať existenciu sz.-jv., resp. zsz.-vjv. orientovaného zlomového systému prebiehajúceho Bocianskou dolinou. Hoci takýto zlomový systém nie je v tejto mape zakreslený, o jeho existencii svedčia rozdiely v geologickej stavbe, ako aj rôzna strmosť reliéfu na pravej a ľavej strane Bocianskej doliny. Vrty Ma-1 a Ma-2 s hĺbkou cca 150 m (Biely, 1963), lokalizované v okolí Malužinej (obr. 1), navrátili výlučne spodnoaniské dolomity a podložné malužinské súvrstvie nedosiahli. To naznačuje, že na mnohých miestach tieto dolomity neležia na malužinskom súvrství, tak ako je to naznačené v spomenej mape, ale stýkajú sa zlomovo.

Podzemné priestory jaskyne sa vytvorili pozdĺž zlomov zsz.-vjv., v.-z. (sv.-jz.) a s.-j. smeru (obr. 3 a 4). Vysoký dóm vznikol na tektonickej poruche sz.-jv. smeru so sklonom 70° na juhozápad (Droppa, 1976) a sekundárnej antitetickej poruche k tejto hlavnej poruche. Spodná časť vstupného komína je predisponovaná zlomom sv.-jz. smeru. Podobný smer majú aj zlomy, ktoré sa prejavujú vo výklenkoch a vysokých komínoch v severovýchodnej časti Vysokého dómu. Úsek jaskyne južne od východného okraja Vysokého dómu



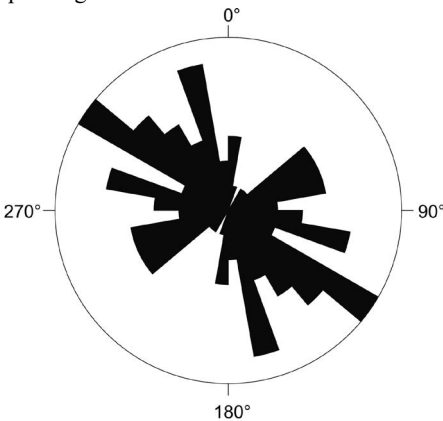
Obr. 2. Drobnokryštalická, mierne usmernená textúra dolomitov s kalcitovými žilkami (vzorka M-5 z Vysokého dómu), zväčšené 15×. Foto: L. Gaál

Fig. 2. Fine-crystalline, slightly oriented texture of dolomites with calcite veins (the sample M-5 from the High Dome), magn.15×. Photo: L. Gaál



Obr. 3. Hlavné zlomy a poloha skúmaného profilu sedimentov (hnedá šípka) v Malužinskej jaskyni (mapový podklad podľa Hochmutha a kol., 1985 in Hochmuth a Vozárik, 1987): 1 – zlomy so sklonom v stupňoch, 2 – vrstevnatosť so sklonom v stupňoch

Fig. 3. Major faults and the location of studied sedimentary profile (brown arrow) in the Malužinská Cave (a base map after Hochmuth et al., 1985 in Hochmuth and Vozárik, 1987): 1 – faults with dip in degrees, 2 – bedding with dip in degrees



počet meraní = 57  
maximálna početnosť = 3,5 bodu

Obr. 4. Ružicový diagram smerov mezoskopických krehkých štruktúr v Malužinskej jaskyni  
Fig. 4. The rose diagram of the directions of mesoscopic brittle structures in the Malužinská Cave

predisponovali zlomy s.-j. smeru. Pozdĺž paralelného s.-j. zlomu sa vytvoril bočný výklenok na južnom okraji Vysokého dómu. V južnej časti jaskyne tvorenej Kvapľovou sieňou a príslušnými, nižšie položenými chodbami prevládajú paralelné zlomy v.-z. smeru (niektoré z nich nemusia predstavovať paralelné zlomy, ale jednu zlomovú poruchu, ktorá opakovane pretína nižšie časti jaskyne). Kvapľová sieň má pretiahnutý tvar v smere  $80^\circ - 260^\circ$  (Hochmuth a Vozárik, 1987). Výrazný strmý helikoidálny zlom prebieha komínom nad Kvapľovou sieňou s nepriečnym otvorom na povrch. Pozdĺž viacerých zlomov vidieť brekciovité dolomity (napr. na severozápadnom okraji Vysokého dómu a na západnom okraji puklinovo-rútevej chodby nad prechodom do Závrtového dómu). Rovnaký smer (SV – JZ, V – Z) majú aj tektonické poruchy, ktoré predisponovali vznik hlavných častí neďalekej Svidovskej jaskyne č. 2 na opačnej strane Bocianskej doliny pri ústí bočnej Svidovskej doliny (Holúbek a Marušin, 1997).

## MORFOLÓGIA PODZEMNÝCH PRIESTOROV

Jaskyňa pozostáva z oválne modelovaných dómovitých a sieňovitých priestorov, čiastočne zmenených rútením (Vysoký dóm, Kvapľová sieň, Závrtový dóm), oválnych i puklinových chodieb a komínov. Najväčším podzemným priestorom je Vysoký dóm dlhý 33 m, vysoký 7 m a široký 8 m (Droppa, 1976). Pozdĺžne pretiahnutý je pozdĺž zlomov, ktoré usmernili jeho vývoj. Podlahy Vysokého dómu a Kvapľovej siene sú v relatívnej výške 12 m pod vchodom (Hochmuth a Vozárik, 1987). Na viacerých miestach sa v horných častiach zlomových porúch, resp. na poválach vytvorili slepé komínovité vyhlbeniny vysoké 5 až 10 m (zväčša elipsoidného priečného profilu; obr. 5). Najlepšie sú vytvorené pozdĺž priečných zlomov na východnom okraji Vysokého dómu, ako



Obr. 5. Slepé komíny, stropné hrnce a kupolovité vyhlbeniny, Malužinská jaskyňa. Foto: P. Bella  
 Fig. 5. Blind chimneys, ceiling pockets and cupola-shaped cavities, Malužinská Cave. Photo: P. Bella

aj v Spojovacej chodbe. Dva komíny ústia na povrch – vstupný komín (priepasťovitý vstupný úsek jaskyne) s nepravidelnými oválnymi tvarmi ústiaci na južný okraj Vysokého domu a nepriehľadný, mrazovým zvetrávaním narušený komín vedúci na povrch z Kvapľovej siene. Z menších skalných tvarov sú početné hrncovité vyhlbeniny, ktoré takisto vznikli výstupným prúdom vody. Volko (1954) ich spomína ako „oblé hrnce“. Súčasťou nevyrovnaného pozdĺžneho profilu jaskyne (pozri plán publikovaný



Obr. 6. Rúťivá morfológia Závrtového dómu, Malužinská jaskyňa. Foto: P. Bella  
 Fig. 6. Breakdown morphology of the Sinkhole Dome, Malužinská Cave. Photo: P. Bella

vaný štruktúrne. Vrstvy dolomitov majúce sklon  $15^\circ$  na juhovýchod sú zreteľné v nízkej prekopanej chodbe na západnom okraji Závrtového dómu. Keďže táto časť jaskyne leží tesne pod povrchom terénu, skalný strop dómu je narušený intenzívnym mrazovým zvetrávaním. Podlaha dómu má podobu závrtu. Tvoria ju odvetrané a odvalené balvany, ktoré v strede dómu poklesli pod sutinové lievikovité dno (nižšie sa nachádza jaskynný priestor vyplnený poklesnutými balvanmi).

Z pôvodných skalných tvarov, ktoré poukazujú na pôvod jaskyne, dominujú spomenuté oválne vyhlbeniny (slepé komíny, stropné hrnce, kupolovité výklenky), ktoré sa vytvárali výstupnými vodnými prúdmi vo freatickej zóne pod hladinou podzemnej vody (obr. 5). Horizontálne zárezy v skalnej stene na severovýchodnom okraji Kvapľovej siene vznikli pozdĺž stagnujúcej, resp. oscilujúcej hladiny podzemnej vody.

## CHEMOGÉNNE A KLASTICKÉ VÝPLNE

Na niektorých miestach jaskyne, najmä v Kvapľovej sieni, sa vytvorili stalaktity vrátane tenkých brk, stalagmity, stalagnáty, sintrové záclony a iné sintrové náteky na stenách (obr. 7), miestami aj excentrické útvary (pozri Droppa, 1976; Hochmuth a Vozárik, 1987). Početné excentrické výrastky vidieť v bočnom výklenku na južnom okraji Vysokého dómu. V skôr známej časti jaskyne (Vysoký dómu) sú sintrové útvary značne poškodené. V bočnej chodbe poniže Kvapľovej siene vidieť pretrhnuté stalagnáty s trhlinami vyhojenými kalcitom. Pravdepodobne ide o dôsledok gravitačnej deformácie stalagnátov svahovými procesmi na juhovýchodnom okraji jaskyne.

Skalné bloky a balvany po rútení vidieť najmä na podlahe Vysokého dómu a Kvapľovej siene, v puklinových chodbách poniže Kvapľovej siene i v Závrtovom dóme. Neveľká kopa úlomkov hornín a zeminy splavenej z povrchu je na podlahe Kvapľovej siene pod neprielezným komínom.

V hlinitej výplni na okraji Vysokého dómu pod vstupným komínom bolo vykopáných niekoľko žulových okruhliakov. Do jaskyne sa zosunuli, resp. spadli cez vstupný komín otvorený na povrch. Ďalšie okruhliaky ani iné fluviálne sedimenty z povodia Bocianky (žulový štrk a piesok) sa v jaskyni nenašli. V neďalekej, riečne modelovanej Malužinskej jaskyni č. 2 na ľavom brehu Bocianskej doliny sa alochtónne fluviálne sedimenty, pochádzajúce najmä z hornín kryštalinika a malužinského súvrstvia, vyskytujú (Droppa, 1976).

Hochmuthom a Vozárikom, 1987) sú aj kolenovité (bývalé sifónové) úseky vrátane studňovitých častí hlbokých do 5 m. Keďže nad studňami sú zväčša oválne slepé stropné vyhlbeniny, počas freatického vývoja jaskyne privádzali vodu odspodu nahor (morfológiou pripomínajú tzv. *feeders sensu* Klimchouk, 2007).

Úzke a vysoké puklinové chodby v juhovýchodnej časti jaskyne (poniže Kvapľovej siene) sú výrazne remodelované rútením, pravdepodobne aj mrazovým zvetrávaním. Rúťivý charakter má aj Závrtový dómu v najnižšej časti jaskyne (obr. 6). Jeho mierne šikmý, opadavý skalný strop je predisponovaný štruktúrne.

Podlahu Vysokého dómu a priliehajúcich častí jaskyne pokrýva žltohnedá ílovitá hlina (Droppa, 1976). Vo vykopanom profile na západnom okraji tohto dómu (obr. 3 a 8) vidieť asi 1 m ílovitého sedimentu tmavookrovej až svetločokoládovej hnedej farby, v niektorých úsekoch s nezreteľnými hrubšími laminami tmavosivej farby. Sedimenty sú zreteľne premenlivo prachovité, suché, kompaktné, s mierne prehnutou lamináciou. Vrchných asi 20 cm profilu je porušených pošliapávaním a výkopovými prácami.

### PALEOMAGNETIZMUS

V jaskynných systémoch sa väčšinou datujú uloženiny vznikajúce prevažne vo vodnom prostredí, ktoré zväčša neobsahujú fosílie (vnútrojaskynná fácia *sensu* Kukla a Ložek, 1958), a preto ich nemožno datovať klasickými paleontologickými metódami. Približnú dobu ukladania takýchto sedimentov možno určiť pomocou paleomagnetických dát (deklinácia a inklinácia) zaznamenaných v jaskynných uloženinách (napr. Bosák et al., 2003) a následnej korelácie zistených magnetozón s geomagnetickou škálou magnetických polarít (GPTS; Cande a Kent, 1995). V prípade klastických sedimentov možno paleomagnetickú metódu použiť pre íly až jemnozrnné ílovité piesky. Zrná v hrubšie zrnitých klastických sedimentoch pri odbere rotujú a tým znehodnocujú paleomagnetický záznam. Z profilu siliciklastických sedimentov na západnom okraji Vysokého dómu sme odobrali orientované vzorky sedimentov zatlačovaním do plastových puzdier s objemom 6,7 cm<sup>3</sup> (obr. 8). Bola použitá metóda s vysokým rozlíšením (Bosák a Pruner, 2007) s odľahlosťou puzdier 3 – 4 cm vo vertikálnom profile.

Prirodzená remanentná magnetizácia (NRM) bola meraná s použitím Superconducting Rock Magnetometra (755 4K SRM) a magnetická susceptibilita (MS) na striedavom mostíku KLY-4 (Jelínek, 1973).



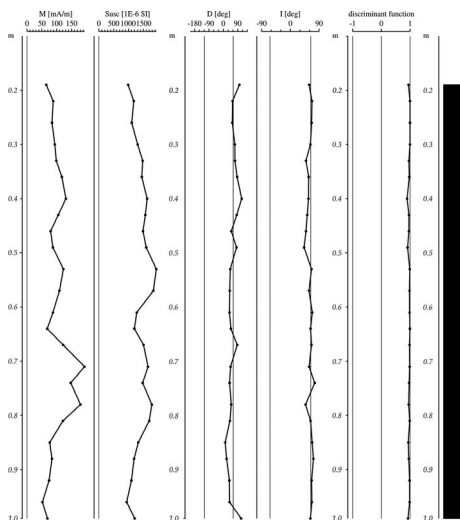
Obr. 7. Výzdoba Kvapľovej siene, Malužinská jaskyňa. Foto: P. Bella

Fig. 7. Decoration of the Dripstone Hall, Malužinská Cave. Photo: P. Bella



Obr. 8. Žltohnedý íl, profil na južnom okraji Vysokého dómu, Malužinská jaskyňa, so vzorkami na paleomagnetickú analýzu. Foto: P. Bella

Fig. 8. Yellowish-brown clay, sedimentary profile on the southern edge of the High Dome, Malužinská Cave, with samples for paleomagnetic analysis. Photo: P. Bella



Obr. 9. Základné magnetické a magnetostratigrafické parametre, profil vo Vysokom dóme, Malužinská jaskyňa: čierna – normálna polarita Fig. 9. Basic magnetic and magnetostratigraphic parameters, profile in the Vysoký Dome, Malužinská Cave: black – normal polarity

v rozmedzí 51,9 až 193,7 mA.m<sup>-1</sup> a hodnoty objemovej magnetickej susceptibilitity v rozsahu 939 až 1940 × 10<sup>-6</sup> SI. Pri všetkých vzorkách bolo možné určiť primárnu zložku magnetizácie C v intervale 10 – 35 (40) mT a výslednú polaritu. Na obrázku 10 je príklad normálne (N) polarizovanej vzorky. Obrázok 11 uvádza príklad vzorky s normálnou N polaritou, ale anomálnou hodnotou D (väčšou ako 90°).

Stereografická projekcia výsledných paleomagnetických smerov všetkých vzoriek s normálnou magneticou polaritou N je znázornená na obrázku 12A. Vzorky s normálnou polaritou, ale anomálnou hodnotou D (väčšou ako 90°) sú na obrázku 12B. Stredné hodnoty paleomagnetických smerov (tab. 2) nie sú blízke súčasnému smeru geomagnetického poľa (D = 2° a I = 64°). Stredné hodnoty paleomagnetických smerov ukazujú: (1) vyššiu strednú hodnotu deklinácie (D) a (2) výraznú anomálnu hodnotu D (väčšiu ako 90°). Táto anomálna hodnota môže byť spôsobená usmernením zŕn (väčší a pretiahnutý tvar zŕn), nerovnosťou sedimentačnej plochy, sekulárnou variáciou, prípadne tlakom. Výsledky merania anizotropie magnetickej susceptibilitity však do riešenia nevnesli jasné stanovisko pre malý počet vzoriek.

Výsledky paleomagnetického výskumu v Malužinskej jaskyni potvrdili ukladanie skúmaných sedimentov v epoche Brunhes, teda v období mladšom ako 780-tisíc rokov.

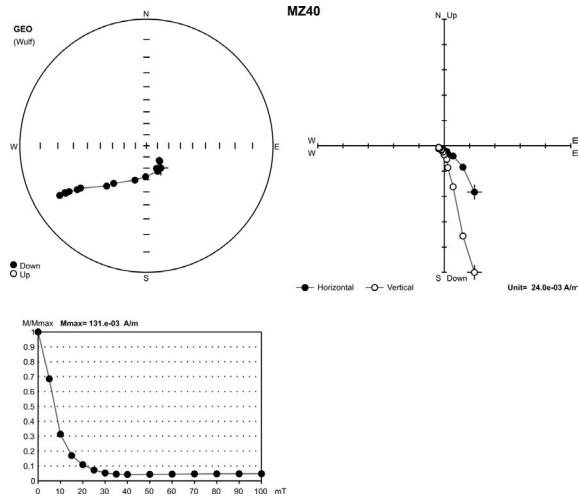
## GENÉZA JASKYNE – INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Na základe skúmania morfológie podzemných priestorov a ich viazanosti na štruktúrno-geologické diskontinuity, ako aj na základe charakteru sedimentov v podzemných priestoroch možno poukázať na genézu Malužinskej jaskyne vo freatických podmienkach. Spolu s oválnymi nepravidelnými tvarmi v morfológii jaskyne prevládajú kupolovité vyhlbeniny, stropné hrnce a prevažne slepé komíny vytvorené

Nespevnené vzorky sa demagnetovali striedavým (AF) poľom 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 a 100 mT s použitím prístroja 755 4K SRM. Pre každú meranú vzorku bol zostavený graf normalizovaných hodnôt NRM v závislosti od striedavého poľa M/Mo= f(t), zodpovedajúci Zijderveldov diagram a stereografická projekcia smerov NRM pri AF demagnetovaní z prirodzeného stavu. Smery zložiek remanentnej magnetickej polarizácie boli odvodené s použitím multikomponentnej analýzy (Kirschvink, 1980) v programe Remasoft 3 (Chadima a Hroudka, 2006). Veľkosť prirodzenej remanentnej magnetizácie (NRM) a interpretácia záznamu magnetickej polarity závisí od koncentrácie a typu magnetických minerálov prítomných v sedimente.

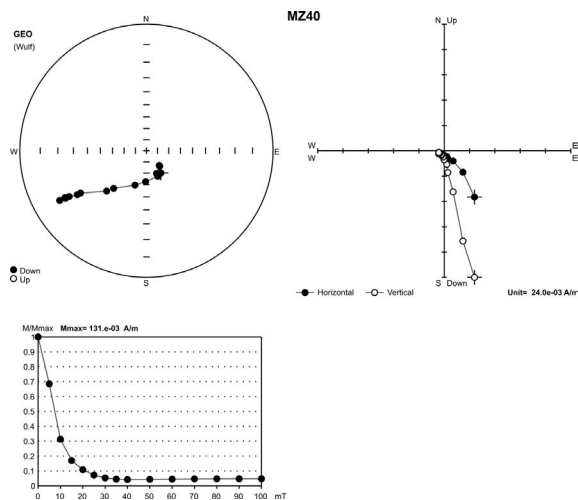
Základné magnetické parametre z profilu odobraných nespevnených sedimentov ukazujú malý rozptyl hodnôt (obr. 9). Prirodzená remanentná magnetizácia je





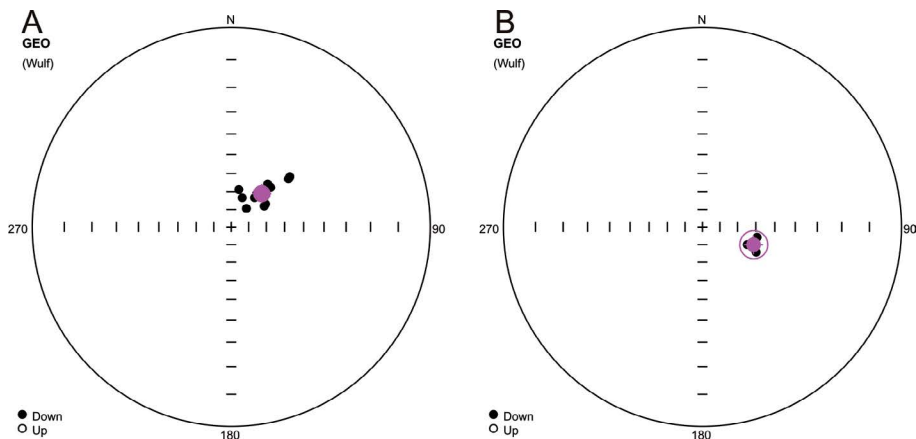
Obr. 10. Príklad demagnetizácie striedavým poľom vzorky MZ 40 s normálnou polaritou. Vľavo hore: stereografická projekcia remanentnej magnetizácie; vpravo hore: Zijderveldov diagram – plný krúžok znázorňuje projekciu na horizontálnej ploche (XY), prázdny krúžok znázorňuje projekciu na s.-j. vertikálnu plochu (XZ); vľavo dole: graf závislosti remanentného magnetického momentu od veľkosti striedavého poľa (mT)

Fig. 10. Example of the AF demagnetization of sample with normal paleomagnetic polarity. Top left: a stereographic projection of the natural remanent magnetization of a sample in the natural state (cross section) and after progressive AF demagnetization; top right: Zijderveld diagram – solid circles represent projection on the horizontal plane (XY), open circles represent projections on the N – S vertical plane (XZ); bottom left – a graph of normalized values of the remanent magnetic moments versus demagnetizing fields,  $M$  – modulus of the remanent magnetic moment of a sample subjected to AF demagnetization (mT)



Obr. 11. Príklad demagnetizácie striedavým poľom vzorky MZ 85 s normálnou polaritou, ale anomálnou hodnotou deklinácie. Vysvetlivky pozri obr. 10

Fig. 11. Example of the AF demagnetization of sample with normal paleomagnetic polarity. For explanations see Fig. 10



Obr. 12. Stereografická projekcia smerov remanentnej magnetizácie – všetky vzorky s normálnou polaritou (12A) a s anomálnou hodnotou deklinácie (12B), Vysoký dóm, Malužinská jaskyňa. Stereografická projekcia, prázdny (plný) krúžkom je označená projekcia na spodnej (vrchnej) pologuli. Stredná hodnota paleomagnetických smerov, vypočítaná podľa Fishera (1953), je znázornená krížikom cez väčší krúžok, s pravdepodobnosťou 95 %

Fig. 12. Directions of C-components of remanence with normal polarity (12A) and anomalous value of declination (12B) from clays in the the Vysoký Dome, Malužinská Cave. Stereographic projection, open (full) small circles represent projection onto the lower (upper) hemisphere. The mean direction calculated according to Fisher (1953) is marked by a crossed circle, the confidence circle at the 95 % probability level is circumscribed around the mean direction

Tab. 2. Malužinská jaskyňa, stredné hodnoty paleomagnetických smerov  
Tab. 2. Malužinská Cave, mean paleomagnetic directions

Malužinská jaskyňa Malužinská Cave	Polarita Polarity	Stredné paleomagnetické smery Mean paleomagnetic directions		$\alpha_{95}$ [°]	k	n
		D [°]	I [°]			
všetky vzorky all samples	N	62.3	63.8	5.3	29.4	24
N	N	42.5	64.4	4.1	77.4	15
	N*	80.7	55.4	6.7	73.6	6
	N**	109.0	59.6	4.9	271.5	3

Vysvetlivky: Polarita – N = normálna, N\* = normálna, anomálna hodnota D menšia ako 90°, N\*\* = normálna, anomálna hodnota D väčšia ako 90°; D – paleomagnetická deklinácia; I – paleomagnetická inklinácia;  $\alpha_{95}$  – polomer kružnice spoľahlivosti podľa Fishera (1953) pre 95 % hladinu spoľahlivosti; k – parameter tesnosti určenia stredných smerov; n – počet vzoriek

Explanations: Polarity – N = normal, N\* = normal, D value is anomalous less than 90°, N\*\* = normal, D value is anomalous more than 90°; D – paleomagnetic declination; I – paleomagnetic inclination;  $\alpha_{95}$  – semi-vertical angle of the cone of confidence calculated according to Fischer (1953) at the 95 % probability level; k – precision parameter; n – number of analyzed samples

vystupujúcimi prúdmi vody vo freatickej zóne. Keďže v jaskyni chýbajú alochtónne fluviálne sedimenty (okrem dvoch okruhliakov, ktoré sa do jaskyne dostali z povrchu cez vstupný komín), na jej vzniku a vývoji sa nepodieľal ponorný vodný tok z riečiska Bocianky. V jaskyni navyše absentujú typické riečne modelované skalné tvary (stropné a bočné korytá, podlahové kanály a pod.).

Na hydrogeologické predpoklady vytvárania jaskyne poukazuje bývalá vyvieracia pod kostolom v Malužinej, ktorú spomína Droppa (1976). Uvádza jej výdatnosť  $20 \text{ l.s}^{-1}$ . Podľa Šalagu et al. (1985) priemerná výdatnosť tejto vyvieracky za obdobie rokov 1981 – 1983 bola  $8 \text{ l.s}^{-1}$ . Vzhľadom na to, že jej voda v zime nezamrzala, miestni obyvatelia ju nazývali Teplica. Dňa 12. 8. 1971 bola nameraná teplota vody  $8,7 \text{ }^\circ\text{C}$  a konduktivita  $214,3 \text{ }\mu\text{S.c}^{-1}$  (Šalaga et al., 1985); priemerná ročná teplota vzduchu v tejto oblasti je okolo  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  (pozri Šťastný et al., 2002). V riečisku Bocianky sa v úseku od Malužinej po jej sútok so Svidovským potokom hydrometrovaním 21. 9. 1978 zistili skryté prírastky vôd  $62,49 \text{ l.s}^{-1}$ , 1. 8. 1979 až  $76,64 \text{ l.s}^{-1}$  (Šalaga et al., 1985). Vyvieracka bola určitý čas zachytená ako vodný zdroj (s vodoprávnym povolením od roku 1979), ktorý využívala obec Malužiná (obr. 13). Nadbytočnú vodu odvedli rúrami do Bocianky, v súčasnosti je však potrubie suché.

Uvedená vyvieracka, ako aj skryté vývery vôd do riečiska alochtónnej Bocianky, viažuce sa na mezozoické gutensteinské súvrstvie (vápence s vložkami dolomitov), predstavujú povrchové vyústenia výstupného prúdenia podzemných vôd hlbšej cirkulácie (s mierne zvýšenou teplotou), ktorá sa pravdepodobne viaže na zlomovú zónu Stanišovskej doliny smeru ZSZ – VJV, zasahujúcu až k Malužinej (cf. obr. 1 v Hók et al., 2000), na ktorej je pravdepodobne predisponovaná aj Stanišovská jaskyňa (Littva a Hók, 2014). Na južnom okraji Malužinej sa na sz.-jv. zlom prebiehajúci Malužinskou dolinou napája sv.-jz. zlom, pozdĺž ktorého sa vytvorila Bocianska dolina (Maglay et al., 1999). Na zlom prebiehajúci cez Malužinskú dolinu sa viažu železité minerálne pramene s výronom oxidu uhličitého, ktoré sa nachádzajú asi 7 km juhovýchodne od Malužinej (SAŽP Banská Bystrica, 1998 – 2002).

V čase hydrologicky aktívneho vývoja jaskyne terajším vstupným komínom prúdila voda odspodu nahor. Po jeho stranách sú slepé hrncovité a komínovité vyhlbeniny, morfológické indikátory výstupného prúdenia vody. Vyššia časť výverového komína mohla pokračovať ďalej na povrch, neskôr ju rozrušili procesy svahovej modelácie.

V závislosti od etapovitého zahľbovania doliny Bocianky v strednom a vrchnom pleistocéne sa znižovala poloha vyvieracky. Fáze oscilácie hladiny podzemnej vody, počas prerušeného zahľbovania doliny vývojovo zodpovedá subhorizontálny úsek jaskyne Vysoký dóm – Kvapľová sieň (s horizontálnymi stenovými zárezmi na severovýchodnom okraji Kvapľovej siene). Vtedy mohli do jaskyne prenikať aj vody z povrchového riečiska Bocianky, a to v podobe menej koncentrovaných prúdov neumožňujúcich transport alochtónnych fluviálnych sedimentov z povrchu. Podlaha Vysokého dómu je 35 až 38 m nad dnom doliny (Hochmuth, 2008).



Obr. 13. Miesto bývalej vyvieracky poniže kostola v Malužinej (objekt vodného zdroja). Foto: P. Bella

Fig. 13. Place of the former resurgence below the church at Malužiná Village (the object of water source). Photo: P. Bella

Žltohnedý ílovitý sediment, ktorá pokrýva podlahu Vysokého dómu, nebol podľa Hochmutha a Vozárika (1987) splavený z povrchu. Hochmuth (2008) predpokladá pôvod tejto výplne zo sedimentov vytvorených v iných klimatických podmienkach aké panujú v súčasnosti (k takému záveru však chýba mineralogická a geochemická analýza). Výplň svojím charakterom zodpovedá sedimentácii v pokojnom vodnom prostredí s pomalým prúdením podzemných vôd, značne vzdialenom od ponorov či priesakov alochtónnych vôd, avšak stále odrážajúcom prívalové pulzy, čo sa miestami prejavuje lamináciou (napr. Bull, 1981; Zupan Hajna et al., 2008). Ílovitý charakter sedimentov (podobný tzv. freatickým ílom) naznačuje sedimentáciu vo freatických podmienkach (cf. Ford, 1976), pravdepodobne v čase finálnej freatickej fázy modelácie jaskyne alebo pri poklesávaní hladiny podzemnej vody v súvislosti s postupným zahĺbovaním dna doliny.

Na základe uvedenej relatívnej výšky podlahy Vysokého dómu a normálnej magnetickej polarity jemných sedimentov uložených v tejto subhorizontálnej časti jaskyne, ktoré prislúchajú epoche Brunhes (sú mladšie ako 780 tis. rokov), možno usúdiť, že finálna fáza freatického, resp. epifreatického vývoja jaskyne prebiehala v strednom pleistocéne. Takýto vek jaskyne predpokladal už Hochmuth (2008). Interpretovaný vek zodpovedá údajom z Demänovskej doliny získaným kombináciou magnetostratigrafického a rádiometrického datovania jaskynných výplní (napr. Hercman et al., 1997, 2006; Pruner et al., 2000; Kadlec et al., 2004; Bella et al., 2014), kde sa strednopleistocénne jaskynné úrovně vyskytujú nad súčasným dnom doliny v približne rovnakej relatívnej výške (cf. Droppa, 1966, 1972). Krasová časť Demänovskej doliny sa v období od 780-tisíc rokov do súčasnosti zahĺbila o 45 až 50 m, s rýchlosťou zahĺbenia 4 až 6 cm za tisíc rokov (Bella et al., 2012; Kadlec et al., 2013). Podobný vývoj možno predpokladať aj v Bocianskej doline.

Mierne šikmý strop v Závrtovom dóme vo výške cca 25 m nad terajším tokom Bocianky (pozri plán jaskyne publikovaný Hochmuthom a Vozárikom, 1987) je podmienený vrstevnatosťou dolomitov.

## ZÁVER

Výsledky prezentovaného geologického a geomorfologického výskumu Malužinskej jaskyne poukazujú na jej koróznny pôvod s výraznou freatickou modeláciou podzemných priestorov. Jaskyňa predstavuje pozostatok bývalej drenáže podzemných, pravdepodobne i mierne ohriatych vôd, ktoré vystupovali pozdĺž zlomov a z jaskyne vyvierali na povrch do doliny Bocianky v čase jej postupného zahĺbovania v strednom a vrchnom pleistocéne.

Poďakovanie: Úloha sa riešila v rámci Plánu hlavných úloh Štátnej ochrany prírody SR na rok 2014 a vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0030/12 „Hypogénne jaskyne na Slovensku: speleogenéza a morfogenetické typy“. Paleomagnetický výskum sa realizoval v rámci inštitucionálneho financovania Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., č. RVO67985831. Mgr. Stanislav Šlechta sa podieľal na terénnych prácach, Mgr. Kristýna Čížková a Mgr. Petr Petráček vykonali práce v Paleomagnetickom laboratóriu Geologického ústavu AV ČR, v. v. i. Za cenné rady a pripomienky ďakujeme recenzentovi prof. Ing. Michalovi Zacharovovi, CSc.

## LITERATÚRA

- 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. – HERCMAN, H. – GRADZIŃSKI, M. – PRUNER, P. – KADLEC, J. – BOSÁK, P. – GLĄZEK, J. – GAŚSIOROWSKI, M. – NOWICKI, T. – ŚLECHTA, S. 2014. Rekonštrukcia hlavných vývojových fáz jaskynného systému. In Bella, P. – Haviarová, D. – Kováč, E. – Lalkovič, M. – Sabol, M. – Soják, M. – Struhár, V. – Višňovská, Z. – Zelinka, J.: *Jaskyne Demänovskej doliny*. *Speleologica Slovaca*, 4, Liptovský Mikuláš, 47–53.
- BELLA, P. – KADLEC, J. – HERCMAN, H. – GRADZIŃSKI, M. – BOSÁK, P. – PRUNER, P. – GAŚSIOROWSKI, M. – NOWICKI, T. – CHADIMA, M. – SCHNABL, P. – ŚLECHTA, S. 2012. Odlišnosti vývoja alogénneho krasu Demänovskej doliny v spodnom pleistocéne a mladších obdobiach štvrtohôr. In Bella, P. – Papčo, P. (Eds.): *Geomorfológia a integrovaný výskum krajiny*. Zborník abstraktov, Exkurzný sprievodca – 7. vedecká konferencia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV, Ružomberok 10. – 12. 9. 2012, 12–16.
- BIELY, A. 1963. Výskum mezozoika v Nízkyh Tatráh, list Horná Lehota, ročná správa za rok 1963. *Názov úlohy: Štúdium mezozoika južných oblastí Tatroveporid*. *Archív Geofondu*, Bratislava, 35 s. (archívne číslo: 12924).
- BIELY, A. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – BUJNOVSKÝ, A. – HALOUZKA, R. – IVANIČKA, J. – KOHÚT, M. – KLÍNEC, A. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MIKO, O. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – VOZÁR, J. 1992. *Geologická mapa Nízkyh Tatier 1 : 50 000*. GÚDŠ, Bratislava.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. 2007. Magnetostratigraphy of Cave Sediments. *EOS Transactions AGU*, 88, 23, Jt. Assembly Supplement, Abstracts, GP52A-04.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. – KADLEC, J. 2003. Magnetostratigraphy of cave sediments: application and limits. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 47, 2, 301–330.
- BULL, P. A. 1981. Some fine-grained sedimentation phenomena in caves. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6, 1, 11–22.
- CANDE, S. C. – KENT, D. V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 100, B4, 6093–6095.
- DROPPA, A. 1966. The correlation of some horizontal caves with river terraces. *Studies in Speleology*, 1, 186–192.
- DROPPA, A. 1971. Krasové javy Liptovského krasu. *Krásy Slovenska*, 48, 6, 262–265.
- DROPPA, A. 1972. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9–46.
- DROPPA, A. 1973. Prehľad preskúmaných jaskýň na Slovensku. *Slovenský kras*, 11, 111–157.
- DROPPA, A. 1976. Výskum jaskýň v doline Bocianky. *Slovenský kras*, 14, 167–172.
- FISHER, R. 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society, A* 217, 295–305.
- FORD, T. D. 1976. *The Geology of Caves*. In Ford, T. D. – Cullingford, C. H. D. (Eds.): *The Science of Speleology*. Academic Press, London, 11–60.
- HAVRILA, M. 2001. Hronikum: paleogeografia (vrchný pelsón – tuval), štrukturalizácia príkrovu a stavba. *Geologické práce, Správy*, 117, Bratislava, 7–103.
- HERCMAN, H. – BELLA, P. – GLĄZEK, J. – GRADZIŃSKI, M. – LAURITZEN, S. E. – LÖVLIE, R. 1997. Uranium-series dating of speleothems from Demanova Ice Cave: A step to age of the Demanova Cave System (The Nizke Tatry Mts., Slovakia). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 67, 4, 439–450.
- HERCMAN, H. – BELLA, P. – GRADZIŃSKI, M. – GLĄZEK, J. – NOWICKI, T. – SUJKA, G. 2006. Prehľad výsledkov rádioizotopového datovania sintrov z Demänovského jaskynného systému v rokoch 1995–2005. In Bella, P. (Ed.): *Výskum využívanie a ochrana jaskýň*. Zborník referátov z 5. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 26. – 29. 9. 2005. Liptovský Mikuláš, 21–36.
- HOCHMUTH, Z. 2008. Krasové územia a jaskyne Slovenska. *Geographia Cassoviensis*, 2, 2, 210 s.
- HOCHMUTH, Z. – VOZÁRIK, P. 1987. Geomorfologický výskum zadných častí Malužinskej jaskyne. *Slovenský kras*, 25, 193–187.
- HOLÚBEK, P. – MARUŠIN, M. 1997. Svidovská jaskyňa č. 2. *Slovenský kras*, 35, 97–102.
- HÓK, J. – BIELIK, M. – KOVÁČ, P. – ŠUJAN, M. 2000. Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 32, 5, 459–470.

- CHADIMA, M. – HROUDA, F. 2006. Remasoft 3.0 – A user-friendly paleomagnetic data browser and analyser. *Travaux Géophysiques*, XXVII, 20–21.
- JELÍNEK, V. 1973. Precision A. C. bridge set for measuring magnetic susceptibility and its anisotropy. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 17, 36–48.
- KADLEC, J. – BELLA, P. – ČÍŽKOVÁ, K. – GRANGER, D. E. – HERCMAN, H. – HOLÚBEK, P. – CHADIMA, M. – ORVOŠOVÁ, M. – PRUNER, P. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2013. Valley incision in the Nízke Tatry Mts. (Slovakia) estimated based on paleomagnetic and radiometric cave sediment dating. In Filippi, M. – Bosák, P. (Eds.): *Proceedings of the 16th International Congress of Speleology* (Brno, July 21 – 28, 2013), volume 3, 94–95.
- KADLEC, J. – PRUNER, P. – HERCMAN, H. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2004. Magnetostratigrafie sedimentů zachovaných v jeskyních Nízkých Tater. In Bella, P. (Ed.): *Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie, Tále 5. – 8. 10. 2003. Liptovský Mikuláš*, 15–19.
- KÁČER, Š. – ANTALÍK, M. – LEXA, J. – ZVARA, I. – FRITZMAN, R. – VLACHOVIČ, J. – BYSTRICKÁ, G. – BORDIANSKA, M. – MADARÁS, J. – NAGY, A. – MAGLAY, J. – IVANIČKA, J. – GROSS, P. – RAKÚS, M. – VOZÁROVÁ, A. – BUČEK, S. – BOOROVÁ, D. – ŠIMON, L. – MELLO, J. – POLÁK, M. – BEZÁK, V. – HÓK, J. – TEŤÁK, F. – KONEČNÝ, V. – KUČERA, M. – ŽEC, B. – ELEČKO, M. – HRAŠKO, L. – KOVÁČIK, M. – PRISTAŠ, J. 2005. Digitálna geologická mapa Slovenskej republiky M 1:50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava. [<http://apl.geology.sk/mapportal/#/aplikacia/1>]
- KIRSCHVINK, J. L. 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 62, 699–718.
- KLIMCHOUK, A. 2007. Hypogene Speleogenesis: Hydrological and Morphogenetic Perspective. National Cave and Karst Research Institute, Special Paper, 1, Carlsbad, NM, 106 s.
- KUKLA, J. – LOŽEK, V. 1958. K problematice výzkumu jeskynních výplní. *Československý kras*, 11, 19–83.
- LITVA, J. – HÓK, J. 2014. Neotectonics of the Inner Western Carpathians: Liptovský Ján area, case study (northern slopes of the Nízke Tatry Mts., Slovakia). *Acta Geologica Slovaca*, 6, 2, 123–134.
- MAGLAY, J. – HALOUZKA, R. – BAŇACKÝ, V. – PRISTAŠ, J. – JANOČKO, J. – HÓK, J. 1999. Neotektonická mapa Slovenska 1 : 500 000. GS SR, Bratislava.
- PRUNER, P. – BOSÁK, P. – KADLEC, J. – VENHODOVÁ, D. – BELLA, P. 2000. Paleomagnetický výskum sedimentarných výplní vybraných jeskyní na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999. Liptovský Mikuláš*, 13–25.
- SAŽP Banská Bystrica 1998 – 2002. Zoznam minerálnych prameňov okresu Liptovský Mikuláš. [[http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/lm/zoznam\\_lm\\_okres.html](http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/lm/zoznam_lm_okres.html)]
- ŠALAGA, I. – ŠALAGOVÁ, V. – KAZMUKOVÁ, M. – ŠINKOVÁ, M. – TYLEČEK, B. 1985. Mezozoikum Nízkych Tater – SV časť. Záverečná správa z vyhládavacieho hydrogeologického prieskumu s ocenením zásob podzemných vôd ku dňu 31. 10. 1983. Geofond Bratislava, 146 s. + 182 príloh.
- ŠŤASTNÝ, P. – NIEPLOVÁ, E. – MELO, M. 2002. Priemerná ročná teplota vzduchu. In Atlas krajiny Slovenskej republiky, IV. Prvotná krajinná štruktúra, mapa č. 49 (1 : 2 000 000), s. 98. Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Slovenská agentúra životného prostredia.
- VOLKO, J. 1954. Malužinská jaskyňa. *Krásky Slovenska*, 31, 2, 54–56.
- ZUPAN HAJNA, N. – MIHEVC, A. – PRUNER, P. – BOSÁK, P. 2008. Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia. *Carsologica*, 8, Založba ZRC SAZU, Postojna – Ljubljana, 266 s.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	127 – 139	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## ZÁVRTY NA KRASOVEJ PLOŠINE BIELA SKALA A ICH MORFOMETRICKÁ ANALÝZA, KUCHYŇSKO-OREŠANSKÝ KRAS, MALÉ KARPATY

MICHAL VESELSKÝ<sup>1</sup> – LUKÁŠ ÁGH<sup>1</sup> –  
ALEXANDER LAČNÝ<sup>2</sup> – MILOŠ STANKOVIANSKY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4; michal.veselsky@uniba.sk, lukas.agh@gmail.com, stankoviansky@fns.uniba.sk

<sup>2</sup> Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geológie a paleontológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4; lacny@fns.uniba.sk

**M. Veselský, L. Ágh, A. Lačný, M. Stankoviansky: The morphometric analysis of dolines on the karst plateau Biela skala, Kuchyňa-Orešany Karst, Malé Karpaty Mts., western Slovakia**

**Abstract:** Dolines as the most specific surface karst forms are enclosed depressions with variable dimensions and their sides range from gently sloping to vertical. Dolines situated on the karst plateau Biela skala in the Kuchyňa-Orešany Karst have been subject of research of many authors, but their view on the number and nomenclature are different. The aim of the presented work is therefore to amplify and clarify the existing knowledge and detailed mapping of dolines in the pursuit of their morphometric analysis and subsequent completion of the geomorphological research of dolines in Kuchyňa-Orešany karst plateaus. The Archer Field PC was used to assign coordinates to each doline and subsequently new nomenclature was created. Individual dolines were named in SE-NW direction as doline *bs1* to doline *bs41*. We measured 11 parameters from DMR, which has been created from elevation points collected by total station Topcon GTS-105N. On the basis of these measurements and detailed geological and geomorphological survey of the study area, we can approve formation of dolines on the tectonic structures of NW-SE and NE-SW directions respectively and the relation between geology and geomorphology.

**Key words:** karst geomorphology, morphometric analysis, dolines, karst plateau Biela skala

### ÚVOD

Závrtý ako najšpecifickejšie povrchové formy krasového reliéfu predstavujú uzavreté depresie variabilných rozmerov s mierne naklonenými až takmer vertikálnymi bočnými stenami (Bondesan et al., 1992; Williams, 2004). Ich morfológia je ovplyvnená geomorfologickými podmienkami, ktoré vplývajú na vznik geomorfologických činiteľov a následný priebeh geomorfologických procesov (Minár, 1996). Uznávané sú štyri základné mechanizmy formovania závrto (korózia, kolapsy, sufózia a subsidencia), avšak málokedy reprezentujú monogenetické formy reliéfu (Ford a Williams, 2007). Práve morfometrická analýza závrto predstavuje nástroj kvantifikácie pri vytváraní hypotéz o evolúcii a dynamike nielen krasového geosystému, ale aj okolitej krajiny.

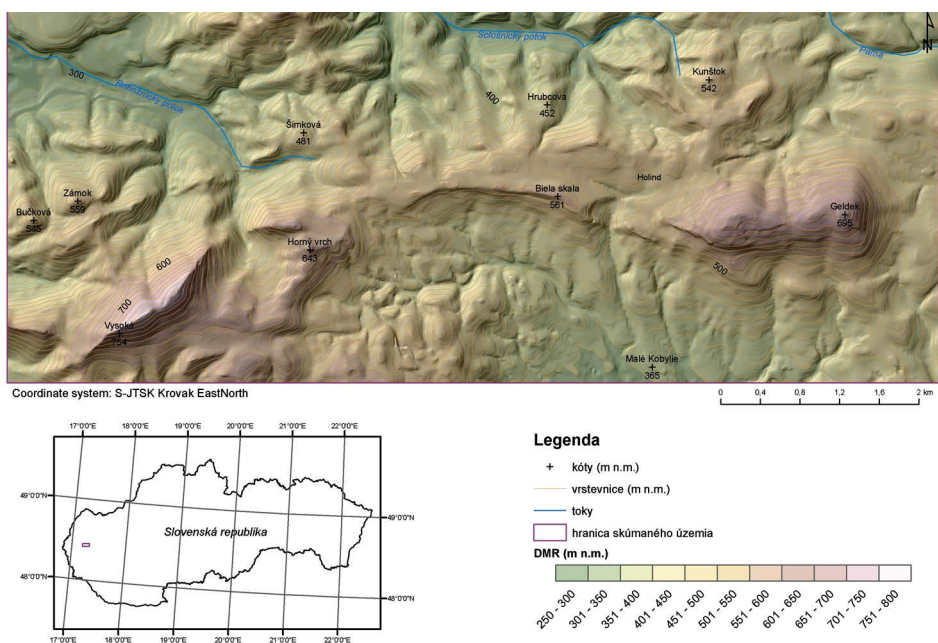
Podnetom mapovania závrto bol komplexný výskum na krasových plošinách Komberek (Putiška et al., 2013) a Dlhý vrch (Veselský et al., 2014). Závrto Bielej

skaly sa venovalo viacero autorov, ale názory na ich počet a označenie sa odlišujú (Zaťko, 1959; Stankoviánsky, 1970, 1974; Šmída, 2008; Lačný, 2012 a iní). Cieľom práce je preto doplniť a spresniť doterajšie poznatky a podrobne zmapovať závrty v snahe o ich morfometrickú analýzu a následnú kompletizáciu geomorfologického výskumu závrto v krasových plošín Kuchynsko-orešanského krasu.

## ZÁKLADNÉ ÚDAJE A NÁČRT PROBLEMATIKY

Krasová plošina Biela skala s rozlohou 1,41 km<sup>2</sup> sa nachádza v strednej časti Pezinských Karpát, v oblasti Kuchynsko-orešanského krasu, medzi obcami Kuchyňa a Horné Orešany. Oblasť kóty Biela skala (561 m) je situovaná na južnom okraji rovnomennej plošiny a spolu s vrcholom Vysoká (754 m) a Geldek (695 m) tvorí trojvršie (obr. 1), ktoré sa ako kulisa strmo dvíha na južnom okraji Bielych hôr nad miernejšie modelovaný reliéf na kryštaliniku Pezinských Karpát. Trojvršie tvorí najjužnejšiu zo štyroch kulís v Bielych horách. Na kulisovité usporiadanie štruktúrnych chrbtov a hrebeňov v severnej časti Pezinských Karpát poukazujú už Hromádka (1935) a Lukniš (1952). Hromádka (1956) tunajší reliéf práve pre toto špecifické usporiadanie hrebeňov nazýva apalačským. Predmetná trojvrcholová kulisa sa viaže na vápencovo-dolomitický komplex fatrika (vysockého príkrovu), uklonený na SZ a S, s vrstevnými čelami vystupujúcimi na JV a J. Jej jednotlivé vrcholy, podobne ako vrcholy v ostatných kulisách, sú vlastne monoklinálne hrebene typu kozích chrbtov so skalnými výstupmi na vrstevných čelách karbonátov (Stankoviánsky, 1974).

V porovnaní s Vysokou a Geldekom má Biela skala výrazné odlišnosti. Je oveľa nižšia, čo si všíma už Hromádka (1935), a jej povrch je pomerne plochý. Krasová plošina, zrezávajúca jej vrchol, predstavuje zvyšok zarovnaného povrchu z panónu



Obr. 1. Lokalizácia krasovej plošiny Biela skala  
Fig. 1. Localization of karst plateau Biela skala



– stredohorskej rovne (Stankoviansky, 1974; Jakál et al., 1990). V zhruba z.-v. smere pretiahnutá plošina vystupuje vo výškach 500 – 550 m n. m., so šírkou zväčšujúcou sa smerom na východ, pričom maximálnu hodnotu dosahuje západne od Holindu. Plytká úvalinovitá depresia s lineárne usporiadaným výskytom závrvtov rozdeľuje plošinu na dve časti. Západná časť je mierne uklonená na sever a východná na juh (Stankoviansky, 1970). Plošina je z juhu aj zo severu ohraničená štruktúrno-litologicky podmienenými nevysokými chrbtami. Severný chrbát je na viacerých miestach prerušený závermi dolín, ústiacich zľava do doliny Sološníckeho potoka. Južný chrbát, ktorého súčasťou je i vrchol Bielej skaly, je výrazne výškovo asymetrický. Smerom na sever, teda k plošine, vystupuje menej výrazne, zato smerom na juh sa v porovnaní s Vysokou a Geldekom „síce nepríliš vysoko, ale strmo dvíha nad reliéf na kryštaliniku“ (cf. Hromádka, 1935).

V minulosti bolo územie krasovej plošiny obývané, čo dosvedčuje listina z roku 1478 z archívu malackého panstva, v ktorej sa spomína „Colonia sub Monte Rachstum“, teda malá osada na horskej lúčine Holind, ležiaca neďaleko sedla medzi Bielou skalou a Geldekom. Obyvateľstvo tvorili pravdepodobne prenasledovaní protestantskí „Českí bratia“, ale nie je možné vylúčiť ani nemeckých „Huncokárov“. Po vyhlásení tolerančného patentu v roku 1781 sa obyvateľstvo vysťahovalo do väčších obcí a na území osady boli zriadené vápenné pece. Práve antropogénny zásah do krajiny bol dôvodom nevyhnutnej diferenciacie závrvtov a vápenných jám pri podrobnom mapovaní. Základným rozlišovacím znakom sú rezíduá uhlíka a značne rozdielny tvar premodelovaného závrvtu. Nie vždy však možno jednoznačne rozhodnúť, či vápenná jama nie je iba antropogénne premodelovaný závrvt.

Výskum závrvtov Kuchynsko-orešanského krasu má dlhú históriu. Priamo z oblasti Bielej skaly sa im venoval už Zaťko (1959), ktorý spomína dva závrty SZ od kóty Geldek, v blízkosti horárne na Holinde. V depresii smeru SZ-JV si všíma jeden plytký závrvt s tvarom misy, hlboký 1 m, a druhý, menší závrvt, antropogénne premodelovaný. Krasové „jamy“ na Bielej skale okrajovo spomína aj Lukniš (1972). Za najprínosnejšie možno považovať práce Stankovianskeho (1970, 1974). Vyčleňuje dosiaľ nerozlíšené samostatné územie Kuchynsko-orešanského krasu s rozlohou 26 km<sup>2</sup>, ktoré je od Plaveckého aj Smolenického krasu výrazne morfológicky i hydrogeologicky oddelené. Autor sa zameriava na geomorfologické pomery strednej časti Malých Karpát, pričom uvádza aj závrty z oblasti krasovej plošiny Biela skala. Ide o prvé systematické hodnotenie závrvtovej línie v danej oblasti, s opisom 35 závrvtov v línii. Stankoviansky predpokladá vznik závrvtov na tektonicky predisponovanej línii zsz.-vjv. smeru. Takisto opisuje závrvt na lúčine Holind a ďalšie 2 závrty 100 m východne od Holindu. Väčší z nich, do ktorého ústi 15 m dlhý zárez, plní funkciu občasného ponoru. Prínosné je ich schematické znázornenie. Okrem lineárneho výskytu Stankoviansky opisuje ďalšie závrty nepravidelne roztrúsené po plošine Bielej skaly. Celkovo uvádza vo vysokých vápencoch 46 závrvtov; pri podrobnejšom výskume sme však niektoré charakterizovali ako zložené a iné sme definovali ako vápenné jamy (Ágh et al., 2015). Z toho dôvodu v novej nomenklatúre udávame menší počet závrvtov ako Stankoviansky. Šmída (2008) opisuje líniu 31 závrvtov v plytkej širokej úvaline so sklonom 3°. Závrty charakterizuje ako malé a veľmi súmerné, lievikovité alebo kotlovité, s priemerom 3 – 5 m a hĺbkou 0,5 – 2 m. Ich vznik spája s litologickým rozhraním vápenca a nadložného dolomitu a zamýšľa sa nad sz. drenážou v smere úklonu karbonátov (40°). Najsystematickejšie sa závrvtom venoval Lačný (2008, 2012), ktorý pomocou GPS presne lokalizoval 36 závrvtov v plytkej úvaline, 350 m severne od kóty Biela skala, a opísal geologickú

stavbu ich podložia. Najväčší závrť je 8 m dlhý a 4 m hlboký. Ostatné závrty dosahujú dĺžku v priemere 3 – 6 m s hĺbkou 0,3 – 4 m. Štyri závrty na základe ronovej ryhy klasifikoval ako občasne aktívne závrty.

Sumarizácii závrťov a ich jednotnej nomenklatúre sme sa venovali v predchádzajúcej práci (Ágh et al., 2015).

## METODIKA

Na dosiahnutie stanovených cieľov sme kombinovali viaceré metodické postupy. Základným predpokladom pre výskum bolo zozbieranie všetkých dostupných podkladov o záujmovom území. Vzhľadom na skutočnosť, že krasovej plošine sa venovalo viacero autorov, pričom každý použil iné označenie závrťov a lokalizoval iné závrty, bolo nevyhnutné zrealizovať rekognoskačný prieskum s cieľom sumarizácie a vytvorenia jednotnej nomenklatúry. Zber podkladových údajov prebiehal digitalizáciou výškopisu, konkrétne kót a vrstevníc z topografickej mapy. Ako podklad bola použitá základná mapa SR v mierke 1 : 10 000, ktorej tvorcom je GKÚ. Analógová mapa bola naskenovaná a súradnicovo pripojená do súradnicového systému S-JTSK. Rekognoskáciu terénu sme vykonali v júli 2014. Pomocou GPS Archer Field PC sa nám podarilo bodovo zamerať 41 závrťov s označením *bs1 – bs41*, ktoré sme spracovali do prehľadnej tabuľky (Ágh et al., 2015). Množina nami zmapovaných závrťov v sebe zahŕňala všetky závrty spomínané jednotlivými autormi, doplnené o nové závrty, ktoré sa nám podarilo lokalizovať.

V druhej časti výskumu sme sa zamerali na morfometrickú analýzu závrťov, ktorá využíva viacero metodických postupov (Cvijič, 1893; Segre, 1948; Williams, 1972; Castiglioni, 1991; Bondesan et al., 1992 a iní). Vzhľadom na pomerne malé územie a snahu o maximálnu presnosť sme sa rozhodli pre automatickú detekciu depresií v krase (Pardo-Igúzquiza et al., 2013) a ich následnú morfometrickú analýzu s využitím DMR (digitálny model reliéfu) a nástrojov hydrologickej terénnej analýzy. Využitie nástrojov geografického informačného systému (GIS) pri určení hraníc závrťov a ich morfometrických charakteristík predstavuje v porovnaní s ručným, často subjektívnym vyčleňovaním vhodnú alternatívu ich automatizovaného ohraničenia. Na základe bodového zamerania závrťov sme rozdelili územie na 5 lokalít a pre každú lokalitu sme vytvorili podrobný DMR na základe výškového bodového poľa zozbieraného pomocou totálnej stanice Topcon GTS-105N. Na ploche 0,076 km<sup>2</sup> (*Lokalita 1 – 1800 m<sup>2</sup>, Lokalita 2 – 875 m<sup>2</sup>, Lokalita 3 – 2031 m<sup>2</sup>, Lokalita 4 – 20 900 m<sup>2</sup>, Lokalita 5 – 3825 m<sup>2</sup>*) sme zozbierali 2685 výškových bodov (*Lokalita 1 – 149 bodov, Lokalita 2 – 73 bodov, Lokalita 3 – 2031 bodov, Lokalita 4 – 295 bodov, Lokalita 5 – 137 bodov*) a následne sme v prostredí ESRI ArcGIS 10.1 vytvorili digitálny model reliéfu s rozlíšením 0,1 m na pixel (Spline – tension). Podľa Pardo-Igúzquiza et al. (2013) sme použili nástroj „Fill“ (Spatial Analyst Tools – Hydrology), na základe ktorého sme vyplnili DMR každej lokality, čím sme dostali hydrologicky korektné modely. Na základe rozdielu pôvodných a vyplnených digitálnych terénnych modelov jednotlivých lokalít (1 až 5) sme vytvorili pre každú lokalitu nový digitálny terénny model, ktorého reklasifikáciou sme získali hranice závrťov predstavujúce sečnú plochu najnižšieho bodu ich okrajovej hrany. Následne sme takto automatizovane ohraničené závrty porovnali s bodovo zameranými závrťmi a zistili sme zlúčenie závrťov *bs9 a bs10, bs13 a bs14, bs15 a bs16, bs31 a bs32*. Zlúčenie dvojíc závrťov do jedného je spôsobené nastavením nástroja „Fill“, ktorý vyplní všetky depresie v digitálnom

modeli reliéfu po tzv. *pour point*, teda bod, z ktorého by sa preliala voda, keby sme depresiu vyplnili po jej okraj. Pri použití nástroja sa nastavuje parameter „*z\_limit*“, teda maximálny výškový rozdiel medzi „*pour point*“ a najhlbším bodom depresie, ktorý bude vyplnený. Teda „*z\_limit*“ rozhoduje, či bude depresia vyplnená alebo nie. Ak je skutočná hĺbka depresie väčšia ako „*z\_limit*“, depresia nebude vyplnená. Ak máme dva závrty v pokročilom štádiu vývoja blízko seba, oddelené už iba miernym „chrptom“ pod úrovňou „*pour point*“, nástroj „*Fill*“ nám vyplní tieto závrty, akoby boli jeden zložený závrť. Z toho dôvodu sme museli takto zdvojené závrty dodatočne rozdeliť na základe ich DMR. Porovnaním automaticky ohraničených závrťov a závrťov lokalizovaných v rekognoskačnom prieskume sme zistili absenciu závrťu *bs23*. Tento závrť sme nedostali automatickým ohraničením vzhľadom na jeho veľmi malé rozmery a najmä malú hĺbku, a preto ani nevstupoval do ďalšej analýzy. Z celkového počtu závrťov 41 sa nám podarilo poloautomatizovane ohraničiť 40 závrťov, ktoré vstupovali do následnej morfometrickej analýzy (Zonal Statistic, Zonal Geometry, Create Longest Transect, Linear Directional Mean...).

V rámci geologického výskumu sme realizovali detailné geologické mapovanie širšieho okolia. Za podklad mapovania sme si zvolili geologickú mapu Poláka et al. (2011).

## ZÁKLADNÁ GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

Krasovú plošinu Bielej skaly možno podľa Stankovianskeho (1974) a Jakála et al. (1990) považovať za relikt panónskeho povrchu tzv. stredohorskej rovne, tvorený prevažne karbonátmi vysokého súvrstvia. Okrem karbonátov tatrika sa na geologickej stavbe územia podieľajú aj paleoalpínske jednotky tatrika a kryštalínika a prevláda zastúpenie zlomov jv.-sz. smeru. Tatrikum je reprezentované sedimentmi a karbonátmi kriedy kadlubskej jednotky, kryštalínikum je zastúpené granodioritmi a tonalitmi modranského masívu (Polák et al., 2012). Keďže závrty ako formy krasového reliéfu vznikajú v silnej väzbe na geologické podložie, bolo potrebné vykonať detailné geologické mapovanie okolia plošiny.

Geologické mapovanie sme zrealizovali koncom roku 2014 a jeho výsledkom je nová geologická mapa oblasti (obr. 2). Od aktuálnej geologickej mapy Malých Karpát (Polák et al., 2011) sa odlišuje najmä rozsahom ramsauských dolomitov. Ako sa preukázalo aj na krasových plošinách Komberek (Putiška et al., 2013) a Dlhý vrch (Veselský et al., 2014), typické sivé ramsauské dolomity buď absentujú vo vrstevnom slede, alebo sú zastúpené iba marginálne. Totožná situácia je aj na Bielej skale. Dolomity tu vystupujú skôr ako nevymapovateľné šošovky, resp. dolomitizované polohy vápencov vysokého súvrstvia. Často sú dolomitizované aj tmavé bitumenózne vápence gutensteinskej fácie. Ramsauské dolomity sú naznačené v pruhu severne od Bielej skaly na kontakte s karpatským keuprom, kde sa dolomity nachádzajú (obr. 2). Nedá sa však s určitosťou povedať, či tieto dolomity už nie sú súčasťou súvrstvia karpatského keupru.

Pri mapovaní sme vytvorili hypotézu vzniku línie závrťov na tektonickej diskontinuite podmienenej predpokladaným zlomom sz.-jv. smeru. Podobný zlom predpokladáme aj v ssv.-jjz. smere, ktorý prebieha Holindom a križuje zlom sz.-jv. smeru. Ak by bola naša hypotéza správna, zlom smeru SZ-JV by bol mladší ako zlom prechádzajúci Holindom a šlo by o smerný dextrálny posun. Nemožno však vylúčiť ani kombináciu s prešmykom alebo poklesom. Vzhľadom na vysoké zalesnenie územia je veľmi ťažké nájsť indikátory, na základe ktorých by sa hypotéza dala verifikovať.



Obr. 2. Detailná geologická mapa skúmanej oblasti (s použitím podkladov Polák et al., 2011)  
 Fig. 2. Detailed geological map of studied area (using data from Polák et al., 2011)



Obr. 3. Odkryv v karbonátoch vysockého súvrstvia. Foto: A. Lačný  
 Fig. 3. Outcrop in Carbonate rock of the Vysoká Formation. Photo: A. Lačný



Obr. 4. Novoobjavená jaskyňa na Biely skale.  
 Foto: A. Lačný  
 Fig. 4. Newly discovered cave in Biela skala.  
 Photo: A. Lačný

Namerané plochy vrstvitosti karbonátov v okolí (S01: 340/60, 350/65, 335/70) indikujú monotónnu geologickú stavbu s upadajúcimi plochami na SZ zo sklonom 60 – 70° (obr. 3). Pri terénnom mapovaní sme lokalizovali aj menšiu, doteraz neopísanú jaskyňu (obr. 4), nachádzajúcu sa v blízkosti aktívnej vyvierajúcej, južne od línie závrťov. Je vytvorená v masíve vysokých vápencov s puklinatnosťou S02 213/60, ktorá môže mať súvis so zlomovou štruktúrou sz.-jv. smeru.

## MORFOMETRICKÁ ANALÝZA ZÁVRTOV

Pri morfometrickej analýze sme vychádzali z príkladovej štúdie Veselského et al. (2014), zaoberajúcej sa analýzou závrtoV na Dlhom vrchu s cieľom hľadania ukazovateľov podporujúcich hypotézu ich vzniku na lineárnych diskontinuitách. Použili sme 11 atribútov, z ktorých prvých 7 bolo priamo merateľných nástrojmi morfometrickej analýzy a zvyšné 4 atribúty boli odvodené (tab. 1). Záujmové územie sme rozdelili na menšie lokality (obr. 5).

*Lokalita 1* je tvorená dvoma závrťmi *bs1* a *bs2*, ktoré kopírujú nevýraznú líniu sv.-jz. smeru. Okrem spomenutých závrtoV sme na línii lokalizovali aj rozsiahlu depresiu, ktorú sme vzhľadom na jej antropogénne premodelované svahy špecifikovali ako vápennú jamu.

*Lokalitu 2* tvorí pomerne plytký závrť *bs3*. Poloha na Holinde v blízkosti krmidla pre zver ovplyvňuje jeho tvar a charakter (pretváranie na bahnisko).

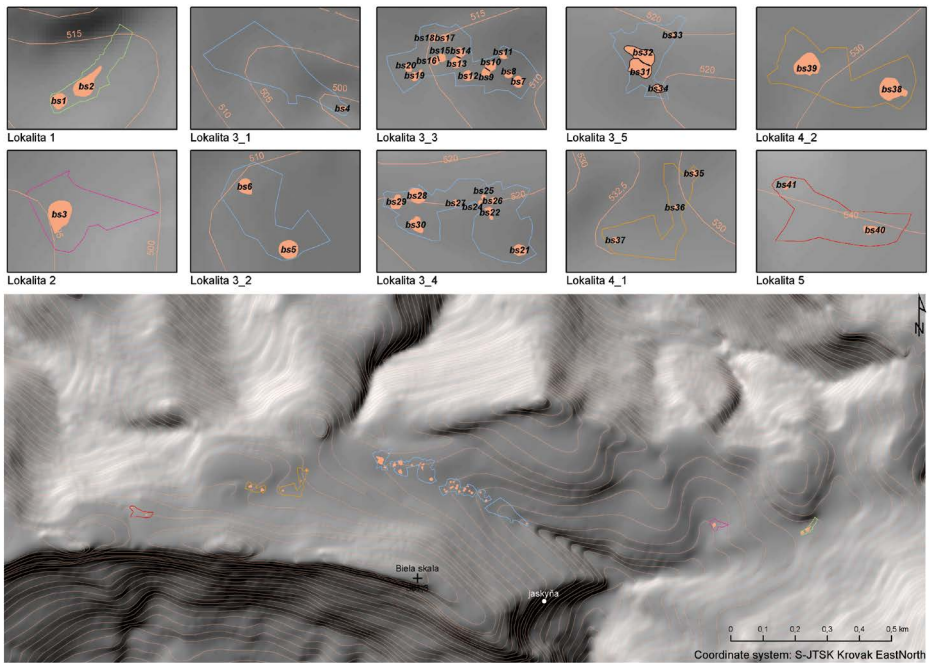
Najvýraznejšia je *Lokalita 3*, tvorená množinou líniovo orientovaných závrtoV (*bs4* – *bs34*) v plytkej doline jv. smeru. Ide o symetrické lievikovité závrty rovnakej genézy, vyplnené napadaným drevným materiálom. Najväčšia hustota závrtoV je v strednej časti línie (*Lokalita3\_3*). Zaujímavá je pomerne veľká nestabilita dna závrtoV, čo sa najvýraznejšie prejavuje drobnými kolapsmi, najlepšie pozorovateľnými na závrte *bs28*, a tiež zavodenie závrtoV *bs15*, *bs16*, *bs30*, *bs31* a *bs32* spôsobené ich upchatím (obr. 6). Veľký antropogénny vplyv sledujeme na závrťoch *bs22* – *bs26*, ktoré sú do veľkej miery zničené ťažobnými mechanizmami a v teréne ťažko rozlíšiteľné.

*Lokalita 4* (*bs35* – *bs39*) a *Lokalita 5* (*bs40*, *bs41*) nie sú veľmi výrazné. Závrty *bs38*, *bs39* a *bs40* možno podľa Šmidu (2008) označiť za „fantómové ploché depresie“ v štádiu postupného zániku, ktoré plnia funkciu „bahnísk“.

Základné merateľné atribúty (obr. 7) nepreukazujú žiaden výrazný trend. Pozoruhodný je veľký pokles hĺbky závrtoV *bs21* – *bs30* v porovnaní so závrťmi *bs31* a *bs32*. Závrty *bs31* a *bs32* nadobúdajú extrémne hodnoty takmer vo všetkých merateľných atribútoch. Sú pretiahnutého elipsovitého tvaru a v čase zrážok slúžia ako hltače, čo dosvedčuje prírodný kanál odvádzajúci zrážkovú vodu do podzemia (obr. 8). Závrty *bs31* a *bs32* predstavujú akoby prirodzenú bariéru zachytávajúcu povrchový odtok, čo môže mať vplyv na závrty v línii pod nimi, prejavujúci sa poklesom hodnôt merateľných atribútov (obr. 7).

Ohraničenie najdlhšej osi závrťu, podľa Bondesana et al. (1992) – DMAX, nástrojom „*Create Longest Transect*“ je predpokladom pre zhotovenie ružicového diagramu na analýzu smerov, ktorá prezentuje štruktúrny vývoj za predpokladu vzniku najdlhšej osi závrtoV pod vplyvom tektonických porúch a zlomov. Prevláda sz.-jv. smer, čo sa najlepšie prejavuje na *Lokalite 3*. Sv.-jz. smer je málo výrazný a možno ho sledovať na *Lokalite 1* a *Lokalite 5*. Kolmé križovanie línie závrtoV na *Lokalite 1* (SV-JZ) a na *Lokalite 5* (SZ-JV) indikuje tektonickú predispozíciu. Zastúpený je aj s.-j. smer, ten sa však potvrdil iba na *Lokalite 2*, a aj to iba na jednom závrte, preto táto informácia nie je veľmi výpovedná.

Bondesana et al. (1992) na základe pomeru hĺbky a priemeru závrťu definuje genetickú homogenitu. Hodnota rozptylu 0,01 ako miery variability dokazuje vznik závrtoV rovnakým procesom, resp. množinou procesov. Pomer teoretického priemeru a najdlhšej osi závrtoV sme použili na zhodnotenie tvaru planimetrickej plochy závrtoV (tab. 1). Hodnota pomeru sa pohybovala od 0,58 (elipsovité tvar) po 0,97 (okružlý tvar).



Obr. 5. Detailná lokalizácia závrvtov na krasovej plošine Biela skala  
 Fig. 5. The detailed localization of dolines in karst plateau Biela skala

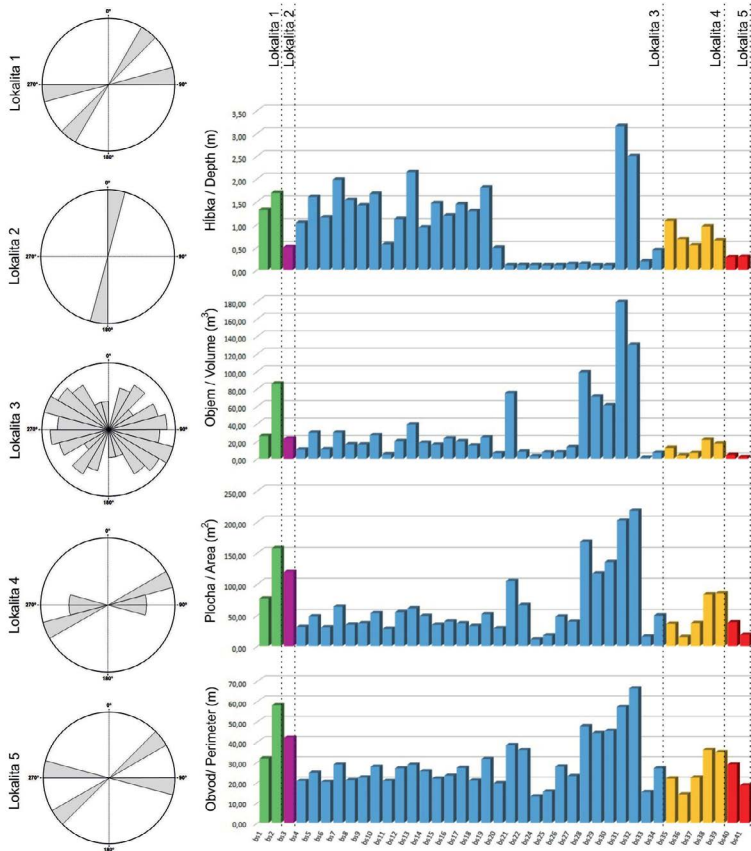


Obr. 6. Upchatie a následné zavodnenie závrvtov. Foto: L. Ágh  
 Fig. 6. Blocked doline filling by water. Photo: L. Ágh

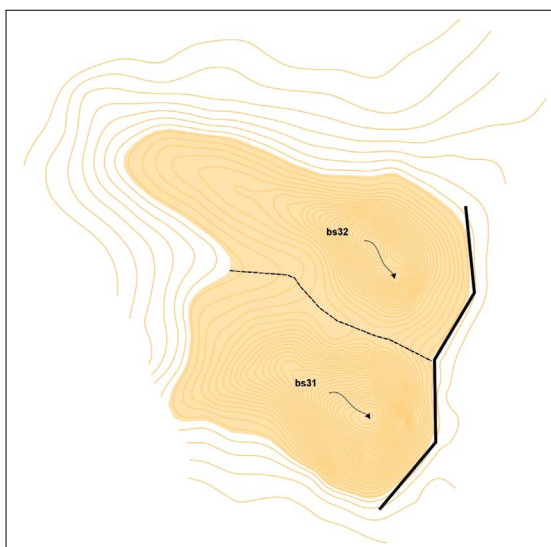
Tab. 1. Morfometrické charakteristiky závrvtov

Tab. 1. Morphometric doline attributes

	Hĺbka (m)	Plocha (m <sup>2</sup> )	Obvod (m)	Objem (m <sup>3</sup> )	Povrch (m <sup>2</sup> )	Najdlhšia os (m)	Azímút najdlhšej osi (0°-360°)	Teoretický polomer (m)	Teoretický priemer (m)	Hĺbka / priemer	Teoretický priemer / najdlhšia os
bs1	1,32	76,08	31,68	25,83	66,95	10,74	82,00	4,92	9,84	0,13	0,92
bs2	1,69	157,36	57,96	85,45	158,31	24,15	40,00	7,08	14,16	0,12	0,59
bs3	0,49	118,78	41,84	22,59	113,03	15,76	13,00	6,15	12,30	0,04	0,78
bs4	1,03	30,57	20,56	10,26	30,85	7,34	63,00	3,12	6,24	0,17	0,85
bs5	1,60	47,41	24,63	29,71	52,22	8,05	82,00	3,89	7,77	0,21	0,97
bs6	1,15	29,91	20,13	10,50	31,77	7,23	322,00	3,09	6,17	0,19	0,85
bs7	1,98	63,09	28,67	29,72	66,51	9,65	73,00	4,48	8,96	0,22	0,93
bs8	1,53	34,34	21,01	16,14	37,31	7,12	300,00	3,31	6,61	0,23	0,93
bs9	1,42	36,41	22,25	15,95	38,76	7,56	77,00	3,41	6,81	0,21	0,90
bs10	1,67	52,81	27,53	26,65	56,67	9,53	64,00	4,10	8,20	0,20	0,86
bs11	0,56	27,65	20,57	4,63	26,03	7,70	301,00	2,97	5,94	0,09	0,77
bs12	1,11	54,38	26,83	19,84	55,94	8,89	289,00	4,16	8,32	0,13	0,94
bs13	2,15	60,41	28,57	38,90	67,25	9,50	284,00	4,39	8,77	0,24	0,92
bs14	0,93	48,16	25,37	18,04	49,74	8,20	355,00	3,92	7,83	0,12	0,96
bs15	1,46	34,12	21,75	15,74	36,79	7,40	291,00	3,30	6,59	0,22	0,89
bs16	1,19	39,46	23,16	22,86	42,98	7,70	29,00	3,55	7,09	0,17	0,92
bs17	1,44	36,32	27,04	19,72	39,81	8,41	307,00	3,40	6,80	0,21	0,81
bs18	1,29	32,15	20,80	14,83	35,08	6,77	90,00	3,20	6,40	0,20	0,95
bs19	1,81	51,02	31,39	24,06	54,56	11,24	45,00	4,03	8,06	0,22	0,72
bs20	0,48	28,39	19,45	6,13	28,74	7,00	330,00	3,01	6,01	0,08	0,86
bs21	0,10	104,39	38,20	74,84	113,82	13,03	274,00	5,77	11,53	0,01	0,89
bs22	0,11	65,87	35,85	7,84	64,37	12,58	342,00	4,58	9,16	0,01	0,73
bs24	0,10	10,68	12,98	2,60	11,45	4,58	44,00	1,84	3,69	0,03	0,80
bs25	0,10	16,90	15,30	6,97	19,25	5,14	17,00	2,32	4,64	0,02	0,90
bs26	0,10	47,07	27,65	7,07	40,43	10,34	80,00	3,87	7,74	0,01	0,75
bs27	0,13	39,11	22,98	13,05	41,47	7,62	59,00	3,53	7,06	0,02	0,93
bs28	0,13	167,48	47,54	98,53	177,51	17,29	301,00	7,30	14,61	0,01	0,85
bs29	0,10	116,42	44,20	70,89	123,32	14,27	31,00	6,09	12,18	0,01	0,85
bs30	0,10	134,92	45,27	60,80	137,94	15,47	321,00	6,55	13,11	0,01	0,85
bs31	3,16	201,74	57,10	178,96	219,29	20,24	308,00	8,02	16,03	0,20	0,79
bs32	2,50	217,62	66,21	130,05	227,54	26,83	292,00	8,32	16,65	0,15	0,62
bs33	0,19	15,27	15,08	0,94	14,11	5,59	283,00	2,21	4,41	0,04	0,79
bs34	0,43	48,84	26,86	6,58	48,00	10,70	293,00	3,94	7,89	0,05	0,74
bs35	1,07	35,55	21,81	12,08	36,91	7,55	66,00	3,36	6,73	0,16	0,89
bs36	0,67	14,51	13,96	3,48	15,22	4,67	72,00	2,15	4,30	0,16	0,92
bs37	0,54	36,77	22,23	6,43	36,92	7,90	66,00	3,42	6,84	0,08	0,87
bs38	0,95	82,86	35,88	21,57	76,89	12,66	285,00	5,14	10,27	0,09	0,81
bs39	0,65	84,91	34,73	17,28	85,06	11,65	82,00	5,20	10,40	0,06	0,89
bs40	0,28	37,63	28,68	3,84	34,77	12,04	271,00	3,46	6,92	0,04	0,58
bs41	0,28	17,80	18,37	1,42	16,68	6,27	53,00	2,38	4,76	0,06	0,76



Obr. 7. Ružicové diagramy najdlhších osí závrtovej a histogram základných atribútov  
 Fig. 7. Rose diagram of the longest doline axes and histogram of basic attributes



Obr. 8. Závrty bs31 a bs32  
 Fig. 8. Dolines bs31 and bs32



## DISKUSIA A ZÁVER

Na základe podrobného mapovania závrvtov na krasovej plošine Biela skala možno hovoriť o vzniku závrvtov na tektonických štruktúrach sz.-jv., resp. sv.-jz. smeru. Tieto smery korelujú so smerom pomyselných osí spájajúcich závrty na jednotlivých lokalitách. Na *Lokalite 1* a *Lokalite 4* (bs35, bs36) je to os sv.-jz. smeru, na *Lokalite 3*, *Lokalite 4* (bs37, bs38, bs39) a *Lokalite 5* je to os sz.-jv. smeru. Smer SZ-JV je dokázateľný najmä na *Lokalite 3*, čo možno vidieť na ružicovom diagrame lokality (obr. 7). Tento generálny smer sledujú všetky línie závrvtov na krasových plošinách Kuchynsko-orešanského krasu. Z posunov na geologických rozhraniach vyplýva, že dextrálne zlomy sz.-jv. smeru sa pôsobením kompresie s.-j. smeru reaktivizovali a tvoria párový systém so sinistrálnymi zlomami s.-j. smeru (Marko a Jureňa, 1999). Vplyv smerov tektonických štruktúr sa prejavuje aj v generálnych smeroch jaskýň v oblasti, čo potvrdzuje aj Lačný (2013).

Závrty na západ od opisovanej líniovej štruktúry sú odlišné. Nedá sa s určitosťou tvrdiť, či ide o vznik na litologickej diskontinuite (dolomitizovaná vs. nedolomitizovaná časť vysokého súvrstvia), prípadne či nejde o reaktivizovanú plochu v procese juhovergentného tektonického prepracovania pôvodnej severovergentnej stavby v období spodného miocénu (Marko et al., 1991, 1995).

Na základe porovnania krasovej plošiny Biela skala s krasovými plošinami Komberek a Dlhý vrch si môžeme všimnúť podobnosť nielen smerov líniových diskontinuit prejavujúcich sa v usporiadaní závrvtov ako povrchových krasových foriem, ale aj zastúpenia foriem krasového reliéfu. Výška krasových plošín klesá od Bielej skaly (561 m n. m.) sv. smerom cez plošinu Dlhý vrch (481 m n. m.) až po plošinu Komberek (409 m n. m.). Napriek veľkej podobnosti zastúpenia povrchových aj podzemných krasových foriem sa tieto lokality odlišujú typom krasového reliéfu podľa Jakála (1993). Krasová plošina Bielej skaly na základe spomenutej typológie zasahuje do dvoch typov krasu. Oblasť Holindu začleňujeme do rozčleneného krasu monoklinálnych hrebeňov a chrbtov s čiastočne vyvinutým exo- a endokrasom, s prevažne nedokonale vytvorenými formami krasu, prejavom fluviokrasu, alogénnym a lokálne autogénnym vývojom. Zúžená časť plošiny tiahnuca sa na západ patrí do rozčleneného krasu masívnych chrbtov, hrástí a vrásovo-zlomových štruktúr, ale má dobre vyvinutý exo- a endokras s početným zastúpením krasových foriem, s prevažne autogénnym vývojom, kombinovaným s alogénnym vývojom. Už v prípade plošiny Bielej skaly možno uvažovať o zjednotení typológie pre celú krasovú plošinu. Duálne členenie je pravdepodobne spôsobené nepresnosťou v ručnom zakreslení plošiny v rámci typológie krasu (Jakál, 1993). Krasová plošina Dlhý vrch je tvorená rozčleneným krasom masívnych chrbtov, hrástí a kombinovaných vrásovo-zlomových štruktúr s čiastočne vyvinutým exo- a endokrasom, s prevažne nedokonale vytvorenými formami krasu, prejavom fluviokrasu a alogénnym a lokálne autogénnym vývojom. Komberek patrí podobne ako Dlhý vrch do rozčleneného krasu masívnych chrbtov, hrástí a vrásovo-zlomových štruktúr, ale má dobre vyvinutý exo- a endokras s početným zastúpením krasových foriem, s prevažne autogénnym vývojom, kombinovaným s alogénnym vývojom. Vzhľadom na spomenuté odlišnosti je potrebné sa zamyslieť nad zjednotením typológie, resp. začlenením krasových plošín Kuchynsko-orešanského krasu do jednej kategórie, čo by mohlo byť predmetom ďalšej štúdie.

Poďakovanie: Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11 a Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied na základe zmluvy č. 1/0095/14. Poďakovanie patrí aj študentom Katedry fyzickej geografie a geokológie PriF UK za pomoc pri zbere údajov z topografických máp a ich spracovaní.

## LITERATÚRA

- ÁGH, L. – VESELSKÝ, M. – LAČNÝ, A. 2015. Nová nomenklatúra závrvtov krasovej plošiny Biela skala, Kuchynsko-orešanský kras. In Študentská vedecká konferencia PriF UK (Bratislava, 22. apríl 2015), Zborník recenzovaných príspevkov. Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava (v tlači).
- BONDESAN, A. – MENEGHEL, M. – SAURO, U. 1992. Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology*, 21, 1–4, 1–55.
- CASTIGLIONI, B. 1991. Some morphometric and environmental aspects of dolines in Berici Hills (Vincenza, Italy). *Proceeding of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas – I.G.U.-U.I.S.*, 15–27 Sept. 1991: Quaderni del Dipartimento di Geografia, 13, 143–156.
- CVJIČ, J. 1893. Der Karsthänomen. *Geographische Abhandlungen*, 5, 219–329.
- FORD, D. – WILLIAMS, P. 2007. *Karst Hydrology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 s.
- HROMÁDKA, J. 1935. Zemepis okresu bratislavského a malackého. Sväzok druhý: Malé Karpaty, Záhorská nížina, Podunajská nížina pri Bratislave. Knihlaďiareň Ján Pocisk a spol., Bratislava, 280 s.
- HROMÁDKA, J. 1956. Orografické triedení Československej republiky. *Sborník Československé spoločnosti zemepisné*, 61, 3, 161–299.
- JAKÁL, J. 1993. Karst geomorphology of Slovakia. *Geographia Slovaca*, 4, 5–24.
- JAKÁL, J. – LACIKA, J. – STANKOVIANSKY, M. – URBÁNEK, J. 1990. Morfoštruktúry Malých Karpát. Manuskript. Geografický ústav SAV, Bratislava, 163 s.
- LAČNÝ, A. 2008. Zhrnutie doterajšieho speleologického prieskumu na Komberku. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 39, 2, 35–37.
- LAČNÝ, A. 2012. Kuchynsko-orešanský kras (geológia, tektonika, hydrogeológia). Diplomová práca, Univerzita Komenského v Bratislave, 85 s.
- LAČNÝ, A. 2013. Vplyv litológie a tektoniky na vznik jaskýň v Kuchynsko-orešanskom krase. *Acta Geologica Slovaca*, 5, 1, 97–105.
- LUKNIŠ, M. 1952. Náčrt geomorfologických pomerov Malých Karpát. In Virsík, A. (Ed.): *Kras a jaskyne malých Karpát*. Tatran, Bratislava, 22–27.
- LUKNIŠ, M. 1972. Slovensko 2 – Príroda. *Obzor*, Bratislava, 166 s.
- MARKO, F. – FODOR, L. – KOVÁČ, M. 1991. Miocene strike-slip faulting and block rotation in Brezovské Karpaty Mts. (Western Carpathians). *Mineralia Slovaca*, 23, 3, 189–200.
- MARKO, F. – PLAŠIENKA, D. – FODOR, L. 1995. Meso-cenozoic tectonic stress fields within the Alpine-Carpathian transition zone: A review. *Geologica Carpathica*, 46, 1, 19–27.
- MARKO, F. – JUREŇA, V. 1999. Zlomová tektonika východného okraja viedenskej panvy a hrastu Malých Karpát. *Mineralia Slovaca*, 31, 5–6, 513–524.
- MINÁR, J. 1996. Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo väzbe na tvorbu komplexných geomorfologických máp. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comeniana*, *Geographica*, 36, 7–125.
- PADRO-IGÚZQUIZA, E. – VALSERO J. J. D. – DOWD, P. A. 2013. Automatic detection and delineation of karst terrain depressions and its application in geomorphological mapping and morphometric analysis. *Acta Carsologica*, 42, 1, 17–24.
- POLÁK, M. – PLAŠIENKA, D. – KOHÚT, M. – PUTIŠ, M. – BEZÁK, V. – MAGLAY, J. – OLŠAVSKÝ, M. – HAVRILA, M. – BUČEK, S. – ELEČKO, M. – FORDINÁL, K. – NAGY, A. – HRAŠKO, Ľ. –

- NÉMETH, Z. – MALÍK, P. – LIŠČÁK, P. – MADARÁS, J. – SLAVKAY, M. – KUBEŠ, P. – KUCHARIČ, L. – BOOROVÁ, D. – ZLÍNSKA, A. – SIRÁŇOVÁ, Z. – ŽECOVÁ, K. 2012. Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty v mierke 1 : 50 000. MŽP SR, Štátny geologický ústav, Bratislava, 309 s.
- POLÁK, M. – PLAŠIENKA, D. – KOHÚT, M. – PUTIŠ, M. – BEZÁK, V. – FILO, I. – OLŠAVSKÝ, M. – HAVRILA, M. – BUČEK, S. – MAGLAY, J. – ELEČKO, M. – FORDINÁL, K. – NAGY, A. – HRAŠKO, L. – NÉMETH, Z. – IVANIČKA, J. – BROSKA, I. 2011. Geologická mapa regiónu Malých Karpát v M 1 : 50 000. MŽP SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- PUTIŠKA, R. – KUŠNIRÁK, D. – DOSTÁL, I. – LAČNÝ, A. – MOJZEŠ, A. – HÓK, J. – PAŠTEKA, R. – KRAJŇÁK, M. – BOŠANSKÝ, M. 2013. Integrated geophysical and geological investigation of karst structures in Komberk, Slovakia. *Journal of Cave and Karst Studies*, 76, 3, 155–163.
- SEGRE, A. G. 1948. I fenomeni carsici e la speleologia del Lazio. *Publicazioni dell' Istituto di Geografia dell' Università di Roma*, 7, 236 s.
- STANKOVIANSKY, M. 1970. Geomorfologické pomery strednej časti Malých Karpát v oblasti Vápenná – Vysoká. Diplomová práca, Univerzita Komenského v Bratislave, 125 s.
- STANKOVIANSKY, M. 1974. Príspevok k poznaniu krasu Bielych Hôr v Malých Karpatoch. *Geografický časopis*, 26, 3, 241–257.
- ŠMÍDA, B. 2008. Krasové jamy (závrty) Západných Karpát: štúdium ich morfológie a genézy. Minimová práca, Univerzita Komenského v Bratislave, 113 s.
- VESELSKÝ, M. – LAČNÝ, A. – HÓK, J. 2014. Závrty na Dlhom vrchu: modelová štúdia ich vzniku na lineárnych diskontinuitách (Malé Karpaty). *Acta Geologica Slovaca*, 6, 2, 159–168.
- WILLIAMS, P. 2004. Dolines. In Gunn, J. (Ed.): *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Taylor and Francis Group, London, 304–310.
- WILLIAMS, P. W. 1972. Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. *Geological Society of America Bulletin*, 83, 3, 761–796.
- ZAIČKO, M. 1959. Geomorfologické pomery v oblasti Dubová-Častá-Dolany v strednej časti Malých Karpát. *Acta Geologica et Geographica Universitatis Comenianae, Geographica*, 1, 49–84.



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	141 – 146	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## JASKYŇA ZBOJNÍCKA DIERA V POLYMIKTNÝCH ZLEPENCOCH PRI ŠVOŠOVE, VEĽKÁ FATRA

PAVEL BELLA<sup>1,3</sup> – JÁN SOTÁK<sup>2,3</sup>

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

<sup>2</sup> Geologický ústav Slovenskej akadémie vied, Ďumbierska 1, 947 01 Banská Bystrica; sotak@savbb.sk

<sup>3</sup> Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta, Katedra geografie, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

**P. Bella, J. Soták: Zbojnická diera Cave in a polymictic conglomerate near Švošov Village, Veľká Fatra Mts., Slovakia**

**Abstract:** The paper deals with the morphology and genesis of the Zbojnická diera Cave formed in a polymictic conglomerate on the right side of the Váh River valley near Švošov Village (Ružomberok District, Slovakia). The polymictic conglomerate is composed mostly of granitoid gravels, partially of gravels of quartzites, sandstones, carbonates and melaphyres, also larger sharp-edged clasts of carbonates. The matrix (quartz sand) is cemented with secondary precipitated calcite. The residues of this Quaternary conglomerate are conserved on the slightly inclined erosion surface in the high position of the river terrace T-III (Riss-1). The studied cave of Middle Pleistocene age was originated mainly by suffosion that was connected to underground erosion in zone of the contact of lithologically different rocks – polymictic conglomerate and underlying marl limestone. The suffosion was induced by the disintegration of conglomerate caused by solution of calcite cement. In the Western Carpathians, the Zbojnická diera Cave presents only one known suffosion cave in a polymictic conglomerate of the described lithologic composition. Knowledge on the remarkable cave is important for the completion of data on numerous genetic types of caves in various rocks in Slovakia. The existence of the cave is threatened by the planned excavation of highway tunnel.

**Key words:** cave, polymictic conglomerate, granitoid gravels, calcite lithification, Quaternary, suffosion

### ÚVOD

S cieľom skompletizovať poznatky o genetickej rôznorodosti jaskýň na Slovensku treba pozornosť venovať aj menším jaskyniam, ktoré vznikli nekrasovými, resp. prevažne nekrasovými procesmi v rôznorodých horninách. Medzi pozoruhodné jaskyne vytvorené v zlepencoch patrí aj nevel'ká jaskyňa Zbojnická diera, ktorej základnú geologicko-geomorfologickú charakteristiku podáva tento príspevok. Hoci ide v našich podmienkach o jaskyňu ojedinelú najmä z hľadiska litologického zloženia materskej horniny, pri razení východného otvoru tunela Havran na pripravovanom úseku diaľnice D1 Turany – Hubová jej hrozí úplné zničenie (úpravy terénu pred tunelom boli vykonané v roku 2010, následne sa práce pozastavili). V súčasnosti prebiehajú rokovania o posunutí miesta vyústenia diaľničného tunela, aby sa jaskyňa zachránila. Doplnujúci výskum jaskyne a polymiktých zlepenčov sme uskutočnili 11. 9. 2013 a 5. 8. 2014.



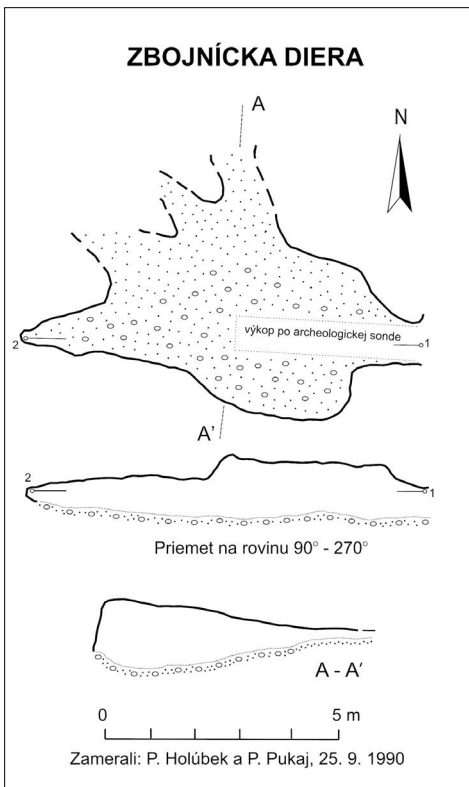
Obr. 1. Poloha jaskyne Zbojnická diera v doline Váhu, terénne úpravy vykonané v roku 2010 pred plánovaným razením diaľničného tunela. Foto: P. Bella

Fig. 1. Location of Zbojnická diera Cave in the Váh River valley, terrain modifications realized in 2010 before the planned excavation of highway tunnel. Photo: P. Bella



Obr. 2. Vchod jaskyne Zbojnická diera na kontakte polymiktných zlepcov a podložných slienitých vápencov. Photo: P. Bella

Fig. 2. Entrance of Zbojnická diera Cave at the contact of a polymictic conglomerate and an underlying marl limestone. Photo: P. Bella



Obr. 3. Plán jaskyne Zbojnická diera  
Fig. 3. Plan of Zbojnická diera Cave

## POLOHA A ZÁKLADNÉ ÚDAJE

Jaskyňa Zbojnická diera sa nachádza východne od obce Švošov v okrese Ružomberok (severne od železničnej stanice), na pravej strane doliny Váhu v severnej časti Veľkej Fatry (Ľubochňanský prielom; podcelok Šípska Fatra podľa Mazúra a Lukniša, 1978), asi 40 m nad riečiskom Váhu (obr. 1). Oválny vchod do jaskyne je v nadmorskej výške 490 m, na pravej strane bočnej svahovej dolinky na južnom svahu Ostrého (1066 m) ústiacej do Váhu (západne od ústia Komjatnianskej doliny). Orientovaný je na východ, jeho rozmery sú  $1,1 \times 1,1$  m (obr. 2). Jaskyňa dosahuje dĺžku 8,5 m (Holúbek, 1994; obr. 3).

Traduje sa, že v stredoveku bola jaskyňa úkrytom pre zbojníkov. Archeologický výskum v Zbojníckej diere doložil sporadické stopy osídlenia na sklonku stredoveku a v novoveku. Cez obec Švošov a popri skúmanej jaskyni od včasného stredoveku viedla dôležitá obchodná cesta smerujúca cez Komjatnú na územie dnešného Poľska (Soják, 2010).

## GEOLOGICKÉ POMERY A LITOLOGICKO-SEDIMENTOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ZLEPENCOV

Medzi Ružomberkom a Kraľovanmi sa dolina Váhu prerezáva cez súvrstvie mezozoických hornín krížňanského i chočského príkrovu (pozri Gross et al., 1993; Polák et al., 1997). Na fázovité zahlbovanie doliny v kvartéri miestami poukazujú pleistocénne riečne terasy (Droppa, 1972). Nad jaskyňou Zbojnická diera je výrazne zmiernený sklon svahu, ktorý výškovou polohou viac-menej zodpovedá úrovni terasy T-III (Riss-I), ktorú zreteľne vidieť na protihľej strane doliny východne od Hubovej.

Jaskyňa je vytvorená v stredno- až hrubozrnných polymiktných zlepencoch. Štrkové obliaky sú prevažne vretenovitého a sférickovretenovitého tvaru a majú medián zrnitosti 9 – 12 cm. V klastickom materiáli zlepenčov prevládajú granitoidné horniny, v menšej miere sú zastúpené obliaky kremencov, pieskovcov, melafýrov a karbonátov. Zlepence majú podpornú stavbu klastov uložených v piesčitej základnej hmote. Matrix zlepenčov je stmelený sekundárne vyžrážaným karbonátom a poróznym kalcitom (obr. 2 a 4). Zvrstvenie zlepenčov je prevažne málo výrazné, klasty sú usporiadané paralelne s reaktivačnými povrchmi dnovej prúdovej erózie. Hrubšie klasty sú akumulované v plytkých erozívnych výmoľoch a korytách.

Zlepence predstavujú aluviálne štrky Váhu s riečnym prínosom vjv.-zsz. smeru (podľa orientácie dlhých osí obliakov). Vysokým obsahom granitoidov ich materiálové zloženie takisto zodpovedá zloženiu tzv. vážskych štrkov. Hrubšie blokovité akumulácie s veľkosťou klastov až do 1 m zrejme predstavujú prívalové sedimenty zaplňujúce paleódolie Váhu z bočných dolín aktívne zdvíhaných pohorí.

V podloží zlepenčov sú sivé slienité vápence mráznického súvrstvia (valangin – spodný barém) krížňanského príkrovu (pozri Polák et al., 1997). Erózný povrch podložia zlepenčov je odkrytý východne od jaskyne, na šikmom svahu zárezu nad príjazdovou cestou k otvoru navrhovaného diaľničného tunela.

### MORFOLÓGIA A VÝPLNE JASKYNE

Jaskyňu tvorí nízka chodba (od podlahy siahajúca do výšky 1 m), ktorá sa za vchodom rozširuje na 3,5 až 5 m (obr. 3). Tvarom sa výrazne odlišuje od vchodu oválneho tvaru. Vzhľadom na veľkosť klastov v zlepencoch je morfológia povrchu jaskynných stien a stropu značne nepravidelná s množstvom vyčnievajúcich obliakov a jamkovitých vyhlbenín po uvoľnených a odpadnutých obliakov a štrku (obr. 4). Miestami na stenách vidieť aj väčšie výstupy menej narušených a vypreparovaných častí zlepenčov, zväčša pozdĺžneho tvaru, ktoré zodpovedajú polohám pevnejšej litifikácie zlepenčov (šikmé výčnelky) alebo smeru prúdenia vody počas vytvárania jaskyne (subhorizontálne výčnelky). Na západnom a severozápadnom okraji chodby sú nízke až neprielezné krátke kanálovité výbežky. Pri vchode je výrazná, takmer zvislá trhlina ssz.-jjv. smeru (obr. 5), paralelná so svahovou dolinkou pred jaskyňou. Na západnej strane trhliny sa zo stropu odvalili odvetrané časti zlepenca.

Na jaskynnej podlahe sú uložené najmä piesčité a hlinité sedimenty, spolu so štrkom a početnými obliakmi z rozpojených zlepenčov. Miestami ich pokrýva jemná zemina splavená z povrchu, najmä pozdĺž uvedenej strmej trhliny. Od vchodu sa západným smerom tiahne vyhlbenina, dlhá 4 m a široká 1 m, ktorá zostala po sonde vykopanej počas archeologického výskumu v roku 2010 (po skončení výskumu ju sčasti zasy-pali). Sonda bola hlboká 50 až 60 cm, navyše blízko vchodu sa vykopal zisťovací



Obr. 4. Polymiktné zlepence na stenách a strope jaskyne Zbojnícka diera. Foto: P. Bella  
 Fig. 4. Polymictic conglomerate on the walls and ceiling of Zbojnícka diera Cave. Photo: P. Bella



Obr. 5. Strmá trhlina v jaskyni Zbojnícka diera. Foto: P. Bella  
 Fig. 5. Steep failure in the Zbojnícka diera Cave. Photo: P. Bella

rez do hĺbky 1 m. V prekopávaných sedimentoch boli viaceré granitoidné obliaky, údajne s veľkosťou do 40 až 50 cm (Soják, 2010).

Hoci tamojšie zlepence sú stmelené kalcitom, v jaskyni nie sú takmer žiadne sintrové útvary. Iba ojedinele vidieť miniatúrne stalaktitové útvary vyvrážené z kalcimorfného roztoku po rozpúšťaní kalcitového tmelu. Odkopaný fragment zlepenčov, vo väčšej miere pokrytý kalcitovými nátekmi, sme našli pred jaskyňou v násype príjazdovej cesty.

## PROBLEMATIKA GENÉZY JASKYNE

Podľa Holúbka (1994), ktorý spracoval prvotný opis jaskyne, jej podzemný priestor vznikol mrazovým zvetrávaním zlepenčov pozdĺž vrstvovej plochy. Na základe detailnejšieho posúdenia litologických podmienok, morfológie podzemného priestoru a charakteru sedimentov v jaskyni možno spresniť spôsob jej genézy.

Jaskyňa pravdepodobne vznikla sufóziou (Bella, 2011) v čiastočne rozrušených polymiktných zlepencoch stmelených kalcitom na ich kontakte s podložnými spodnokriedovými slienitými vápencami (v strednom pleistocéne, v čase zahlbovania doliny Váhu pod úroveň terasy T-III). Podlaha sa od zadnej časti jaskyne skláňa k vchodu. Vo všeobecnosti sufózne kanály klesajú od zadnej časti jaskyň k vchodu, od čoho závisí premiestňovanie drobných uvoľnených častíc hornín prúdiacou vodou, resp. pohyb fluidizovanej suspenzie obsahujúcej drobné horninové častice (Clausen, 1970; Bryan a Jones, 1997; Bella et al., 2005 a iní).

Samotnú sufóziu, ktorá sa zaraďuje medzi procesy podpovrchovej mechanickej erózie, v prípade jaskyne Zbojnícka diera prvotne podmienilo rozpúšťanie kalcitového tmelu polymiktných zlepenčov. Tým sa zo zlepenčov uvoľňoval kremitý piesok, štrk, menšie i väčšie obliaky. Mechanické rozrušovanie a transport rozpojeného materiálu spôsobila najmä tečúca voda. Sufózne vyplavovanie jemných častíc hor-



nín prebieha hlavne v miestach intenzívnejšieho oslabenia hornín, v prípade nami skúmanej jaskyne na styku rozrušovaných zlepcov s podložnými slienitými vápencami. Kontaktnú sufóziu spôsobili, resp. zintenzívnili vodné prúdy prenikajúce z potôčika tečúceho bočnou svahovou dolinkou. Na vytváraní jaskyne sa pravdepodobne podieľali aj vody sústredené z priesakov po intenzívnych dažďoch a topiacom sa snehu.

Nízky a široký profil v strednej časti jaskyne vznikol laterálnym pospájaním troch až štyroch kanálov v smere ich mierneho spádu k oválnemu vchodu (otvoru na povrchu). Krátke úseky týchto kanálov vidieť v zadnej časti jaskyne. Sú výsledkom tzv. tunelovej erózie v narušených a menej spevnených častiach zlepcov, ktorá sa začína zväčšovaním makropórov do podoby prvotných kanálikov s odtekajúcou vodou (pozri Parker, 1963; Dunne, 1990; Bryan a Jones, 1997 a iní). Morfológiou jaskyňa zodpovedá viackanálovej sufóznej modelácii konvergujúcej k hlavnému odtokovému kanálu na kontakte litologicky odlišných hornín. Nespevnené sedimenty sa na podlahe do terajšej podoby nahromadili po hlavnej fáze vývoja jaskyne, počas ktorej sufóziou vznikol samotný podzemný priestor.

Zbojnická diera pravdepodobne predstavuje fragment pôvodne väčšej jaskyne, ktorej vchodová časť sa sčasti zdeštruovala počas zahľbovania bočnej svahovej dolinky (vchod do jaskyne je vo visutej polohe nad jej terajším dnom). Keďže jaskyňa sa nachádza tesne pod povrchom terénu, opadávanie uvoľnených častíc zlepcov zo stropu podporovalo mrazové zvetrávanie (Bella, 2011). Na vyprázdňovaní prevažne jemného materiálu z jaskynnej podlahy na povrch pred vchod sa mohli podieľať aj niektoré procesy svahovej modelácie – zliezanie alebo soliflukcia (podlaha jaskyne je mierne sklonená od zadnej časti jaskyne k jej vchodu).

## ZÁVER

Z litologicko-genetického hľadiska Zbojnická diera predstavuje na Slovensku ojedinelú až jedinečnú jaskyňu (podľa zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny je chránená ako prírodná pamiatka). Ďalšia sufózna jaskyňa v polymiktých zlepcoch s množstvom granitoidných štrkov a obliakov nie je v súčasnosti známa. Poznatky získané zo Zbojnickej diery potvrdzujú, že hlavným morfogenetickým procesom vytvárania jaskýň v zlepcoch rozpájaných rozpúšťaním tmelu je sufózia, najmä na kontakte s podložnými menej priepustnými horninami, kde sa sústreďuje odtok vody. Keďže na podlahe pokrytej sedimentmi sú kosti menších stavovcov a množstvo organického materiálu splaveného alebo prineseného z povrchu, v jaskyni treba dodatočne vykonať biospeleologický výskum.

V predmetnej oblasti, ako aj celkovo v rámci Západných Karpát formácie zlepcov sú zväčša predkvartérne a majú prevažne karbonátové zloženie (pozri Gross et al., 1993; Maglay, 1993; Mišík a Reháková, 2004). Opisovaná lokalita východne od Švošova predstavuje jediný doteraz známy výskyt zlepcov s pestrým materiálom tatranských žúl, rúl, kremencov a melafýrov, ktoré sa viažu na strednopleistocénne formácie štrkov vážskeho typu. Preto jaskyňa Zbojnická diera je významná aj z geologického hľadiska.

Hoci na našom území ide o významnú až neopakovateľnú geologicko-geomorfologickú lokalitu, navyše s niekoľkými archeologickými nálezmi, ak sa na tomto mieste neupraví trasa pozastavenej výstavby diaľnice D1 medzi Hrboltovou a Lubochňou, jaskyňa Zbojnická diera bude zničená pri razení a úprave východného otvoru tunela Havran, ktorého navrhovaná trasa ďalej vedie popod obec Švošov.

PodĎakovanie: Za spoluprácu pri speleologickom prieskume sme vĎační zamestnancom Štátnej ochrany prírody SR, Správy slovenských jaskýň a Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši. Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11.

## LITERATÚRA

- BELLA, P. 2011. Genetické typy jaskýň. Verbum, Ružomberok, 220 s.
- BELLA, P. – GAÁL, E. – INOKURA, Y. 2005. Sufózne jaskyne vo vulkanoklastických horninách v doline Nagatani pri Kagošime. Slovenský kras, 43, 67–80.
- BRYAN, R. B. – JONES, J. A. A. 1997. The significance of soil piping processes: inventory and prospect. *Geomorphology*, 20, 3–4, 209–218.
- CLAUSEN, E. N. 1970. Badland caves of Wyoming. *Bulletin of the National Speleological Society*, 32, 3, 59–69.
- DROPPA, A. 1972. Výskum riečnych terás v okolí Ružomberka. Liptov (vlastivedný zborník), 2, 11–25.
- DUNNE, T. 1990. Hydrology, mechanics and geomorphological implications of erosion by subsurface flow. In Higgins, C. G. – Coats, D. R. (Eds.): *Groundwater geomorphology: The role of surface water in earth-surface processes and landforms*. Geological Society of America Special Publication, 252, Boulder, Colorado, 1–28.
- GROSS, P. – FILO, I. – HALOUZKA, R. – HAŠKO, J. – HAVRILA, M. – KOVÁČ, P. – MAGLAY, J. – MELLO, J. – NAGY, A. 1993. Geologická mapa južnej a východnej Oravy 1 : 50 000. In Gross, P. – Köhler, E. – Haško, J. – Halouzka, R. – Mello, J. – Nagy, A. a kol.: *Geológia južnej a východnej Oravy*. GÚDŠ, Bratislava, príloha.
- GROSS, P. – KÖHLER, E. – SAMUEL, O. – SNOPKOVÁ, P. – BYSTRICKÁ, H. 1993. Podtatranská skupina (vnútrokarpatský paleogén). In Gross, P. – Köhler, E. – Haško, J. – Halouzka, R. – Mello, J. – Nagy, A. a kol.: *Geológia južnej a východnej Oravy*. GÚDŠ, Bratislava, 68–116.
- HOLÚBEK, P. 1994. Nové jaskyne v Šipskej Fatre. *Spravodaj SSS*, 25, 1, 28–30.
- MAGLAY, J. 1993. Kvartér Chočských vrchov. In Gross, P. – Köhler, E. – Haško, J. – Halouzka, R. – Mello, J. – Nagy, A. a kol.: *Geológia južnej a východnej Oravy*. GÚDŠ, Bratislava, 145–150.
- MAZÚR, E. – LUKNIŠ, M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie Slovenskej socialistickej republiky. *Geografický časopis*, 30, 2, 101–125.
- MIŠÍK, M. – REHÁKOVÁ, D. 2004. Psefitické horniny Západných Karpát (štrky, zlepenec, brekcie). Veda, Bratislava, 132 s.
- PARKER, G. G. 1963. Piping, a geomorphic agent in land development in drylands. *International Association of Scientific Hydrology, Publication* 65, 103–114.
- POLÁK, M. – BUJNOVSKÝ, A. – KOHÚT, M. et al. 1997. Geologická mapa Veľkej Fatry 1 : 50 000. GS SR, Bratislava.
- POLÁK, M. – BUJNOVSKÝ, A. – KOHÚT, M. – PRISTAŠ, J. – FILO, I. – HAVRILA, M. – VOZÁROVÁ, A. – VOZÁR, J. – KOVÁČ, P. – LEXA, J. – RAKÚS, M. – MALÍK, P. – LIŠČÁK, P. – HOJSTRICHOVÁ, V. – ŽÁKOVÁ, E. – SIRÁŇOVÁ, Z. – BOOROVÁ, D. – FEJDIOVÁ, O. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Veľkej Fatry 1 : 50 000. GS SR, Bratislava, 204 s.
- SOJÁK, M. 2010. Zbojnická diera pri Švošove – nová archeologická lokalita pred zánikom. *Aragonit*, 15, 1, 34–36.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	147 – 172	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## CLIMATIC EFFECT OF ENVIRONMENTAL MODIFICATIONS IN ENTRANCE AREA OF THE DOBŠINSKÁ ICE CAVE (SLOVAK PARADISE, SLOVAKIA) – THE LATEST RESULTS

MAGDALENA KORZYSTKA-MUSKAŁA<sup>1</sup> – TYMOTEUSZ SAWIŃSKI<sup>1</sup>  
– JÁN ZELINKA<sup>2</sup> – JACEK PIASECKI<sup>1</sup> – PIOTR MUSKAŁA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Wrocław, Institute of Geography and Regional Development, Department of Climatology and Atmosphere Protection, ul. Kosiby 6/8, 51-621 Wrocław, Poland; magdalena.korzystka@uni.wroc.pl, tymoteusz.sawinski@uni.wroc.pl, jacek.piasecki@uni.wroc.pl, piotr.muskala@uni.wroc.pl

<sup>2</sup> State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovak Republic; jan.zelinka@ssj.sk

**M. Korzystka-Muskala, T. Sawiński, J. Zelinka, J. Piasecki, P. Muskala: Climatic effect of environmental modifications in entrance area of the Dobšinská Ice Cave (Slovak Paradise, Slovakia) – the latest results**

**Abstract:** Reconstruction and modernization of touristic infrastructure in the Dobšinská Ice Cave, which was conducted in 2010 resulted in significant changes in the near-entrance area of the cave. The most important modifications included: reconstruction of the fence surrounding the Entrance Collapse of the cave, enlargement of the terrace for tourists in front of the cave entrance and cut out of a part of trees which had shaded the entrance area from the west and north. As a result we observed disappearance of Arctic-alpine plants which used to grow in the upper part of the Collapse, progressive melting of permafrost in its bottom part and formation of new openings which lead from the hollow into the cave. The changes in the ice conditions in the near-entrance part of the cave were also visible. Such changes indicate, that deep transformation of climatic conditions inside Entrance Collapse occurred as a result of these modifications. To precisely determine the degree of this transformation in July 2012 started the survey focused on recognition of thermal stratification and spatial distribution of air temperature inside the Collapse. Archival data obtained during analogous research carried out by authors in the years 2003 – 2004 allowed to perform the comparison of climatic conditions in the Collapse before and after modifications and to make an attempt to determine the extent of observed changes in the Collapse microclimate. The results of conducted research also allowed to identify mechanisms and feedbacks that are responsible for shaping of microclimatic features of Entrance Collapse.

**Key words:** Dobšinská Ice Cave, human impact, thermal conditions, entrance zone

### INTRODUCTION

Near-entrance areas are an important constituent of caves environment. Due to atypical microclimatic conditions unique ecosystems are formed in such areas, different both from in-cave and outside conditions.

This is particularly marked in case of near-entrance areas of ice caves located in temperate climate, below the alpine altitudinal zone, where constant influence of the iced cave interior together with limited access of solar radiation determine

formation of quasi-arctic microclimate generating convenient conditions for Arctic-alpine plants relics and endemites. A good example is Silická Ice Cave (Slovak Karst, Slovakia; Kováč et al., 2014), and similar conditions are observed in the near-entrance area of Dobšinská Ice Cave (Piasecki et al., 2005).

Unique environmental conditions in the near-entrance areas of cave systems are formed as a result of interactions between the cave interiors and surroundings (Pulina, 1974, 1999; Piasecki, 1996; Mavlyudov, 1997; Martin et al., 2006; Bella, 2008; Piasecki and Sawiński, 2009). Due to the dissimilarity of the two areas transition zones (or near-entrance areas) joining them are characterized by the occurrence of high environmental gradients. Intensity as well as spatial and time distribution of these gradients show the state of dynamic balance between interactions inside and outside the caves.

One of the signs of such balance is the specific microclimate in the areas of connection between the cave and its surroundings (Piasecki et al., 2005; Hebelka et al., 2012). Natural and anthropogenic changes in the near-entrance areas are factors interfering the abovementioned balance and may lead to a deep reconstruction of the near-entrance environment. Such situation has been observed e.g. in the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave.

During the reconstruction of the touristic infrastructure in 2010 some significant environmental changes were made in the close vicinity of the cave entrance. As a result of these changes, progressive drying, permafrost melting and deterioration in plants condition were observed. That means a large disorder in the Entrance Collapse microclimatic conditions.

The observations described above became an impulse to start detailed investigations on the influence of the conducted changes on the climatic conditions in the Entrance Collapse in 2012 (Korzystka et al., in press). Results of former works (2003 – 2004) on the Entrance Collapse (Piasecki et al., 2005) were used as a reference, showing basic factors that had been driving its microclimate before the reconstruction.

The objective of this study is to compare meteorological conditions in the Entrance Collapse before and after the reconstruction, record the effects of the changes and show means to prevent any possible negative after-effects.

## STUDY AREA

**Basic information.** Dobšinská Ice Cave is located in Spiš-Gemer Karst at the area of Stratená reserve in Slovak Paradise National Park (Slovakia). The entrance to the cave is situated at 969 m a.s.l. at the NW slope of Duča karst massif, 130 m above the bottom of Hnilec river valley. The overall length of Dobšinská Ice Cave corridors is 1232 m. Presently the area of the parts of the cave filled with ice is 9,772 m<sup>2</sup>, and ice monolith volume is estimated at 110,132 m<sup>3</sup> (Tulis and Novotný, 1995). Dobšinská Ice Cave belongs to the most valuable ice caves in the world and was signed into the UNESCO World Heritage list in 2000.

The cave was formed in Neogene. Genetically it is a part of Stratenská cave system, however now there is no connection between them (Tulis and Novotný, 1989). Separation of the caves occurred probably in Pleistocene as a result of a collapse of a part of the cave ceilings (Novotný, 1995). Due to the collapse, the Duča collapsed doline was formed. It separates Dobšinská Ice Cave from Stratenská cave. Formation



Fig. 1. Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave – view from SE side – present state: a) artificial ditch in the Collapse edge; b) position of the fence edge (dashed line) before modifications; c) decorative turret with openings covered by a Plexiglas plate. Photo: T. Sawiński, July 2012



Fig. 2. Actual state of touristic terrace in front of Dobšinská Ice Cave. Photo: T. Sawiński, July 2013

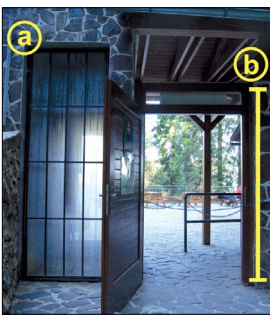


Fig. 3. The Collapse entrance with the decorative turret – state from July 2013: a) large openings in the turret currently covered by a Plexiglas plate; b) change in the effective edge of the Collapse location caused by the fence opening. Photo: T. Sawiński



Fig. 4. Bottom part of the Entrance Collapse with cave entrance: a) artificial accumulation of snow in the lowest parts of the Collapse; b) location of the vertical measurement profile. Photo: T. Sawiński, July 2013

of the collapse started an intensive, seasonally changing air circulation between the cave and its surroundings driven by the ‘chimney effect’ (Pflitsch et al., 2007; Piasecki et al., 2008; Korzystka et al., 2011).

**Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave.** The estimated area of the Dobšinská Ice Cave Entrance Collapse is 400 m<sup>2</sup>. Its aspect is NW. The depth of the Collapse, measured to the lowest, NW edge is ca. 6.5 m. The NW wall of the area and its bottom is formed by rock debris with inclination of 15° to SE, towards the cave entrance (Fig. 1). Other walls of the collapse are formed of vertical rocks. The highest (15 m) is the SE wall where the cave entrance is situated (Fig. 5). From the northeast the Entrance Collapse is surrounded by a relatively tight wooden fence. The fence is 1.5 m high with a 2.5 m high door installed in a 1.5 m high artificial ditch located at the lowest part of the area edge (see Fig. 1). Behind the door there is a touristic pathway leading towards the cave entrance. The cave interior is separated from the Entrance Collapse by a stainless trellis that enables free air circulation in the cave-cave surroundings system. Before the year 2000 the closest vicinity of the Entrance

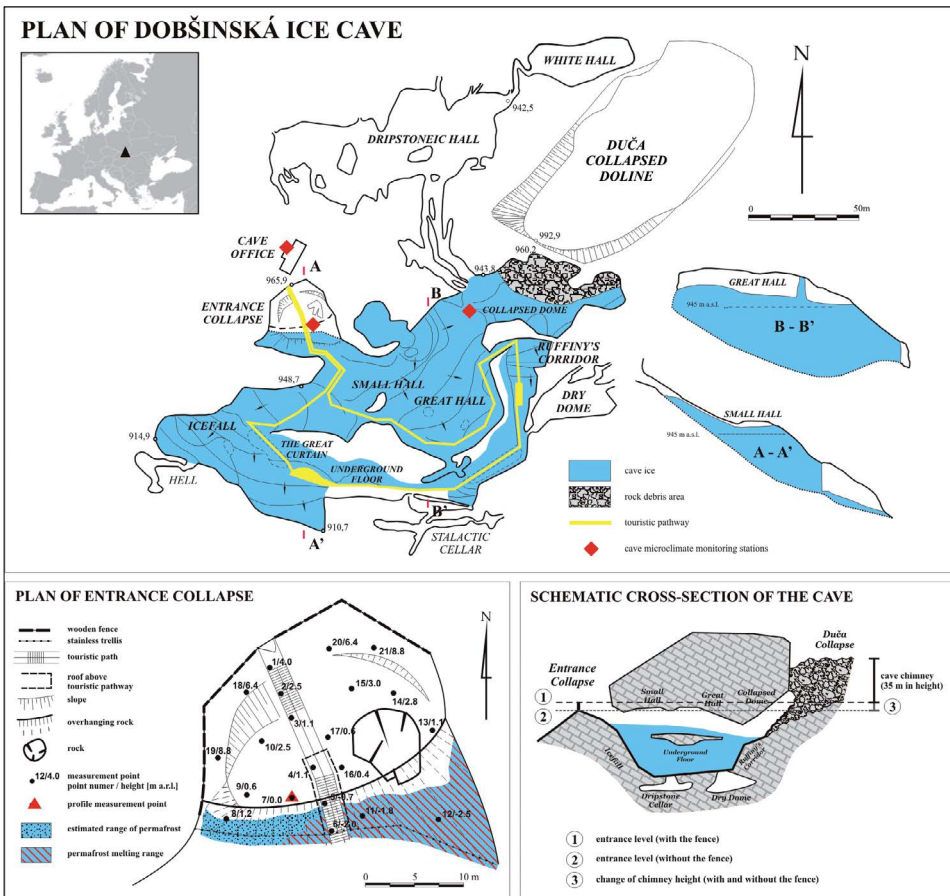


Fig. 5. Plans of Dobšinská Ice Cave and its Entrance Collapse and schematic cross-section of the cave

Collapse had been covered by trees shading its interior for most of the day. The Entrance Collapse acted as a transition zone between the cave interior and its vicinity with specific climatic conditions driven simultaneously by the influence of extremely different in-cave and external air masses (Piasecki et al., 2005). These features allow the occurrence of Arctic-alpine plants, relics as well as floral inversion. The interior of the Entrance Collapse also acts as a specific *climatic buffer*. Cold air filling the Collapse in Summer season prevents the near entrance parts of the cave from heating. This is proved by permafrost zone occurring at the bottom of the lowest parts of the Entrance Collapse, as well as all year round occurrence of cave ice in direct vicinity of the cave entrance.

### **Environmental modifications in the entrance area of the Dobšinská Ice Cave.**

Special role of the Entrance Collapse in Dobšinská Ice Cave system has first been noticed in 1971 during a scientific conference that had been held on the occasion of 100<sup>th</sup> anniversary of cave discovery. A postulate of special protection of this area was included in the conference conclusions (Anonym, 1971). Also a decision on artificial increasing of the Collapse edge with use of a tight fence was made. As a result of this modification the **effective edge of the Collapse** was increased what raised the range of cold air in its interior and the vertical scope of the buffer zone. This solution was intended to limit the possibility of excessive heating of the Entrance Collapse and near-entrance parts of the cave due to the presence of large groups of tourists. Because Dobšinská Ice Cave attracts about 60,000 tourists every year (of which 40,000 falls on July and August; Nudziková and Gaál, 2011, 2012; Nudziková and Balciar, 2013), in 2010 the infrastructure of the cave entrance area was reconstructed and adapted to present-day needs. First of all the touristic terrace in front of the fence was enlarged to increase the comfort of the space for visitors (Fig. 2). Many trees shading the Entrance Collapse from the West and North were cut. A large clearing was obtained and covered by slabs made of dark stone. Also the fence was reconstructed – it was lowered by 0.5 m, the ditch was expanded and a decorative turret was installed in the right part of the ditch (Fig. 2). Openwork holes used in the structure of the turret enabled free air outflow from the Collapse (Fig. 3). The changes were equivalent to lowering the effective edge of the Collapse by 2.5 m (down to the level of the turret base). Such a modified fence stopped acting as a barrier for the cold air filling the Entrance Collapse.

After the abovementioned reconstruction many changes were observed in the environment of the Entrance Collapse, especially in the Summer season. First of all a significant decrease of the condition of plants inside the area was noticed – vegetation started to dry and gradually disappear. The process marked most significantly at the bottom and on the SE wall of the Entrance Collapse. Furthermore permafrost melting in the lower parts of the entrance and in the near-entrance parts of the cave was observed. As a consequence of the permafrost disappearance the ground started subsiding and the lowest part of the Collapse bottom was lowered by 0.5 m in comparison to the state before 2010 (Fig. 2). This process caused opening of new, relatively large crevices leading to the cave under the SE wall. Another consequence was an increase of cold air outflow from the Entrance Collapse.

The observed cold air outflow was considered to be too intensive and cause the discussed environmental changes. Thus the cave administration decided to limit the

process and cover the holes in the turret with a Plexiglas plate (Fig. 3). Such state is functioning in the Entrance Collapse presently. Additionally, during late Winter, large stock of snow is collected at the bottom of the Entrance Collapse to help and prevent adverse environmental changes (Fig. 4). Latent heat consumption connected with the snow melting in Spring and Summer is intended to limit the influence of potential excessive heating of the collapse due to the shading reduction.

## METHODS

Present investigations on microclimatic conditions in the Dobšinská Ice Cave Entrance Collapse were based on patrol measurements of air temperature as well as continuous measurements of air temperature and humidity in a vertical profile inside the area, conducted during field campaigns in Summer seasons 2012 and 2013. All measurements fit the same scheme of two measurement series: morning (start at 7:00 CET) and noon (start at 12:00 CET). 21 measurement points were set inside the Entrance Collapse (Fig. 2). At each site air temperature was measured at 2.0 and 0.5 m above the ground level. The first (reference) measurement was conducted outside the Entrance Collapse, in front of the cave administration building. Then the temperature was measured at each of the 21 sites inside the area. Finally the reference measurement was repeated. One whole measurement series lasted usually approx. one hour. Altogether eight series were conducted: four in Summer 2012 (26 and 27 July 2012) and four in Summer 2013 (28 – 30 July 2013). All measurements were conducted with use of a portable thermometer DeltaOhm HD 2307.1 equipped with TP47.100 probe. Basic parameters of the device are shown in table 1. The workflow was identical to the one used by the authors during campaigns in 2003 and 2004 what enabled to compare present and archive results.

The profile measurements were carried out from 25 to 27 June in 2012 and from 25 to 30 June in 2013. In both surveys the profile was established in measurement site no 7 (Figs. 2 and 5), at the **reference level 0.0**. Resolution of measurement was 1 minute. The profile used in 2012 consisted of 4 sensors installed at a mast located in the lowest point in the Entrance Collapse at: 1 m, 2 m, 5 m and 7 m above reference level (a.r.l.) and one sensor placed at the cave entrance, approx. 1.5 m below the lowest part of the Collapse (unfortunately due to the breakdown of the sensor there is lack of data from 1 m). The profile established in 2013 was extended by additional measurement points, so that altogether 9 sensors were spread evenly on the mast at heights from 0.5 to 7.7 m a.r.l. Like previously a sensor was also installed at the cave entrance. Profile sensors at heights: 0.5, 4.1 and 7.7 m a.r.l. measured air temperature and humidity. Other sensors measured only temperature. Based on obtained temperature and relative humidity values actual vapour pressure values were calculated with Arden Buck formula (Buck, 1981). During measurements in 2013, the vertical profile was completed by two additional sensors located on the SE (lighted) and SW (shaded) side of the Collapse. Both before and after the surveys all the sensors have been intercalibrated to eliminate differences in their indications. A juxtaposition of all devices used for the profiles is shown in Table 1.



Table 1. Parameters of measuring instruments used in the survey in the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave in the summer seasons 2012 and 2013

Measurement point	Type of instrument	Accuracy	Resolution
Patrol measurements summer season 2012 and 2013	portable electronic thermometer HD 2107.100 with probe TP47.100 manufacturer: Delta Ohm	$\pm 0.2$ °C	0.01 °C
Vertical profile, summer season 2012, 2013, and cave entrance, summer season 2012	air temperature logger Hobo Pro v2 U23-003 with two external probes; manufacturer: Onset	$\pm 0.2$ °C	0.02 °C
Vertical profile, summer season 2013	air temperature and humidity logger Hobo Pro v2 U23-002 with external probe; manufacturer: Onset	$T \pm 0.2$ °C $RH \pm 3.5$ %	$T$ 0.02 °C $RH$ 0.03 %
Cave entrance, summer season 2013	automatic temperature and humidity logger Minikin TH with internal probe; manufacturer: EMS Brno	$T \pm 0.2$ °C $RH \pm 2.0$ %	$T$ 0.01 °C $RH$ 0.1 %
Shaded and lighted side of the Collapse, summer season 2013	air temperature logger Hobo Pro H8 with internal temperature probe; manufacturer: Onset	$\pm 0.2$ °C	0.1 °C

As an additional source of the information on the air temperature inside the cave and in its surroundings authors used data from climatic monitoring system run in Dobšinská Ice Cave by Slovak Caves Administration (Marikovičová et al., 2011). In this study data from three sites were used: balcony of the administration building (3.5 m above ground level), bottom of the Entrance Collapse (at the cave entrance) and cave interior (Collapsed Dome Area; Fig. 2).

Except measurements in standard conditions the authors decided to make a simulation of the situation that had occurred in the Entrance Collapse just after the modifications – before covering the holes in the turret. (Fig. 3). For this purpose an ‘open-door’ experiment was carried out two times. The door in the fence used for tourist passage was opened to simulate the hole in the turret. The resulting hole corresponded to the geometry and location of the hole that had been created after the reconstruction in 2010 (Fig. 4). The **effective edge of the Collapse** also lowered to the same level. The first of the experiments was started 26<sup>th</sup> July 2012, just after the end of opening hours (5:00 PM) and finished at the same day at 7:30 PM. The other experiment was carried out the following year lasted 24 hours from 8:00 AM 29 July 2013 to 8:00 AM 30 July 2013. Both experiments were held without the influence of any touristic activity. Temperature recorded in the Entrance Collapse gave information on the changes that occurred inside due to fence opening.

## RESULTS

### MICROCLIMATE OF ENTRANCE COLLAPSE – GENERAL DESCRIPTION

Studies carried out in 2003 – 2004 and in Summer seasons of 2012 and 2013 showed that the factor driving main features of the Entrance Collapse climatic system is the course of air exchange between the cave and its surroundings (Piasecki et al., 2005; Korzystka et al., 2011; Korzystka et al., in press). It is formed under the influence of the chimney (convective) effect and its dynamics is determined mainly by the direction and quantity the thermal gradient in the cave – exterior system (Šiška, 1977; Halaš, 1986, 1989; Piasecki et al., 2004, 2005; Pflitsch et al., 2007; Korzystka et al., 2011).

In case of  $T_{\text{cave}} > T_{\text{ext}}$  (where  $T_{\text{cave}}$  – temperature inside the deep parts of the cave,  $T_{\text{ext}}$  – exterior temperature) cold air flows into the cave through the Entrance Collapse. Such situation occurs mainly in Winter but also during Spring and Autumn temperature drops. It corresponds to the Winter phase of the chimney effect (Fig. 6). Due to small size of the Entrance Collapse the air flowing through it does not undergo any significant transformation. As a consequence thermal and humidity conditions in the area respond the outside situation (Figs. 7 and 8). Disturbances of such state may only be observed in vicinity of little crevices at the sides of the Entrance Collapse leading into the cave. There a slight increase of temperature was observed (Fig. 8) due to outflow of relatively warm cave air.

In situations with  $T_{\text{cave}} < T_{\text{ext}}$ , that occur mainly in Summer and also during Spring and Autumn temperature increases, the course of air exchange in the Collapse is reversed, as compared to the Winter state (Fig. 6). In such conditions there is a constant cold air outflow from the cave, connected with the Summer phase of the chimney effect. Meteorological parameters of the outflowing cold cave air vary significantly from exterior air parameters. The outflowing air temperature is constantly at the level of 0 – 1 °C and relative humidity – 100 %. The air fills the basin of the Entrance Collapse up to its edge, presently heightened by the wooden fence. Next it flows over the lowest point of the edge (which marks the level of the **effective edge of the Collapse**) and flows down the slope with gravity (Fig. 6). The continuous and stable flow of the cave air together with its gradual transformation inside the Collapse shapes a specific microclimate of the area, different both from the cave and exterior conditions. The main feature of this microclimate is a specific thermal stratification (Fig. 9).

At the lowest part of the Entrance Collapse, at the level of the cave entrance shaded by rock overhangs, the temperature remains close to in-cave air temperature and does not exceed 2 °C. This is the first thermal zone (Fig. 9). Stable thermal conditions in this zone is a consequence of constant inflow of cold cave air. Another factor moderating the temperature in this part of the Collapse is the slow process of melting of snow, ice forms and permafrost. Shading of this part of the area also plays an important role in shaping this zone as it limits the access of solar radiation. The second of the distinguished zones is characterized by a slow increase of temperature from approx. 2 °C up to approx. 10 °C at the upper boundary (Figs. 9 and 10). It occurs mainly due to heat exchange with radiatively heated walls and ground-ice-free bottom of this part of the Collapse (Fig. 2).

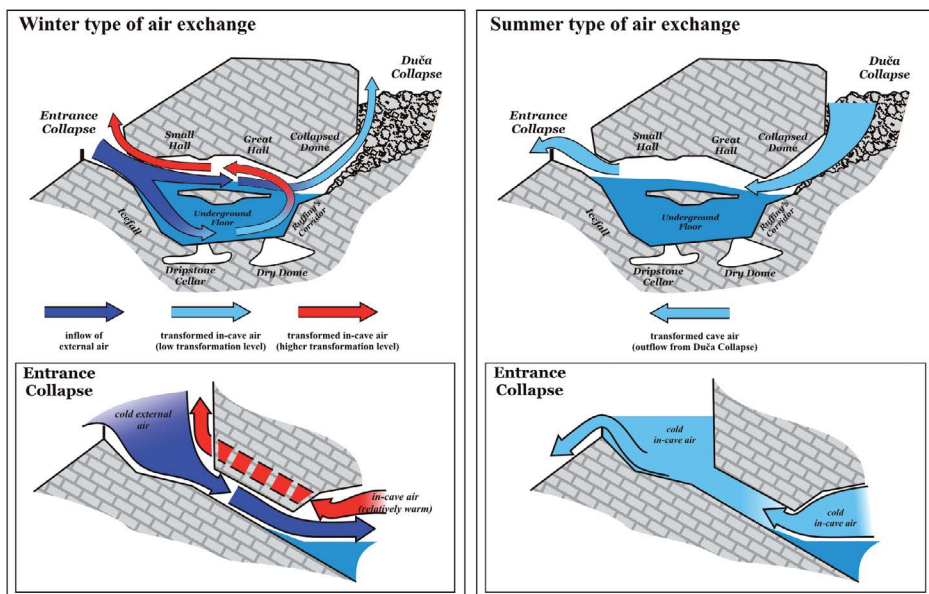


Fig. 6. Winter and Summer schemes of air exchange in the system of Dobšinská Ice Cave and in its Entrance Collapse (based on Korzystka et al., 2011; Piasecki et al., 2005; modified)

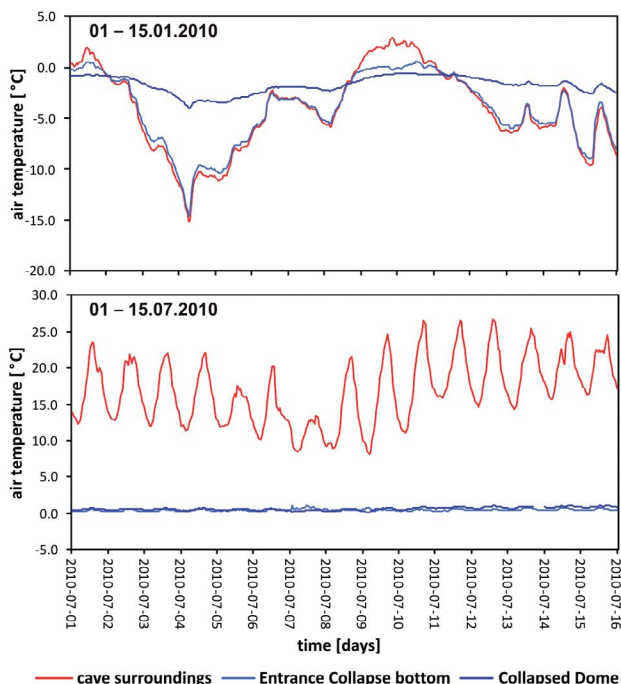


Fig. 7. The course of air temperature changes inside Entrance Collapse and in deep part of Dobšinská Ice Cave (Collapsed Dome area) in comparison to external temperature changes in winter and summer conditions

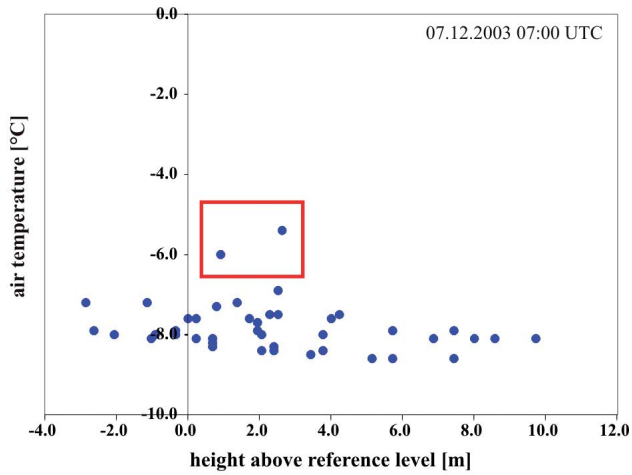


Fig. 8. Relation between the height above reference level and the air temperature inside the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave, in winter conditions (data from morning patrol survey 7. 12. 2003). The red box marks values measured near clefts leading into the cave (measurement points no. 8 and 13)

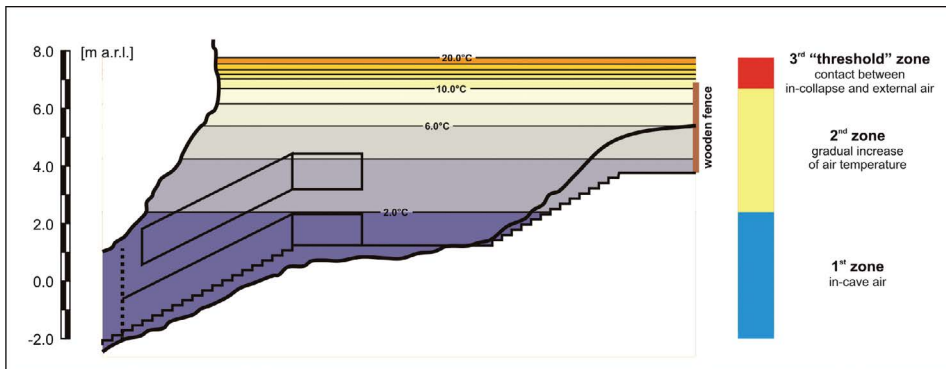


Fig. 9. Thermal structure and temperature zones in the vertical profile of Dobšinská Ice Cave Entrance Collapse in summer season (based on Piasecki et al., 2005; modified)

The upper edge of the Entrance Collapse makes a boundary for the cold air, where the third thermal zone is located (3<sup>rd</sup> zone; Fig. 9). Its vertical range is limited to a layer max. 1 m thick (Fig. 10). This is the contact layer where the cold in-collapse air meets warm external air. As a result of heat exchange between the two air masses an increase of the in-collapse air temperature occurs and on the other hand the above external air is chilled. This phenomenon is manifested by a sudden bound in temperature from approx. 10 °C up to the external temperature (Piasecki et al., 2005; Korzystka et al., in press).

### PATROL MEASUREMENTS

Series of patrol measurements conducted in 2012 and 2013 provided basic information about the presently formed thermal structure and spatial distribution

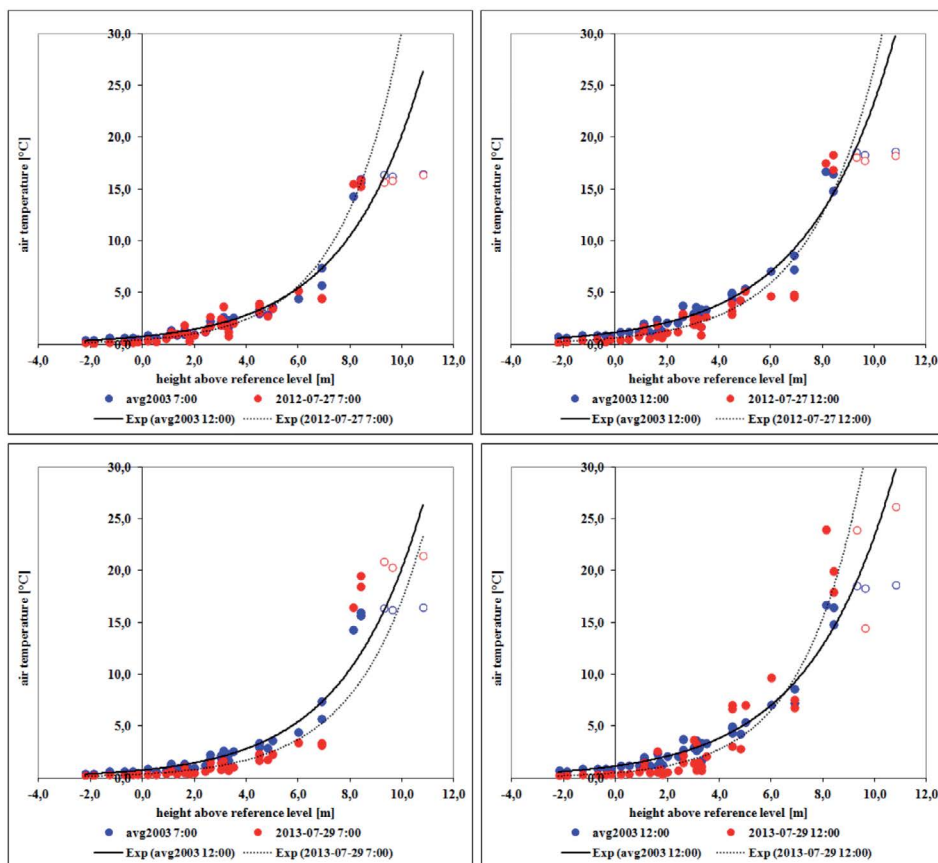


Fig. 10. Relation between height above the reference level and the air temperature inside the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave summer conditions. Data from morning and noon patrol surveys 27. 7. 2012 and 29. 7. 2013, compared to average values from surveys carried out in summer seasons 2003 and 2004. Filled markers – Collapse interior, blank markers – data from the site above the Collapse edge (measurement points 18, 19, 20 and 21), trend lines underline differences between analyzed data series

of air temperature in the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave. Results of these measurements show that generally the spatial distribution of air temperature has not changed in comparison to 2003 and 2004. There are three clearly visible thermal zones: near-entrance zone of low temperature (1<sup>st</sup> zone), zone of gradual air temperature increase (2<sup>nd</sup> zone) and transition zone with a characteristic temperature bound (3<sup>rd</sup> zone). However, comparing present results to the archive (Fig. 10) one can see that besides the observed similarities the thermal structure of the Entrance Collapse has undergone some modification if compared to previous conditions. The changes concern the part of the area directly influenced by the cave interior, therefore the 1<sup>st</sup> zone and the lower part of the 2<sup>nd</sup> zone. With similar external conditions, the temperature recorded there in 2012 and 2013 was slightly lower than in 2003 and 2004. In the 1<sup>st</sup> zone the difference did not exceed 0.5 °C and in 2<sup>nd</sup> zone it was approx. 1 °C, most significantly marking at the noon observation.

## PROFILE MEASUREMENTS – AIR TEMPERATURE

More information on the thermal conditions in the Entrance Collapse was obtained from the profile measurements. The measurements confirmed the previously recognized features of thermal structure and, first of all, gave a quantitative information about the daily and short-term courses of temperature in the area (Figs. 11a and 12a).

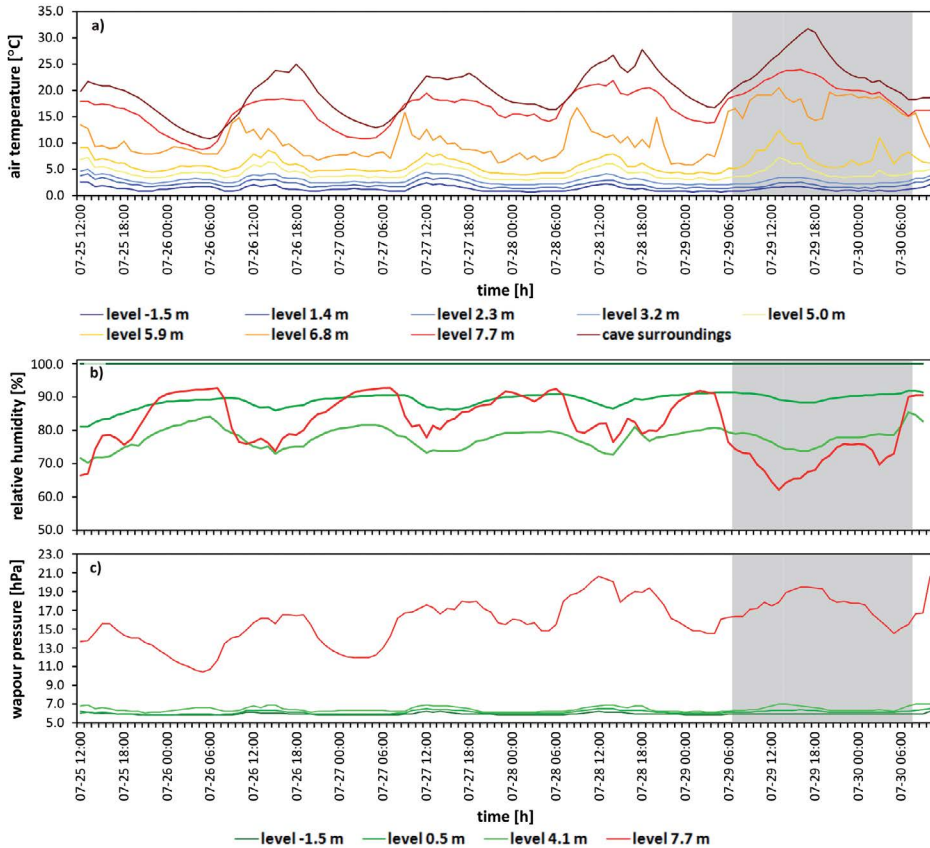


Fig. 11. The course of hourly average of air temperature (a), relative humidity (b) and vapour pressure (c) in vertical profile of the Entrance Collapse between 25. 7. and 30. 7. 2013. Vapour pressure values were calculated with Arden Buck formula. Gray background marks the ‘open door’ experiment time span

Basing on the obtained data the authors found that the rate of the observed rise of air temperature along the vertical profile Entrance Collapse as well as the range of the microclimatic thermal zones show a clear variability in a day course. Taking the isotherm 2 °C as a boundary between ‘cave’ air (1<sup>st</sup> zone) and ‘transforming’ air (2<sup>nd</sup> zone) we can conclude that its range changes approx. 1.5 m in the day course. At night it reaches 2.0 – 2.5 m a.r.l., while during the day it is reduced to approx. 1.0 m a.r.l. (Fig. 8a). Similar was the rhythm and scope of changes in air transformation in

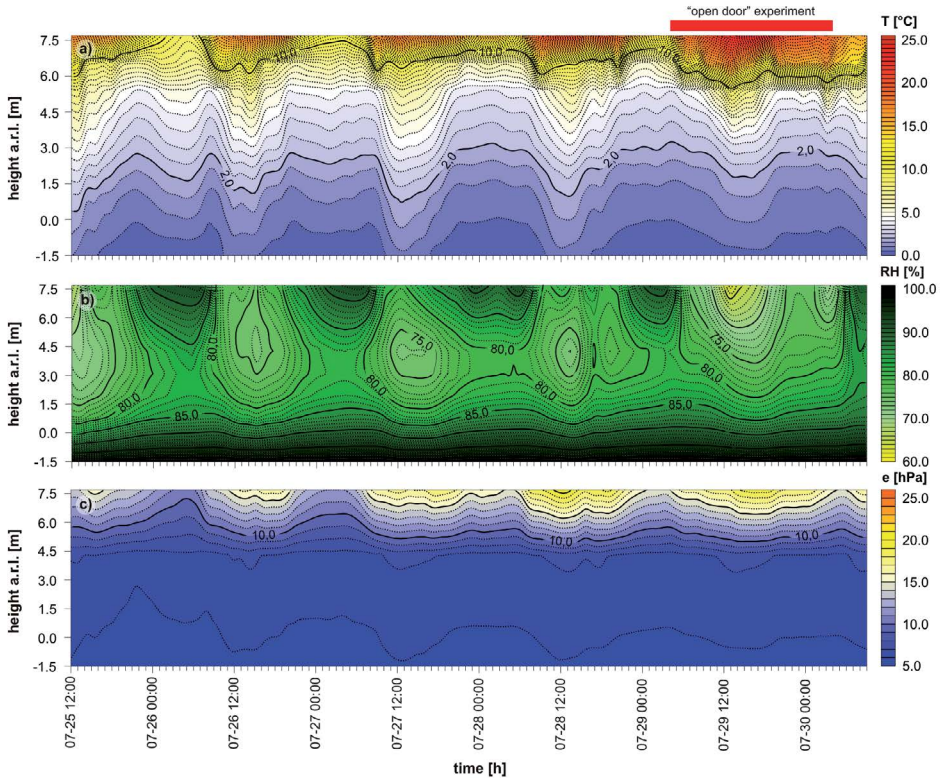


Fig. 12. Diurnal changes of thermal – humidity stratification inside Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave observed between 25. 7. and 30. 7. 2013: a) air temperature; b) relative humidity; c) vapour pressure

the 2<sup>nd</sup> zone, expressed by air temperature in its upper boundary. At night (20:00 – 8:00 CET) mean air temperature at 6.8 m a.r.l. – at the level of the Entrance Collapse edge was approx. 8 °C, while during the day (8:00 – 20:00 CET) it raised up to 11 °C (Fig. 11a). Analogous changes, however with a much larger range were observed within the 3<sup>rd</sup> zone (Fig. 12a).

Besides the diurnal course also short-term variations were clearly visible in the whole profile. In the analyzed periods most clear were the changes caused by air disturbances due to passing groups of tourists, as well as by heat emitted by human bodies. Anthropogenic derived fluctuations interfered with other, caused by natural factors, e.g. turbulent air mixing in the upper part of the Collapse, short-term changes in solar radiation connected with changeable cloudiness and shading (Fig. 13). Differentiation of solar radiation influenced also the spatial distribution of air temperature in the Entrance Area. It is illustrated by data from two sites: one located in SW side of the area (constantly shaded) and other at NE (illuminated by the Sun in the afternoon; Fig. 14). Measured difference between the two sites reached 3 °C during a sunny day.

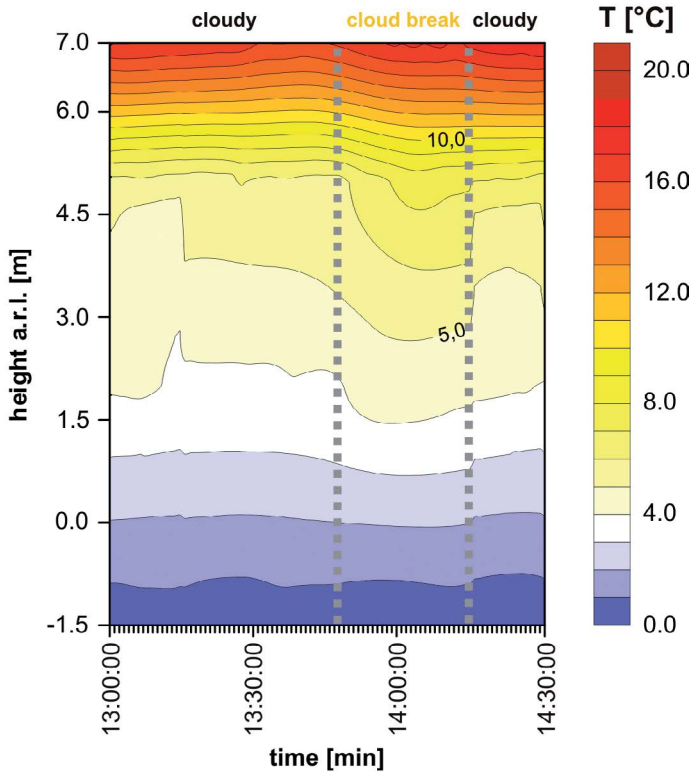


Fig. 13. Change in thermal structure of Entrance Collapse atmosphere, caused by solar energy supply during short term break in cloud cover (27. 7. 2012, 13:45 – 14:15)

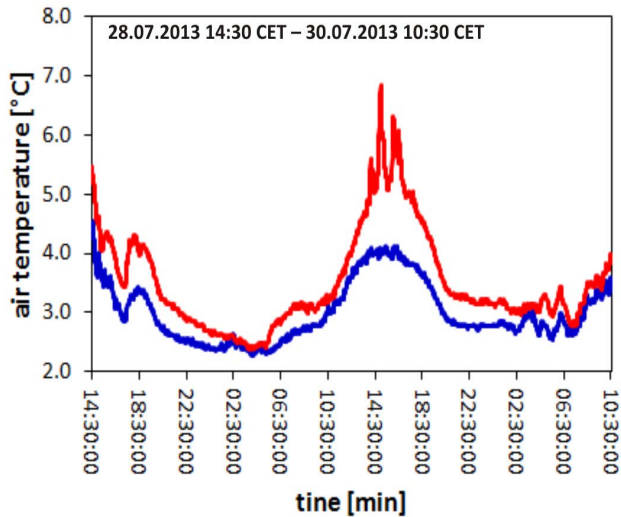


Fig. 14. Comparison of air temperature changes observed on the shaded and lighted side of the Entrance Collapse in summer conditions



## PROFILE MEASUREMENTS – AIR HUMIDITY

Profile measurements of relative air humidity (RH) carried out during the measurement campaign in 2013 showed that the thermal diversity described above is accompanied by clear diversity of RH (Figs. 11b, 11c, 12b and 12c).

At the level of the cave entrance there is a zone with high RH, constantly remaining at the level of 100 % (Fig. 11b). No diurnal changes were recognized. Such conditions are analogous to the in-cave conditions (Pflitsch et al., 2007; Korzystka et al., 2011). Slightly higher, approx. 0.5 m over the bottom of the Entrance Collapse (0.5 m a.r.l.; Fig. 11b), RH values were significantly lower (mean RH for the whole measurement period – 89 %). Diurnal course of RH changes was clearly marked, however the mean amplitude was only 5 %. At the height of 4.1 m a.r.l. a further decrease of RH was recorded (mean 78 %), and the average daily amplitude was 8 – 9 %. The dynamics of short-term changes in RH was also more visible at 4.1 than at 0.5 m. The described changes in RH were accompanied by direct changes of water vapour pressure (Figs. 11c and 12c). Between the cave entrance level and the level of 4.1 m above the bottom of the Collapse we observed a slight increase of water vapour pressure: from 6.0 hPa to 6.5 hPa. At the same time in the whole profile from –1.5 m up to 4.1 m there was a significant increase in saturation deficit (from 0 hPa at the cave entrance through 0.8 hPa at 0.5 m up to 1.7 hPa at 4.1 m).

Humidity parameters of the air measured at the highest point of the measurement profile (7.7 m above the bottom of the collapse, ca. 1.2 m above the fence edge) varied significantly from the parameters recorded below. The mean RH was 82 %, mean air temperature was 16.9 °C and the mean water vapour pressure was 15.9 hPa what is over two times higher than at the lower levels of the profile (Figs. 11b, 11c, 12b and 12c). Also the daily amplitude of RH was much higher, exceeding 30 % within the range of RH between 62 – 93 % (Fig. 11b). The characteristics shown above were disturbed during precipitation episodes, when in the whole profile of the Entrance Area increase of RH was noted (Fig. 15).

Information on changes of the humidity conditions inside the Entrance Collapse was obtained not only from the measurements. Observations of a thin mist layer (condensation zone; Fig. 16) carried out simultaneously with the measurements showed that it occurred every day and in fact during the whole day. It marked the least at noon and early afternoon and was located approx. 1 m below the highest sensor in the profile, near the lowest part of the fence edge, thus at the level of the effective edge of the collapse. Estimated thickness of the mist layer was 20 – 30 cm. Occurrence of the mist clearly proves the existence of a zone with 100 % RH at that level, with a constant water vapour condensation.

## ‘OPEN-DOOR’ EXPERIMENT

The experiment was intended to simulate conditions with the effective edge of the Entrance Collapse lower by 2.5 m. Such conditions had prevailed just after the reconstruction in 2010. The obtained data show that a long-term door opening caused clear disturbances in the thermal-humidity stratification above the level of 5 m (which is near the level of effective edge of the Collapse after opening the door; Figs. 11, 12, 17 and 18). Air temperature increase as well as rise of short-term amplitudes were recorded (Figs. 11a and 17.). No significant changes were registered below the level

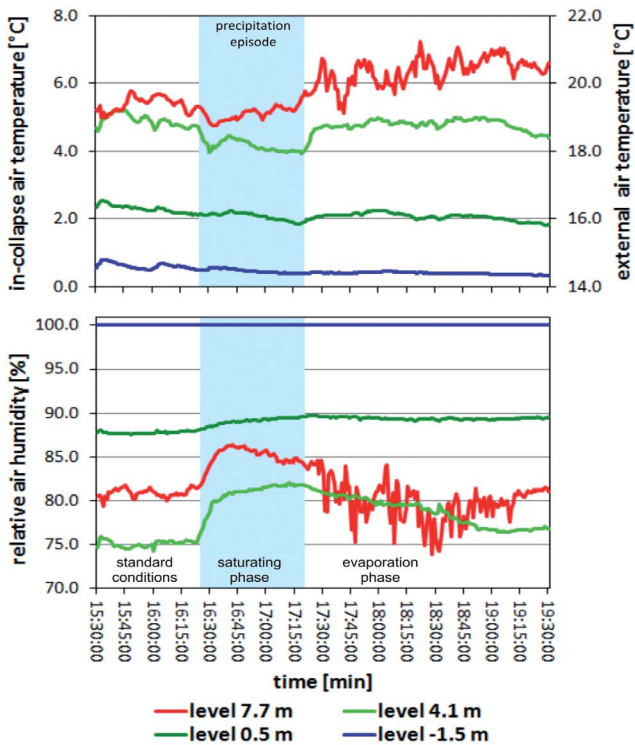


Fig. 15. Changes in thermal and humidity conditions in vertical profile of Entrance Collapse caused by short rainfall in the afternoon on 28 July 2013. Increase of relative humidity and its subsequent gradual drop is clearly visible



Fig. 16. Condensation layer formed above the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave: a) situation before start of the ‘open door’ experiment; b) the state of condensation layer after two hours of experiment. Photo: T. Sawiński, July 2012

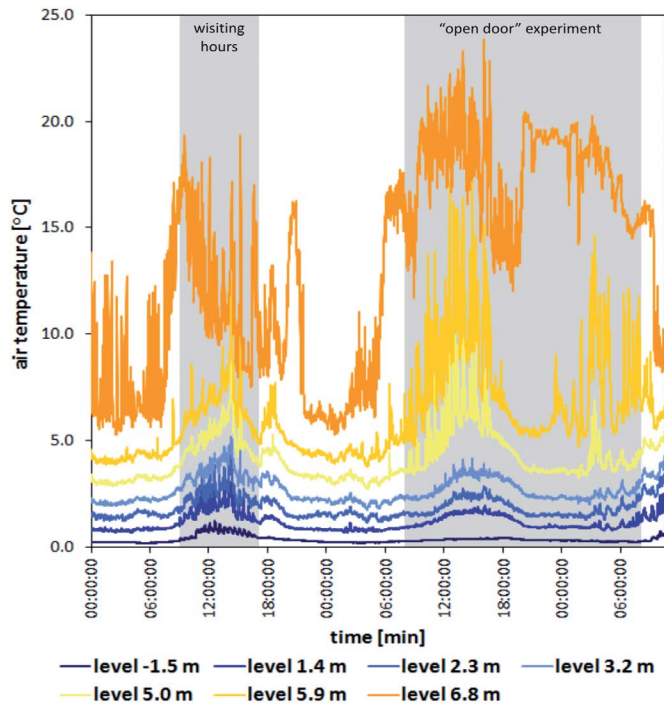


Fig. 17. Short term fluctuations of air temperature caused by passing of tourists groups, and disturbances of air temperature in vertical profile of Entrance Collapse during ‘open door’ experiment (results of profile measurements from 28. 7. 2013 00:00 to 30. 7. 2013 10:30, 1-minute values)

of 5 m. As there was only one RH sensor in the profile above 5 m (at 7.7 m a.r.l.) there is no detailed information on the changes of air temperature and humidity in the whole 5.0 – 7.7 m layer. It is still worth to underline that a significant decrease of RH and increase of water vapour pressure were recorded at 7.7 m what may indicate that humidity conditions changed also at lower levels of this profile. This is confirmed by the observations carried out during both stages of the experiment. The location of the characteristic mist was lowered if compared to the primary level and its thickness increased (Fig. 16).

## DISCUSSION

Results of measurements and observations carried out at the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave shown above allow to characterize the processes responsible its microclimatic system and to identify the reasons for the observed human-induced changes in the area. There are three main issues:

1. conditions of the formation of the thermal-humidity system inside the area;
2. the influence of the fence modification on its thermal-humidity structure;
3. the influence of changes in radiation balance connected with the shading reduction on the conditions inside the area.

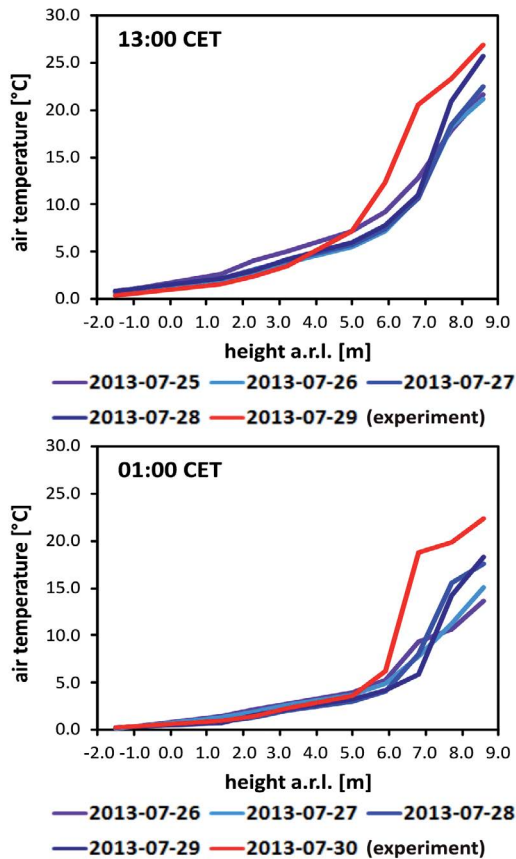


Fig. 18. Relation between height above the reference level and the air temperature inside the Entrance Collapse in standard conditions (blue lines) and during ‘open door’ experiment (red line). Lowering of warm air penetration range is clearly visible. Based on 1 hour averages from vertical profile registration

**Formation of the thermal-humidity system of the Entrance Collapse.** In Winter a constant inflow of external air through the Entrance Collapse to the cave and a relatively short distance of this inflow causes that the inflowing air does not undergo any significant transformation. As a consequence microclimatic conditions inside the basin of the Collapse do not differ from the outside conditions. The situation changes however in summer. Then the microclimate of the Entrance Collapse gains a clear individuality, both from the in-cave and exterior conditions. The main reason for such phenomena is a simultaneous effect of two factors: constant outflow of cold in-cave air and on the other hand the effect of a set of exterior meteorological conditions such as solar radiation, external air temperature, humidity conditions or wind.

Full explanation of the processes in the Entrance Collapse requires a reference to the conditions inside the cave. Studies have shown that in Summer conditions RH inside the cave is 100 % and temperature is approx. 0 °C (Pflitsch et al., 2007; Korzystka et al., 2011). Thus the amount of water vapour in the cave air is 6.1 hPa (Rojecki, 1959) and such amount of moisture is constantly transported into the

Entrance Collapse with the air outflowing from the cave. The air is gradually warmed as it transfers up through the collapse due to solar radiation and heat exchange with the previously heated ground. Additionally there is also a slight role of the heat supplied by touristic groups. The heating process occurs in a little scale close to the entrance (1<sup>st</sup> thermal zone) and exceeds as the air goes up through the 2<sup>nd</sup> zone. The apogee of the heating occurs in the 3<sup>rd</sup> zone with the sharp rise in temperature. Successive air heating causes a gradual increase in saturation deficit that triggers a process of intensive evaporation from the surface of the Entrance Collapse. This fact is proved both by the measurement results and observations of ground drying, especially in the 2<sup>nd</sup> zone. The obtained data show that the evaporation process is not enough effective to compensate the saturation deficit. Thus in the vertical profile of the collapse there is a zone of decrease of the RH (Fig. 12b), which weakens during precipitation episodes (Fig. 15). Additional humidity complements the saturation deficit and causes an increase of humidity in the whole profile. Due to the constant transfer of the cave air, the changes disappear within a few hours after the end of precipitation.

A significant modification of the humidity parameters occurs also within the 3<sup>rd</sup> thermal zone (Piasecki et al., 2005; Korzystka et al., in press). It is mainly driven by chilling of the overlying external air, warm and relatively rich in water vapour. Due to the temperature changes the external air gains the saturation point and 100 % RH. Thus the further decrease of temperature below the dewpoint starts the process of condensation and the thin mist layer appears (Fig. 16).

The results and analyses shown above allow to replace the previous scheme of three thermal zones (Piasecki et al., 2005) with a new division into thermal-humidity zones (Fig. 19, Tab. 2).

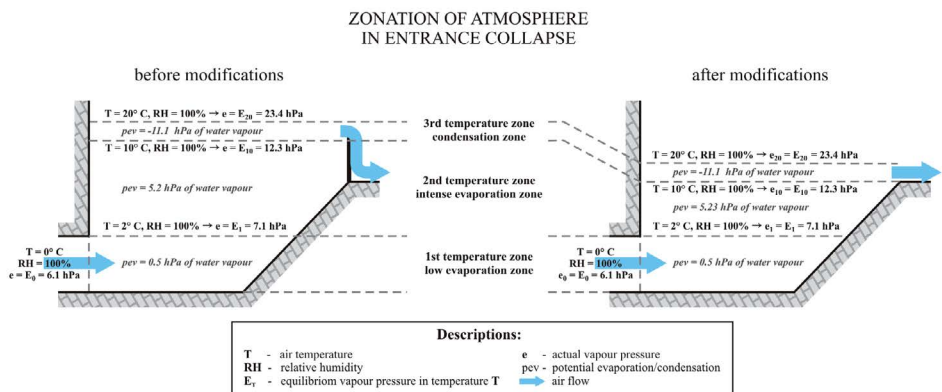


Fig. 19. Thermal-humidity zones inside the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave. The graph presents typical values of air temperature in Summer conditions. Potential evaporation/condensation coefficient presents amount of water vapour necessary to saturate air which warms up between the zones ( $pev = E_{i+1} - E_i$ , where  $E_i$  – equilibrium water vapour at level  $i$ ). Values of  $E_i$  were obtained from psychrometric charts (Rojecki, 1959)

Table 2. Characteristic of thermal-humidity zones in vertical profile of Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave

	Depth [m a.r.l.]	Thermal conditions	Humidity conditions
1 <sup>st</sup> zone	0 – 1.5	stable temperature low vertical temp. gradient (<1 °C/m) $T_{1\text{st ZONE}}^{\text{ST}} \approx T_{\text{CAVE}} (0 - 2 \text{ °C})$	relative humidity $\leq 100 \%$ low water vapour deficit relatively low evaporation
2 <sup>nd</sup> zone	1.5 – 6.5	gradual increase of air temperature high vertical temp. gradient (>2 °C/m) T at the top of 2 <sup>nd</sup> zone between 5 and 10 °C	relative humidity $\leq 100 \%$ high water vapour deficit intensive evaporation
3 <sup>rd</sup> zone	6.5 – 7.5	rapid rise of air temperature extremely high vertical temp. gradient (several °C/m)	relative humidity = 100 % intensive condensation

The air stratification is preserved by the constant supply of the collapse atmosphere with the in-cave, characterized by constant thermal-humidity parameter. The range of transformations of the upgoing air in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> zone depends first of all on the radiation balance of the collapse basin. Another factor driving the transformations is the latent heat released or absorbed in water phase transitions (melting in the 1<sup>st</sup> zone, evaporation in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> zone and condensation in the 3<sup>rd</sup> zone). This factor may explain lowering of the temperature in comparison to 2003 and 2004, observed in the 1<sup>st</sup> thermal zone during the observations in 2012 and 2013 (Fig. 10). It is probably connected with melting of the snow artificially collected at the bottom parts of the Collapse (Fig. 4).

Finally it is important to underline that due to the high inverse thermal gradient constantly remaining inside the collapse in Summer there is a highly stable thermodynamic balance. It prevents the penetration of warm air into the basin of the Entrance Collapse excluding its direct influence on the thermal conditions deep in the collapse. Potential conditions for air mixing between the collapse and surroundings may occur only in case of strong wind enabling a turbulent (forced) penetration of a warm air portion from the surroundings into the collapse.

**Influence of the fence modification on the thermal-humidity structure of the Collapse.** Results of the ‘open-door’ experiment carried out in 2012 and 2013 show that opening of the Entrance Area after the construction of the openwork turret had caused significant changes in the climatic conditions inside the collapse basin. During both of the experiments disturbances in the thermal-humidity structure of the air occurred, closely related to the lowering of the effective edge of the fence (edge of the collapse). First of all the vertical range of the 2<sup>nd</sup> zone decreased, the 3<sup>rd</sup> thermal-humidity zone was lowered and thickened. Additionally, between the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> zone appeared a thick transition zone that had not been registered before, characterized by significant short-term temperature fluctuations (Fig. 17).

The observed transformation of the thermal-humidity structure does not occur immediately after opening the door. Even though the second stage of the experiment lasted 24 hours, at its end the transformations were still active: the condensation layer (Fig. 16) was still increasing and the transition zone between the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> zone occurred as (according to the authors assumptions) a result of turbulent air

mixing initiated by the intensive cold air outflow through the open door. We may predict that at the constant opening of the Collapse fence (as it was immediately after the reconstruction in 2010) the process of transformation of the collapse atmosphere stabilizes. A new balance occurs with significantly lowered border between the cold in-collapse air and external air that constitutes at the lower edge of the fence (Fig. 19). Furthermore the 2<sup>nd</sup> thermal-humidity zone (zone of intensive evaporation) vertical range is decreased. As a consequence, within the same conditions in the borders of the zones in zone 2 the vertical thermal gradient increases and the evaporation intensifies.

Another potential result of the fence opening is intensification of the air exchange between the cave and its surroundings. Lowering of the lower border of air outflow (effective edge of the Collapse) decreases the relative height of the ‘chimney’ in the Dobšinská Ice Cave system (Fig. 5). Although the difference in the height is small (approx. 2.5 m) it may cause increase of pressure gradient and as a consequence intensify the Summer outflow of the cave air. Due to such changes thermal conditions in the Entrance Collapse will also change: the 1<sup>st</sup> thermal-humidity zone range will increase, the lower part of the 2<sup>nd</sup> zone will be chilled and the thermal contrast in the 3<sup>rd</sup> zone will rise. At the present stage of the research it is impossible to clearly state whether the described situation really occurs. Further, complex measurements and studies are required to verify the hypothesis, especially connected with air movement measurements in the near-entrance parts of the cave.

Nevertheless, the processes that happened due to lowering of the collapse effective edge are according to the authors one of the main reasons for the drying of the bottom of the Entrance Collapse that had occurred after the reconstruction in 2010. Now the processes are stopped.

**Influence of changes in radiation balance connected with the shading reduction on the conditions inside the area.** Another factor that according to the authors significantly affected the observed changes was connected with the changes in radiation balance connected with the shading reduction due to cutting of the surrounding trees. It caused an increase in solar radiation supply to the walls and bottom of the Entrance Collapse, especially in its SE part, exposed to the direct solar radiation. The influence of the differences in solar radiation is clearly visible in the measurement data from sites in different sides of the Collapse (Fig. 14).

The potential effect of the larger access of solar radiation on the bottom of the Entrance Collapse is increased heating of the walls, increase of air temperature decrease of RH and intensification of evaporation. This in turn modifies the characteristics of the thermal-humidity zones. The probable range of such changes is as follows:

- 1<sup>st</sup> zone:** slight increase of temperature and slight increase in evaporation as a consequence;
- 2<sup>nd</sup> zone:** significant increase of temperature and intensification of evaporation;
- 3<sup>rd</sup> zone:** decrease of the vertical air temperature gradient (drop of the thermal contrast between the Entrance Collapse air and exterior air, weakening of the condensation).

Also permafrost melting, subsidence of the bottom ground and opening of new crevices may be connected with the extended solar radiation. The scope of these phenomena is well illustrated by the changes that occurred in the SE part of the

collapse ground in two years after the reconstruction in 2010. The bottom was lowered by 50 – 80 cm. The link between shading reduction and changes at the geomorphology of the bottom may be indicated by the following observations:

1. fast vanishing of the permafrost and crevices opening started just after the changes in 2010;
2. the process did not occur in the SW part of the collapse that is not exposed to solar radiation.

The important role of solar radiation is illustrated also in diurnal and short-term changes of the thermal stratification of the Collapse atmosphere (Figs. 11a and 13). The changes correlate with the daily dynamics of the radiation balance and short-term dynamics of solar radiations caused by cloudiness.

Unfortunately studies conducted so far do not allow to make a quantitative analysis of the changes caused by the increased solar radiation connected with trees cutting, however taking into consideration the range of cutting and intensity of permafrost melting we may conclude that the role of the radiation factor in shaping the Entrance Collapse microclimate has increased significantly as compared to the situation before the reconstruction. It is important to emphasize that the conclusions on the influence of the increase of solar radiation on the collapse microclimate presented above are based only on short-term measurements and observations. For the full registration of the occurred changes and their detailed analysis further research is required consisting of both patrol and profile measurements.

## CONCLUSIONS

The results of this study show that inside the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave there is a complex climatic system that is driven by a variety of environmental factors. The most important are:

- collapse and its surroundings land relief;
- connection between the Collapse and the cave interior (airflow determined by the process of cave ventilation);
- seasonally changeable contrasts between meteorological conditions inside the cave and in its surroundings;
- limitations in solar radiation supply;
- water phase transitions.

The most visible effect of the interactions between the abovementioned factors are seasonal and short-term changes of thermal and humidity stratification of the collapse atmosphere.

The conditions that were in the Entrance Collapse before 2010 had been formed in 1970s. At that time a wooden fence was built that increased the range of the cold air zone inside the collapse. The environmental changes made during the reconstruction of the touristic infrastructure in 2010 caused changes in the Collapse microclimate that included mainly disturbance of the thermal and humidity stratification and change of solar radiation conditions. These changes effected in the Collapse drying, intensification of the permafrost and ice melting processes as well as opening of new ways for air exchange between the cave interior and the Entrance Collapse. The main cause for these changes was the reconstruction of the fence and cutting of the trees shading its interior. The fence was shortly restored to the previous state so the effect of this factor has been reduced. Much serious are the consequences of the



increase of solar radiation influx to the collapse. The after-effects of this change not only influence the microclimate of the Entrance Collapse but also may affect the functioning of the whole Dobšinská Ice Cave system. This is due to the opening of new crevices leading from the bottom of the collapse towards the cave interior. In case of their significant enlargement this factor may run new ways of air transfer through the cave and form a deep reconstruction of the cave air exchange system. Consequences of such scenario are very difficult to predict however previous experiences (Zelinka, 1996; Jernigan and Swift, 2001; Piasecki et al., 2007) show that it may affect the whole cave with all components of its environment.

The adverse changes described above concern only the Summer situation. In Winter conditions the direct influence of these changes on the Collapse microclimate is negligible because the changes do not interfere the Winter phase of the chimney effect. Due to the low position of the Sun the influence of the change of shading conditions is also negligible.

The environmental changes described above are partly stopped by the protection strategy based on snow accumulation in the lower parts of the Entrance Collapse. Thus the artificial *battery of cold* lets to preserve low temperature in the near-entrance area of the cave and increases the range of the 1<sup>st</sup> thermal zone as in the primary conditions. The solution does not reduce all adverse processes connected with the reconstruction. Keeping low temperature in the 1<sup>st</sup> zone together with overheating of the 2<sup>nd</sup> zone causes an increase in the thermal contrast. As a result a sudden rise of saturation deficit and intensification of evaporation occur in the 2<sup>nd</sup> zone. According to the authors opinion the only efficient way to restore former conditions is a change in solar conditions of the Entrance Collapse (e.g. a system of screens partly or totally cutting solar radiation).

The range of the changes observed in the Collapse, their rapidity and the real and potential influence on Dobšinská Ice Cave illustrate the complexity of the cave environment. Even slight and apparently not important changes in cave environment may cause serious deregulation of cave climatic system and as a consequence significantly change the whole cave environment. The authors are aware that the so far research has not explained all the climatic processes in the Entrance Collapse of Dobšinská Ice Cave, and the shown results are not fully representative. For the complex understanding of the mechanisms of functioning of the Collapse microclimate the previous works not only should be continued but also extend by radiation and evaporation surveys as well as continuous measurements. The research should be also extended by air exchange monitoring with special focus on the vicinity of newly opened crevices leading into the cave. The obtained results will not only help to understand the climate factors and processes but significantly improve the knowledge necessary for the future preservation and modernization of the touristic infrastructure.

Apart from the phenomena and processes presented above, detailed investigation requires also not discussed in this study problem of changes in land cover and its influence on the radiation balance in the vicinity of the cave entrance. Cutting trees and opening a large space of the touristic terrace caused changes in the dynamics of the radiation balance. In consequence the solar radiation influx during the day has been increased so as free radiation from the ground at night. Furthermore the albedo of the surfaces in the entrance area is now very low (terrace covered by dark stone

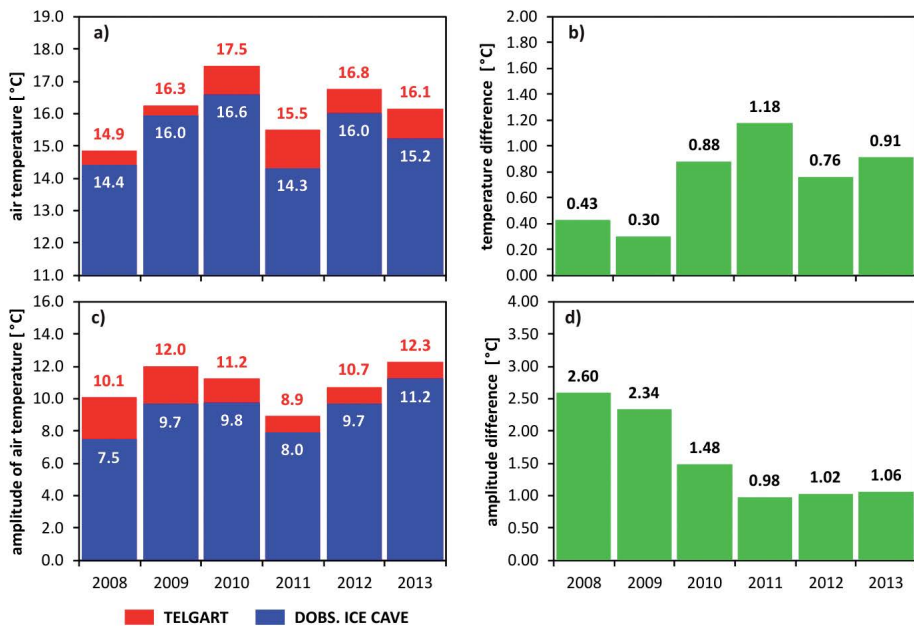


Fig. 20. Comparison of average air temperature and air temperature amplitude in July in Dobšinská Ice Cave and Telgárt meteorological station (located ca. 15 km to the West from the cave), for the period 2008 – 2013: a) July air temperature averages; b) air temperature differences  $Dif_T = T_{TELGART} - T_{DOBS}$ ; c) July averages of 24-h air temperature amplitude; d) amplitude differences  $Dif_A = A_{TELGART} - A_{DOBS}$ . Data from Telgárt station obtained from US National Climatic Data Centre, <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdodata.cmd>, access 21. 10. 2013, 15:31

plates, asphalt shingle roof of the administration building) what further increases the heating of the whole area during the day. Before the modifications the effect was strongly limited by the trees. The most probable reflection of the changes in the land cover will be a rise in temperature amplitude, marking especially in Summer. Such scenario is confirmed in preliminary results of the measurements conducted between 2009 and 2013 (Fig. 20). At this stage of the investigation it is hard to describe the influence of abovementioned processes on the environment of the Entrance Collapse however the authors may assume that it is not inert for its microclimate.

## REFERENCES

- ANONYM, 1971. Odporúčania medzinárodnej vedeckej konferencie k problematike Dobšinskej ľadovej jaskyne. Slovenský kras, 9, 257–258.
- BELLA, P. 2008. Jaskyne ako prírodné geoekosystémy – Geoekologický výskum a environmentálna ochrana. Speleologia Slovaca, Liptovský Mikuláš, 167 p.
- BUCK, A.-L. 1981. New equations for computing vapor pressure and enhancement factor. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 20, 1527–1532.
- HALAŠ, J. 1986. Tepelná bilancia Dobšinskej ľadovej jaskyne. Kandidátska dizertačná práca, Vysoká škola technická, Banícka fakulta, Košice. Manuskript, archív Správy slovenských jaskýň, 119 p.

- HALAŠ, J. 1989. Tepelná bilancia Dobšinskej ľadovej jaskyne, Slovenský kras, 27, 57–71.
- HEBELKA, J. – ROŽNOVSKÝ, J. – KORZYSTKA, M. – PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – STŘEDOVÁ, H. – FUKALOVÁ, P. – STŘEDA, T. – LEJSKA, S. – LITSCHMANN, T. 2011. Stanovení závislosti jeskynního mikroklimatu na vnějších klimatických podmínkách ve zpřístupněných jeskyních České republiky. Závěrečná zpráva projektu SP/2d5/07, Program Výzkum a vývoj, Ministerstvo životního prostředí České republiky, Acta Speleologica, 2/2011, 290 p.
- JERNIGAN, J. W. – SWIFT, R. J. 2001. A mathematical model of air temperature in Mammoth Cave, Kentucky. Journal of Cave and Karst Studies, 63, 1, 3–8.
- KORZYSTKA, M. – PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – ZELINKA, J. 2011. Climatic system of the Dobšinská Ice Cave. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Congress International Show Caves Associations, Liptovský Mikuláš, 85–97.
- KORZYSTKA, M. – PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – ZELINKA, J. (in press). Human impact on the ice cave climatic environment – case study from entrance area of the Dobšinská Ice Cave. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria.
- KOVÁČ, L. – ELHOTTOVÁ, D. – MOCK A. – NOVÁKOVÁ, A. – KRIŠTŮFEK, V. – CHRŇÁKOVÁ, A. – LUKEŠOVÁ, A. – MULEC, J. – KOŠEL, V. – PAPÁČ, V. – LUPTÁČIK, P. – UHRIN, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – HUDEC, I. – GAÁL, Ľ. – BELLA P. 2014. The cave biota of Slovakia. State Nature Conservancy SR, Slovak Caves Administration, Liptovský Mikuláš, 192 p.
- MARIKOVIČOVÁ, J. – OMEĽKA, J. – HAVIAROVÁ, D. – GAŽÍK, P. – ZELINKA J. 2011. Integrated Cave Environmental Monitoring System (ICEMS). Proceedings of the 6<sup>th</sup> Congress International Show Caves Associations, Liptovský Mikuláš, 100–107.
- MARTIN, K. W. – LESLIE, D. W. JR. – PAYTON, M. E. – PUCKETTE, W. L. – HENSLEY S. L. 2006. Impacts of passage manipulation on cave climate: Conservation implications for cave-dwelling bats. Wildlife Society Bulletin, 34, 1, 137–143.
- MAVLYUDOV, B. R. 1997. Caves climatic systems. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Speleology, Symposium 7: Physical Speleology, La Chaux-De-Fonds, 191–194.
- NOVOTNÝ, L. 1995. K veku jaskynného systému Stratenskej jaskyne. Ochrana ľadových jaskýň, Zborník referátov z odborného seminára, Dobšinská Ľadová Jaskyňa 21. – 22. 9. 1995. Liptovský Mikuláš, 37–41.
- NUDZIKOVÁ, Ľ. – GAÁL, Ľ. 2011. Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2010. Aragonit, 16, 1–2, 52.
- NUDZIKOVÁ, Ľ. – GAÁL, Ľ. 2012. Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2011. Aragonit, 17, 1–2, 50.
- NUDZIKOVÁ, Ľ. – BALCIAR, I. 2013. Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2012. Aragonit, 18, 1, 40.
- PFLITSCH, A. – PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – STRUG, K. – ZELINKA J. 2007. Development and degradation of ice crystals sediment in Dobšinská Ice Cave (Slovakia). 2<sup>nd</sup> International Workshop on Ice Caves, Proceedings, 38–49.
- PIASECKI, J. 1996. Przyczyny zmian klimatu Jaskini Niedźwiedziej w Kletnie. Acta Universitas Wratislaviensis No 1794, Prace Instytutu Geograficznego, Seria C, Meteorologia i Klimatologia, 3, 33–55.
- PIASECKI, J. – SAWIŃSKI T. 2009. The Niedźwiedzia Cave in the climatic environment of the Kleśnica Valley (Śnieżnik Massif). In Stefaniak, K. – Tyc, A. – Socha, P. (Eds.): Karst of the Częstochowa Upland and of the Eastern Sudetes – paleoenvironment and protection, Studies of the faculty of Earth Sciences University of Silesia, No. 56, 423–454.
- PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – STRUG, K. – ZELINKA J. 2007. Selected characteristics of the microclimate of the Demänovská Ice Cave (Slovakia). 2<sup>nd</sup> International Workshop on Ice Caves, Proceedings, 50–61.
- PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – ZELINKA J. 2005. The spatial differentiation of air temperature in the entrance collapse of Dobšinská Ice Cave as a contribution to the recognition of air exchange between the cave and its environment. Slovenský kras, 43, 81–97.

- PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – ZELINKA J. 2008. The structure of airflow inside the lower part of the Dobšinská Ice Cave (the Underground Floor – Ice Cliff area). *Slovenský kras*, 46, 1, 127–140.
- PULINA, M. 1974. Niektoré mikroklimatické charakteristiky jaskýň v Poľských Tatrách. In KONČEK, M. (Ed.): *Klíma Tatier*. SAV, Bratislava, 702–707.
- PULINA, M. 1999. *Kras. Formy i procesy*. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 375 p.
- ROJECKI, A. 1959. *Tablice Psychrometryczne (Psychrometric Charts)*. Państwowy Instytut Hydrologiczno-meteorologiczny, Seria A, Instrukcje i Podręczniki Nr. 41, Wydawnictwo Komunikacyjne, Warszawa, 211 p.
- ŠIŠKA, F. – SEDLATÝ, V. – BÚGEL, M. – VRABEC, F. 1977. Riešenie mikroklimatických pomerov Dobšinskej ľadovej jaskyne. Manuscript, Slovak Caves Administration archive, 44 p.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. Osveta, Martin, 464 p.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1995. Čiastková správa o morfometrických parametroch v zaľadnených častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne. Ochrana ľadových jaskýň, Zborník referátov z odborného seminára, Dobšinská Ľadová Jaskyňa 21. – 22. 9. 1995. Liptovský Mikuláš, 25–28.
- ZELINKA, J. 1996. Rekonštrukcia vstupných častí Dobšinskej ľadovej jaskyne. *Aragonit*, 1, 15–16.
- Internet sources: US National Climatic Data Centre, <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdodata.cmd>, access 21. 10. 2013 15:31

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	173 – 190	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## HISTÓRIA MAPOVANIA A VYTVORENIE SPOJITÉHO MERAČSKÉHO ŤAHU AKO PODKLADU NA REAMBULOVANIE MAPY DOMICE

ZDENKO HOCHMUTH

Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Jesenná 5, 040 01 Košice; zdenko.hochmuth@upjs.sk

**Z. Hochmuth: History of surveying of the Domica Cave and creation of a contiguous traverse as a basis for reevaluation of the contemporary cave map**

**Abstract:** Cave survey history and the creation of a line-plot as a basis to reevaluate the map of the Domica Cave. In this article, we are presenting a retrospective of geodetic and cartographic works completed over the course of 85 years of survey in this cave. Individual phases of survey are characterized by their social demand and the personalities who were able to fulfill this demand. The partial cave survey was older than 10 years, based on the 50 years old base, we decided to collect, sort and process all of the existing survey outputs. This will be a foundation to create a contemporary map of the cave with contemporary methods and resources (3D scanning, 3D profiling, electronic tacheometry, GIS processing). We believe, that this map will serve to speleologists to further explore the underground system of the Domica Cave.

**Key words:** Domica Cave, Hosúsovské Caves, measurement, Eduard Paloncy

### ÚVOD

Jaskyňa Domica ako súčasť pohraničného systému spolu s jaskyňou Baradlou predstavujú najdlhší jaskynný systém na tomto síce jednotnom, no hranicou rozdelenom území, v dĺžke 23 916 m. K tomuto údaju prispieva Domica dĺžkou 5368 m síce menšou časťou, avšak tento údaj vznikol z rôznych, často heterogénnych a neúplných údajov. Súčasné potreby praktického speleologického výskumu i hľadanie nových metód kartografického zobrazenia pred nás postavili úlohu zjednotiť tieto merania do súboru, na ktorý bude možné nadväzovať pri ďalšom výskume. Pritom si vážime vykonanú prácu speleologických osobností a autorit, keď od začiatku mapovania uplynulo už viac ako 85 rokov. A boli by sme radi, keby ich dielo neupadlo do zabudnutia pri zákonite nasledujúcich výmenách metodických i generačných.

Jaskyňa Domica bola v minulosti zameraná, niektoré časti aj viackrát, avšak niektoré nedostatočne až vôbec. Na toto sme upozornili v príspevku v Spravodaji SSS (Hochmuth, 2014), kde sme aj publikovali zameranie chýbajúceho úseku v Čertovej diere členmi Speleoklubu UPJŠ. Avšak ukázalo sa, že existujú aj iné časti, kde síce existuje mapa aj s meračskými bodmi, ale sú zmapované iba prehľadne. Navyše k časti bodov chýba výškopis, v značnej časti aj akékoľvek meračské údaje alebo v jaskyni nemožno nájsť prislúchajúce stabilizované meračské body. Tiež bolo potrebné vyriešiť záhady niekoľkonásobného merania po tých istých, ale prečíslovaných bodoch.

Ako nevyhnutná sa ukázala identifikácia stabilizovaných bodov. Tam, kde neexistovali, inštalovanie nových podľa možnosti na pôvodných miestach. Stabilizované meracie body je možné považovať za istú „technickú pamiatku“. V prípade bodov z meraní Paloncyho sme sa snažili tieto rešpektovať a aj pri kontrolných a doplňujúcich meraniach nebudovať vlastnú sieť, ale odpájať sa od bodov, ktorých serióznosť overil čas.

Pre účely mapovania známych, no dosiaľ nezameraných častí a tiež pre perspektívny výskum sa ukázalo ako vhodné previesť súradnice bodov (pokiaľ existovali) do spojitého polygónového ťahu, na ktorý by sa dalo nadväzovať v mapovaní na základe analógového či digitálneho merania dĺžky, sklonu a azimutu (L, S, A). Napokon polygónový ťah fixovať uložením vo vhodnom mapovacom softvéri.

Posúdenie presnosti starších i novších meraní sme realizovali pomocou uzavretých ťahov v jaskyni a zameraním súradníc vchodov na povrchu vzhľadom na trigonometrickú sieť, resp. GPS súradníc v inom systéme (VGS 84). Preto bolo nevyhnutné získanie archívnych materiálov a štúdium publikovaných i nepublikovaných správ a príspevkov. Sme vďační zamestnancom archívu Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši (SMOPaJ) za poskytnutie skenovaných archívnych dokumentov a máp.

## 1. MAPOVANIE A MAPY DOMICE

### **Prvé mapovanie Ing. Paloncyho (1930, 1931)**

Ak nebudeme prihliadať na náčrtky a lokalizáciu dávno známych jaskýň v okolí (Stará Domica, Čertova diera a Líščia diera), treba konštatovať, že objaviteľ (J. Majko), resp. objavitelia časti Čertovej diery (Žák a kol.) mali iba približnú predstavu o smerovaní jaskyne. Ako sa dozvedáme zo zmienky Paloncyho (1932, s. 50), usudzovalo sa okrem iného, že jaskyňa smeruje na Kečovo, kde tok pretekajúci jaskyňou vyviera. Vtedy napäté politicko-vojenské styky novej republiky s Maďarskom, ktoré ťažko nieslo existenciu štátnej hranice, neumožňovali spočiatku spoluprácu ani aktivity pri prieskume a mapovaní. Po tom, čo právo sprístupniť a prevádzkovať jaskyňu získal Klub čs. turistov a lyžiarov (KČSTL, podrobnejšie pozri Lalkovič, 2014), logicky sa objavila potreba vyhotoviť plán či mapu jaskyne. Druhou a možno vtedy ešte dôležitejšou úlohou pre plánované sprístupnenie bolo na základe mapovania nájsť miesto možného lepšieho vchodu do jaskyne. V pôvodnom prístupe do objavených častí zo Starej Domice problémom bola 14 m hlboká priepasť za objavným prielezom a tiež cca 100 m dlhá nízka blativá Objavná chodba ústiaca do Majkovho domu.

KČSTL požiadal Ing. Eduarda Paloncyho z Ostravy (ktorý pôsobil ako banský merač Vítkovických baní, resp. „Vítkovického ťežařství“ v Moravskej Ostrave) o zameranie a vyhotovenie plánu jaskyne. Paloncy už mal skúsenosti z demänovských jaskýň (obj. roku 1921). Paloncy svoje prvé merania uskutočnil v skorú jar 1930 (viď tiež podľa vegetácie na fotografiách v príspevku z r. 1932) v rámci dovolenky, v úvode je zmienka, že pracoval i v roku nasledujúcom. Ministerstvo národnej obrany súhlasilo s pridelením vojakov technickej roty z posádky z Jelšavy, aby Paloncymu pri mapovaní pomáhali. Ako sa dozvedáme z vyššie citovaného príspevku v Krásach Slovenska, roč. 11, č. 2-3, hlavný predbežný cieľ bolo vytýčenie a prerazenie nového, pohodlnejšieho vchodu ako objavného zo Starej Domice. Už 14. 4. 1930 sa dosiahlo prekopením spojenie s povrchom v mieste dnešného východu z jaskyne a tým sa umožnili následné sprístupňovacie, ale aj mapovacie práce. Z uvedeného príspevku

však nie je jasné, ako ďaleko sa s mapovaním dostali, pravdepodobne v nasledujúcom roku sa zmapoval rozsah jaskyne, ktorý je zobrazený na mape evidovanej v SMOPaJ pod č. 8285.

### **Mapovanie v r. 1931**

Zrejme až po ďalšej meračskej akcii v r. 1931 vznikla mapa, ktorej výrez je publikovaný v Krásach Slovenska z r. 1932. Paloncy domeral teodolitom dostupné časti a vtedy prešiel s Benickým časti od „Smutnej vŕby“ až na koniec v smere toku, teda hlboko do Maďarska (pretože predbežne nevedel, kde v podzemí leží hranica) a následne tieto časti zameral „ručným kompasom“. Podľa jeho opisu z Krás Slovenska v roku 1933 zaznačoval na stenách body, ktoré potom pomocníci stabilizovali. Ktoré body to boli, je istou záhadou. Nikde sme nenašli číslovanie (301 – 380), avšak na niektorých bodoch zo sústavy bodov č. 827 po 864 je na stene vidieť zvyšky modrej farby akoby signalizácie ich umiestnenia. Nedá sa vylúčiť, že neskôr došlo k prečíslovaniu.

V smere proti toku Styxu Paloncy s Benickým prešli až do Majkovho domu v Čertovej diere až po „paragraf“ ktorý už bol zamrežovaný. V príspevku z roku 1933 je realistický opis chodieb, (dosiaľ jediný!) opis „Majkovho prekopu“, chodba s 10 m závesom, Nepomenovaný dóm, odbočka do Nebezpečného domu, Zrútený dóm, plazivky v smere k Čertovej diere. Údajne aj tu mapovali „ručným kompasom“. Mapa tohto úseku od Paloncyho nie je známa. Veľmi pravdepodobne však existuje alebo existovala, pretože bez nej by Droppa nebol schopný relatívne presne nakresliť zjednodušenú mapku Domice v r. 1960.

### **Mapovanie Ing. Paloncyho r. 1933**

Ako vyplýva z rôznych poznámok a informácií (Droppa, 1964; Lalkovič, 2014), nasledovalo ešte ďalšie mapovanie častí Domice, ktoré boli zamerané iba provizórne. Ale ak bol použitý teodolit, filozofia umiestnenia bodov by mala byť iná ako pri kompasovom meraní. A skutočne v „Chodbe k hranici“ sa nachádza paralelne s predchádzajúcou aj stabilizovaná sústava bodov od č. 165 po č. 196, pričom body nesú zjavné znaky, že teodolit bol umiestnený pod nimi. Paloncy nepracoval v sústave JTSK, preto sme v jeho materiáloch ani nenašli vypočítané súradnice. Zápisníky z Paloncyho merania sú zrejme kompletne v zložkách archivovaných SMOPaJ, avšak ich dešifrovanie predstavuje samostatný problém.

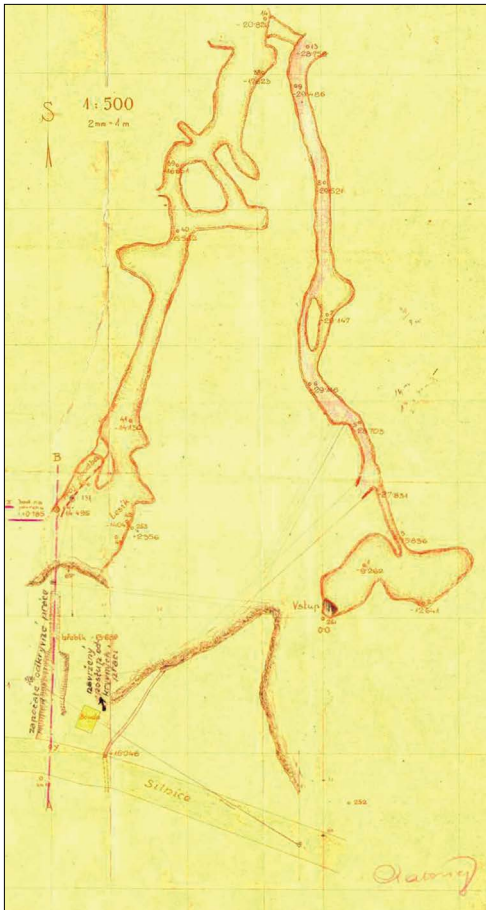
Paloncy pracoval s teodolitom, pravdepodobne od nemeckej firmy Fenel, a nivelačným prístrojom, prístroje sú viditeľné na publikovaných snímkach.

### **Paloncyho mapy:**

V SMOPaJ existujú minimálne 3 originálne Paloncyho mapy s rôznym obsahom a rozsahom:

#### **1. Paloncyho mapa Objavnej a vstupnej chodby ako podklad k prekopaniu nového vchodu**

Mapa je evidovaná v archíve máp SMOPaJ pod č. 9712, zrejme ide o originál kreslený tušom a kolorovaný farebnými ceruzkami, v mierke 1 : 500. Nemá hlavičku, iba štvorcovú sieť po 25 m, vyznačenie severu a rôzne nápisy. Vyznačené sú stabilizované body, ich číslovanie, relatívne výšky vzhľadom na 0 vo vchode Starej Domice.



Obr. 1. Mapa časti Domice ako podklad na otvorenie nového vchodu. Archív SMOPaJ, č. 9172  
 Fig. 1. Map of a part of the Domica Cave as a basis for opening a new entrance

V smere toku polygónový ťah dosahuje oblasť „Chodby k smutné vrbě“, teda na koniec dnešnej I. plavby. Mapa obsahuje Suchú chodbu, ale napríklad neobsahuje celú časť od Dómu indických pagod, Indickej čajovne až po dnešnú prerážku do vstupnej budovy. Aj napriek tomu jej zmapovanie (teodolitom) s využitím iba pôvodného vstupu cez Starú Domicu môžeme považovať za solídny speleologický výkon.

Mapa najskôr vznikla podobne ako predošlá v roku 1930. Predchádzajúca mapa vznikla možno iba ako jej odvodnina pre účely prerážky, a preto má aj uvedené výšky bodov.

### 3. Paloncyho mapa „Hosúsovských jeskýň“ v mierke 1 : 2000 (1931) 8518

Ako sa dozvedáme z 2. príspevku E. Paloncyho v Krásach Slovenska (publikovaný až v r. 1933), ďalšie mapovanie a spoločný prieskum jaskyne uskutočnil Paloncy spoločne s V. Benickým, ktorý vtedy už bol menovaný ako správca jaskyne. Mapa na samostatnom liste rozmerov 98,7 × 54,5 cm v mierke 1 : 500 nebola publikova-

Z číslovania bodov na tejto mape je možné pochopiť aj postup objavných a meracích prác. Objavnou chodbou vedie číslovanie od bodu 0 po bod 9, potom pokračujú body 13 a 14 v prepojke smerom do dnešného Majkovho domu a potom smerom k dnešnému východu – tzv. „Chodba k lesíku“ pokračuje číslovaním od 38 po 43 (45, 46). Znamená to, že síce uvedená mapa poslúžila ako podklad na prerážku, ale v skutočnosti bola určite odvodená od rozsiahlejšej mapy, ev. č. 8285 (pozri ďalej).

### 2. Mapa „Hosúsovské jeskyně u Plešivce“ evidovaná pod č. 8285

Zaujme ešte pôvodný názov pred ustálením jaskyne Domica. Mapa znázorňuje časti jaskyne približne v rozsahu dnešného sprístupneného okruhu. Vyzerá podobne ako mapa (výrez) okolia Objavnej chodby a pôvodného vstupu (ktorý na nej ešte nie je nakreslený, iba začiatok výkopu k nemu smerujúceho). Body majú číslovanie totožné s predošlou, detailov je však menej a nie sú uvedené výšky. V oblasti Panenskej chodby (táto má predbežne názov „Chodba k čertové díře“) zasahuje po bod 68, teda 2 body za dnešnou betónovou „hrádzou“. Toto číslovanie použil aj A. Droppa a body 66 a 67 sme aj našli v pôvodnom stave.



teľná a pravdepodobne z nej bol neskôr urobený publikovaný výrez (č. 4).

Mapa je starostlivo vykreslená tušom a farebne kolorovaná, body sa dajú rozlíšiť, číslovanie je oproti predošlým mapám nezmenené, nadväzuje na ne. Styx v Panenskej chodbe je nakreslený bodkovane, bezfarebne, zrejme v čase mapovania ním voda netiekla. Ale Domický potok a časti ďalej v smere toku už majú vyznačené riečisko modrou farbou. Mapa zasahuje hlboko na územie Maďarska, do tzv. Čerňanskej vetvy. V smere vodného toku po dnes zvané „Kesslerove sifóny“ a ďalej smerom na juh všetky vtedy dostupné časti Čerňanskej vetvy, ktorých objav je zrejme potrebné pričítať československým občanom, skôr ako sa tam dostal H. Kessler pri objavnom postupe znamenajúcom spojenie jaskýň v roku 1932 v mieste, kde bol už v roku 1930 slobodník Šustek z Paloncyho mapovacieho tímu.

Poloha št. hranice je vykreslená trocha západnejšie (v neprospech Československa) ako dnes akceptovaný stav.

Hlavička mapy je seriózne vypracovaná. Zas ide o Hosusovské jeskyně KČST u Plešivce na Slovensku, Slezská Ostrava, v dubnu 1931, Paloncy, E., v r. Zaujímavá je poznámka „Časť jeskyň od bodu 301 po 380 zaměřena ručním kompasem, přechozí část polygonálně“.

**Poznámky k číslovaniu „v smere toku“.** Bod 301 je v charakteristickom zálome v Diamantovej plavbe, pokračuje tu od posledného bodu č. 91, kde sa skončilo meranie na riečisku z mapy v r. 1930. Až po bod 97 pokračuje nahor k „Smutné vrbě“.

### **Publikované výrezy Paloncyho máp:**

#### **Paloncyho mapa z Krás Slovenska r. 1932**

Publikovaná vo vyššie uvedenom príspevku (Paloncy, 1932) na s. 53 ako „Prehľadná mapka jaskyne Domica“. Nemá mierku ani vyznačenie severu. Meracie body a polygónové ťahy sú na nej zjavné, žiaľ, nedajú sa na nej rozoznať čísla. Na severozápade siaha mapa asi do polovice Panenskej chodby, na východe už zahŕňa aj časť Diamantovej plavby. Na základe porovnania detailov môžeme takmer s istotou tvrdiť, že je to iba výrez z mapy č. 3. (8518), aj keď názov je iný („Domica“), bol tam asi doplnený napríklad pri polygrafickom spracovaní v čase publikovania.

#### **Mapa z publikácie Gaál – Gruber (Ed.), 2014**

Je publikovaná na s. 439 ako obr. 11. „Plán jaskyne podľa meraní E. Paloncyho z roku 1933“. Žiaľ, na tejto mape nie sú čísla bodov a ani sa nedajú rozlíšiť nápisy, ktorých je tam relatívne veľa. Mapa zjavne pochádza z neznámeho originálu: Je však na nej uvedené: „na základe merania theodolitom“, teda je to mapa pokročilejšia od



Obr. 2. E. Paloncy a J. Klepáč pri mapovaní Domice. Výrez z fotografie V. Benického, archív SMOPaJ v Lipt. Mikuláši

Fig. 2. E. Paloncy and J. Klepáč surveying the Domica Cave. A portion of the photography by V. Benický, archive of the SMOPaJ Museum in Liptovský Mikuláš

verzie z roku 1931, kde sú časti merané magneticky „ručným kompasom“. Tiež bola nakreslená v mierke 1 : 500, ale detaily sú iné, napríklad od predošlej sa značne odlišujú zákruty v miestach najjužnejšej časti „chodby vedúcej k hranici“. Je možné, že toto je mapa, ktorá by mohla vyriešiť záhady okolo číslovania a stabilizácie bodov v tejto chodbe. Mapa nie je dotiahnutá až k hranici a tiež Panenská chodba je useknutá približne na úrovni bodu 65, je teda kratšia ako originál z r. 1931. Možno je toto skrátenie výsledkom polygrafického zámeru, možno mapa nebola týmto smerom ešte dokončená.

### Stabilizácia meračských bodov

Aby sa dalo aj v budúcnosti pracovať pri predlžovaní jaskyne napájaním na už realizované merania, bolo vhodné zistiť, aké stabilizované body sa v jaskyni nachádzajú, aká je ich kvalita a či ich aktuálna poloha zodpovedá zobrazeniu na mape a umiestneniu v súradnicovom systéme. Je to jedna z objektívne existujúcich pamiatok po náročnej meracej práci, a preto jej venujeme väčšiu pozornosť. V prípade Paloncyho meraní sme zistili rôzne techniky a typy použitých bodov:



Obr. 3. Rôzne vyhotovenia meračských bodov od E. Paloncyho. Foto: Z. Hochmuth

Fig. 3. Various types of stabilized points in the cave from surveying by Paloncy. Photo: Z. Hochmuth

**Body 1. generácie.** Body boli stabilizované prevažne v strope, a to pomocou dreveného kolíka v diere s priemerom cca 3 cm, v ňom v diere v rohu zarazená skobka s plochou hlavičkou a dierkou na zavesenie olovnice, ktorá prechádzala cez štítok rozmerov 3 × 3 cm zo zinkového plechu (doslovne uvádza Paloncy) s vyrazeným (nie vyrytým) číslom. Štítky visia za roh a čísla sú vyrazené po uhlopriečke. Tieto body nie je možné nájsť na miestach, kde prebehlo mapovanie GP Rožňava (pozri ďalej), pri ktorom body prerobili zacementovaním Paloncyho dier po kolíkoch. Čísla nasledujú logicky za sebou a je ich možné nájsť napríklad v Panenskej chodbe aj za „hrádzou“ po bod č. 67, na opačnom konci v chodbe smerom k hranici od č. 165 po č. 196.

**Body 2. generácie.** Sú rovnaké ako predošlé, avšak už bez dreveného kolíka. Štítky sú upevnené na skrutke či klinci s polguľatou hlavou buď tak, že sú na skrutku či kliniec nastrčené, alebo sú upevnené na medenom (inde tiež železnom) drôtku. Vyčnievajúca polguľatá hlavička umožňuje pohodlné zavesenie meracej šnúry, takže usudzujeme, že sa tu používala častejšie závesná súprava (kompas). Pomocníci Ing. Paloncyho mali zvládnuté vrtanie dierky s priemerom cca 3 mm do materiálu. Vzhľadom na obťažnosť vrtania dávali prednosť inštalácii na sintrových útvaroch, často na stalagmitoch a ojedinele aj stalaktitoch či sintrových kôrach. Skrutki sú

v mnohých prípadoch značne korodované, takže sa nedá zistiť, či nejde o klinec, ale prikláňame sa k názoru, že sú to skrutky do dreva s hlbokým závitom, ktorý v presne vyvŕtanom otvore dobre držal, najmä po zahrdzavení. Poznáme niekoľko variácií realizovaných touto technikou:

**A – body s 3-miestnym číslom, počínajúc na 1. mieste číslicou 5.** Ide o ťah v Panenskej chodbe za bodom č. 67. Tu približne po 1 m nasleduje bod 512. Body sme takmer všetky našli, sú na skrutke nastrčené (bez drôtika). Písmo na plieškoch má výšku 10 mm, zaujímavosťou je, že na zadnej strane sú menšie čísla (8 mm), ktoré sú avšak prečiarknuté (napr. č. 514 má na zadnej strane č. 229), teda existovala nejaká recyklácia nadbytočných bodov. A do týchto priestorov siaha podľa dnešného výkladu dĺžky jaskyne jaskyňa Domica a pokračujú body. Posledný je č. 520 pri sífóne, pred ktorým zastal Majko pri objavných postupoch v roku 1930. V ďalšom priebehu Panenskej chodby (Chodba k Čertové díře) už body stabilizované nie sú. V liste Paloncyho Majkovi (z roku 1935) sa o tomto mieste píše v tom zmysle, že potiaľto sa došlo s mapovaním teodolitom, čo by asi aj súhlasilo so skutočnosťou potvrdenou inou generáciou číslovania bodov.

**B – body s 3-miestnym číslom, počínajúc na 1. mieste číslicou 6.** Sú umiestnené tiež uhlopriečne, za roh, avšak sú zavesené na skrutke či klinci s polguľatou hlavou na železnom drôtku. Našli sme ich na riečisku Styxu medzi Panenskou chodbou a Rímskymi kúpeľmi. Je možné, že tu šlo o dodatočné zahustenie meraní. Body majú trochu odlišnú formu, rohy sú skosené. Príklad: bod 649 v mieste, kde do Panenskej chodby vedú schody z Dómu mystérií Panenskej chodby.

**Body 3. generácie.** Sú vyhotovené zo zinkového plechu, obdĺžnikové, s rozmermi cca 30 × 20 mm, čísla vyrazené podobne ako na štítkoch 1. generácie archaickými číslicami. Rohy sú skosené. Dierku majú v strede nad číslom, číslice sú umiestnené paralelne so spodnou stranou (pozri foto). Štítok je na skrutku nasunutý, teda nedá sa demontovať. Poznáme ich 2 variácie:

A – body s 3-miestnym číslom, počínajúc na 1. mieste číslicou 8. Nachádzame ich za Diamantovou plavbou, teda smerom k št. hranici. Ide o body od cca č. 827 po č. 864;

B – body so 4-miestnym číslom, počínajúc na 1. mieste číslicou 1. Vyskytujú sa podľa našich zistení iba v Čertovej diere (1001 – 1014). Na klinci alebo skrutke s polguľatou hlavou upevnené pomocou medeného drôtika: materiál – pozinkovaný plech, čísla vyrazené tou istou archaickou raznicou.

Dôvod, prečo v chodbe k hranici sú paralelné ťahy bodmi 1. generácie i 3. generácie, nie je jasný. Možno body 1. generácie slúžili na mapovanie pomocou teodolitu (umiestnenie v strope alebo na previsnutej šikmej stene), body 3. generácie sú vytvorené na mapovanie závesnou súpravou. To by možno nasvedčovalo nedôvere v 1. meranie (možno to ani nebol Paloncy).

## Mapa Rotha a Kettnera

Na mapovanie E. Paloncyho nadväzuje pozoruhodné kartografické až umelecké dielo Z. Rotha. Tento študent prírodných vied (titul RNC. znamená niečo ako dnešný Bc.) resp. „demonstrátor“ zamestnaný na Geologickom ústave Univerzity Karlovej v Prahe u známeho geológa prof. R. Kettnera, vyhotovil na základe podrobného merania v spolupráci s ním zaujímavé mapy v mierke 1 : 100. Autor publikoval v Ča-

sopise uč. spoločnosti Šafaříkově obsiahlejší príspevok o vývoji jaskyne Domice, ktorého súčasťou sú aj samostatné mapové listy. Neskôr ich publikoval J. Kunský (tab. I, list č. 11 – 12) na s. 151 v príručke „Kras a jeskyně (1950) a novšie boli uverejnené v publikácii Gaál, Gruber, 2014 na s. 441 (tab. VIII, list 18) oblasť Majkovho dómu a Rímskych kúpeľov).

Z. Roth uvádza, že dielo ešte nie je celkom hotové, publikoval mapy ako tab. VI, VII, VIII a IX a listoklad na tab X ako „partie I – IV“. Nie je jasné, prečo absentujú vstupné časti – partie V a VI, hoci na listoklade zakreslené sú. Po zmenšení je už ich mierka iná, cca 1 : 500. Mapa je teda vynikajúca, len škoda, že nie kompletná. Sú v nej mnohé chodby, spojky a odbočky, ktoré v zmysle dnešných zásad by mali byť presne zamerané, teda mal by nimi prechádzať polygónový ťah. Zvyšné listy možno niekde existujú, napr. na Prír. fakulte KU Praha. Dali by sa využiť pri vykreslení podrobnejšej mapy ako doteraz realizované. Lalkovič (1995, s. 103) uvádza, že Kettner v mapovaní pokračoval aj po roku 1948, a to v oblasti Panenskej chodby a Objavnej chodby.

### **Zameranie polygónového ťahu k št. hranici v r. 1949 pracovníkmi PS – útvar 9600**

(Hlavní správa Pohraniční stráže SNB, Praha) V zložke z meraní A. Droppu sme našli prípis (SK\_1219\_32427\_0023\_00053\_0060), na základe ktorého je zrejmé, že v roku 1963 si Geogr. ústav SAV vyžiadal súradnice bodov polygónového ťahu, ktoré realizovala čs. a maďarská „meračská zložka“ z dôvodu presného vytýčenia hranice v podzemí. Z prípisu PS-05073/H- 1963 sa dozvedáme podrobnosti o tomto doposiaľ nepublikovanom meraní, v ktorom je zmienka v príspevku A. Droppu (1970). Československá skupina merala pomocou teodolitu Zeiss-II, maďarská zložka s teodolitom Wild. Stabilizovali spolu 92 bodov o celkovej dĺžke 2226,74 m, počnúc od vchodu (terajšieho východu z jaskyne). Ťah trigonometricky napojili na trigonometrický bod na území Maďarska.

Stabilizácia bodov bola obzvlášť dôkladná. Inštalovali body č. 601 – 692, teda spolu 92 bodov. Zrejme všetky body boli stabilizované v „počve“, teda na zemi, a to zabetónovaním oceľovej rúrky priemeru 4 cm, strede ktorej je mierne vyčnievajúci oceľový klinec. Na stene je bod signalizovaný červenou či hnedou míniovou farbou. Takéto nápisy (čísla) sme síce v jaskyni našli (vyhotovené pomocou šablónky), veľkosť písma cca 10 cm, avšak číslovanie nesúhlasí s deklarováňm a má bližšie k číslam v mape A. Droppu (čísla sú iba 2-miestne). Niektoré z bodov sa zničili pri rekonštrukciách chodníka, ale ostatné body, najmä tie v chodbe smerujúcej k hranici, sa dajú nájsť, aj keď sú dnes pokryté bahnom, prípadne pod hladinou vody (!).

Na základe uvedeného (a najmä dátumu z r. 1963) sa nedá vylúčiť, že A. Droppa iba použil súradnice bodov na vykreslenie ťahu, ktorý potom doplnil podrobnejšou kresbou stien a detailov v chodbe (medzi koncom II. plavby a št. hranicou).

### **Mapa Starej Domice**

V publikácii o Domici-Baradle z r. 2014 nachádzame v stati od M. Lalkoviča peknú mapu Starej Domice od Hentza z r. 1948. V archíve SMOPaJ existuje sken tejto mapy (ev. č. 18480), ale je to ale iba časť nejakého príspevku v časopise (s. 97), na okraji s nápisom „7 sborník Nitra“. Mapa má nakreslené nejaké línie charakteru polygónov, označené písmenami, ale údaje k nim chýbajú a tiež stabilizácia v jaskyni. Zvyšok Starej Domice teda ešte nie je zmapovaný a je to jedna z rezerv spojitkej mapy. Mapu nájdeme aj v Slovenskom krase IV na s. 112.

## Mapovanie Čertovej diery (Droppa, 1950)

A. Droppa publikoval v Krásach Slovenska príspevok a peknú realistickú mapu jaskyne Čertova diera ako súčasť sústavy Baradla-Domica. Ma mape je znázornený polygónový ťah, ktorý relatívne priamo smeruje na riečiško Styxu pod „Majkovým dómom“ (netreba si ho zamieňať s iným Majkovým dómom v Domici). Možné chodby neboli zamerané stabilizovaným ťahom, iba v náčrtkoch bola uvedená dĺžka a smer. Odtiaľ pokračuje mapa proti smeru Styxu až do blízkosti ponoru pod Smradlavým jazierkom, resp. pod Líščou dierou. Tu už body nie sú stabilizované, avšak v podstate sa ich poloha na základe zachovaných zápisníkov dá rekonštruovať (v časti smerujúcej k Líščej diere sa nemeral sklon, avšak pravdepodobne je tu zachytené prevýšenie – nie je jasné, ako sa zisťovalo). Ako píše Droppa v uvedenom príspevku, meralo sa závesným kompasom zn. Neuhöfer & Sohn, a mapa bola vykreslená bez ohľadu na magnetickú deklináciu.

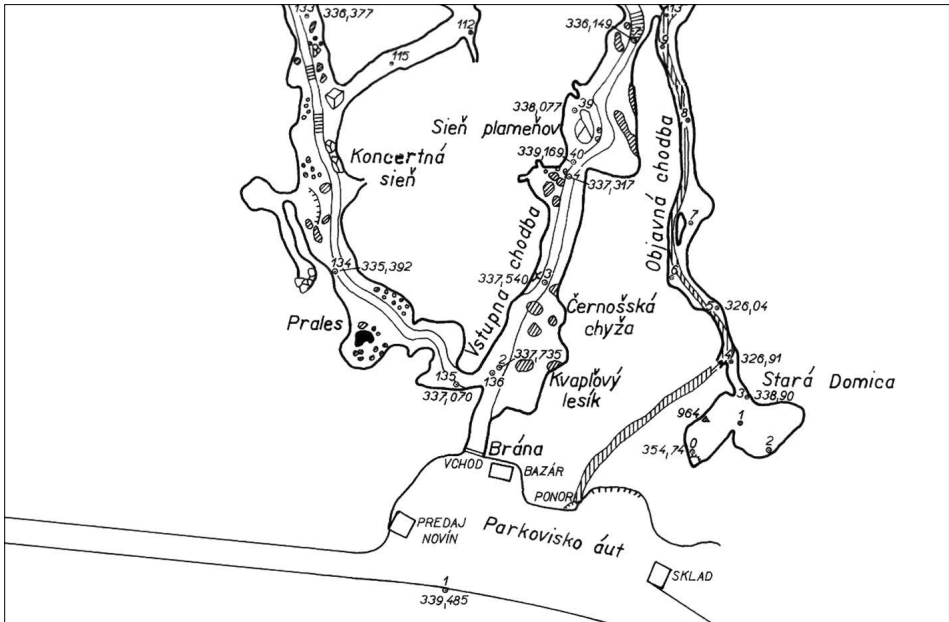
V dokumente SMOPAJ č. „SK\_1219\_32427\_0023\_00053\_0006“ je na rukopise A. Droppu poznámka „Pôvodné body Paloncyho“ a uvádza tu čísla zo štítkov „2. generácie“ 1002, 1003 atď., až po 1014, zrejme toto je posledný „Paloncyho“ bod, lebo ďalšie má už zaradené pod č. 15, 16, 17. A skutočne sme ani ďalšie štítky a body tejto formy stabilizácie už v Čertovej diere nenašli. V poľnom náčrte z merania, evidovanom v dokumente „SK\_1219\_32427\_0023\_00053\_0008“, sú 4-miestne čísla bodov uvedené. Toto je oporný bod k úvahám o genéze bodov tohto typu, ktoré nachádzame aj v iných častiach jaskyne.

Žiaľ, nie sú nám známe okolnosti Paloncyho merania Čertovej diery a okolnosti, pre ktoré ďalej nepokračoval, pretože jeho posledný bod je už za „Paragrafom“, teda miestom, ktoré Majko umele rozšíril, takže technický problém postúpiť ďalej tu nebol. Je však možné, že Paloncyho merania teodolitom siahali iba po Paragraf a ďalej jednoducho nepokračoval vzhľadom na okolnosti, ktoré nám nie sú známe (napríklad preto, lebo sa nemohol prepchať tesným Paragrafom, alebo že Paragraf bol už zamrežovaný). V príspevku z roku 1933 totiž píše, že KČSTL tu inštaloval pevnú mrežu po predchádzajúcom poškodení výzdoby v dnešnom Majkovom dome. Naskytá sa tu tiež otázka, prečo práve tu sa začalo číslom 1000. Všetky body v Čertovej diere sa nám podarilo lokalizovať, aj keď štítky niektorých sa už nenašli.

## Mapovanie a mapa Domic Dr. Droppu z roku 1960

Dr. Droppu môžeme považovať za najvýznamnejšieho novodobého bádateľa v Domici. Jaskyni sa venoval vo viacerých obdobiach svojej plodnej terénnej i publikačnej činnosti. Po prvotine z roku 1950 vydal v r. 1961 vo vydavateľstve Šport populárno-vedeckú knižočku Domica-Baradla, jaskyne predhistorického človeka (Droppa, A., 1961, 54 s.). V publikácii je opis priestorov, náčrt genézy, prehľad o dĺžke (rozlohe) jaskyne (s. 77), ktorá mu vtedy vychádzala na 5080 m. Zaujímavosťou je, že knižku lektoroval J. Seneš, ktorý aj preložil resumé do maďarčiny, do ruštiny preložila resumé V. Andrusovová.

Ale pozoruhodná je tiež priložená mapa. Je zrozumiteľná, aj keď časti smerujúce k Čertovej diere od konca Panenskej chodby už nie sú zakreslené, iba v tzv. „vrezke“ je zakreslený ich približný priebeh. Vtedy už existovala maďarská mapa od Konráda a Kesslera, kde sú tieto časti zakreslené inak (nesprávne). Droppa mal asi už výsledky nejakých starších mapovaní (Paloncyho?) k dispozícii, pretože k vlastnému zamieriavaniu jaskyne sa dostal až v roku 1964. Preto uvádza v hlavičke mapy, že je zostavená na základe Paloncyho a vlastných meraní roku 1960.



Obr. 4. Ukážka mapy A. Droppu č. 1. Archív SMOPaJ

Fig. 4. Detail of a portion of the Domica map by A. Droppa nr. 1. Archive of the SMOPaJ Museum

Zaujímavé je, že na tejto mape v zásade nie sú čísla bodov (ojedinele nadmorské výšky), avšak je tu bod 165 (!), pri ukončení 2. plavby. Bod skutočne existuje, má tradičnú „Paloncyho“ formu (1. generácie) a v Droppovej novej mape je označený č. 44. Asi mal pre Droppu význam, možno práve tu bolo napojené meranie PS (pohraničnej stráže) alebo využil dnes neznáme dáta Paloncyho.

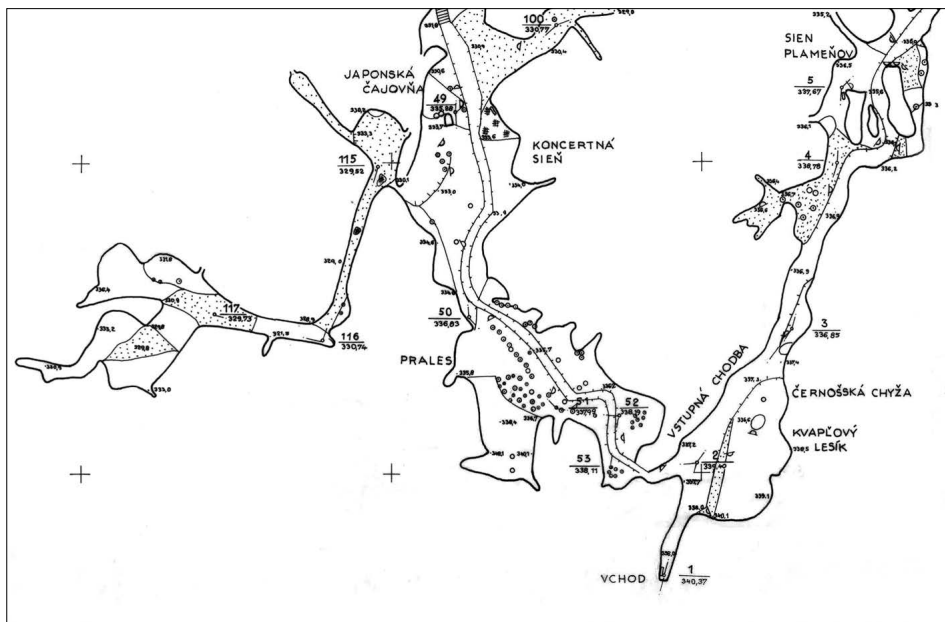
## Druhá Droppova mapa a článok z roku 1970

Jediný text, ktorý opisuje Droppovo mapovanie v Domici, nájdeme v jeho príspevku (1970) na s. 65. Impulzom na prieskum boli zistenia z výsledkov vrtu GP v Panenskej chodbe roku 1964 a potreba revízneho geomorfologického výskumu. Skutočne nižšie uvedená mapa s pozdĺžnymi profilmi zatiaľ neexistovala, a tak Droppovo revízne zameriavanie bolo opodstatnené, aj keď z meračského hľadiska nedosahovalo kvalitu Paloncyho meraní.

Uvádza používanie teodolitu THO 30x a nivelačného prístroja NH 25. Doslovne uvádza: *nakoľko neboli po ruke jaskynné plány z prvého merania Paloncyho z roku 1930 a publikované neobsahovali presné výškové merania*. Píše tu tiež, že **Tunel** vyrazený na základe zameriavacích prác E. Paloncyho bol vyrazený až v roku 1958 (Droppa, 1961, s. 100).

## Mapovanie pracovníkmi GP (Geologického prieskumu) Spišská Nová ves, n. p., v roku 1975

V roku 1975 prebehlo mapovanie jaskyne pracovníkmi Geologického prieskumu v Sp. Novej Vsi, geologická oblasť Rožňava, pretože každá sprístupnená jaskyňa podľa banskobezpečnostného predpisu (750/1972) mala mať plán vyhotovený



Obr. 5. Výrez z mapy Geologického prieskumu z roku 1976. Archív SMOPaJ

Fig. 5. Detail of a portion of the Domica map by Geological survey in 1976. Archive of the SMOPaJ

geodetickej autoritou. Dr. Droppu zrejme za takúto vtedajšie orgány nepovažovali, hoci vtedajší riaditeľ (dr. Jakál) pomáhal pri mapovaní Dr. Droppovi v roku 1950. Pracovalo sa na základe objednávky SSJ z roku 1974, mapa bola vykreslená roku 1976 (na štítku má dokonca dátum 15. 1. 1976) pod vedením Ing. Novoveského.

Tejto akcii treba venovať pozornosť, pretože aj po čase spĺňa náročné požiadavky na presnosť. Zachovala sa (okrem výnimiek) solídna bodová sieť, vykreslená mapa s realizovanou tachymetriou a priečnymi rezmi a najmä meračské zápisníky (polygónová kniha, nivelačný zápisník) a tiež súradnice zameraných bodov v systéme JTSK a výškopisu v BPV (Balt po vyrovnaní). Treba však povedať, že šlo iba o prevádzkový okruh (v rámci 1. plavby a chodby do Klenotnice k Smútočnej vrbe a po 2. plavbu, v Panenskej chodbe po tzv. „hrádzu“). Polygónový ťah v jaskyni je podľa technickej správy (Sk 1219-32427-0023-00050-0349) pripojený na št. trigonometrickú sieť samostatným povrchovým polygónovým ťahom.

Pracovalo sa so sekundovým teodolitom Zeiss Theo-010, príp. 010A, pre situačné merania (tachymetriu) bol využitý aj samoredukčný teodolit Dahlta 020, detailné časti boli merané „trojpodstavcovou súpravou“ a výškopis nivelačným prístrojom Koni, napojenie na št. nivelačnú sieť. Na mape sú detailne zachytené chodby v oblasti betónového chodníka, avšak sú tu aj priestory, ktoré neboli na Droppovej mape.

**Stabilizácia bodov.** Ako sa píše v správe, bola využitá značná časť bodov z predošlých meraní, a to tak, že odstránilo staré číslovanie a bod sa obnovil zacementovaním meračského klinca (s dierkou). Možno to bol aj pôvodný Paloncyho kliniec. Nové číslovanie je vyryté v cementovom podklade, v súčasnosti aj zvýraznené bielou farbou. Išlo samozrejme o body Paloncyho, ktoré využil aj Dr. Droppa, ktorý však vlastné body spravidla nestabilizoval.

## Mapa Meandrovej chodby

Mapovanie tejto odbočky z hlavného ťahu k jednému zo závrto v smere na čs. hranicu je jednou z mála akcií, ktorá mala speleologický charakter. Meandrovú chodbu so slabým prítokom, o ktorom píše Droppa (1970), mapovali Holúbek, Bella a Hurtaj speleologickou technikou (geologický kompas?), stabilizované boli A1 body. Možno pripojenie nie je celkom objektívne, ak považujeme za smerodajné body PS a nie A. Droppu namaľované na stene, na ktoré sa možno domnele pripojili.

**Spojovacia plazivka** medzi Čertovou dierou a Zrúteným dómom. Ako píšem v príspěvku z r. 2014, mapové dielo A. Droppu nebolo v tejto oblasti spojité a tento problém ani nikoho neznepokojoval. Náročný úsek sme zamerali klasickou speleologickou technikou so stabilizovanými bodmi v lete 2014 a publikovali v 3. čísle Spravodaja SSS.

Existujú ešte rôzne doplňujúce mapovania, napr. prerážka nového vchodu (dnes vo vstupnej budove), prerážka spojovacej úpadnicovej chodby medzi Panenskou a Suchou chodbou a iné drobnejšie práce, ktoré nemali vplyv na konštrukciu základnej spojitkej mapy.

## 2. VYTVORENIE SPOJITÉHO POLYGÓNOVÉHO ŤAHU

Pri rekonštrukcii polygónovej siete sme nemali k dispozícii homogénne údaje, a tak sme museli rekonštruovaný ťah doslova „poskladať“ z materiálov, ktoré boli k dispozícii. Použili sme:

**1. Prevádzkový okruh.** Kompletne bol zameraný minimálne 4× (Paloncy v rokoch 1930 – 1931, 1935, Droppa r. 1964, GP Rožňava). Pretože okrem výnimiek boli stabilizované body z prechádzajúcich meraní rekonštruované a tiež prečíslované, a navyše posledné meranie bolo aj najpresnejšie, bolo možné použiť súradnice x, y, z, vypočítané z tohto merania (Geol. prieskumu z roku 1974). Šlo o súradnice v systéme JTSK (Jednotná trigonometrická sieť katastrální), získané z archívu SMOPaJ, kde sa nachádzajú pod položkami Sk 1219-32427-0023-00050- 0332 až ... - 0334. Súradnice sme prepísali do programu Excel (vďaka Bc. Kamilovi Sabolovi, študentovi geografie na Prír. fakulte UPJŠ) a pomerne náročným postupom z nich vypočítali polárne súradnice (l, s A), ktoré je možné prepísať do bežných speleológmi používaných programov, v našom prípade Abisso (Patek a Hochmuth, 1995), resp. modernizovanej verzie Tobisso v. 13a. Takto spracovaný polygónový ťah (označili sme ho ako **GP 76**) má dĺžku **1890,74 m** pri počte bodov 111. Ťah má niekoľko („slučiek“), uzavretých polygónov, kde sa dá overiť jeho presnosť. Dôverujeme mu, presnosť dosiahla rádo vo hodnoty niekoľko cm. Takže teraz sa bude dať jednoducho realizovať aj zameranie rôznych odbočiek klasickou speleologickou technikou – ide o magnetický polygónový ťah realizovaný dnes používanými prístrojmi (závesná sprava, topofil, disto) – a spracovať v speleológmi používaných programoch.

Počiatočný bod 1 sa nachádza v strope dnešného východu (tesne nad zárubňou) a smeruje odtiaľ proti zmyslu pôvodného Paloncyho ťahu, teda smerom k Majkovmu dómu. Pokračuje Dómom mystérii a k vstupu v prevádzkovej budove. Ďalšia slučka je vytvorená cez Panenskú chodbu k Hrádzi (bod č. 108) a potom nazad cez prerážku do Suchej chodby. Odbočka ťahu zasahuje cez 1. plavbu až na jej koniec a k Smútočnej vrbe. Teda aj keď je číslovanie akoby obrátené, netreba ho meniť, na-



vyše dobré umiestnenie 1. bodu umožňuje robiť rôzne spresňovacie merania, napr. metódou GPS.

Poznamenávame tiež, že umelá chodba, „prerážka“ medzi Panenskou a Suchou chodbou, meria 64,16 m.

## 2. Druhá plavba

Sprístupnené časti Domice, ktoré z rôznych dôvodov nie sú dnes prevádzkované, predstavuje Druhá alebo tzv. Diamantová plavba, ktorá po 650 m umelého splavného úseku za umelou hrádzou so stavidlom stúpa nahor do kvapľovej časti Klenotnice a umelým tunelom vyúsťuje na povrch v závrte západne od cesty do Kečova. Tieto časti tiež zamerali pracovníci GP Rožňava pod vedením Ing. Novoveského na základe objednávky Správy slovenských jaskýň z roku 1976, zrejme po dobrých skúsenostiach s predošlou objednávkou. V archíve SMOPaJ je zložka s vypočítanými súradnicami z tohto merania archivovaná pod č. Sk 1219-32427-0023-00051-0142 a 0143. Body sú tu zacementované a označené vyrytím. Do akej miery sú totožné s Majkovými, sa dnes nedá zistiť, pretože počas Majkovho mapovania ešte nebola 2. plavba zaplavená a pravdepodobne tam boli aspoň niektoré z nich v iných miestach. Majkove ani Droppove zápisníky sa nedajú dosť dobre rozšífrovať. Bude to úlohou pre neskorších bádateľov. Praktickej speleológii iste dostatočne poslúži rekonštruovaný polygónový ťah, ktorý sme pomenovali Diam76. Podľa technickej správy bola súčasťou diela mapa vyhotovená na „zaisťovanom papieri“ v mierke 1 : 500. Nami akceptovaná časť má dĺžku **632,05 m**; ako zaujímavosť uvádzam, že jeden z polygónových ťahov má dĺžku 75 m.

Ťah do značnej miery preberá už mapované časti z roku 1974, tieto „duplikované“ časti sme vylúčili. Na predchádzajúce meranie sa pripája v mieste bodu 60, na počve Prístavu na konci 1. plavby. Tunel má dĺžku **92,40 m**.

## 3. Odvodňovacia štôlna s Objavnou chodbou a príľahlými časťami

Ďalšie geodetické práce v jaskyni sa týkali problematiky budovania tzv. odvodňovacej štôlny, ktorá mala zvýšiť kapacitu ponárajúcich sa vôd Domického potoka v ponore východne od pôvodného vchodu (dnes východu). Pri tej príležitosti v roku 1989 realizoval Ing. Juraj Sýkora s kolektívom „Meračského oddelenia Košice“, súčasť ÚŠOP-U v Lipt. Mikuláši, ťah napojený na bod 9 pri vyústení Objavnej chodby do Majkovho dómu, takže sa znova (po tretí raz) zmapovala Objavná chodba až po miesto, kde sa na ňu napája vertikálny stupeň zo Starej Domice. Pri tej príležitosti sa zmapovala aj akási okružná paralelná chodba, o ktorej sa dosiaľ nevedelo. Samozrejme sa zničili, resp. obnovili staré stabilizované body. Súradnice zameraných bodov sú súčasťou technickej správy, listy .00061-0029 a 0030. Jej súčasťou je aj mapa „Odvodňovacia štôlna a príľahlé priestory“ v mierke 1 : 500 nakreslená na pauzovacím papieri, kreslená totožným štýlom ako predchádzajúce. Mapa je kvalitná, pri všetkých bodoch sú vyznačené aj nadmorské výšky v systéme BPV.

Akceptovali sme tento ťah, resp. jeho časti, ktoré neboli totožné s predchádzajúcimi mapovaniami, v dĺžke **312,76 m**. Z toho umelá „odvodňovacia štôlna“ meria **51,79 m**. Ťah sme vyššie spomenutým postupom prepísali do polárnych súradníc ako Odvodn3.xls.

#### 4. Stará Domica, po zostup na riečisko

Táto časť bola mapovaná dvakrát, jeden raz ako súčasť Paloncyho prvej mapy, druhýkrát A. Droppom zjavne s využitím bodov Paloncyho. Keďže v Droppových písomnostiach boli iba súradnice x a y, relatívne výšky sme prevzali 1. mapy Paloncyho. Takto sme vypočítali polárne súradnice bodov pripojené na predchádzajúci ťah Ing. Sýkoru v mieste bodu 106. Vzhľadom na skutočnosť, že nižšie ležiace časti boli už premerané modernejšie Ing. Sýkorom, použili sme iba 4 polygónové ťahy v dĺžke **55,99 m**. Vzhľadom na krátkosť tejto časti sme nevytvárali samostatný súbor, ale spolu s predchádzajúcimi ich pripojili k súboru Odvodn3.xls v dĺžke **368,75 m**.

#### 5. K hranici

Tento dlhý a relatívne jednoduchý úsek jaskyne bol mapovaný minimálne 4× (Paloncy, 1931, kompasom; Paloncy, 1933, teodolitom; A. Droppa, 1970, azda tiež teodolitom, a PS (pohraničná stráž), 1949, teodolitom. Keďže A. Droppa si vyžiadal súradnice bodov tohto ťahu od PS, považoval ich prácu asi za najserióznejšiu. Preto sme sa rozhodli zaradiť do nášho spojitého ťahu práve relevantné časti ťahu PS z roku 1949.

Je tu otázka pripojenia na ťah 2. plavby (Diam 76), keďže tento vznikol neskôr a nie je jasné, či využil body inštalované tu pracovníkmi PS. Aj na vyššie spomenutú skutočnosť, že v mape A. Droppu z roku 1964 ako jediný je uvedený bod **165 (!)** pri ukončení 2. plavby, na novšej mape ako č. **44**, stotožnili sme ho s bodom **645** mapovania PS, ale bod pripojenia je potom **643**. Celý ťah PS meria **2190 m** a vedie od vchodu až za hranicu s Maďarskom (hraničný medzník podľa toho leží medzi bodmi 682 a 683. Ťah pokračuje do Maďarska (Čerňanská vetva, Csernai ág), a to až 267,04 m na ďalších 10 bodoch. Tieto sme do dĺžky ťahu už nepočítali. Vytvorili sme preto súbor Khranic.ss s dĺžkou **1016,11 m** a ten sme včlenili do spojitej mapy.

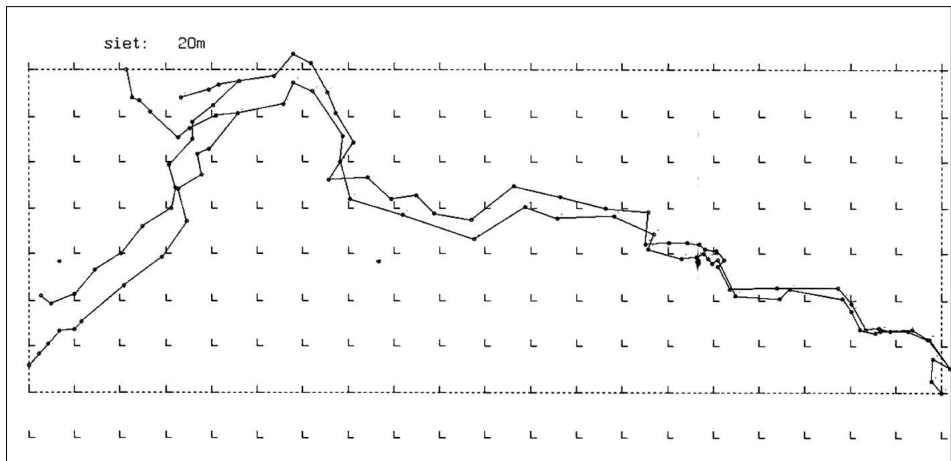
#### 6. Meandrová chodba

Akceptovali sme celý súbor, ktorý mi v softvéri Abisso poslal P. Holúbek, ktorému touto cestou ďakujem. Celková dĺžka akceptovaného polygonálneho ťahu je **478,46 m**.

#### 7. Panenská chodba za hrádzou po Nebezpečný a Zrútený dóm

Označenie „za hrádzou“ je odvodené od betónovej hrádzky, ktorá vyplňa celý profil chodby a mala slúžiť na retenciu vody pre účely plavby. Dnes nefunkčné teleso rozdeľuje Paloncyho polygónový ťah 66-67 a za ním chodbu navštívilo už iba málo výskumníkov.

Táto chodba predstavovala najspornejší úsek jaskyne. Okrem približného tvaru na mape A. Droppu z roku 1960 bola už iba na mape publikovanej v Československom krase. Chýbala napríklad aj na najdokonalejšej mape A. Droppu z roku 1970. Na mape v Československom krase sú nakreslené všetky body počnúc 3 bodmi Paloncyho merania na konci Panenskej chodby (66, 67, 68), z ktorých prvé 2 sme aj identifikovali. Body pokračujú priebežne podľa Droppu od č. 140 až po č. 190 v Zrútenom dome a potom ešte v oblasti pred Nebezpečným dómom 191 a 192. Problém využitia Droppových meraní spočíva aj v tom, že súradnice nevypočítal v JTSK, ale podobne ako Paloncy vo vlastnej súradnicovej sústave. Dá sa teda napojiť na bod č. **108** merania GP, ktorý zrejme môžeme stotožniť s Paloncyho a asi aj Droppovým bodom č. **65**, ťah 108-66 sme do dokumentu „zahrad2“ doplnili. Poznamenávame, že mapa



Obr. 6. Porovnanie polygónového ťahu Panenskej chodby realizované z Droppových súradníc a novozeranej (hore) so zohľadnením aktuálnej magnetickej deklinácie

Fig. 6. Comparison of the traverse in the Panenská chodba Passage constructed from the coordinates by Droppa and our newly surveyed coordinates considering the current magnetic declination

takmer nemá detaily a iba z lokálneho zhustenia bodov je možné identifikovať, že tu je chodba užšia či problematickejšia. Celá je vyšrafovaná, čo by malo znamenať vyplnenie vodou. Je možné, že v čase návštevy A. Droppu ešte hrádza čiastočne fungovala, chodby boli plné vody a mapa vnikla len nejakou „konceptuálne“. Prípadne sa rúrou, ktorá bola na výpusť napojená, nedalo preliezť a táto možnosť sa objavila až po odstránení potrubí v Panenskej chodbe (Iždinský a Staník, 2003). Nenašiel sa rukopis meraní, iba súradnice napísané ručne (perom na linkovanom papieri v zložke SK\_1219\_32427\_0023\_00053\_0025, sú tu však iba súradnice x a y a nikde nie je výškopis. Uvedený súbor sa začína súradnicami bodu 66, takže sme museli dopočítavať ešte polygón 65-66, resp. 108-66. Toto bol istý problém, lebo v Paloncyho zápiskoch ani Droppových sme ho nenašli, takže ostávalo len na mieste ho domerať, resp. odmerať z mapy. Naproti tomu posledné 2 body pred Nebezpečným dómom na mape síce sú (191 a 192), ale súradnice nemajú. Napriek tomu sme vyššie uvedenou metodikou polygónový ťah prepísali do programu Excel a Abisso. Vyšiel nám približne totožný ťah s nakresleným na mape z roku 1970.

**Hľadanie bodov.** Po prelezení rúrou v hrádzi sme na druhej strane našli v strope bod 67, ale ďalej bol stabilizovaný na kvapli bod 512 (2. generácie). Body pokračovali až po č. 520, ale odtiaľ už nie. Po č. 520 sme dostali podobné hodnoty. Ďalej už sme našli iba niekoľko 20 cm hrdzavých klincov, ktoré boli možno niekedy použité ako body zapichnuté v bahne dna. Takto sme vypočítali a realizovali v Abisse polygónový ťah **zahrad2** ku ktorému sme pridali polygón 108-66 (**11,5 m**) a odpočítali 186-7-8-190 (**19,90 m**), čím sme sa dostali k dĺžke **643,96 m**.

Pre istotu sme začali úsek premeriavať závesnou súpravou, dúfajúc, že za jej pomoci na základe vypočítaného ťahu nájdeme stratené body. To sa však nepodarilo, a tak sme realizovali na tomto úseku vlastnú stabilizovanú sieť. Keď sme výsledky opravili o aktuálnu deklináciu ( $4,7^\circ$ ) a vyniesli do jedného dokumentu obe merania, zistili sme systematickú odchýlku (obr. 5), na konci rozdiel asi 10 m, čo predstavuje

uhol cca 2°, s orientáciou od skutočného (nášho) dol'ava. Je to zaujímavý údaj, ktorý by mohol svedčiť o tom, že tento ťah (od Paloncyho bodu 520) bol meraný magneticky, a to niekedy v období rokov 1930 – 1931.

Takže do použiteľného dokumentu je potrebné buď deklináciu opraviť, alebo vložiť vlastné meranie, ktoré má oporu v stabilizovanej sieti. Druhé riešenie považujeme za vhodnejšie.

Predbežne sme však použili pôvodný ťah v dĺžke **643,96 m**.

### 8. Čertova diera od A. Droppu z roku 1950

Aj tento polygónový ťah sme mohli bez problémov akceptovať v pôvodnej podobe, ako bol v roku 1950 publikovaný, pretože v SMOPaJ sme našli kompletný meračský zápisník polygónového ťahu realizovaný závesným kompasom, takže ho bolo potrebné iba opraviť o vtedy aktuálnu deklináciu, teda 0° 10'.

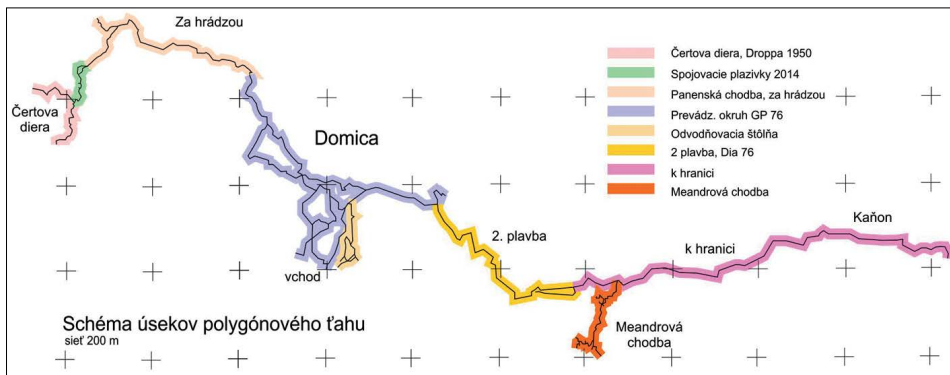
### Spojovací úsek z r. 2014

Doplnili sme ho do predchádzajúcich ťahov v rozsahu **190,22 m** (pôvodne mal 197,57 m, ale zistilo sa, že jeden ťah, od konca smerom do Majkovho domu, bol zduplikovaný so súborom certovd.) Tiež sa zistilo, že 3 Droppove ťahy v Zrútenej sieni sa s ním čiastočne prekrývajú (spoločný bod sme nenašli, v budúcnosti to asi ani nebude potrebné, pretože medzičasom (2015) už došlo k úplnému premeraniu úseku „za hrádzou“ so stabilizovanou meračskou sieťou.

Tabuľka 1. Úseky, z ktorých je poskladaný spojitý polygonálny ťah Domice

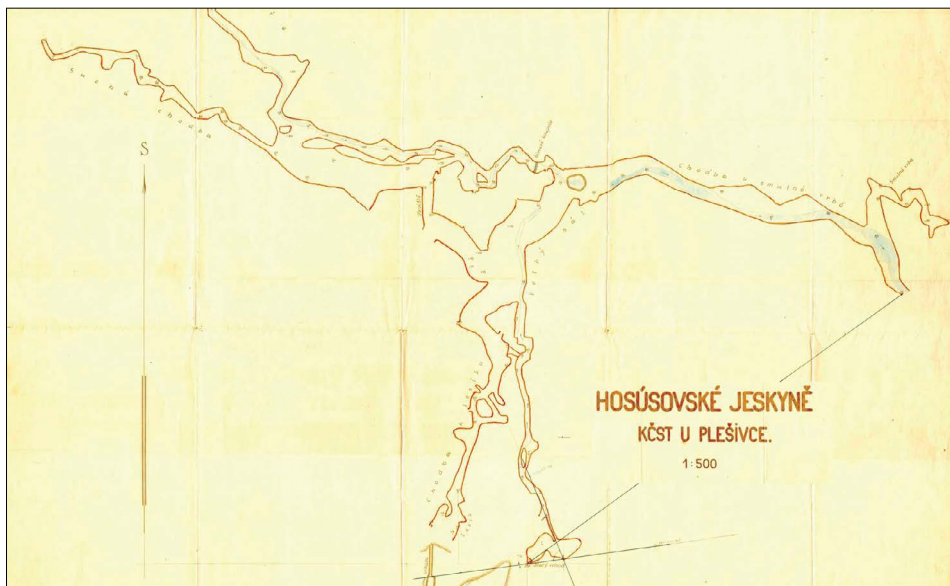
Table 1. Sections comprised in the contiguous polygonal traverse of Domica

Názov súboru	Pozícia	Dĺžka
GP76	Prevádzkový okruh	1890,74 m
Dia76	2. plavba	635,02 m
Odvodn3	Odvodňovacia štôľňa a Objavná chodba, St. D.	368,75 m
	Stará Domica	(55,99) m
Khranic	Chodba k štátnej hranici	1016,11 m
Domhol	Meandrová chodba (Bella – Holúbek – Hurtaj)	478,46 m
Zahradd	Panenská chodba, za hrádzou	643,96 m
Plaziv	Spojovacie plazivky	190,22 m
Certovd	Čertova diera (Droppa, 1950)	285,61 m
Dom15	Spolu	5508,87 m



Obr. 7. Mapa spojitého ťahu v jaskyni Domica

Fig. 7. Revised contiguous traverse in the Domica Cave with highlighted sections



Obr. 8. Prvá Paloncyho mapa „Hosúsovské jeskyně u Plešivce“ evidenčné číslo 8285

Fig. 8. The first Paloncy's map Hosúsov Caves near Plešivec, reg. number 8285

## ZÁVER

Výsledkom našej, prevažne kamerálnej práce je spojitý polygónový ťah dlhý 5513,25 m na 429 bodoch. Je možné ho využiť pre vedecké aj praktické speleologické činnosti. Z podoby súboru v programe Excel je možné ho previesť do súradníc JTSK, ako aj do používaných speleologických programov. Následne je potom možné vytvoriť mapu jaskyne vektorizovaním obrysov a výplní vo vhodnom grafickom alebo GIS programe. Následným mapovaním dosiaľ nezmapovaných častí, ktoré boli iba voľne nakreslené, je možné aktualizovať dĺžku známych častí a tiež využiť bodovú sieť a stabilizované body pri prolongačnej speleologickej činnosti. Už v čase

písania príspevku máme zameraných viac ako 500 m takýchto chodieb, ale pretože proces stále prebieha, považujeme za vhodné publikovať výsledky jednej uzavretej etapy.

Podakovanie: Ďakujem kolegom a študentom Prírodovedeckej fakulty, ako aj ostatným členom Speleoklubu UPJŠ za pomoc pri terénnych prácach, zamestnancom SMOPaJ – Ing. P. Holúbekovi, G. Lešinskému a Ing. D. Vackovej za vyhľadanie muzeálnych materiálov a Ing. M. Lalkovičovi, CSc., za konzultácie vo veciach historických meračských prístrojov. K. Sabolovi za pomoc pri triedení a prepisovaní historických meračských údajov do elektronickej podoby a Mgr. M. Hochmuthovej za pomoc pri výpočtoch polárnych súradníc.

Práce na spojitých mapách sa realizovali z prostriedkov APVV (Agentúra na podporu výskumu a vývoj), projektu 0176-12 s názvom: „Nové metódy priestorového modelovania pomocou laserového skenovania a 3D GIS-u“ na obdobie 2014 – 2017.

## LITERATÚRA

- Baradla Barlang, 1 : 1000, Magyarország barlangtérképei 7, Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat, KPVDSz Vörös Meteor Természetbarát Egyesület, Budapest 1989.
- BELLA, P. – HOLÚBEK, P. 2001. Meandrová chodba v jaskyni Domica. *Aragonit*, 6, 11–15.
- DROPPA, A. 1950. Jaskyňa Čertova diera. *Krásy Slovenska*, 27, 5–8, 150–153.
- DROPPA, A. 1961. Domica – Baradla, jaskyne predhistorického človeka. *Šport*, Bratislava, 154 s.
- DROPPA, A. 1970. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. *Československý kras*, 22, 65–72, mapa v prílohe.
- GAÁL, L. – GRUBER, Z. EDS. 2014. Jaskynný systém Domica Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 512 s.
- GALLAY, M. – KAŇUK, J. – HOCHMUTH, Z. – MENNEELY, J. – HOFIERKA, J. – SEDLÁK, V. 2015. Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 44, 3, 277–291.
- Geologický prieskum v Spišskej Novej Vsi, geologická oblasť Rožňava 1976. Domica, mapa 1 : 500. Mapový archív SMOPaJ, ev. č. 9725.
- HENTZ, Z. 1961 – 1962. Stará Domica s objavným vchodom. Mapa. *Slovenský kras*, 4, 112.
- HOCHMUTH, Z. 2014. Mapovanie prepojenie Čertovej diery a Domice. *Spravodaj SSS*, 45, 3, 18–23.
- IŽDINSKÝ, L. – STANIČEK, P. 2003. Uzatváranie a čistenie jaskýň. *Aragonit*, 8, 41–42.
- KUNSKÝ, J. 1950. Kras a jaskyně. Přírodovědecké nakladatelství, Praha, 163 s.
- LALKOVIČ, M. 1996. Jaskyňa Domica v prehľade svojej histórie. In Bella, P. (Eds.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov z odborného seminára (Medzev, 18. – 20. 9. 1996). *SSJ, Liptovský Mikuláš*, 99–106.
- LALKOVIČ, M. 2014. Objav a poznávanie Domice. In Gaál, L. – Gruber, Z. (Eds.): Jaskynný systém Domica Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 2014, 425–449.
- MAJKO, J. 1950. Ako bolo objavené spojenie medzi Čertovou dierou a Domicou. *Krásy Slovenska*, 27, 5–8, 46–150.
- PALONCY, E. 1932. Jak sme měřili v Domici. *Krásy Slovenska*, 11, 2–3, 48–53.
- PALONCY, E. 1933. Měření jaskyně Domice. *Krásy Slovenska*, 12, 2–3, 65–69.
- PATEK, P. – HOCHMUTH, Z. 1995. Jaskyne v hĺbkinách bajtov (O jednom spôsobe vyhodnotenia merania). *Spravodaj SSS*, 26, 2, 43–49.
- ROTH, Z. 1937. Vývoj jaskyně Domice. *Časopis uč. spol. Šafaříkovy*, Bratislava, 11, 129–163.
- SABOL, K. 2015. Spracovanie historických záznamov mapovania jaskyne Domica pre použitie v geografickom informačnom systéme. Diplomová práca, Ústav geografie Prírodovedeckej fakulty UPJŠ v Košiciach.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	191 – 206	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## JASKYŇA AKSAMITKA A ĎALŠIE PODZEMNÉ ZIMOVISKÁ NETOPIEROV (CHIROPTERA) V PIENINÁCH

ZUZANA VIŠŇOVSKÁ<sup>1</sup> – ALFRÉD GRESCH<sup>2</sup>  
– STANISLAV RAK<sup>3</sup> – KATARÍNA KISKOVÁ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,  
031 01 Liptovský Mikuláš; zuzana.visnovska@ssj.sk

<sup>2</sup> Spoločnosť pre ochranu netopierov na Slovensku, 032 44 Liptovská Kokava č. 266;  
gresch.fredy@gmail.com

<sup>3</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa Pieninského národného parku, SNP 57, 061 01 Spišská  
Stará Ves; stanislav.rak@soprs.sk, katarina.kiskova@soprs.sk

**Z. Višňovská, A. Gresch, S. Rak, K. Kisková: The Aksamitka Cave and other underground hibernacula of bats (Chiroptera) in the Pieniny Mts.**

**Abstract:** There are many limestone cavities, hollows and several caves known at the territory of the Pieniny Mountains on the state border between Slovakia and Poland. The biggest of caves is the Aksamitka Cave (756 m a. s. l., length of 335 m), hidden on southern slopes of Haligovské skaly (Haligovce Rocks) located near Haligovce Village. Length of other known caves is smaller than 60 m. The paper provides a study regarding the underground hibernacula of bats within Slovak territory of the Pieniny Mts., based on our own data collected in nine caves during winter seasons 1996 – 2015. In total, hibernation of nine bat species (*Rhinolophus ferrumequinum*, *R. hipposideros*, *Myotis myotis*, *M. emarginatus*, *M. mystacinus*, *Plecotus auritus*, *P. austriacus*, *Barbastella barbastellus* and *Miniopterus schreibersii*) have been known in caves of this area. *Rhinolophus hipposideros* is the most frequent hibernant. The Aksamitka Cave is one of the most numerous and northernmost cave hibernacula of *R. hipposideros* in Slovakia, the largest population of the species consisted of 278 individuals in winter 2008/2009. The numbers of this species in this cave seem relatively stable above 200 individuals during last decade. Some parameters including the size and interseasonal dynamics of winter population of *R. hipposideros*, as well as microclimate conditions of the cave Aksamitka were investigated. Since 1998 also *Myotis myotis/blythii* (max. 7 ex.) and *Myotis emarginatus* (max. 5 ex.) hibernate regularly here. In last years relatively common species are *Rhinolophus ferrumequinum* (max. 2 ex.) and *Myotis mystacinus/brandtii* (max. 3 ex.). In the past also the both long-eared bats *Plecotus auritus* and *P. austriacus* were found in the cave. In the recent time (autumn 2014) there was reported the occurrence of rare cave species *Miniopterus schreibersii* in the Aksamitka cave again after almost 40 years (by Cefuch, 2014). The presence, respectively dominance of thermophilic species between wintering bats in the cave, such as two horseshoe species, Geoffroy's bat, Schreiber's long-fingered bat and partially Greater mouse-eared bat too, it is not surprising, because the microclimate is stable and the temperature of underground spaces, except the cooler inlet section between two surface openings throughout the winter ranging from 8 to 10 °C. It is a temperature comparable to the temperature of caves in climatically warmer regions in the south of Slovakia. Total numbers of bats in the Aksamitka cave reach in recent years seasonal peaks around 240 – 280 individuals. Other caves, such as Ježovka, Lebka, Zbojnica, Malá jaskyňa 1 and 2 or Haligovce 4, are only irregular wintering sites for bats (maximum of 4 ex. in a cave), mainly of *R. hipposideros*. None bats have been found yet in the caves Ementál and Haligovce 7.

**Key words:** Pieniny Mts., caves, Chiroptera, bat hibernacula, *Rhinolophus hipposideros*

## ÚVOD

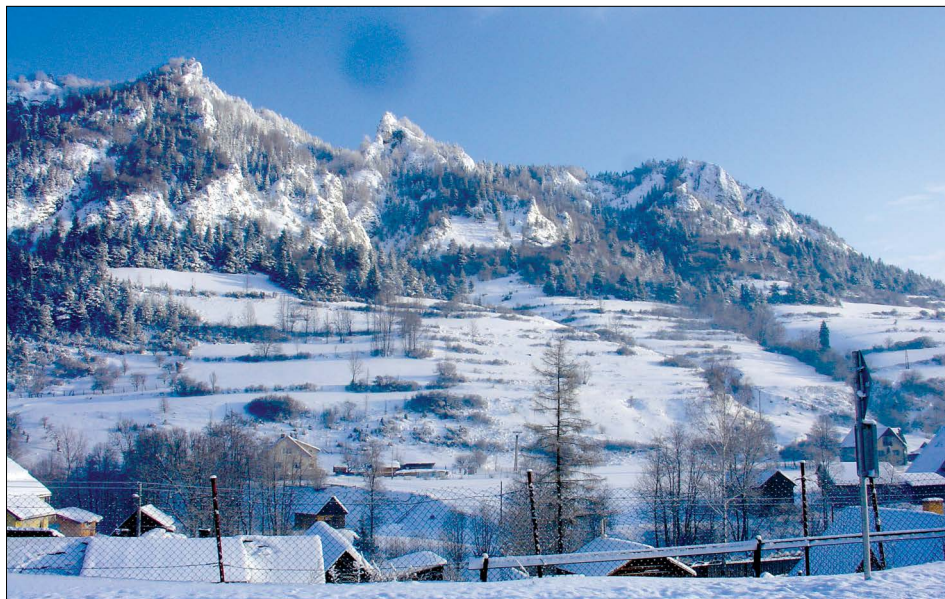
Súhrn poznatkov o faune netopierov Pienin z výskumov realizovaných poľskými, českými a slovenskými zoológmi v 19. a 20. storočí sumarizovali Danko et al. (2000). Výsledky zimných sčítaní netopierov v jaskyni Aksamitka zhrnuli Pjenčák a Danko (2002). Gresch (2002) poskytol chiropterologické dáta z jaskýň Lebka a Ježovka a Pjenčák (2002) zo Zbojníckej jaskyne, Malej jaskyne 1 a Malej jaskyne 2. Z uvedených zdrojov vyplýva, že dlhodobo najvýznamnejším podzemným úkrytom netopierov na predmetnom území je jaskyňa Aksamitka. V minulosti sa tu pozornosť zoológov upriamila hlavne na monitorovanie lietavca sťahovavého (*Miniopterus schreibersii*), jedného z najvzácnejších a najohrozenejších druhov netopierov žijúcich v Európe (Kováč et al., 2014), ktorého výskyt v tejto jaskyni prvýkrát zdokumentovali poľskí výskumníci v 70. rokoch 19. storočia (Walecki, 1881). O veľkom množstve lietajúcich netopierov v jaskyni, avšak bez určenia druhovej príslušnosti, sa dozvedáme z oveľa skorších zdrojov, napr. zo zápiskov J. P. Haina a P. J. Sachsa z 2. polovice 17. storočia (Lalkovič, 2012). Od 90. rokov 20. storočia je jaskyňa známa najmä ako početné zimovisko podkovára malého (*Rhinolophus hipposideros*). Ostatné jaskyne v Pieninách predstavujú nepravidelné alebo sporadické zimné úkryty netopierov.

Cieľom nášho príspevku je poskytnúť nové, originálne výsledky a poznatky zo zimného sčítania netopierov v deviatich jaskyniach na slovenskej strane Pienin, realizovaného autorským kolektívom v období rokov 1996 – 2015. Väčšina údajov sa týka najvýznamnejšieho zimoviska, jaskyne Aksamitka, z ktorého predkladáme podrobnú charakteristiku druhového zloženia zimného spoločenstva netopierov vrátane medzisezónnej dynamiky a priestorovej distribúcie populácií jednotlivých druhov v jaskyni a pripájame aj orientačné údaje o teplotných pomeroch na lokalite. Niektoré údaje z tohto monitoringu medzičasom publikovali Danko et al. (2000) a Pjenčák a Danko (2002). Vlastné zistenia doplníme dostupnými literárnymi údajmi od iných autorov so zámerom podať syntézu poznatkov o druhovej skladbe a kvantitatívnom zastúpení netopierov osídľujúcich predmetné podzemné lokality Pienin v zimnom období.

## CHARAKTERISTIKA OBLASTI

Pieniny tvorí horský masív bradlového pásma v pohraničnom území medzi Slovenskom a Poľskom. Na severe hraničia s Gorcami a Beskydom Sondeckým, na západe a juhu so Spišskou Magurou a na východe s Ľubovnianskou vrchovinou a Spiško-šarišským medzihorím. Dĺžka horstva je cca 35 km, jeho šírka je do 6 km. Speleologicky významnou časťou je kras Haligovských skál (obr. 1). Ide o komplex vápencových bráľ nad obcou Haligovce, v juhozápadnej časti Pienin medzi dolinou Bielej skaly a kótou Aksamitka. Podzemné krasové formy tu zastupujú menšie skalné dutiny (jaskyne s dĺžkou do 10 m) a niekoľko väčších jaskýň, ako napr. Aksamitka, Ementál, Ježovka, Lebka či Zbojnícka jaskyňa (Janáčík, 1968). Všetky nami sledované jaskyne, uvedené nižšie, územne spadajú do katastra obce Haligovce, okres Stará Ľubovňa. Oficiálny názov, nadmorská výška a dĺžka jaskýň sú uvedené podľa Bellu et al. (2007). Menovaným lokalitám prislúcha kód kvadrátu Databanky Fauny Slovenska 6688 a kód orografického celku 600 (Pieniny). Predmetné územie je súčasťou Pieninského národného parku a patrí zároveň do sústavy chránených území NATURA 2000.



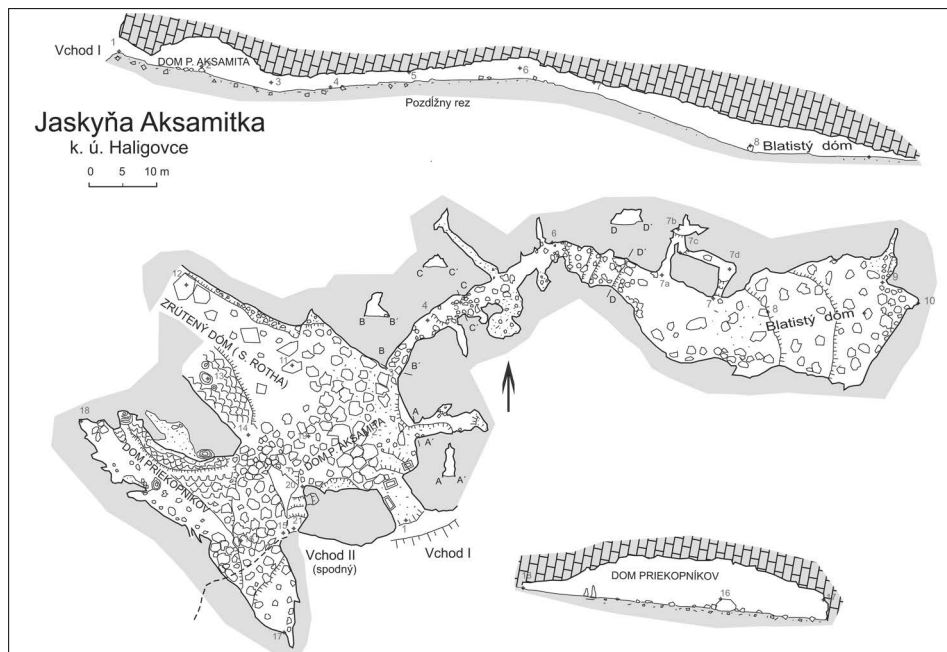


Obr. 1. Haligovské skaly, pohľad z obce Haligovce. Foto: Z. Višňovská

Fig. 1. The Haligovce Rocks, view from the Haligovce village. Photo: Z. Višňovská

Jaskyňa **Aksamitka** je spomedzi tridsiatky jaskýň, ktoré sú dosiaľ evidované na slovenskej strane Pienin, najznámejšou a zároveň najväčšou jaskyňou. Jej celková dĺžka je 335 m s deniveláciou 18 m (obr. 2). Nachádza sa vo východnom svahu Tupého vrchu, v úžľabine južného svahu Haligovských skál smerom k obci Haligovce. Hlavný vchod do jaskyne (756 m n. m.) tvorí malý, umelo zúžený otvor s priemerom okolo 1 m (obr. 3A, B). V minulosti bol tento otvor väčší, oválny, avšak v lete 1989 ho jaskyniari z miestnej speleologickej skupiny z  $\frac{2}{3}$  zamurovali a v zostávajúcom otvore osadili dverový uzáver s malým vletovým otvorom pre netopiere, aby sa zabránilo častým návštevám a devastácii vnútorných priestorov jaskyne náhodnými turistami, resp. amatérskymi zberateľmi kostí pleistocénnej fauny, archeologických predmetov a kvapľovej výzdoby (Lalkovič, 2012). Uzáver bol neskôr úplne vylomený a odstránený, takže otvor v múre sa stal znovu voľným. Počas celého obdobia nášho monitoringu (od decembra 1996 do februára 2015) bol hlavný vchod voľne priechodný, bez akéhokoľvek uzáveru. (Pozn. aut.: v roku 2015 sa plánuje opätovné uzatvorenie vchodu z dôvodu pokračujúceho poškodzovania interiéru jaskyne ilegálnymi zberateľmi). Vľavo od hlavného vchodu vedie krátka nižšia chodba smerom k druhému povrchovému otvoru, ktorý je však malý, pre človeka neprielezný.

Za hlavným vchodom sa rozprestiera veľký centrálny priestor (cca 40 × 20 m), ktorého predná časť medzi oboma povrchovými otvormi sa nazýva **Dóm P. Aksamita** (výška priestoru do 6 m), a centrálna a koncová časť má názov **Zrútený dóm** (obr. 3C). Jeho dno v pravej časti stúpa až k stropu jaskyne (široký, nízky priestor s výškou asi 3 m) a v ľavej časti dno prudko klesá smerom do nižšie položeného priestoru s vysokým stropom (max. 8 m), **Dómu priekopníkov** (obr. 3 D). Vpravo od hlavného vchodu vedie dlhá, nízka „spojovacia“ chodba do ďalšej väčšej siene (**Blatistý dóm**) s výškou stropu do 8 metrov, zvažujúcej sa šikmo dole, z ktorej vybieha niekoľko kratších, slepých chodbičiek (Janáčik, 1968). Jaskyňa, s výnimkou prednej časti Dómu P. Aksamita



Obr. 2. Mapa jaskyne Aksamitka (podľa Janáčika, 1968 upravil F. Mihál')  
 Fig. 2. Map of the Aksamitka Cave (after Janáčik, 1968 modified by F. Mihál')

Tabuľka 1. Teplotné charakteristiky v jednotlivých častiach jaskyne Aksamitka. \* Priemer zo 14 meraní v období november – marec počas rokov 2006 – 2014

Table 1. Temperature characteristics in selected parts of the Aksamitka Cave. \* Note: Mean values of 14 measurements since November to March during 2006 – 2014

Jaskynný priestor Cave Space	Teplota vzduchu / Air Temperature [°C]			
	T priemer* T mean*	T min. T min.	T max. Tmax.	Rozdiel Amplitude
Dóm P. Aksamita	7,3	1,3	9,8	8,5
Zrútený dóm	9,6	9,2	10,0	0,8
Dóm priekopníkov	9,2	8,9	9,6	0,7
spojovacia chodba	8,6	8,0	9,3	1,3
Blatistý dóm	8,4	8,0	8,9	0,9

medzi hlavným a postranným povrchovým otvorom, sa v zimnom období vyznačuje stálou mikroklimou s minimálnymi teplotnými výkyvmi (približne  $\pm 1$  °C), pričom teplota vzduchu tu v čase našich meraní počas rokov 2006 až 2014 dosahovala hodnoty v rozmedzí 8 až 10 °C (tabuľka 1). V Dóme P. Aksamita bola teplota premenlivá (od 1,3 do 9,8 °C) v závislosti od teplotných podmienok vonkajšieho prostredia, pričom vstupný priestor v tesnej blízkosti hlavného vchodu môže pri dlhšie trvajúcim mrazivom počasi dočasne premrzáť, ako sme zaznamenali pri februárových kontrolách v rokoch 2006, 2010 a 2012 (obr. 3B).

Jaskyňa Aksamitka pútala v minulosti veľký záujem zoológov, pričom výskum bol zameraný najmä na sledovanie prítomnosti lietavca sťahovavého (Vachold, 1956;

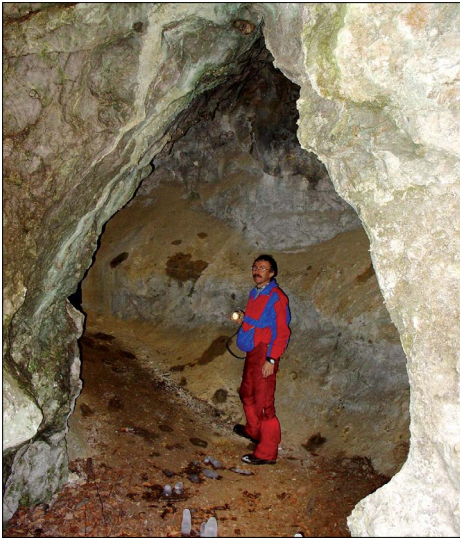


Obr. 3. Jaskyňa Aksamitka: A – hlavný vchod do jaskyne, pohľad zvonku; B – vstupná časť jaskyne vo februári 2012 s prítomnou ľadovou výplňou; C – Zrútený dóm, pri meračskom bode č. 13; D – Dóm priekopníkov, pri meračskom bode č. 16. Foto: A, C, D – Z. Višňovská, B – S. Rak

Fig. 3. The Aksamitka Cave: A – main entrance to the cave, view from outside; B – entrance space of the cave in February 2012 with ice fill present; C – Zrútený Dome, near survey point no. 13; D – Priekopníkov Dome, near survey point no. 16. Photo: A, C, D – Z. Višňovská, B – S. Rak

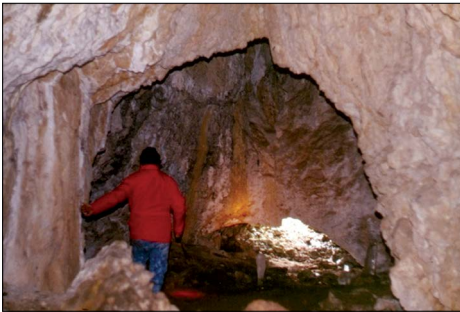
Hanák, 1963; Bárta, 1978; Horáček et al., 1979). Prvé záznamy zo zimného sčítania netopierov v jaskyni pochádzajú z rokov 1955 (Vachold, 1956) a 1963 (Gaisler a Hanák, 1972). Zimné kontroly v rokoch 1994 – 2005 realizovali prevažne chiropterológovia Pjenčák, Danko a Gresch zo Spoločnosti pre ochranu netopierov na Slovensku (Danko et al., 2000; Pjenčák a Danko, 2002). Od roku 2006 vykonáva pravidelný zimný monitoring netopierov ŠOP SR, Správa slovenských jaskýň (Višňovská) v spolupráci so Správou Pieninského národného parku (Rak, Kisková).

K ďalším sledovaným lokalitám v Haligovských skalách patrí jaskyňa **Ježovka** (790 m n. m.), ktorú v niektorých písomných zmienkach možno nájsť aj pod názvom Jozúfka. Za úzkou a nízkou vstupnou chodbou sa nachádza priestranná sieň vo veľkosti cca 16 × 11 m a s maximálnou výškou 5 m. Celková dĺžka jaskyne je 20 m. Údaje o výskyte netopierov do roku 1995 nie sú známe. Nepravidelné zimné kontroly v jaskyni vykonáva od roku 1996 Gresch (2002).



Obr. 4. Predná časť jaskyne Lebka. Foto: Z. Višňovská

Fig. 4. Front part of the Lebka Cave. Photo: Z. Višňovská



Obr. 5. Interiér Zbojníckej jaskyne. Foto: A. Gresch

Fig. 5. Interior of the Zbojnícka Cave. Photo: A. Gresch

č. 2. Od roku 1997 jaskyňu sporadicky kontrolujú Pjenčák (2002) a Gresch.

**Haligovce 4**, resp. **HL 4** (646 m n. m.) je malá jaskyňa s dĺžkou 5 m. Sporadicky ju kontroluje Gresch.

**Haligovce 7**, resp. **HL 7** (688 m n. m.) je malá jaskyňa s dĺžkou 13 m. Sporadicky ju kontroluje Gresch.

**Zbojnícku jaskyňu** (780 m n. m.) tvorí chodba s dvoma stropnými otvormi v celkovej dĺžke 30 m. Jej úzky vstupný otvor vedie do siene s maximálnou výškou 4,5 m a šírkou 9 m (obr. 5). Mikroklima jaskyne je variabilná v závislosti od podmienok vonkajšieho prostredia, v zime niektoré časti jaskyne môžu premrzáť. Od roku 1996 lokalitu nepravidelne monitorujú Pjenčák a spol. (Danko et al., 2000; Pjenčák, 2002) a sporadicky Gresch.

O niečo väčšia, s dĺžkou podzemných priestorov 46 m, je jaskyňa **Lebka** (710 m n. m.). Tvorí ju vyššia chodba s niekoľkými stropnými komínmi, ktorá v strednej časti vytvára sieň s rozmermi cca 10 × 5 m. Vzhľadom na veľký povrchový otvor sa predná časť chodby (obr. 4) pri nízkej teplote vonkajšieho prostredia značne podchladzuje, prípadne až premrzá, za sprievodnej tvorby ľadovej výplne. Dňa 19. 2. 2006 teplota vzduchu od vchodu po koniec jaskyne vzrastala od 2,8 °C po 8,7 °C a dňa 8. 3. 2007 od 7,7 °C po 9,2 °C. Prvý chiropterologický prieskum vykonal hneď pri objavení jaskyne v roku 1996 jej objaviteľ A. Gresch. Odvtedy jaskyňu nepravidelne monitorujeme (Gresch, 2002).

Ďalšou relatívne veľkou jaskyňou je **Ementál** (702 m n. m.). Dosahuje dĺžku 52 m a hĺbku 18 m. Má viacero povrchových otvorov, medzi ktorými nastáva citelné prúdenie vzduchu. Mikroklima je preto nestabilná, v závislosti od podmienok vonkajšieho prostredia. Jaskyňu kontrolujeme príležitostne od roku 2003.

**Malá jaskyňa 1** (766 m n. m.) v skalnej stene oproti Aksamitke je dlhá 10 m a má veľmi malý vstupný otvor. V literatúre sa miestami používa alternatívny názov Malá jaskynka č. 1. Lokalitu od roku 1995 príležitostne kontrolujú Pjenčák (2002) a Gresch.

O 5 metrov vyššie nad jaskyňou 1 sa nachádza **Malá jaskyňa 2** (771 m n. m.), ktorú tvorí nízka chodba s dĺžkou 15 metrov. Alternatívny názov je Malá jaskynka

## METODIKA

Predmetom nášho záujmu sa stalo deväť jaskýň situovaných v Haligovských skalách, v juhozápadnej časti Pienin. Monitoring bol zameraný výlučne na zimné obdobie, keď netopiere v jaskyni hibernujú. Ako zimné obdobie v tomto príspevku uvádzame obdobie od polovice novembra do konca marca. Počas rokov 1996 až 2015 sme vykonali celkovo 29 kontrol v jaskyni Aksamitka (sčítavateľa: Zuzana Višňovská a Stanislav Rak 15×, Alfréd Gresch 14×, Katarína Kisková 4×, Vladimír Škuta 3×, Zdenko Jurík, Vladimír Škuta ml., Martin Kiska, Róbert Babík a Michal Vrbičan 2×, Miroslav Papaj, Martin Majerek, Pavol Staník, Lukáš Vlček, Stanislav Pavlarčík, Milan Vdovjak, Martin Ceľuch, Ján Matľák a Maroš Bolcar 1×), 10 kontrol v jaskyni Lebka (Gresch 10×, Višňovská a Škuta 2×, Rak, Jurík, Papaj, Staník, Škuta ml., Vrbičan, Majerek a Vlček 1×), 9 kontrol v jaskyni Ježovka (Gresch 9×, Višňovská, Škuta, Jurík a Papaj 1×), 3 kontroly v Malej jaskyni 1 (Gresch 3×), 3 kontroly v jaskyni Ementál (Gresch 3×, Višňovská, Jurík, Škuta, Škuta ml., Vrbičan, Majerek a Papaj 1×), 2 kontroly v Malej jaskyni 2 (Gresch 2×), 1 kontrolu v Zbojníckej jaskyni (Gresch), jaskyni Haligovce 4 (Gresch) a Haligovce 7 (Gresch, Višňovská, Škuta a Papaj).

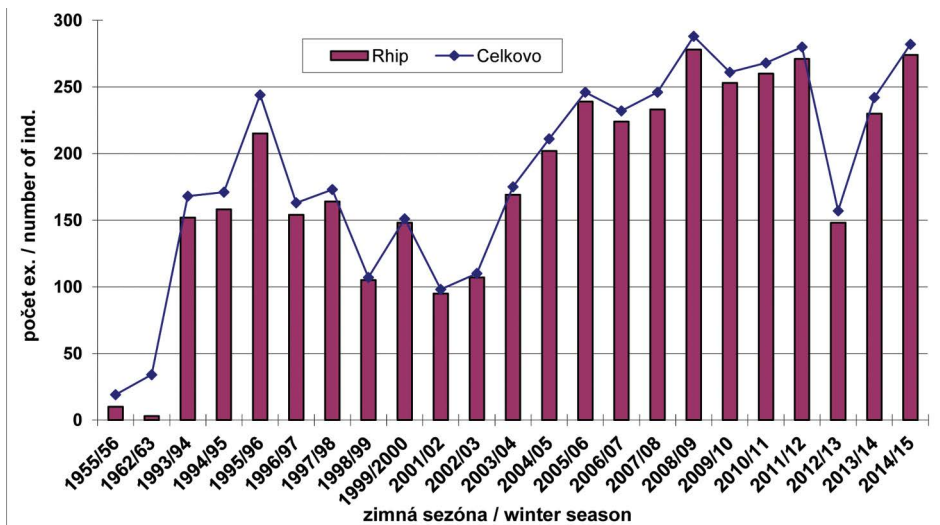
Monitoring na každej lokalite sme vykonávali metódou vizuálneho pozorovania. V jaskyni Aksamitka sme zaznamenávali početnosť a rozmiestnenie jednotlivých druhov netopierov vo všetkých jej dostupných priestoroch. Na niekoľkých miestach jaskyne, zakaždým rovnakých, sme merali teplotu vzduchu digitálnym teplomerom značky Checktemp. Na orientačné zhodnotenie teplotných pomerov (tab. 1) sme použili hodnoty namerané v 14 termínoch sčítania netopierov počas rokov 2006 až 2014.

V tabuľkách a grafoch používame skratky názvov jednotlivých druhov netopierov: Rfer – *Rhinolophus ferrumequinum*, Rhip – *Rhinolophus hipposideros*, Mmyo/bly – *Myotis myotis/blythii*, Mmys/bra – *Myotis mystacinus/brandtii*, Mema – *Myotis emarginatus*, Paur – *Plecotus auritus*.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Aksamitka

Celková početnosť netopierov zimujúcich na lokalite dosahovala v období rokov 1998 – 2015 (ďalej len „sledované obdobie“) sezónne maximá 98 až 283 exemplárov, pričom historické maximum 283 ex. sme zistili v sezóne 2008/2009 (tab. 2). Zaregistrovali sme tu hibernáciu piatich druhov netopierov. Eudominantný je **podkovár malý** (*Rhinolophus hipposideros*). V sledovanom období tvoril až 97 % všetkých netopierov nájdených v jaskyni. Kým v dekáde 1994 – 2004 sa početnosť populácie druhu pohybovala medzisezónne v rozmedzí 95 – 215 exemplárov, od roku 2005 sme zaznamenali signifikantný nárast spravidla na viac ako 200 exemplárov, s najvyšším zaznamenaným počtom 278 ex. v zimnej sezóne 2008/2009 (obr. 6). Skokovitý pokles zimujúcej populácie nastal v zime 2012/2013, počas ktorej sme registrovali maximálne 148 ex. *R. hipposideros*, no ako sa ukázalo neskôr, išlo iba o krátkodobý jav. V nasledujúcich dvoch sezónach ich počet opäť dosiahol „štandardnú úroveň“, pričom 274 ex. z poslednej zimy 2014/2015 znamená historicky druhý najvyšší počet podkovárov v jaskyni. V súčasnosti Aksamitka predstavuje jedno z najpočetnejších a najsevernejších jaskynných zimovísk tohto druhu netopiera na území Slovenska (Kováč et al., 2014). Na tejto lokalite, podobne ako na iných známych početnejších zimoviskách Slovenska, zvykne podkovár malý vytvárať voľné zoskupenia, v rámci



Obr. 6. Maximálna početnosť *Rhinolophus hipposideros* („Rhip“) a všetkých netopierov („Celkovo“) v jaskyni Aksamitka v jednotlivých zimných sezónach. Ďalšie zdroje údajov: Danko et al. 2000, Pjenčák a Danko 2002

Fig. 6. Maximum abundance of *Rhinolophus hipposideros* („Rhip“) and total number of bats („Celkovo“) in the Aksamitka Cave in selected winter seasons. Other data sources: Danko et al. 2000, Pjenčák & Danko 2002

ktorých sa jedince vzájomne nedotýkajú (druhovo špecifický znak). Podľa našich zistení z rokov 2006 až 2015 sa jedince zoskupujú zvyčajne na dvoch miestach. Prvým je šikmo naklonený strop v hornej strednej časti Zrúteného dómu (obr. 7) a druhým miestom je masívna šikmá stropná stena Blatistého dómu (obr. 8). Je pritom zaujímavé, že tieto jedince sa zvyknú počas zimnej sezóny medzi oboma miestami presúvať. Kým pri novembrových kontrolách bola skupina početnejšia spravidla v Zrútenom dóme (max. 157 ex.), pri kontrolách vo februári alebo marci bolo maximum populácie v Blatistom dóme (max. 174 ex. v zoskupení). Celkovo v Blatistom a Zrútenom dóme sa koncentrovalo v priemere 80 % jaskynnej populácie *R. hipposideros*. Zvyšných cca 20 % zimovalo ako jednotlivé jedince alebo malé skupinky (do 8 ex.) roztrúsené kdekoľvek vo zvyšných častiach jaskyne. Hibernujúce jedince, úplne zabalené do lietacej blany, visia voľne na stenách alebo výstupkoch jaskynnej výzdoby, pomerne často aj nízko nad úrovňou terénu.

Druhým najčastejšie sa vyskytujúcim a najpočetnejším hibernantom v jaskyni je **netopier veľký** (*Myotis myotis*), avšak jeho kvantitatívny podiel na celkovej početnosti netopierov v porovnaní s predchádzajúcim druhom je zanedbateľný (cca 1,5 %). V minulosti tu hibernoval vo vyššom počte (10 – 30 ex.), pričom historické maximum 30 ex. pochádza z marca 1963 (Gaisler a Hanák, 1972). Podobný stav (25 ex.) bol evidovaný ešte vo februári 1996 (Danko et al., 2000). Odtedy jeho početnosť poklesla na menej ako 10 jedincov, pričom v posledných rokoch medzisezónne kolíše od 1 do 7 jedincov (tabuľka 2). Netopier veľký je morfológicky veľmi podobný netopierovi ostrouchému (*Myotis blythii*), ktorého výskyt bol na tejto lokalite zaznamenaný tiež, ale iba raz, a to jeden exemplár v júli 1970 (Horáček et al., 1979). Ide o jediný hodnoverne doložený nález *M. blythii* v celej predmetnej oblasti Pienin (Danko et

Tabuľka 2. Výsledky zimného sčítania netopierov v jaskyni Aksamitka v rokoch 1998 – 2015  
 Table 2. Results of winter bat census in the Aksamitka Cave in 1998 – 2015

Dátum / Druh Date / Species	Rfer	Rhip	Mmyo/bly	Mema	Mmys/bra	Spolu Total
Sezóna 1997/1998						
8. 2. 1998		120	4			124
Sezóna 1998/1999						
3. 1. 1999	1	105	1			107
Sezóna 2001/2002						
24. 2. 2002		95	3			98
Sezóna 2002/2003						
2. 3. 2003	1	107	2			110
Sezóna 2003/2004						
28. 12. 2003		169	4	2		175
Sezóna 2004/2005						
4. 1. 2005	2	202	7			211
Sezóna 2005/2006						
19. 2. 2006	2	239		2		243
Sezóna 2006/2007						
3. 12. 2006	1	180	4			185
8. 3. 2007	1	224	4	2	1	232
Sezóna 2007/2008						
29. 12. 2007	2	229	4			235
11. 2. 2008	1	233	7	1	3	245
Sezóna 2008/2009						
12. 12. 2008	1	278	3	1		283
16. 2. 2009	1	252	4	4	1	262
Sezóna 2009/2010						
18. 11. 2009		253	3	1	1	258
15. 2. 2010	1	237	3	3	1	245
17. 3. 2010	1	204	2			207
Sezóna 2010/2011						
16. 11. 2010		260		2	2	264
14. 2. 2011	1	242	1	4		248
sezóna 2011/2012						
14. 11. 2011		271	1			272
5. 1. 2012	1	208	3	4		216
15. 2. 2012	1	232	2	4		239
Sezóna 2012/2013						
14. 12. 2012		124	3			127
19. 2. 2013	1	148	6		1	156
11. 3. 2013		134	4	1	1	140
Sezóna 2013/2014						
13. 1. 2014		211	3	2		216
10. 2. 2014	1	230	2	5	3	241
19. 3. 2014		173	2	3		178
Sezóna 2014/2015						
18. 11. 2014		274	3	5		282
9. 2. 2015	1	230	1	2	2	236
Spolu / Total	21	5864	86	48	16	6035
Dominancia (%)	0,3	97,2	1,4	0,8	0,3	100 %
Konštancia (%)	62	100	93	62	34	100 %



Obr. 7. Zimné zoskupenie *Rhinolophus hipposideros* v Zrútenom dóme. Foto: Z. Višňovská  
 Fig. 7. Winter group of *Rhinolophus hipposideros* in the Zrútený Dome. Photo: Z. Višňovská



Obr. 8. Zimné zoskupenie *Rhinolophus hipposideros* v Blatistom dóme. Foto: Z. Višňovská  
 Fig. 8. Winter group of *Rhinolophus hipposideros* in the Blatistý Dome. Photo: Z. Višňovská

al., 2000). Netopier ostrouchý sa radí k termofilnejším druhom ako *M. myotis* s výskytom najmä v teplejších, južnejších oblastiach Slovenska, no občas sa objavuje aj v jaskyniach horských regiónov centrálného a severného Slovenska. Vzhľadom na priaznivé mikroklimatické pomery v Aksamitke (pomernie teplá jaskyňa so stabilnou mikroklimou) nevyklúčujeme v súčasnom období možnosť príležitostného výskytu a zimovania *M. blythii* na tejto lokalite, resp. v Pieninách. Aj z tohto dôvodu v našom príspevku neuvádzame druh *M. myotis* samostatne, ale spoločne s druhom *M. blythii* ako podvojnú formu *M. myotis/blythii*. Z hľadiska rozmiestnenia v jaskyni jedince *M. myotis/blythii* sme pozorovali najčastejšie v Dóme priekopníkov a Blatistom dóme, menej často i v Dóme P. Aksamita, teda vyšších,

priestrannejších častiach jaskyne. Sporadicky obsadzovanými priestormi sú Zrútený dóm a úzka spojovacia chodba smerom k Blatistému dómu.

Frekventovane, no v nevelkom počte, v jaskyni zimuje **netopier brvitý** (*Myotis emarginatus*). Do roku 2000 sa tu nachádzal počas viacerých zimných sezón,



no vždy iba 1 ex. (Pjenčák a Danko, 2002). Od sezóny 2003/2004 registrujeme mierny medzisezónny vzrast zimujúcich jedincov z dvoch až na súčasných päť jedincov (tabuľka 2). Početnejšie a častejšie sa druh na lokalite registruje v letnom a jesennom období, napr. pri niekoľkých odchytach pred vchodom do jaskyne realizovaných v 90. rokoch 20. storočia (Danko et al., 2000), pričom išlo prevažne o samce (maximum bolo 12 ex. odchytých v auguste 1999). Zimujúce jedince *M. emarginatus* (obr. 9) sme pozorovali takmer výlučne v Blatistom dome alebo Dome priekopníkov. Iné časti jaskyne obsadzujú sporadicky.

Takmer každoročne v počte 1 – 2 ex. zimuje v jaskyni ďalší teplomilný druh, **podkovár veľký (*Rhinolophus ferrumequinum*)**. Aksamitka v súčasnosti patrí k najsevernejším zimoviskám tohto druhu na Slovensku. V Európe je druhom mediteránneho pôvodu, ktorého severná hranica rozšírenia prechádza práve územím severného Slovenska a južného Poľska (Uhrin et al., 1996; Sachanowicz et al., 2006). Všetky jedince *R. ferrumequinum* sme pozorovali výlučne v Blatistom dome, ktorý je koncovou časťou jaskyne s teplotou vzduchu 8 – 9 °C, situovanou najďalej od povrchových otvorov.

Spomedzi chladnomilnejších lesných druhov sa v jaskyni Aksamitka zistila hibernácia **netopiera fúzatého (*Myotis mystacinus*)**, pričom prvým, a nadlho jediným nálezom bol 1 ex. z februára 1996 (Danko et al., 2000). Keďže vizuálnou metódou je obťažné tento druh odlišiť od príbuzného druhu *Myotis brandtii*, spravidla sa uvádzajú ako podvojný druh *M. mystacinus/brandtii*. Od roku 2007 tu pozorujeme ich výskyt takmer každoročne v počte 1 – 3 ex. (tabuľka 2). Na hibernáciu preferujú nižšie položenú časť jaskyne (Dóm priekopníkov), prípadne prednú časť neďaleko povrchových otvorov (Dóm P. Aksamita). V letnom období sa odchytom do sietí vo vchode do jaskyne spoľahlivo potvrdil iba druh *M. mystacinus*; doložený nález *M. brandtii* pochádza zo širšieho okolia jaskyne (Danko et al., 2000). Oba druhy ojedinele registrujú aj na poľskej strane Pienin (Paszkiwicz et al., 1995, 1998).

Z jaskyne Aksamitka sú známe aj prípady hibernácie **ucháča svetlého (*Plecotus auritus*)**, konkrétne z rokov 1994 a 1995 (Pjenčák a Danko, 2002), a **ucháča sivého (*P. austriacus*)** ešte z roku 1963 (Gaisler a Hanák, 1972). Počas nášho monitoringu sme tieto druhy nezaznamenali. Doteraz nie sú evidované žiadne zimné nálezy druhov *Myotis nattereri*, *Myotis daubentonii*, *Eptesicus serotinus*, *Pipistrellus pipistrellus* a *Barbastella barbastellus*, ktoré boli viackrát zistené odchytom do sietí pred vchodom do jaskyne v letnom, resp. jesennom období. Je pritom zaujímavé, že napr. netopier vodný (*M. daubentonii*) patrí v Pieninách medzi najpočetnejšie druhy a pred Aksamitkou bol odchytávaný ako druhý najpočetnejší druh hneď po podkovárovi malom (Danko et al., 2000).



Obr. 9. Netopier brvitý (*Myotis emarginatus*).

Foto: Z. Višňovská

Fig. 9. Geoffroy's bat (*Myotis emarginatus*).

Photo: Z. Višňovská

Zo všetkých druhov netopierov, ktoré sa kedy zistili na území Pienin, azda najväčší záujem a pozornosť zoológov pútal a stále púta vzácny jaskynný druh **lietavec sťahovavý** (*Miniopterus schreibersii*). Zo zoogeografického hľadiska je v Európe typickým termofilným mediteránnym druhom, pričom na území Slovenska sa nachádza severná hranica jeho rozšírenia na svete (Uhrin et al., 1997). A práve jaskyňa Aksamitka predstavuje najsevernejší známy podzemný úkryt *M. schreibersii*, pričom výskyt druhu tu bol prvýkrát doložený v roku 1867 (Walecki, 1881). Väčšina ďalších nálezov pochádza z letného a prechodného obdobia, keď sa vykonávali odchyty netopierov do nárazovej siete (tzv. netting) v jaskynnom vchode i priame pozorovania v jaskyni (napr. Hanák, 1963; Bárta, 1978; Horáček et al., 1979). Hibernujúce jedince druhu v jaskyni naposledy pozorovali v novembri 1955 (Vachold, 1956) a posledné publikované záznamy o letnom výskyte pochádzajú z júla 1975 (Bárta, 1978). Neskôr pri rozsiahlom chiropterologickom prieskume (zimné kontroly, letné odchyty) v tejto oblasti v rokoch 1994 – 1999 (Paszkwicz et al., 1995; Danko et al., 2000) ani po celý čas nášho monitoringu v zimnom období 1998 – 2015 sa prítomnosť tohto druhu na lokalite nezaznamenala. Opätovný výskyt *M. schreibersii* v okolí Pienin i priamo v Aksamitke sa podarilo doložiť až po takmer 40 rokoch, a to chiropterológom zo Spoločnosti pre ochranu netopierov (M. Ceľuch, in litt.). Najskôr počas leta 2014 viackrát zachytili echolokačné signály druhu v širšom okolí Pieninského národného parku a následne 7. októbra 2014 boli pri nettingu v jaskyni Aksamitka priamo odchytené dva jedince lietavca sťahovavého (obe pohlavia), čo potvrdzuje ich opätovné využívanie tejto lokality a znovuosídlenie severu Slovenska (Ceľuch, 2014).

Prítomnosť, resp. dominancia termofilných druhov netopierov v jaskyni Aksamitka, ku ktorým radíme oba druhy podkovárov, lietavca sťahovavého, netopiera brvitého a čiastočne aj netopiera veľkého, nie je prekvapujúca, keďže teplota vnútorných priestorov je porovnateľná s teplotou jaskýň v klimaticky teplejších južnejších regiónoch Slovenska, kde majú tieto druhy svoje najvýznamnejšie lokality výskytu (Kováč et al., 2014). S výnimkou vstupného priestoru medzi oboma otvormi v Dóme P. Aksamita sa jaskyňa vyznačuje stabilnou mikroklimou. Počas zimného obdobia sa tu teplota vzduchu udržiava v rozmedzí 8 až 10 °C, pričom v jednotlivých častiach jaskyne sú výkyvy teploty minimálne (tabuľka 1).

Počas monitoringu sme v jaskyni viackrát zaregistrovali exkrementy kún. Pri kontrole dňa 16. 2. 2009 sme priamo v jaskyni zaznamenali prítomnosť jedinca kuny skalnej (*Martes foina*). Pozorovali sme ho v afotickej zóne vo vzdialenosti cca 60 m od hlavného vchodu, konkrétne v spojovacej chodbe medzi Dómom P. Aksamita a Blatistým dómom (obr. 10). Pred nami zliezol takmer kolmú skalnú stenu a stratil sa nám z dohľadu. Kuny navštevujú jaskyne pomerne často s cieľom vyhľadávania potravy (Kováč et al., 2014). Analýza trusu kún z niektorých jaskýň preukázala, že kuny na zimoviskách konzumujú hibernujúce netopiere, za ktorými sú schopné aktívne prenikať aj pomerne hlboko do afotickej zóny (Obuch, 1995; Uhrin, 1995).



Obr. 10. Kuna skalná (*Martes foina*) v jaskyni Aksamitka. Foto: Z. Višňovská

Fig. 10. Stone marten (*Martes foina*) in the Aksamitka Cave. Photo: Z. Višňovská

Náš prípad z Aksamitky takýto prienik len potvrdzuje.

Tabuľka 3. Výsledky zimného sčítania netopierov v malých jaskyniach Pienin v rokoch 1996 – 2012  
 Table 3. Results of winter bat census in small caves of the Pieniny Mts. in 1996 – 2012

Dátum / Druh Date / Species	Rhip	Mmyo/bly	Paur	Spolu Total
<b>Ementál</b>				
28. 12. 2003				0
19. 2. 2006				0
5. 1. 2012				0
<b>Haligovce 4</b>				
26. 2. 1998	1			1
<b>Haligovce 7</b>				
19. 2. 2006				0
<b>Ježovka</b>				
11. 12. 1996	1			1
8. 2. 1998	3			3
3. 1. 1999	1			1
24. 2. 2002	2			2
20. 3. 2005	2			2
19. 2. 2006	1			1
3. 12. 2006				0
8. 3. 2007				0
17. 3. 2010	1			1
<b>Lebka</b>				
11. 12. 1996	1		2	3
7. 2. 1998				0
2. 1. 1999	1			1
2. 3. 2003	1			1
28. 12. 2003				0
19. 2. 2006				0
3. 12. 2006		1		1
8. 3. 2007				0
17. 3. 2010				0
5. 1. 2012				0
<b>Malá jaskyňa 1</b>				
24. 2. 2002	4			4
20. 3. 2005	2			2
17. 3. 2010				0
<b>Malá jaskyňa 2</b>				
20. 3. 2005				0
3. 12. 2006	1			1
<b>Zbojnická jaskyňa</b>				
3. 1. 1999				0

## Ďalšie jaskyne

Z jaskyne **Ježovka** je nateraz známa hibernácia jediného druhu netopiera, *Rhinolophus hipposideros*. V sledovanom období sa tu vyskytoval takmer pravidelne v počte 1 – 3 exemplárov (tabuľka 3). Upozorňujeme, že údaj o náleze dvoch jedincov *Myotis daubentonii* v tejto jaskyni zo dňa 11. 12. 1996 (Gresch, 2002) je chybný a dostal sa tam nedopatrením. Hibernácia druhu *M. daubentonii* nebola dosiaľ zaznamenaná v tejto ani žiadnej inej jaskyni na slovenskom území Pienin.

Jaskyňa **Lebka** patrí medzi príležitostné zimoviská netopierov (tabuľka 3). Dosiaľ sa tu v minimálnej početnosti zistili 3 druhy: *Rhinolophus hipposideros* (max. 1 ex.), *Myotis myotis* (max. 1 ex.) a *Plecotus auritus* (max. 2 ex.). Celkový počet netopierov v jaskyni nepresiahol 3 exempláre.

Spomedzi dvoch jaskýň situovaných v skalnej stene oproti Aksamitke využívajú netopiere **Malú jaskyňu 1** o niečo častejšie a početnejšie ako susednú **Malú jaskyňu 2**. Podľa našich zistení i údajov Pjenčáka (2002) v Malej jaskyni 1 takmer pravidelne zimuje *R. hipposideros* v počte 1 až 4 ex., sporadicky aj *Plecotus auritus* (max. 1 ex.). Celkový počet netopierov v jaskyni bol maximálne 4 exempláre. Malá jaskyňa 2 je občasným zimoviskom druhu *R. hipposideros* (max. 1 ex.).

Pri doteraz jedinej návšteve jaskyne **Haligovce 4** sme zistili prítomnosť 1 ex. *R. hipposideros*. Z jaskýň **Haligovce 7** a **Ementál** nie sú známe žiadne nálezy netopierov.

V **Zbojnickej jaskyni** sme vykonali jednu kontrolu s negatívnym výsledkom. Iní autori (Danko et al., 2000; Pjenčák a Danko, 2002; Pjenčák, 2008) však z tejto lokality uvádzajú pomerne pestré zastúpenie druhov, konkrétne *Myotis myotis* (max. 1 ex.), *Barbastella barbastellus* (max. 2 ex.), *Plecotus auritus* (max. 1 ex.) a *Rhinolophus hipposideros* (max. 1 ex.), pričom maximálny počet hibernujúcich netopierov v jaskyni nepresiahol 3 exempláre.

## ZÁVER

Z jaskýň na slovenskom území Pienin bola do roku 2000 známa hibernácia deviatich druhov netopierov: *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *Myotis emarginatus*, *Myotis mystacinus*, *Plecotus auritus*, *Plecotus austriacus*, *Barbastella barbastellus* a *Miniopterus schreibersii* (Danko et al., 2000; Pjenčák a Danko, 2002). Prvých šesť menovaných druhov sme zaznamenali aj počas nášho zimného monitoringu v deviatich sledovaných jaskyniach Haligovských skál (Aksamitka, Ježovka, Lebka, Zbojnica jaskyňa, Ementál, Malá jaskyňa 1 a 2, Haligovce 4 a 7) v období rokov 1996 – 2015. Najčastejšie hibernujúcim netopierom na predmetnom území je podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*), ktorý je charakteristickým druhom pre celé územie Pienin. Najvýznamnejším zimoviskom v Pieninách je jaskyňa Aksamitka, v ktorej sa doteraz zaznamenala hibernácia ôsmich druhov netopierov. Eudominantný je *R. hipposideros* s najvyšším zisteným počtom 278 ex. zo zimnej sezóny 2008/2009. Aksamitka sa v súčasnosti radí k najpočetnejším a najsevernejším jaskynným zimoviskám tohto druhu netopiera na území Slovenska. Všetky ostatné druhy tvoria minoritnú zložku spoločenstva netopierov. Od roku 1998 tu pravidelne zimujú *Myotis myotis/blythii* (max. 7 ex.), *Myotis emarginatus* (max. 5 ex.) a *Rhinolophus ferrumequinum* (max. 2 ex.), od roku 2007 sa častejšie objavuje *Myotis mystacinus/brandtii* (max. 3 ex.). Posledné zimné nálezy ucháčov (*Plecotus auritus*, *P. austriacus*) sú datované do obdobia pred rokom 1995. Do roku 1975 sa v jaskyni vyskytoval aj vzácný lietavec sťahovavý (*Miniopterus schreibersii*), jeho

opätovný výskyt sa tu potvrdil v októbri 2014, čo svedčí o jeho znovuosídľovaní severu Slovenska (Ceľuch, 2014). Ostatné sledované jaskyne predstavujú nepravidelné, resp. príležitostné zimoviská netopierov, prevažne druhu *R. hipposideros*, pričom maximálny počet na lokalitách nepresiahol 4 exempláre.

Poďakovanie: Za spoluprácu v teréne ďakujeme niektorým ďalším kolegom zo Správy Pieninského národného parku, menovite Martinovi Kiskovi, Róbertovi Babíkovi a Jánovi Matľákovi, resp. Pavlovi Staníkovi a Lukášovi Vlčekovi zo Správy slovenských jaskýň. Monitoringu netopierov v jaskyniach sa príležitostne zúčastnili aj Maroš Bolcar, Martin Ceľuch, Zdenko Jurík, Martin Majerek, Miroslav Papaj, Stanislav Pavlarčík, Vladimír Škuta, Vladimír Škuta ml., Milan Vdovjak a Michal Vrbičan.

## LITERATÚRA

- BÁRTA, Z. 1978. Poznámky ke zvráteniu netopýrů jeskyně Aksamitky v Pieninském národním parku a okolí. Sborn. Severočes. Mus., Ser. Natur., Liberec, 10, 73–80.
- BELLA, P. – HLAVÁČOVÁ, I. – HOLÚBEK, P. 2007. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 30. 6. 2007). Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, 364 s.
- CEĽUCH, M. 2014. Return of *Miniopterus schreibersii* to the northern edge of its historical distribution in Slovakia. Vespertilio, 17, 59–63.
- DANKO, Š. – PJENČÁK, P. – MATIS, Š. 2000. Doterajšie poznatky o faune netopierov slovenskej časti Pienin a blízkeho okolia. Vespertilio, 4, 27–36.
- GAISLER, J. – HANÁK, V. 1972. Netopýři podzemních prostorů v Československu. Sborn. Západočes. Muz. v Plzni, Přír., 7, 1–46.
- GRESCH, A. 2002. Dve zimoviská netopierov v Pieninskom národnom parku. Vespertilio, 6, 147.
- HANÁK, V. 1963. Výskyt létavců stěhovavých (*Miniopterus schreibersi*) v jeskyni „Aksamitka“ v Pieninách. Lynx, Praha, n. s., 2, 1–7.
- HORÁČEK, I. – ZIMA, J. – ČERVENÝ, J. 1979. Letní nálezy netopýrů na Slovensku (1966–1977). Lynx, Praha, n. s., 20, 75–98.
- JANÁČIK, P. 1968. Správa o výskume krasu Haligovských skál (Peniny). Slovenský kras, 6, 17–27.
- KOVÁČ, E. – ELHOTTOVÁ, D. – MOCK, A. – NOVÁKOVÁ, A. – KRÍŠTŮFEK, V. – CHROŇÁKOVÁ, A. – LUKEŠOVÁ, A. – MULEC, J. – KOŠEL, V. – PAPÁČ, V. – LUPTÁČIK, P. – UHRIN, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – HUDEC, I. – GAÁL, E. – BELLA, P. 2014. Jaskynná biota Slovenska. ŠOP SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 192 s.
- LALKOVIČ, M. 2012. Z histórie jaskyne Aksamitka. Aragonit, 17, 1–2, 30–41.
- OBUCH, J. 1995. Nové poznatky o výskytu netopierov v jaskynných tanatocenózach. Netopiere, 1, 29–38.
- PASZKIEWICZ, R. – SZKUDLAREK, R. – WĘGIEL, A. – WĘGIEL, J. – WĘGIEL, W. 1995. Materiały do chiropterofauny Pienin. Zimowe stanowiska nietopierzy. Pieniny – Przyroda i Człowiek, 3, 43–49.
- PASZKIEWICZ, R. – SZKUDLAREK, R. – WĘGIEL, A. – WĘGIEL, J. – WĘGIEL, W. 1998. Materiały do chiropterofauny Pienin – letnie stanowiska nietopierzy. Pieniny – Przyroda i Człowiek, 6, 31–46.
- PJENČÁK, P. 2002. Zimovanie netopierov v malých jaskyniach Pienin. Vespertilio, 6, 148.
- PJENČÁK, P. (Ed.) 2008. Zimné sčítanie netopierov na Slovensku 2006/2007. Spoločnosť pre ochranu netopierov, Zvolen, 28 s.
- PJENČÁK, P. – DANKO, Š. 2002. Zimovanie netopierov v jaskyni Aksamitka. Vespertilio, 6, 149–150.
- SACHANOWICZ, K. – CIECHANOWSKI, M. – PIKSA, K. 2006. Distribution patterns, species richness and status of bats in Poland. Vespertilio, 9–10, 151–173.

- UHRIN, M. 1995. Predbežná správa o výskyte stavovcov (Vertebrata) v pseudokrasových jaskyniach Cerovej vrchoviny. In Gaál, L. (Ed.): Preserving of Pseudokarst Caves, Proceedings of International Working Meeting (Rimavská Sobota – Salgótarján, 1995). SAŽP, Banská Bystrica, 96–98.
- UHRIN, M. – DANKO, Š. – OBUCH, J. – HORÁČEK, I. – PAČEŇOVSKÝ, S. – PJEŇČÁK, P. – FULÍN, M. 1996. Distributional patterns of bats (Mammalia: Chiroptera) in Slovakia, part 1, Horseshoe bats (Rhinolophidae). Acta Soc. Zool. Bohem., 60, 247–279.
- UHRIN, M. – LEHOTSKÁ, B. – BENDA, P. – LEHOTSKÝ, R. – MATIS, Š. 1997. Rozšírenie netopierov na Slovensku. Časť 3, *Miniopterus schreibersi*. Vespertilio, 2, 113–130.
- VACHOLD, J. 1956. K otázke výskytu a rozšírenia netopierov (Chiroptera) na Slovensku. Biologické Práce, 2, 1–68.
- WALECKI, A. 1881. Fauna zwierząt ssacych Warszawy i jej stosunek do fauny całego kraju. Pamietnik Fizjograficzny, 1, 268–291.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	207 – 214	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## POZNÁMKY K ÚBYTKU ĽADU VO VEĽKEJ ĽADOVEJ PRIEPASTI NA OHNIŠTI V NÍZKYCH TATRÁCH

ANDREJ HOLÚBEK

Speleoklub Nicolaus, 032 21 Liptovské Beharovce 53; andrejholubek@gmail.com

### A. Holúbek: Notes to the ice reduction in the Great Ice Abyss on the Ohnište, Nízke Tatry Mts., Slovakia

**Abstract:** The paper is focused on the research of ice fill changes in the Great Ice Abyss on the Ohnište located in the Jánska Valley on the northern side of the Nízke Tatry Mts. It presents the results of an accurate mapping of ice fill and points to on its rapid decrease during last decades. Since the last detailed description and mapping of the ice monolith in 1973, the ice volume was reduced by approximately 150 – 200 m<sup>3</sup>. Changes of air temperature and precipitation conditions in the surrounding area were analyzed for the clarifying causes of ice fill decrease (using data from three meteorological stations Mt. Chopok, Liptovský Hrádok and Telgárt obtained from the Slovak Hydrometeorological Institute). One reason for the ice fill decrease in the studied abyss can be the change of the ratio of winter and summer precipitation. Presented results are a first step to the clarifying the more complex process of ice creating and melting in the abyss and can be used for further systematic and long-term observations.

**Key words:** Great Ice Abyss, Ohnište plateau, ice-filled cave, ice reduction, climatic conditions

### ÚVOD

Pri jednom zo zostupov do Veľkej ľadovej priepasti na Ohništi v roku 2010 sme v hĺbke 80 m zistili veľký úbytok ľadového monolitu, hoci ešte pred 30 rokmi sa na dne priepasti nachádzal rozmerný monolit, ktorý sa z neznámych príčin začal roztápať, až úplne zmizol. Tento problém nás zaujal a začali sme sa zaoberať analýzou zmien ľadovej výplne od prvého zostupu v roku 1939 (Benický, 1957) až po súčasnosť.

### GEOLOGICKÉ, GEOMORFOLOGICKÉ A TEPLTNÉ POMERY

Veľká ľadová priepasť sa nachádza v nadmorskej výške 1529 m v južnom okraji krasovej planiny Ohnišťa, ktorú budujú tmavosivé zvrásnené strednotriasové gutensteinské vápence chočského príkrovu. Ich podložie tvoria spodnotriasové kampilské vrstvy (ílovitá a slienité bridlice, vápnité pieskovce) a lúžňanské súvrstvie (kremenné pieskovce, kremence) ležiace na kryštaliniku (Biely et al., 1992). Masív Ohnišťa má charakter krasovej plošiny, mierne zvlnenej a sklonenej na severovýchod. Jej geomorfológiou sa zaoberal Droppa (1957), neskoršie aj Mitter (1982). Zo všetkých strán je ohraničená skalnými bralami a exponovaným svahom. Na náhornej plošine absentuje akýkoľvek vodný tok. Podľa sklonu vápencových vrstiev možno usudzovať, že Veľká ľadová priepasť hydrologicky inklinuje do povodia Bocianky.

Sama priepasť, ktorú opísal Droppa (1957) s celkovou hĺbkou 125 m, je druhá najhlbšia lokalita na Ohništi (po priepasti Havran hľbokej 187 m). Vchod sa nachádza

na južnom okraji plošiny pod kótou 1538 m. Má dva otvory, horný sa nachádza pod kolmou vápencovou stenou v nadmorskej výške 1529 m. Priemer studňovitej časti je 6 m. Spodný otvor leží o 16 m nižšie pod kolmou stenou druhej terasy južného svahu. Jeho expozícia je južná, šírka je 10 m a výška 2,5 m. Zo strmého svahu plynule prechádza do hlavnej vertikály. Sklon vápencových vrstiev je 30° na SSV. Tvar priepasti je valcovitý, os prvej vertikály je vychýlená na západ oproti hornému vchodu o 8 m. Na stenách možno pozorovať hlboké žliabkovité škrapy vytvorené stekajúcou atmosférickou vodou. Dno prvej priepasti, ležiace 86 m pod hlavným vchodom, je v súčasnosti pokryté hrubozrnnou sutinou (5 – 50 cm) a rozkladajúcimi sa kmeňmi stromov. V smere hlavnej pukliny, širokej približne 50 cm a smerujúcej na sever, sa nachádza ďalšia priepasť, od dna prvej priepasti hlboká 26 m. Dno druhej priepasti je pokryté kamennými blokmi a hlinou, prúdenie vzduchu je tu vylúčené.

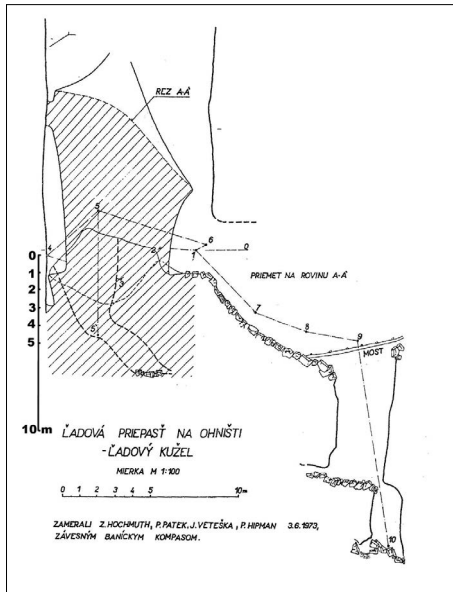
Tepelné pomery priepasti opísal Otruba (1958). Počas meraní v dňoch 6. a 7. 8. 1956 pri vonkajšej teplote vzduchu 14,5 °C v priepasti teplota vzduchu klesala do hĺbky 50 m. Odtiaľ do hĺbky 78 m bola konštantná teplota vzduchu 0,4 °C. V hĺbke 88 m stúpala na 0,6 °C, čo uvedený autor zdôvodnil prúdením teplého vzduchu z nezaľadnených častí priepasti.

## ZMENY ĽADOVEJ VÝPLNE

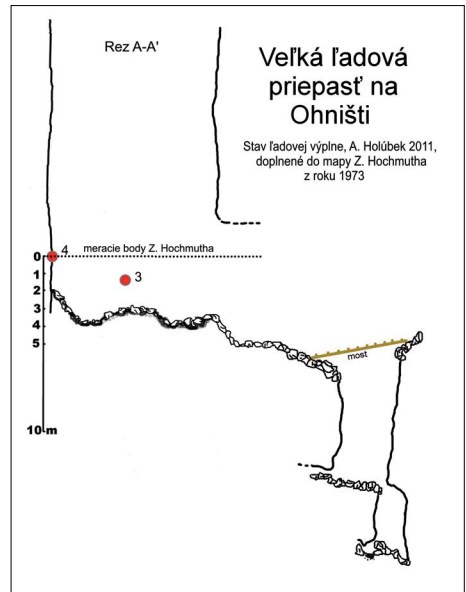
Prvý zostup do priepasti sa uskutočnil v roku 1939. Počas druhého zostupu v roku 1955, ktorý organizoval V. Benický, odhadli, že na dne prvej priepasti sa nachádza ľadový kužel s kubatúrou asi 800 až 1000 m<sup>3</sup>. V roku 1956 počas tretieho zostupu A. Droppa priepasť zdokumentoval. Detailný prieskum ľadu uskutočnil v roku 1973 Z. Hochmuth, keď účastníci zhodnotili dokonca prírastok ľadovej hmoty oproti roku 1955 a vyhotovili podrobnú mapu ľadového monolitu. Bohužiaľ, týmto výskumom sa pravidelné pozorovanie stavu končí a obmedzuje sa na sporadické svedectvá športových zostupov.

Od začiatku 80. rokov sa situácia značne zmenila a v súčasnosti zostalo na dne len minimum z objemnej ľadovej výplne, podľa ktorej bola priepasť pomenovaná a v speleologických kruhoch si získala veľkú pozornosť. V druhej polovici roku 2011 som do priepasti trikrát zostúpil a podľa možnosti čo najpresnejšie opísal stav ľadovej výplne. Pomohli mi pri tom predovšetkým meracie body pochádzajúce z mapovania Z. Hochmutha v roku 1973, podľa ktorých bolo možné presne porovnať stav ľadovej masy vtedy a dnes. (obr. 1 a 2). Rozdiel oproti poslednému mapovaniu je očividný, 16 m vysoký ľadový monolit sa stratil, množstvo ubudnutého ľadu odhadujeme na 150 – 200 m<sup>3</sup>. Z mapovania v roku 1973 sa nám podarilo nájsť len meračské body 3 a 4 z pôvodných šiestich, no ukázalo sa, že sú postačujúce. Spomínané body tvorili základ pre rez priepasti charakterizujúci ľadový monolit. Pred vytvorením úplne novej mapy sme uprednostnili dosadenie aktuálnych údajov do mapy Z. Hochmutha z roku 1973. Na mieste bývalého ľadového monolitu bolo na jeseň roku 2011 relatívne rovné dno súvislo pokryté sutinou a napadanými kmeňmi stromov, ktoré sa zvažuje pod previsnutý strop malej sienky, kde dno tvorí pevné ľadové podložie. Na základe toho možno predpokladať, že pod skalnou sutinou a organickými zvyškami sa nachádzajú ďalšie vrstvy ľadu, ktorých objem v súčasnosti nemožno odhadnúť (obr. 3 a 4).





Obr. 1. Rez (juh – sever) dnom Veľkej ľadovej priepasti, stav ľadovej výplne v roku 1973  
 Fig. 1. South-north section of a bottom of the Great Ice Abyss, state of ice filling in 1973



Obr. 2. Rez (juh – sever) dnom Veľkej ľadovej priepasti, stav ľadovej výplne v roku 2011  
 Fig. 2. South-north section of a bottom of the Great Ice Abyss, state of ice filling in 2011



Obr. 3. Vrchol ľadovcového kužeľa vo Veľkej ľadovej priepasti na jeseň roku 1972. Foto: Z. Hochmuth  
 Fig. 3. Top of the ice cone in the Great Ice Abyss in autumn 1972. Photo: Z. Hochmuth



Obr. 4. Dno Veľkej ľadovej priepasti v roku 2005. Foto: P. Holúbek  
 Fig. 4. Bottom of the Great Ice Abyss in 2005. Photo: P. Holúbek

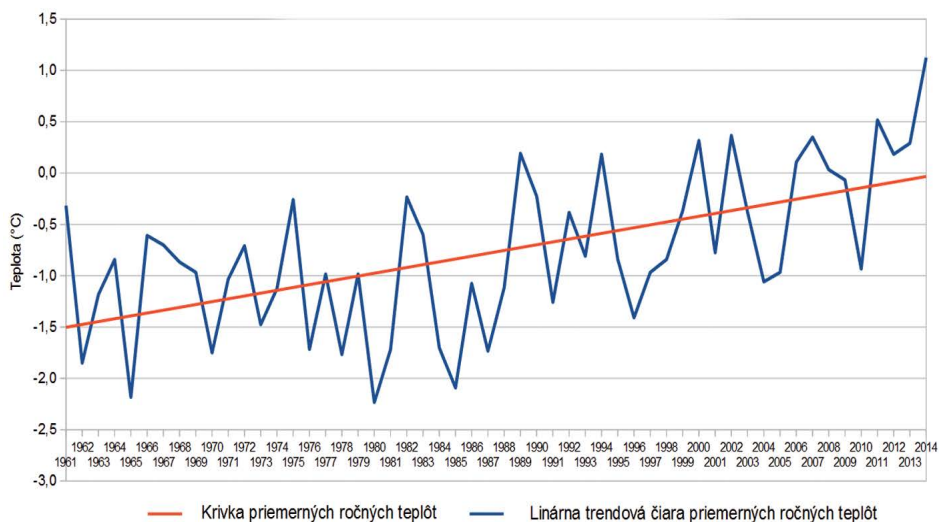
Hochmuth a Holúbek (2011) predpokladajú, že zmeny ľadovej výplne v priepasti sú dôsledkom:

- klimatických zmien – otepľovania;
- zmeny pomeru typu zrážok v prospech dažďových;
- možného vplyvu zmeny cirkulačných pomerov v dôsledku speleologického prieskumu jaskýň v okolí;
- iných príčin, ktoré predbežne nepoznáme.

## VPLYV TEPLoty VZDUCHU A ZMENY POMERU SNEHOVÝCH A DAŽĎOVÝCH ZRÁŽOK

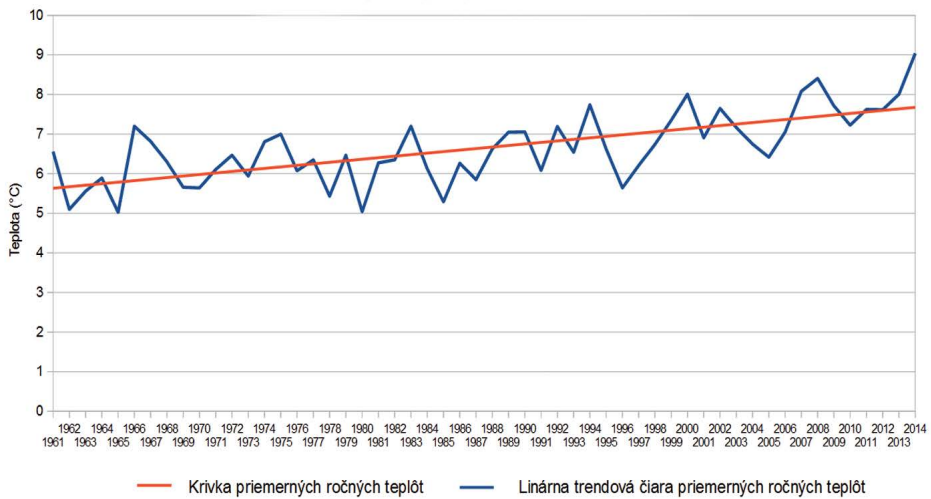
S cieľom objasniť príčiny ubúdania ľadovej výplne v priepasti sme sa detailnejšie zamerali na analýzu zmeny teplotných a zrážkových pomerov. Pri našej analýze sme využili údaje z troch meteorologických staníc: Chopok, Liptovský Hrádok a Telgárt. Tieto stanice existujú a pravidelne zaznamenávajú údaje od roku 1961. Liptovský Hrádok (640 m n. m.) sa nachádza v kotline, kde je vyššia priemerná teplota a nižší úhrn zrážok. Naopak stanica na Chopku (1990 m n. m.) je vo vysokohorskom prostredí nad pásmom lesa, kde je priemerná teplota nižšia a je vyšší ročný úhrn zrážok. Meteorologická stanica v Telgárte (901 m n. m.) reprezentuje horskú klímu, teploty sú oproti kotline nižšie, no celkový úhrn zrážok je nižší ako vo vysokohorskom prostredí. Ohnište (1536 m) sa nachádza v úrovni hornej hranice lesa a klimaticky nekorešponduje ani s jednou z uvedených staníc, z ktorých sa nám podarilo získať dáta, a preto lokality medzi sebou navzájom neporovnávame.

**1. Teplota vzduchu.** Podľa grafov (obr. 5, 6 a 7) je zrejmé, že priemerná ročná teplota má rastúcu tendenciu vo všetkých z uvedených lokalít. Podľa trendovej lineárnej krivky vzrástla priemerná ročná teplota na Ohništi približne o 1,5 °C. Na základe tohto údaja sa dá usúdiť, že úbytok ľadovej výplne vo Veľkej ľadovej priepasti môže byť do určitej miery ovplyvnený zvyšovaním priemernej ročnej teploty.



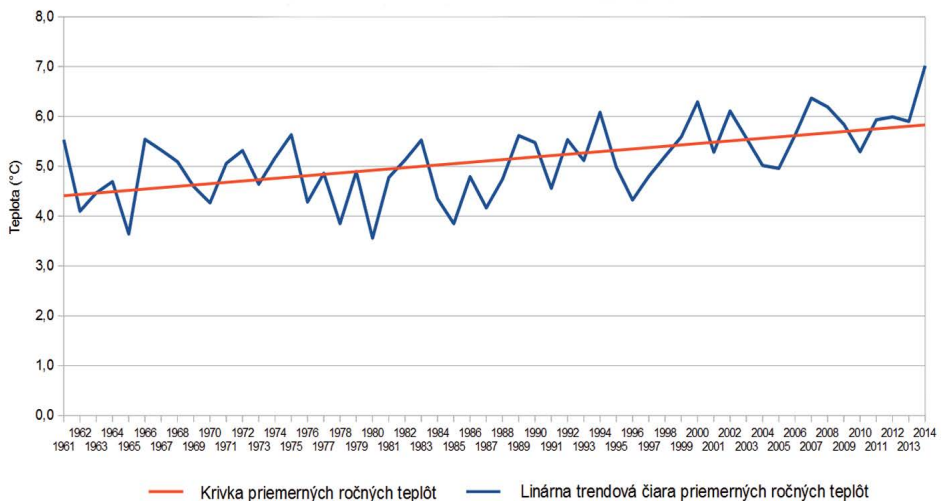
Obr. 5. Teploty vzduchu na Chopku v rokoch 1961 – 2014 (zdrojové dáta: SHMÚ, Bratislava)

Fig. 5. Air temperatures on Mt. Chopok in 1961 – 2014 (source data: Slovak Hydrometeorological Institution, Bratislava)



Obr. 6. Teploty vzduchu v Liptovskom Hrádku v rokoch 1961 – 2014 (zdrojové dáta: SHMÚ, Bratislava)

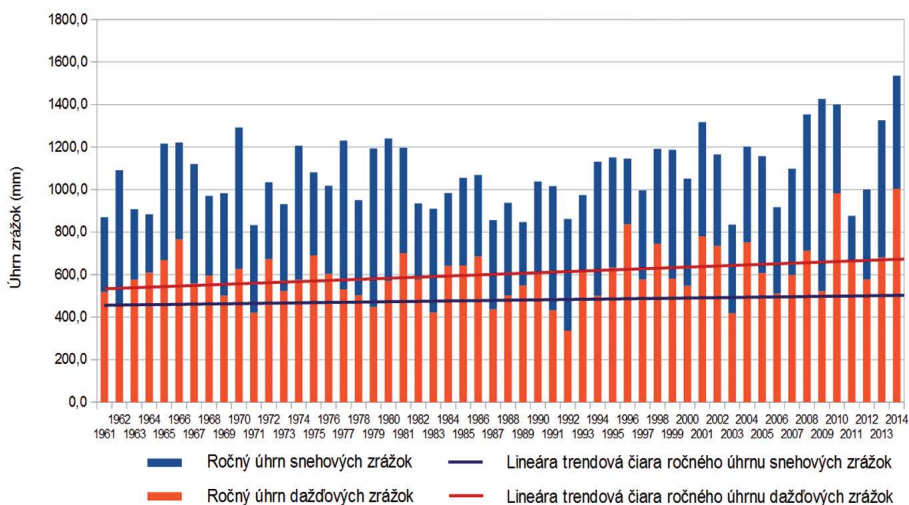
Fig. 6. Air temperatures in Liptovský Hrádok in 1961 – 2014 (source data: Slovak Hydrometeorological Institution, Bratislava)



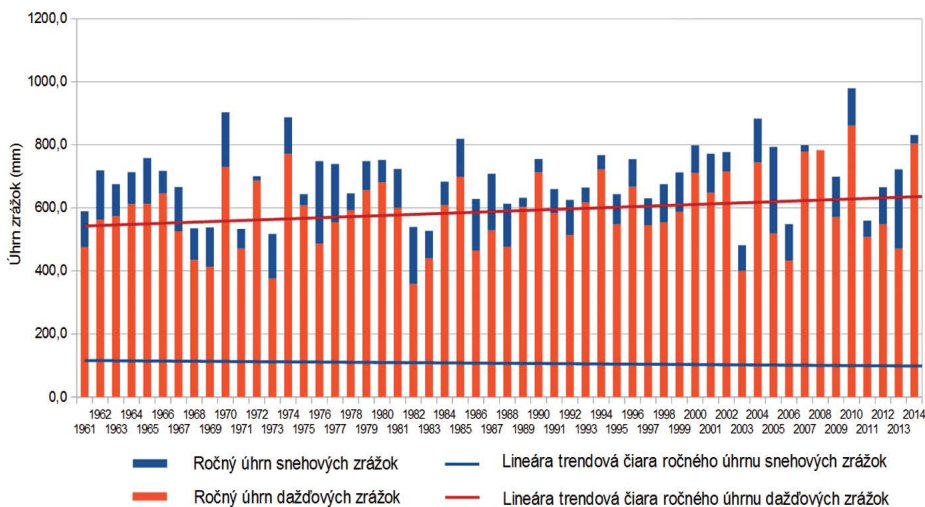
Obr. 7. Teploty vzduchu v Telgáte v rokoch 1961 – 2014 (zdrojové dáta: SHMÚ, Bratislava)

Fig. 7. Air temperatures in Telgárt in 1961 – 2014 (source data: Slovak Hydrometeorological Institution, Bratislava)

**2. Zrážky.** Z údajov pre všetky tri lokality vyplýva medziročné zvyšovanie úhrnu celkových zrážok. Na porovnanie množstva snehových zrážok, ktoré prispievajú k tvorbe ľadu, a naopak teplých dažďov s nepriaznivým účinkom na ľadovú výplň, sme vytvorili ich závislosť v rokoch 1961 – 2014 (obr. 8, 9 a 10).

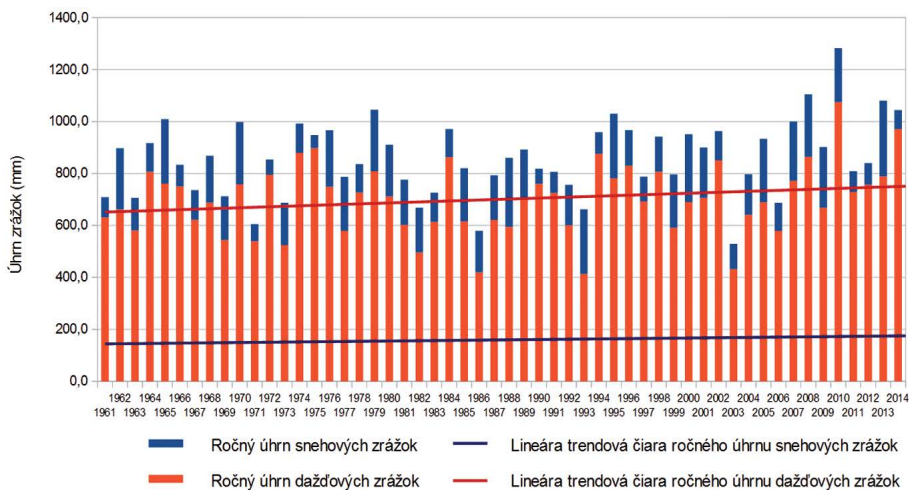


Obr. 8. Úhrn zrážok na Chopku v rokoch 1961 – 2014 (zdrojové dáta: SHMÚ, Bratislava)  
Fig. 8. Rainfall sum on Mt. Chopok in 1961 – 2014 (source data: Slovak Hydrometeorological Institution, Bratislava)



Obr. 9. Úhrn zrážok v Liptovskom Hrádku v rokoch 1961 – 2014 (zdrojové dáta: SHMÚ, Bratislava)  
Fig. 9. Rainfall sum in Liptovský Hrádok in 1961 – 2014 (source data: Slovak Hydrometeorological Institution, Bratislava)

V každom roku sa spočítal mesačný úhrn zrážok spadnutých v mesiaci, keď priemerná teplota bola vyššia ako 0 °C (dažďové zrážky) a nižšia ako 0 °C (snehové zrážky). Nejde o presné určenie pomeru typov zrážok, pretože v „chladnom“ mesiaci môže pršať a v „teplom“ mesiaci môže snežiť, no veríme, že na približné porovnanie bude použitie tohto postupu postačujúce.



Obr. 10. Úhrn zrážok v Telgárte v rokoch 1961 – 2014 (zdrojové dáta: SHMÚ, Bratislava)  
 Fig. 10. Rainfall sum in Telgárt in 1961 – 2014 (source data: Slovak Hydrometeorological Institution, Bratislava)

Z grafov ročných úhrnov zrážok na Chopku, v Liptovskom Hrádku a Telgárte (obr. 8, 9 a 10) vyplýva, že rozdiel medzi zrážkami dažďovými a snehovými má vo všetkých lokalitách rastúcu tendenciu. Tieto zmeny sa s veľkou pravdepodobnosťou mohli odraziť aj na množstve jarných vôd, ktoré neboli dostatočne chladné na to, aby sa v priepasti tvoril ľad.

## ZHRNUTIE

Naše zistenia poukazujú na to, že jednou z príčin úbytku ľadovej výplne vo Veľkej ľadovej priepasti môže byť zmena pomeru zimných a letných zrážok. Je zrejmé, že na tomto procese sa podieľa aj zvyšujúca sa teplota, ale určiť vplyv tohto činiteľa bez jej kontinuálneho merania v podzemí je nemožné. Hodnotenie priebehu teploty vzduchu a zrážok za roky 1961 – 2011 je však do značnej miery generalizované. Do úvahy sme nebrali ani ďalšie faktory, ktoré tiež môžu prispievať k zmenám ľadovej výplne. Chcel by som zdôrazniť, že naše výsledky sú len prvým krokom k objasneniu zložitého procesu tvorby a topenia ľadovej masy na tejto lokalite a môžu byť východiskovým bodom pri ďalšom systematickom a dlhodobom pozorovaní stavu ľadovej výplne.

Z hľadiska zmien ľadovej výplne by bolo vhodné dno priepasti pozorovať aspoň raz ročne. Na posúdenie klimatických zmien v posledných desaťročiach môže poslúžiť aj dendrologická metóda, pretože rozvrstvenie letokruhov v kmeňoch okolitých stromov odráža klimatické podmienky v priebehu posledných dekád.

Na záver by som chcel tiež zdôrazniť dôležitosť stabilizácie meracích bodov v jaskyniach. Práve vďaka meraniu pod vedením Z. Hochmuta (1973) vznikli v jaskyni pevné a jednoznačne identifikovateľné meracie body, ktoré sme našli pri zostupoch po takmer štyridsiatich rokoch od ich umiestnenia a vďaka nim sme tak mohli presne zakresliť zmeny, ktoré odvtedy nastali.

PodĎakovanie: Za poskytnutie dát Ďakujem Ing. Petrovi Borsányimu zo Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave. Doc. RNDr. Z. Hochmuthovi, CSc., Ďakujem za poskytnutie mapy ľadového monolitu z roku 1973. Moja vĎaka patrí aj členom Speleoklubu Malá Fatra J. Pokrievkovej, P. Neuschelovi, P. Pokrievkovi a M. Lejavovi, ako aj členom Speleoklubu Nicolaus P. Laučíkovi a P. Holúbekovi, ktorí nám pri zostupoch do priepasti pomohli s vynáškou speleologického výstroja a pomáhali hľadať stabilizované meračské body na dne priepasti. A. Galicovi Ďakujem za pomoc pri tvorbe fotodokumentácie.

#### LITERATÚRA

- Meteorologické dáta (1961 – 2014). Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava.
- BENICKÝ, V. 1957. Výskum ľadovej priepasti na Ohništi. Slovenský kras, 1, 5–13.
- BIELY, A. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – BUJNOVSKÝ, A. – HALOUZKA, R. – IVANIČKA, J. – KOHÚT, M. – KLINEC, A. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MIKO, O. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – VOZÁR, J. 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- DROPPA, A. 1957. Geomorfologický charakter priepasti na Ohništi. Slovenský kras, 1, 14–23.
- HOCHMUTH, Z. 1996. Ľadové monolity v priepastiach na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň, odborný seminár pri príležitosti 125. výročia objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne a Roku ochrany európskej prírody (ENCY 1995). Žilina, 75–79.
- HOCHMUTH, Z. – HOLÚBEK, P. 2011. Zmeny ľadovej výplne vo Veľkej ľadovej priepasti na Ohništi. Aragonit, 16, 1–2, 73.
- MITTER, P. 1982. Geomorfologický výskum štátnej prírodnej rezervácie Ohnište. Záverečná správa, ÚŠOP Liptovský Mikuláš, 46 s. [publikované: O troch jaskyniaroch. Slovenská speleologická spoločnosť, 2013, 88–119]
- OTRUBA, J. 1957. Teplotné pomery v Ľadovej priepasti na Ohništi. Slovenský kras, 1, 24–27.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	215 – 216	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

### JUBILEUM MARCELA LALKOVIČA



Narodil sa v Banskej Štiavnici dňa 27. januára 1944. Základnú školu navštevoval v Kysaku, kde sa po prvý krát dostal do styku so známou lokalitou, Kysackou jaskyňou. V rokoch 1958 – 1962 absolvoval v Košiciach strednú priemyselnú školu stavebnú a zememeračskú a v rokoch 1962 – 1967 študoval banské meračstvo na Vysokej škole technickej v Košiciach. Po jej absolvovaní nastúpil pracovať do Východoslovenských tehelní a v rokoch 1969-70 pracoval ako geodet v Liptovskom Mikuláši. Po úspešnom konkurze nastúpil dňa 1. apríla 1970 ako merač do vtedajšieho Múzea slovenského krasu. V rokoch 1972 – 1981 tu pracoval ako vedúci Dokumentačného oddelenia. Podieľal sa tu na vyhotovení mapových podkladov sprístupnených jaskýň a lokalít ktoré sa na sprístupňovanie vytypovali. Podieľal sa aj na prácach súvisiacich s výskumom zmien ľadovej výplne Dobšinskej ľadovej jaskyni. V tejto pracovnej pozícii získal rozsiahle informácie z materiálov múzea ktoré využíva dodnes pri tvorbe článkov, príspevkov, referátov, vedeckých prác a publikácií z oblasti jaskyniarstva. Do dnešných dní spod jeho plodného pera vyšlo takmer 500 prác venovaných múzejníctvu, jaskynnému meraniu a mapovaniu, histórii jaskyniarstva, speleologickej dokumentácii, biografii, popularizácii a propagácii jaskyniarstva. V roku 1987 sa stal povereným riaditeľom vtedajšieho Múzea vývoja ochrany prírody a neskoršie aj jeho riaditeľom. V roku 1990 obhájil kandidátsku dizertačnú prácu Efektívne spôsoby zameriavania a zobrazovania jaskynných priestorov na Banickej fakulte Vysokej školy technickej v Košiciach. V roku 1990 po zmene názvu múzea na Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva sa stal najprv povereným, od roku 1993 do septembra roku 2001, riadnym riaditeľom múzea. Od septembra do konca roku 2001 pôsobil ako odborný pracovník oddelenia jaskyniarstva. Jubilant pôsobil aj v štruktúrach Slovenskej speleologickej spoločnosti. V rokoch 1973 – 1976 ako jej tajomník a do roku 1991 pracoval v jej predsedníctve ako pokladník a predseda Komisie pre speleologickú dokumentáciu. Podieľal sa na organizácii exkurzií 6. medzinárodného speleologického kongresu v Olomouci. V štruktúrach Medzinárodnej speleologickej únie (UIS) pracoval v komisii pre bibliografiu a speleologické meranie. Jeho práca v tejto oblasti bola ocenená v roku 1988 a 2014 striebornou medailou.

Značnú časť jeho plodného života zabralo múzejníctvo. V rokoch 1974 – 1977 absolvoval postgraduálne štúdium muzeológie na Filozofickej fakulte Univerzity J. E. Purkyně v Brne. Jeho záverečná práca s názvom Analýza krasového múzea a jeho postavenie v sieti múzeí mala priamy súvis s jaskyniarstvom. V rokoch 1990 – 1993 pôsobil vo výkonnom výbore Československej muzeologickej spoločnosti. Aktívne sa zapájal do práce vo Zväze múzeí na Slovensku, kde bol v rokoch 1992-93 tajomníkom a v rokoch 1993 – 1997 predsedom. Bol aj členom Muzeálnej slovenskej spoločnosti, pôsobil v poradnom zbore Sekcie krajiny a pamiatok Ministerstva kultúry Slovenskej republiky a ako člen Koordinačnej rady Národného múzejného centra Slovenského národného múzea. Bol aj členom Vedeckej rady Slovenského technického múzea v Košiciach. V rokoch 1991 – 1994 prednášal popri zamestnaní dejiny slovenského múzejníctva na Masarykovej univerzity v Brne a v rokoch 1997 – 2001 prednášal na Katedre histórie a archeológie Univerzity Konštantína filozofa v Nitre. Od roku 1998 do odchodu na dôchodok pôsobil na katedre ekomuzeológie Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici.

Od roku 1991 dodnes, je členom redakčnej rady zborníka (dnes časopisu) Slovenský kras. V roku 1993 stál pri zrode múzejného periodika Sinter, ktorý vychádza dodnes. Pracoval v redakčných radách periodík Chránené územia Slovenska, Ochrana prírody, Múzeum, Zborníka Slovenského národného múzea, Prírodné vedy.

Jubilant je aj autorom viacerých básnických zbierok, Svitanie jaskyne (1993), Disident lásky (1996), Jaskynná žena (1997), Potme cítim, dotýkam sa tmy (1997), Kvapky ticha (2014) a je autorom kníh Ján Majko, životné osudy jaskyniara (2001), Typológia múzeí (2005), Močarisko (2013), Príbehy spod hradu (2014). Pripravuje do tlače aj román zo speleologického prostredia. V roku 2011 dokončil prácu na zostavení rozsiahlej bibliografie Spravodaja Slovenskej speleologickej spoločnosti (1970 – 2009).

Na záver možno iba potvrdiť slová, ktoré pri jubilatovej päťdesiatke napísal J. Hlaváč. Želáme jubilantovi do ďalších rokov najmä dobré zdravie a šťastnú ruku pri riešení pracovnej problematiky. Možno vysloviť pranie, aby aj naďalej vymazával biele miesta nášho jaskyniarskeho diania v súvzťažnosti k európskemu regiónu krasových a speleologických inštitúcií.

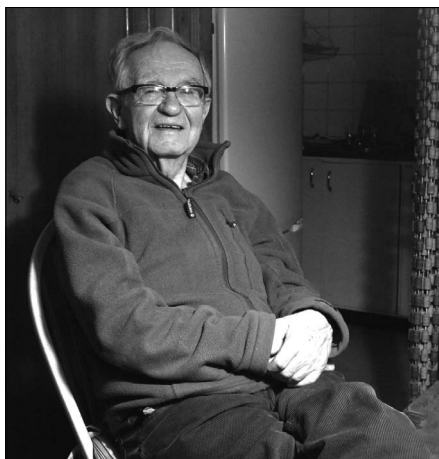
*Peter Holúbek*



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	217 – 219	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## RYSZARD GRADZIŃSKI

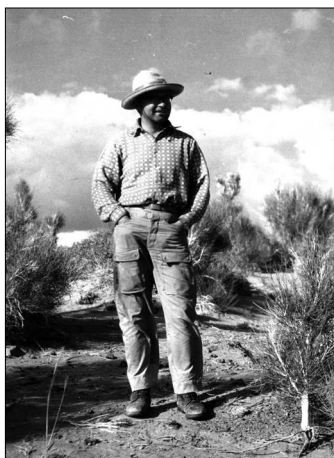
(15. 8. 1929 – 31. 12. 2014)



Těsně po Novém roce přišla velmi smutná zpráva – ve svém domě v Krakově, blízko historického městského centra, obklopen členy rodiny zemřel po delší nemoci prof. dr. hab. Ryszard Gradziński, řádný člen Polské akademie věd (PAN) a aktivní člen Polské akademie věd a umění (PAU). Pohřeb se konal 9. 1. 2015 na Rakowickém hřbitově v Krakově za zimního ledového, větrného, ale částečně slunného počasí a za obrovské účasti smutečních hostů z celého Polska a zahraničí, včetně kolegů ze Slovenské speleologické společnosti, Slovenského muzea ochrany přírody a jeskyňářství a Správy slovenských jeskyní.

Pan Profesor, jemuž se v okruhu přátel začalo říkat Pan Starší po startu jeho jediného syna Michala v geologii a krasové vědě, byl velmi milou a přátelskou osobou, excelentním vědcem a krakovským i polským polyhistorem.

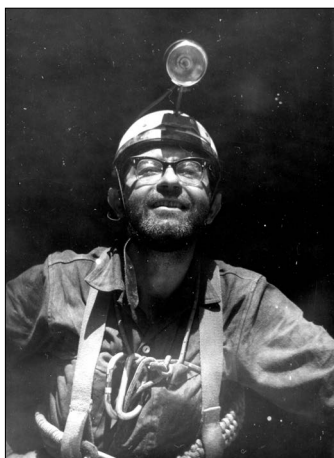
Jak jsem se s ním potkával v běhu času, čím dál tím více jsem si jej oblíbil. Poprvé jsme se setkali na první Speleologické škole v Polských Sudetech roku 1975; byl to studený a zasněžený únor a místní lázně Łądek Zdrój. To byla první a dosti legendární Puliniada s účastí hvězd polské geomorfologie a geologie (jen namátkově A. Jahn, Z. Rubinowski, R. Gradziński, S. Dżułyński, J. Głazek, Z. Wójcik, J. Motyka, J. Rudnicki, M. Sass-Gustkiewicz), tehdy jen docenti nebo doktoři, později vesměs profesori a členové akademií věd. R. Gradziński patřil ke stálým účastníkům puliniád, takže jsem měl možnost se s ním setkávat pravidelně, jakož i s dlouhou řadou zahraničních, ano tehdy i západních, specialistů. V letech 1978 – 1980 jsme spolu navíc studovali (ještě s J. Głazkem a Z. Wójcikem) sklářské písky na Polské juře, období rudických vrstev v Krasu moravském. Později jsem Pana Staršího několikrát navštívil v jeho pracovně v ulici Senacka v Ústavu geologických věd PAN v Krakově, buď při mých cestách po Polsku s J. Głazkem, nebo jako zaměstnanec Geoindustrie při cestách za svrchním karbonem a kamenným uhlím a i později již jako zaměstnanec Akademie věd ČR při různých akcích v Krakově a okolí, od roku 1996 jsme se setkávali většinou ve Varšavě. Pan Starší byl členem vědecké rady na svém pracovišti a předsedal i mé habilitační zprávě.



Mongolsko



Mexiko 1970



Mexiko 1970

V jeho krakovské kanceláři bylo útulno a vždy obsahovala nějakého pro mne zajímavého návštěvníka i díky Pana Staršího pohostinnosti. Kafka, herbatka, panák, cigárko, v letech pozdějších pivko (když bylo po dalesu komunistickém vůbec k dostání) bylo pravidelnou odměnou návštěvníkům. Pan Starší nebyl náruživý kuřák, spíše mi připadal jako svátečník; osladil si tím návštěvu hosta, dobré jídlo a vůbec každá dobrá příležitost byla dobrá. U Pana Staršího jsem byl několikrát i v jeho bytě, jednou nebo dvakrát jsem tam dokonce přespal. Návštěvy v domě Pana Staršího byly vsutku svátkem, vždy jsem se na to těšil, on byl skvostný kuchař, moc rád dobře jedl, a vyráběl pozoruhodné domácí kořalíčky a liguére. Když byli hosti, vařil On, jakkoli jeho žena byla taky velmi nadaná a šikovná (Irena, 1933 – 1998, historička umění). Musím s politováním přiznat, že si nepamatuji, kdy jsem jej viděl naposledy, jen to, kdy jsem jej při návštěvě Krakova naposledy neviděl, a to bylo počátkem září 2014. Pan Starší tehdy ležel v nemocnici, to jsme věřili, že je to jen zápal plic.

Jeho otec Adam byl významný krakovský lékař – neurolog (a mecenáš umění), matka se jmenovala Michalina. Po studiu na prestižním gymnáziu v Krakově studoval Matematicko-přírodovědeckou fakultu Jagelonské university v Krakově. Již v průběhu studia, od 1950, fuchsoval prof. M. Książkiewiczovi. S ním pak přesídlil na Hornicko-hutnickou akademii v Krakově, kde působil do 1957 jako asistent a starší asistent. Roku 1957 byl povolán do nově vzniklé katedry geologie Jagelonské university, kde působil do roku 1970, posléze jako docent. Od roku 1970 až do smrti zastával různé pozice a vědecké a administrativní funkce v Ústavu geologických věd PAN v Krakově i ve Varšavě, později jako důchodce. Doktorskou disertaci obhájil roku 1963 a habilitoval se roku 1968. Roku 1977 byl jmenován mimořádným profesorem a roku 1987 povýšil na řádného (tzv. belvedérského) profesora. Pan Starší působil v řadě funkcí, byl členem mnoha vědeckých rad fakult, muzeí, akademických a jiných ústavů, chráněných oblastí; byl členem těles při PAN i PAU včetně obdoby našich grantových agentur, jakož i komise pro udělování vědeckých hodností. Byl členem a v 1978 – 1980 vicepresidentem Polské geologické společnosti.

Profesí byl Pan Starší sedimentolog, proslul studiem siliciklastických formací, převážně terestrických. To bylo hlavním těžištěm jeho bohaté vědecké a výzkumné činnosti. Hlavním kolbištěm byly pak svrchnokarbonské uhlonosné formace hornoslezské pánve. Dlouhá léta strávil hledáním recentního analogu svrchnokarbonských řek, až jej našel (se spolupracovníky) v podobě horního anastomozujícího toku řeky Narwa v Polsku. Na počátku vědecké kariéry byl členem polsko-mongolských expedic do pouště Gobi, kde studoval říční a eolické uloženiny s dinosaury. Byl součástí i výprav antarktických, kde studoval mělkomořská siliciklastika a vulkanoklastika.

Roku 1950 spoluzaložil Klub Grotołazów v Krakově, kde také, jak jinak, bafuňářil a spolupodílel se na vydávání periodika Grotołaz. Jako činný speleolog se podílel na výpravách do největších jeskyní v Polských Tatrách, do jeskyní na Slovensku, Bulharsku, Mexiku, Francii. Podobně jako Vladimír Panoš nebo Otakar Štelcl působil i na Kubě, kde spoluobjevil, popsal a zdokumentoval rozsáhlý jeskynní systém. V krasovém výzkumu přispěl k problematice jeskynních perel a pisoidů, objasnil vývoj reliéfu a krasu v j. Polsku v období paleogénu, zabýval se tektonikou a vývojem reliéfu a jeskyní v oblasti Krakovsko-Čenstochovské vrchoviny i problematikou okrajových poljí.

Pan Starší byl věrným návštěvníkem Slovenska, účastnil se mnoha konferencí, symposií i terénních aktivit pořádaných nejen Slovenskou speleologickou společností, Správou slovenských jeskyní či Slovenským muzeem ochrany přírody a jeskyňářství, na mnohých jsem byl rovněž přítomen.

Celkem publikoval více než 150 původních prací, většinou v nejlepších polských a zahraničních časopisech. K jeho nejvýznamnějším knihám patří: Sedimentologia (s A. Kosteckou, A. Radomskim a R. Unrugem, 1976) a Zarys sedimentologii (1986). V průběhu života obdržel řadu vyznamenání, ocenění a cen. Byl bystrým a ostrým recenzentem a oponentem, v geologické komunitě dosti obávaným pro šíři a hloubku svých znalostí (jak jsem již uvedl, nejen geologických) a formulační excelenci. Vždy vyhmátnul i tu sebemenší slabinu v argumentaci (několikrát jsem zažil na vlastní kůži). Ale vždy dovedl ocenit snahu, píli, nápady a dobré řemeslo. Nicméně i na sebe byl náročný, což jsem poznal při přípravě několika málo společných publikací, akurátnost a pečlivost sama, taková nějaká haličská (rakousko-uherská) pünklichkeit.

Pan Starší byl nóbíl Pán, Pan Profesor se vším všudy, bohužel byl... Myslím ale, že jeho památka zůstane v srdcích všech, kdo jej znali a v duchu jej určitě doprovodili při cestě nejdlejší alespoň vzpomínkou. K těm, kteří jej provázeli v celém průběhu pohřbu fyzicky, patřil ostatně i špalír nejmladší generace krakovských jeskyňářů v plné polní, takže je zjevné, že odkaz Pana Staršího jen tak nezapadne.

Pane Starší, moc Ti za vše, co jsi mi pro život dal, děkuji, Tvůj

*Pavel Bosák*



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	52/2	221 – 223	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2014
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

## RECENZIE – REVIEWS

**E. GAÁL – P. GRUBER (Eds.): JASKYNNÝ SYSTÉM DOMICA-BARADLA Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 512 strán. ISBN 978-615-80050-3-6**

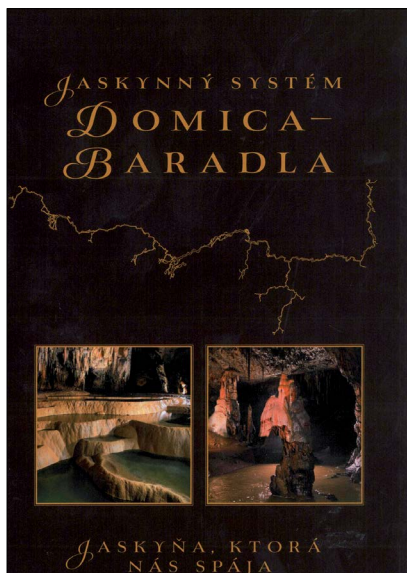
Koncom roka 2014 vyšla za podpory projektu HUSK zaujímavá a užitočná publikácia o jaskynnóm systéme Domica-Baradla. Komplexná publikácia o tomto jaskynnóm systéme od čias vydania knižičky A. Droppu (1961) u nás nevyšla, a tak každý záujemca o podzemie Slovenského krasu ocení jej vydanie. HUSK je projekt cezhraničnej spolupráce (rozumej Hungária – Szlovákia), ktorý dotuje Európska únia a má slúžiť na vzájomné poznávanie napríklad aj pri vedeckých výskumoch v pohraničných oblastiach.

Kniha má 512 strán a pravdepodobne takto obsažná kniha v jaskyniarstve na Slovensku ešte nevyšla. Vydala ju Správa Aggteleckého národného parku v spolupráci so Štátnou ochranou prírody SR – Správou slovenských jaskýň. V autorskom kolektíve môžeme napočítať 32 spoluautorov, prevažne ide o známe mená, ktorí v problematike dlhodobo pôsobia. Zostavovateľmi sú Ľudovít Gaál (pracovník SSI, bývalý vedúci o. s. Rimavská Sobota), a Péter Gruber (zástupca riaditeľa Aggteleckého národného parku). Príprava do tlače i tlač prebehla v Maďarsku (Eger, Debrecen) a kniha vyšla v slovenskej a maďarskej mutácii.

Ako píše v predhovore doc. J. Jakál, ambíciou autorského kolektívu bolo podať obraz a ukázať nielen prirodzenú krásu hraničnej jaskynnej sústavy, ale aj výsledky vedeckých výskumov. A teda využiť prostriedky pridelené v rámci projektu okrem iného na vydanie reprezentatívnej vedeckej publikácie, ktorá by komplexne zachytávala obraz jaskynnej sústavy v premietnutí na krasovú krajinu jej užšieho okolia. Pre nás je knižka o to cennejšia, že jaskynná sústava, ktorá pokračuje z Domice do Maďarska, bola maďarskými odborníkmi skúmaná intenzívnejšie (leží tam napokon aj podstatná väčšina priestorov), avšak pre jazykovú bariéru sme sa o ich názoroch napríklad na genézu dozvedali iba s ťažkosťami. Teraz tu bol vytvorený dostatočný priestor na poznanie stanovísk obidvoch strán. Posilnený aj tým, že spravidla autormi každej z kapitol boli členovia zo slovenskej a maďarskej strany.

Po úvodných kapitolách má kniha klasickú štruktúru tzv. hettnerovej schémy. Teda začína sa geologickou stavbou, ktorú spracovali na vynikajúcej úrovni Ľudovít Gaál s maďarskými kolegami O. Pirosov a Gy. Gyuriczom. Sú tu zohľadnené moderné názory na litológiu, stratigrafiu i tektonický plán, tvorí logický základ na pochopenie genézy jaskyne.

Speleológ za zaujme morfológia povrchu (autori J. Móga a P. Bella), ale najmä podzemia jaskynného systému od tých istých autorov a potom Vznik a vývoj jaskynného systému od Gy. Gyuricza a Ľ. Gaála. Dozvedáme sa tu aj o iných ako tradičných názoroch na genézu systému, ktorá je na maďarskej strane interpretovaná ako dôsledok spätnej erózie a zarezávania sa recipientu – potoka a doliny Jósfa, a tak sa jaskyňa na maďarskom území dostáva do visutej polohy. Tak to vidieť zo schematickeho profilu na s. 75, pekného príkladu divergencie aj tohto jaskynného systému. Zaujímavé sú i názory (pravdepodobne maďarského spoluautora) o oddelenom vývoji a iba dodatočnom



spojení dnešnej Domice a Baradly (s. 100). Pre recenzenta nepochopiteľne trvajú na názore, že obrovské priestory vytvoril dnešný potôčik Styx s priemerným prietokom okolo 1 l/s, čo sa nechcelo veriť už ani J. Kuskému, Z. Rothovi alebo S. Lángovi, ktorých hojne citujú. Zaujímavé je odmietnutie možnosti toku „predchodcu Slanej“ slovenskými autormi, avšak jeho spomenutie na s. 97 a 101 svedčí o inom názore maďarských kolegov. Treba si tu uvedomiť, že názory na genézu sa publikovaním v takomto reprezentatívnom diele na istý čas zakonzervujú, ale možno budú zdrojom úvah do budúca.

Kapitola Voda v krase zaujme každého záujemcu o speleológiu jaskyne, lebo načrtáva hydrologické problémy a na základe nich je možné uvažovať nielen o genéze a monitoringu, ale je aj inšpiráciou na speleologickú prolongáciu. Obaja autori tejto kapitoly (ktorá je rozdelená na vody povrchové a podzemné) poskytujú dostatok informácií zo starších výskumov i vlastných meraní. Dozvedáme sa tu z koncentrovaného textu o množstve meraní a stopovacích skúškach. Veľká pozornosť je venovaná ponorom a stopovacím skúškam v okolí Kečova a Silickej Brezovej, ktoré zrejme so systémom nesúvisia. Tiež sme si uvedomili, že v ponorovej oblasti Domice sa stopovacie skúšky dosiaľ nerealizovali. V maďarskej časti sú uvádzané dôsledne údaje o prietoku v období skúšok, ako aj o režime, v slovenskej časti však tieto údaje do značnej miery absentujú.

Zaujímavé sú údaje o jazerách; na maďarskej strane ich bolo viac ako na slovenskej, ale aj tu je možné sledovať ich postupný zánik, čo by orgánom ochrany prírody, národných parkov nemalo byť ľahostajné. Údaje o plochách povodí tokov sa uvádzajú, režim odtoku je však iba načrtnutý, napriek proklamovaným monitorovacím stanovištiar, ktoré sú zamerané skôr na kvalitu pretekajúcich vôd. GIS mapa v mapovej prílohe i na konci tejto kapitoly vyjasňuje polohu hydrologických objektov.

Jaskynnému ovzdušiu i klimatickým pomerom na povrchu sa venovali J. Zelinka a J. Stieber. Klimatické merania majú dlhú tradíciu na Slovensku i v Maďarsku, čo môže byť inšpiráciou na ďalšie výskumy. Merajú sa nielen základné klimatologické prvky, ale aj chemizmus plynov a aerosólu, vhodne doplnené grafmi, tabuľkami a schémami.

Biozložka v jaskyni je spracovaná širokým kolektívom autorov, v ktorom zo slovenskej strany dominujú pracovníci Ústavu biológie Prírodovedeckej fakulty UPJŠ, najmä v závislosti od špecializácie na jednotlivé taxóny. Dozvedáme sa tu nielen o tradičných obyvateľoch jaskýň – netopieroch, ale aj o archónoch a baktériách. Obzvlášť cenné je koncentrované podanie doteraz zistených poznatkov z fauny bezstavovcov, ktorých tu zistili až 271 taxónov, z nich viaceré endemické, známe iba z územia Slovenského a Aggteleckého krasu. Ich tabuľkový prehľad je na s. 291 – 306, stavovce v tabuľke na s. 318 – 322.

Značnú časť monografie tvorí kapitola Človek a jaskyňa. Správy o osídlení jaskyne v predhistorickej dobe vniesli opisované jaskyne do povedomia verejnosti už v 19. storočí. Archeologické vykopávky z tej doby sú podrobené novým pohľadom, pekná je mapka na s. 340. Slovenské výskumy v Domici komentoval J. Soják, ktorý ocenil práve skutočnosť, že v Domici neprebehol na rozdiel od Baradly amatérsky výskum pred objavom v r. 1926.

Výborne je spracovaná história oboch jaskýň odborníkmi, ktorí sa touto problematikou dlhodobo zaoberajú – M. Lalkovičom a K. Székely. Mnohé skutočnosti z histórie Baradly sme práve pre jazykovú bariéru nepoznali dokonale, a tak táto kapitola výrazne obohatí a zaujme každého pozorného čitateľa. Najmä oceňujeme obohatenie o dobové mapy a iné grafické materiály a tiež sa dozvedáme aspoň čosi o novodobom speleologickom prieskume v rokoch 1970 – 1986 skupinou Baradla. Novšie výskumy, podobne ako na Slovensku, zrejme stagnujú. Stať o objave a histórii Domice čiastočne nadväzuje na známu monografiu o živote J. Majka, zaujmú dosiaľ nepublikované fotografie, napr. V. Benického alebo krásnej chatky KČSTL – správnej budovy jaskyne.

Ochrana jaskynného systému má svoju papierovú, legislatívnu časť, ktorá sa celkom nezhoduje so skutočným obrazom. Je faktom, že sa podarilo na slovenskej strane eliminovať zaplavovanie jaskyne pri povodňach úpravami na povrchu i v podzemí, avšak možno niektoré úpravy zas vyvolali iné zmeny, napríklad klimatické. V jaskyni Svetového dedičstva by sa v bočných chodbách nemal nachádzať rôznyi odpad, zhnitá elektroinštalácia a betónové nefunkčné monolity a napriek globálnym zmenám klímy čosi by bolo treba robiť aj s plavbami, ktoré v minulosti boli ľahúňom návštevnosti. K estetickému dojmu z jaskyne neprispieje zúfalý stav okolia jaskyne, skrachovaný „disneyland“ či rozpadávajúca sa budova chaty, všetko porastené burinou.

Mapová príloha: Kniha má pripojenú rozmernú mapovú prílohu (v jednom kuse, tlačenu z oboch strán, na ktorej sú vytlačené 4 mapy rôznej úrovne: tektonická mapa (L. Vlček a Gy. Szentes), prehľadná mapa a bez uvedenia názvu zrejme hydrologická mapa a ortofotomapa. Pre speleológa je sklamaním úroveň „prehľadnej“ priloženej mapy, ktorá vznikla „oklikaním“ starých máp Dr. A. Droppu a maďarských autorov. Ako sme už poznamenali v príspevku v Spravodaji SSS 3/2014, v posledných desaťročiach zrejme speleologický prolongačný výskum v oboch jaskyniach stagnuje. Navyše na mape nie sú uvedení spoluautori alebo autori podkladov na digitalizáciu, či už slovenskí alebo maďarskí, iba všeobecne v tiráži mapy. Kritika grafických príloh sa netýka fotografií (najmä od P. Staníka), ktoré majú výbornú estetickú úroveň.

K jazykovej úrovni: Vidieť, že slovenský text prešiel kvalitnou jazykovou korektúrou, aj keď sa zdá, že samotný preklad (do slovenčiny) je miestami trocha kostrbatý, napríklad nie je celkom jasné, čo mali autori na mysli pri názve kapitoly Vybudovanie jaskyne (s. 382). Snahou bolo uvádzať podľa možnosti slovenský i maďarský názov (jeden z nich v zátvorke), ale nie celkom dôsledne, a najmä v grafikách.

Nedá sa celkom dobre posúdiť, či ide o publikáciu obrazovú (fotografie majú často výbornú technickú i estetickú kvalitu) alebo vedeckú, o čom by svedčil text. Avšak recenzentovi chýba viac grafiky v texte a knihe uberá na úrovni grafické spracovanie mapy. To však neznižuje význam diela, ktoré posluží ako vynikajúci podklad pre štúdie v tejto atraktívnej, ale pre nás okrajovej oblasti.

*Zdenko Hochmuth*

**Slovenský kras, ročník 52, číslo 2**  
**Acta Carsologica Slovaca**

<b>Rok vydania:</b>	december 2015
<b>Vydanie:</b>	prvé
<b>Evidenčné číslo:</b>	EV 3878/09
<b>Vydavateľ:</b>	Štátna ochrany prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň a Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš
<b>Sídlo vydavateľa a adresa redakcie:</b>	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, Školská ul. 4, 031 01 Liptovský Mikuláš, IČO: 361 45 114
<b>Jazyková korektúra:</b>	Mgr. Bohuslav Kortman (slovenský jazyk), Ing. Peter Gažík (anglický jazyk)
<b>Anglické preklady:</b>	autori príspevkov
<b>Grafika:</b>	Ing. Jiří Goralski
<b>Tlač:</b>	SLOVENSK, s. r. o., Koceľova 17, 821 08 Bratislava
<b>Náklad:</b>	400 výtlačkov
<b>Cena:</b>	Nepredajné
<b>Obálka:</b>	Malužinská jaskyňa. Foto: Pavol Staník

**ISSN 0560-3137**