

# SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 54  
ČÍSLO 1



2016

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**

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. prof. Dr. Andrej Kranjc, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., doc. Mgr. Martin Sabol, PhD., PhDr. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc.

### **Recenzenti / Reviewers**

prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., doc. RNDr. Renáta Fláková, PhD., RNDr. Ladislav Holko, CSc., doc. RNDr. Jozef Hók, CSc., Mgr. Peter Laučík, PhD., RNDr. Andrej Mock, PhD., Ing. Ján Obuch, doc. Mgr. Martin Sabol, PhD., Ing. Ján Tulis

## OBSAH – CONTENTS

### ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

<i>Pavel Bella, Juraj Littva, Petr Pruner, Pavel Bosák, Stanislav Šlechta, Helena Hercman, Krystýna Čížková:</i> Geologická stavba, morfológia a vývoj Važeckej jaskyne <i>Geological setting, morphology and evolution of the Važecká Cave, Slovakia</i> .....	5
<i>Peter Malík, Dagmar Haviarová, Jaromír Švasta, Miloš Gregor, Radovan Černák, Alexandra Pažická, Anton Auxt:</i> Výsledky termometrických a rezistivimetrických meraní na podzemných a povrchových tokoch Demänovskej doliny <i>Results of thermometric and resistivimetric measurements on the underground and surface streams in the Demänovská dolina Valley</i> .....	33
<i>Jozef Psočka, Peter Imrich, Vladimír Papáč, Františka Majerníčková:</i> Jaskyňa Homoľa – prehľad histórie prieskumu a nové zameranie jaskyne <i>Homola Cave – overview of the history of exploration and new cave survey</i> .....	53
<i>Ján Gulička, Vladimír Košel:</i> Pôdna makrofauna (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) vysokohorského krasu Nízskych Tatier (Západné Karpaty, Slovensko) <i>Soil macrofauna (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) of the highmountain karst of the Nízke Tatry Mts. (West Carpathians, Slovakia)</i> .....	65
<i>Michaela Kyselová, Monika Balogová, Marcel Uhrin:</i> Populácia salamandry škvornitej ( <i>Salamandra salamandra</i> ) v jaskyni Bobačka (Muránska planina) <i>Population of the fire salamander (Salamandra salamandra) in the Bobačka Cave (Muránska planina Mts.)</i> .....	79
<i>Marcel Lalkovič:</i> Naše najstaršie písomné pamiatky o jaskyniach podľa súčasného stavu poznania <i>The oldest written documents about the caves in Slovakia, in the state of current knowledge</i> .....	89



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/1	5 – 31	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	--------	------------------------

## ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

### GEOLOGICKÁ STAVBA, MORFOLÓGIA A VÝVOJ VAŽECKEJ JASKYNE

PAVEL BELLA<sup>1,2</sup> – JURAJ LITVA<sup>3</sup> – PETR PRUNER<sup>4,5</sup>  
 – PAVEL BOSÁK<sup>4,5</sup> – STANISLAV ŠLECHTA<sup>4</sup> – HELENA HERCMAN<sup>6</sup>  
 – KRYSŤÝNA ČÍŽKOVÁ<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovensko; pavel.bella@ssj.sk

<sup>3</sup> Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Slovensko; litva@gmail.sk

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

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

<sup>6</sup> Instytut nauk geologicznych Polskiej akademii nauk, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Polska; hhercman@twarda.pan.pl

**P. Bella, J. Litva, P. Pruner, P. Bosák, S. Šlechta, H. Hercman, K. Čížková: Geological setting, morphology and evolution of the Važecká Cave, Slovakia**

**Abstract:** The Važecká Cave, 530 m long, was opened to the public in 1928. It is formed in the Middle Triassic Gutenstein Limestones of the Hronic Unit at the contact of the Liptovská Basin and Kozie chrbty Mountains. It is a subhorizontal branchwork cave, partially with a network rhombic pattern guided by several intersected faults. Wider cave passages are controlled by slightly folded bedding planes. The cave originated mainly by inflow of aggressive allochthonous waters and flood-water injections from the Biely Váh River into exposed and faulted carbonates on the left side of the valley (Kozie chrbty Mountains). Its formation was enhanced by waters seeping from precipitation and circulating through karst aquifer to the valley of Biely Váh River, also by surface waters sinking into the underground at the end of the Priepadlá semi-blind Valley (southeast of the cave, at the contact of non-karst and karst area). The cave is situated at the level of the river terrace T-II (Riss 2 / Late Saalian) developed just in front of the cave (8 m above the recent river bed). The solution origin of the cave is evidenced by several morphological features (bedding-plane anastomoses, ceiling pockets, phreatic tubes and oval conduits) preserved mainly in cave parts not opened to the public. Original solution morphologies were remodelled mainly by slab and block breakdown, forced by frost weathering during the last-glacial stadials. Allochthonous gravels and sands with granite pebbles were transported into the cave during its fluvial sculpturing. Consequently, they were covered by unsorted sediments that besides prevailing loam contain mainly slightly rounded limestone clasts, along with Paleogene sandstone, weathered granite pebbles, and fossil faunal remains. The age of the fossil remains predominantly consisting of cave bear bones (*Ursus spelaeus*) was dated to over 40 ka by radiocarbon method. Above unsorted sediments, fine-grained sediments were deposited in several sequences as a result of repeated flood-water injections from the surface river and floods caused by waters circulating through adjacent karstified limestones (slackwater facies from the suspension in slow water flow to stagnant water). These fine-grained sediments have the normal magnetic polarity (Brunhes chron, younger than 0.78 Ma). Their uppermost sequences are divided by thin flowstone 10 to 11 ka old (U-series dating). Dating results show that these clastic sediments deposited in the cave mainly during the Late Pleistocene, while the uppermost sequence was deposited during the Holocene.

**Key words:** contact karst, structural geology, phreatic solution features, breakdown morphology, flood-water injection, sedimentary fill, paleomagnetism, U-series dating, speleogenesis

## ÚVOD

Važecká jaskyňa, ktorá bola sprístupnená pre verejnosť už v roku 1928, patrí medzi najznámejšie jaskyne na Slovensku. Významná je početnými paleontologickými nálezmi (najmä kostrovými pozostatkami medveďa jaskynného), pestrým zložením jaskynnej fauny, ako aj bohatou sintrovou výplňou. Vyhlásená je za národnú prírodnú pamiatku a predstavuje významnú náučnú lokalitu ochrany prírody. Navyše je pozoruhodná aj z geologického a geomorfologického hľadiska. Prvotný geologicko-geomorfologický opis Važeckej jaskyne podali Volko-Starohorský (1930, 1931) a Havránek (1935). Súbornejší výskum s cieľom spresniť jej genézu vykonal Droppa (1962a,b). Odvtedy sa v tejto jaskyni nerealizoval žiadny detailnejší geologický a geomorfologický výskum.

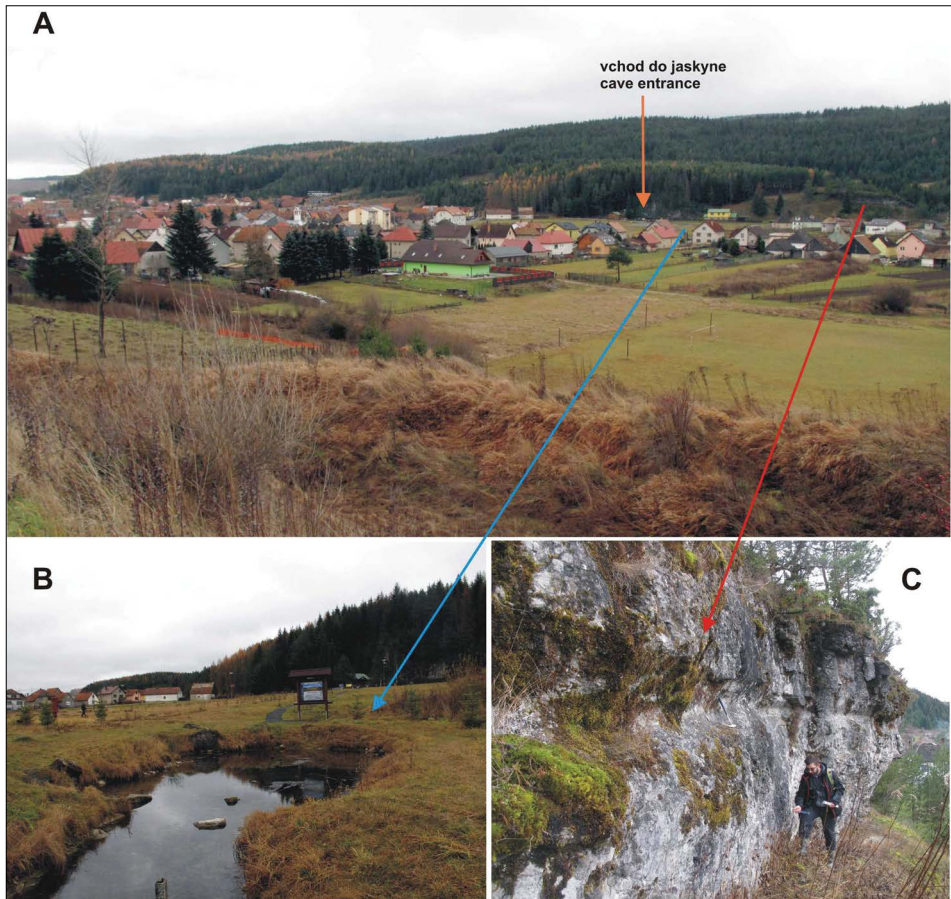
Príspevok prezentuje výsledky nového, komplexne zameraného výskumu Važeckej jaskyne s cieľom dotvoriť ucelenejší pohľad na jej vznik a vývoj. S cieľom spresniť speleogenézu a najmä datovať mladšie akumulčné fázy vývoja jaskyne sme v novembri 2008 a októbri 2010 z profilu v Hlinenej chodbe odobrali vzorky jemnozrnných siliciklastických sedimentov na paleomagnetický výskum a vzorky sintrov na rádiometrické datovanie (U-series). Súbežne prebiehal doplňujúci sedimentologický výskum. Terénny výskum v novembri 2015 sme upriamili na analýzu štruktúrno-tektonických diskontinuit a ich vplyv na vytváranie jaskyne. Súčasne sa skúmali korózne i rútvé skalné tvary, ktoré ako morfológické indikátory zodpovedajú prvotnej a ďalším fázam vývoja jaskyne. Morfológia a morfostratigrafia skalných tvarov umožnili bližšie špecifikovať podmienky a procesy speleogenézy.

## POLOHA A ZÁKLADNÉ ÚDAJE

Važecká jaskyňa sa nachádza na severnom okraji Važeckého krasu na styku Kozích chrbtov (podcelok Važecký chrbát) s Podtatranskou kotlinou (podcelok Liptovská kotlina). Jaskyňa je situovaná na ľavej strane doliny Bieleho Váhu, na západnom okraji obce Važec (obr. 1A). Vchod do jaskyne, ležiaci 8 m nad akumulčnou nivou Bieleho Váhu, je v nadmorskej výške 784 m (Droppa, 1962a,b).

Po domeraní priestorov západne od Galérie Važecká jaskyňa dosahuje dĺžku 530 m (Orfánus, 1998). Važecká jaskyňa má vcelku horizontálny charakter, tvorí ju súbor rozvetvených a miestami poprepájaných chodieb. V miestach križovania sa chodieb sú podzemné priestory zväčšené do podoby siení, resp. menších dômov (Vstupná sieň, Jazierková sieň, Kamenný dóm). Štruktúrno-tektonické pomery výrazne prispievajú k tomu, že v morfológii jaskyne prevládajú tvary vytvorené rútením, odvalovaním a odvetrávaním skalných stropov a stien. Pôvodné korózne tvary sa zachovali iba ojedinele, na ich genéze sa podieľali najmä ponorné vody Bieleho Váhu. Podzemné priestory jaskyne dekorujú najmä sintrové brká, stalaktity, stalagmity, stalagnáty a hradené kaskádové jazierka (Volko-Starohorský, 1930; Havránek, 1935; Droppa, 1962a,b a ďalší).

Vzhľadom na geologickú stavbu východnej časti Liptovskej kotliny a priľahlej krasovej časti Kozích chrbtov je Važecká jaskyňa príkladom speleogenézy v kontaktnom krase na okraji (vo svahu) doliny vytvorenej pozdĺž výrazného litologického a štruktúrno-geologického rozhrania (s ponormi alochtónnych vôd vrátane injekčnými povodňovými vôd na ľavej strane doliny budovanej vápencami).



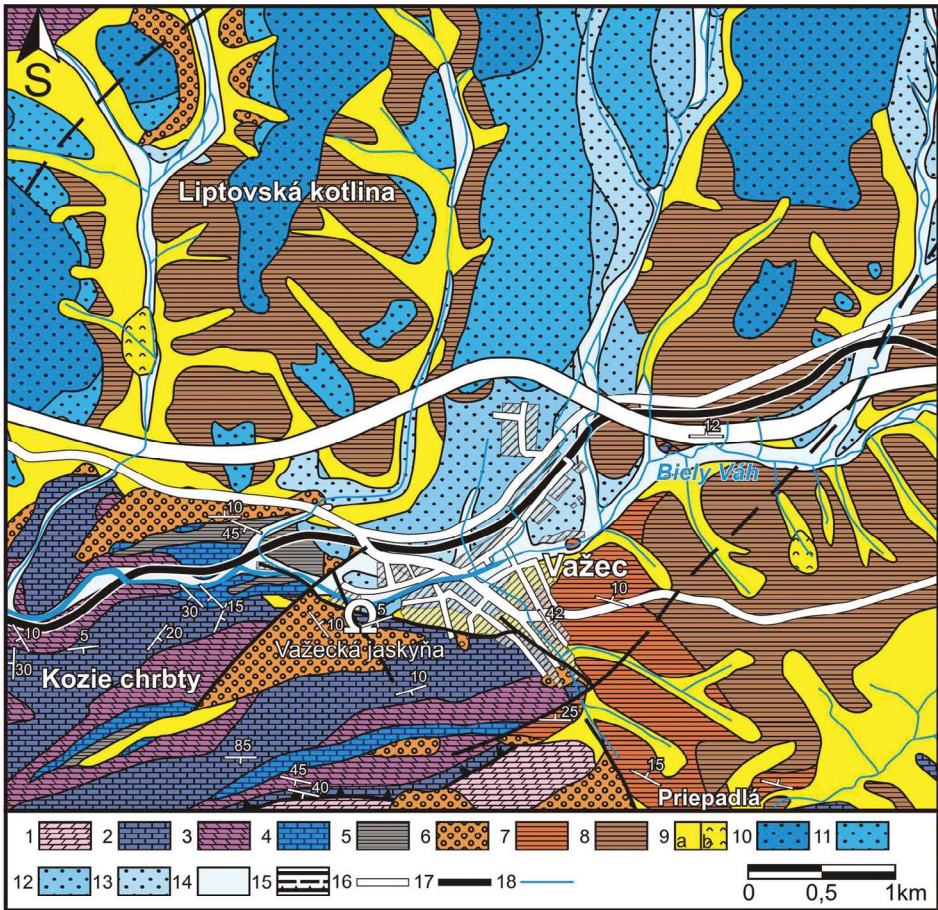
Obr. 1. Okolie Važeckej jaskyne: A – poriečna niva Bieleho Váhu a riečne terasy, B – vyvieracia Teplica pred jaskyňou, C – bočný kanálovitý zárez vyhlbený v skalnom stupni západne od jaskyne. Foto: P. Bella

Fig. 1. The vicinity of the Važecká Cave: A – Biely Váh floodplain and river terraces, B – Teplica Spring in front of the cave, C – side channel deepened into a rock cliff west of the cave. Photo: P. Bella

## GEOLOGICKÁ STAVBA

### Geologické pomery v okolí jaskyne

Horniny v okolí Važeckej jaskyne paleogeograficky zodpovedajú priestoru bazénu Bieleho Váhu a tektonicky svarínskemu čiastkovému príkrovu hronika, resp. chočského príkrovu (Havrila, 2011). Gutensteinské súvrstvie predstavuje v okolí Važeckej jaskyne najnižšiu časť vrstevného sledu svarínskeho príkrovu. Je nasunutú na podložné horniny predstavujúce vrchné časti malužinského čiastkového príkrovu, tvoreného predovšetkým sivými, lavicovitými až masívnymi dolomitmi s vekom stredný až mladší trias. Miestami sa vo vrchných častiach malužinského príkrovu vyskytujú šošovky vrchnotriasových lunzských vrstiev, spodnojurských organodetritických, krinoidových a hľuznatých vápencov, spodnojurských hierlatzských vápencov, vrchnojurských rohovcových vápencov a vrchnojurských až spodnokriedových kalových



Obr. 2. Geologická mapa okolia Važeckej jaskyne (vytvorená a upravená z digitálnej geologickej mapy Slovenskej republiky v mierke 1 : 50 000 – Káčer et al., 2005; spracovanej z podkladu: Biely et al., 1992): **hronikum, malužinský čiastkový príkrov**: 1 – sivé dolomity (stredný – vrchný trias); **hronikum, svarínsky čiastkový príkrov**: 2 – gutensteinské súvrstvie: tmavosivé až čierne vápence (stredný trias); 3 – ramsauské súvrstvie: sivé dolomity (stredný trias); 4 – reiflinské vápence: sivé rohovcové vápence (stredný – vrchný trias); 4 – lunzské vrstvy: pieskovce s tmavými bridlicami (vrchný trias); **podtatranská skupina**: 5 – borovské súvrstvie: zlepenec, brekcie, pieskovce a vápence (eocén); 6 – hutianske súvrstvie: ílovec s občasnými vrstvami pieskovcov (eocén); 7 – zuberecké súvrstvie: ílovec s pieskovecami (eocén – oligocén); **kvartérne sedimenty**: 9a – deluviálne sedimenty (kvartér); 9b – zosuvy (kvartér); 10 – riečna terasa T-IV (kvartér); 11 – riečna terasa T-III (kvartér); 12 – riečna terasa T-II (kvartér); 13 – riečna terasa T-I (kvartér); 14 – riečna niva (kvartér); **zlomy**: 15 – (zhora dole) určené zlomy, predpokladané zlomy, násunové zlomy; **všeobecné**: 16 – cesty; 17 – železnice; 18 – rieky

Fig. 2. Geological map of the Važecká Cave vicinity (compiled and modified 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): **Hronic Unit, Malužiná partial nappe**: 1 – grey dolomites (Middle – Upper Triassic); **Hronic Unit, Svarín partial nappe**: 2 – Gutenstein Formation: dark grey to black limestones (Middle Triassic); 3 – Ramsau Formation: grey dolomites (Middle Triassic); 4 – reifling limestones: grey cherty limestones (Middle – Upper Triassic); 4 – Lunz Beds: sandstones with dark shales (Upper Triassic); **subtatric group**: 5 – Borové Formation: conglomerates, breccias, sandstones and



limestones (Eocene); 6 – Huty Formation: claystones with occasional beds of sandstone (Eocene); 7 – Zuberec Formation: claystones with sandstones (eocén – oligocén); **Quaternary sediments:** 9a – deluvial sediments (Quaternary); 9b – landslides (Quaternary); 10 – river terrace T-IV (Quaternary); 11 – river terrace T-III (Quaternary); 12 – river terrace T-II (Quaternary); 13 – river terrace T-I (Quaternary); 14 – aluvial plain (Quaternary); **faults:** 15 – (from the top to the bottom) identified faults, expected faults, thrust faults; **general:** 16 – roads; 17 – railways; 18 – rivers

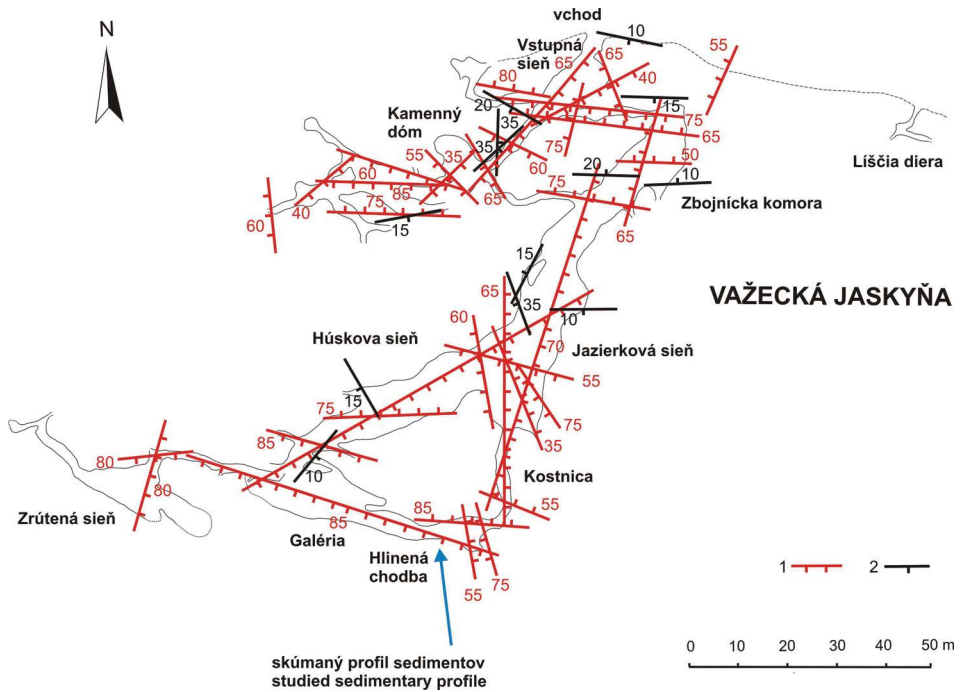
vápencov. V nadloží gutensteinského súvrstvia je horninový sled koherentný, reprezentovaný stredno- až vrchnotriasovými horninami ramsauského súvrstvia, reiflinských vápencov a lunzských vrstiev. Mezozoické horniny hronika sú následne diskordantne prekryté paleogénnymi horninami podtatranskej skupiny reprezentovanej borovským, hutianskym a zubereckým súvrstvím (Biely et al., 1992, 1997; obr. 2).

Geologická stavba v okolí Važeckej jaskyne má komplikovaný násunovo-vrásový charakter. V geologickej mape (Biely et al., 1992) je badateľné, že horniny svarínskeho čiastkového príkrovu sú usporiadané do sústavy zovretých periklinálnych (necylindrických) vrás. Charakter vrásky južne od Važca by mohol naznačovať, že na vrásovej stavbe sa nepodielajú iba mezozoické horniny, ale sú do nej zakomponované aj horniny borovského súvrstvia, čo naznačuje aj Volko-Starohorský (1931). To by mohlo indikovať, že k vrásneniu horninových komplexov došlo až po paleogéne, čo je pre oblasť centrálnych alebo interných Západných Karpát netypické. Táto stavba je navyše porušená zlomami s orientáciou SZ-JV, SV-JZ a VSV-ZJZ. Staršie práce z tejto oblasti (Droppa, 1962a,b), ako aj charakter reliéfu i samotnej geologickej mapy naznačujú, že zlomov je pravdepodobne viac, než ich je zobrazených na geologickej mape (Biely et al., 1992).

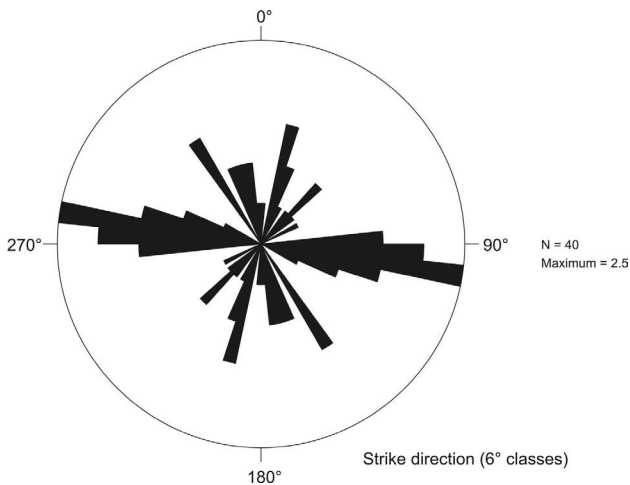
### **Geologické pomery jaskyne**

Važecká jaskyňa je vytvorená v tenkovrstvovitých stredotriasových tmavosivých vápencoch gutensteinského súvrstvia (anis). Merania v podzemí i na povrchu ukazujú, že vrstvy karbonátových hornín v priestore jaskyne a blízkom okolí majú generálne mierny úklon na J. V jaskyni však možno pozorovať aj vrstvy s miernym úklonom na S, prípadne na Z, V, JV a JZ (obr. 3). Takéto úložné pomery sú odrazom periklinálnej vrásovej geologickej stavby v okolí jaskyne, ktorá sa líši od typických cylindrických vrás. Kým zámkové línie cylindrických vrás sú priame, pri periklinálnych vrásach sú zakrivené, následkom čoho možno pri periklinálnych vrásach pozorovať určitú variabilnosť v sklone vrstiev. Zvrásnenie hornín potvrdzujú aj priame pozorovania v priestoroch Čarovnej záhradky a Jazierkovej siene, ktoré sú zjavne lokalizované v zámkovej časti antiklinály. Vzhľadom na generálny úklon vrstiev na juh možno predpokladať, že osovú roviny majú približne v.-z. orientáciu, čo korenšponduje z orientáciou osových rovín vrás zakreslených v mape Bieleho et al. (1992) (obr. 2). Malá hrúbka vrstiev v kombinácii s ich špecifickými úložnými pomermi (plochý sklon a mierne zvrásnenie) významnou mierou prispievajú k rútičným procesom v jaskyni. Najväčšie jaskynné priestory (Zrútený dóm, Jazierková sieň a Čarovná záhradka) sa nachádzajú v zámkových častiach vrás, ktoré zrejme predstavujú najvhodnejšie prostredie na rútenie vápencových platiní.

Prevažná časť tektonických porúch vo Važeckej jaskyni má orientáciu smeru ZSZ-VJV, čo zodpovedá nielen orientácii niektorých chodieb, prípadne vedľajších slepých chodieb križujúcich hlavné chodby, ale aj orientácii zlomu, ktorý podľa Droppu (1962a,b) prebieha pred vchodom do jaskyne. Napriek veľkej početnosti tieto poruchy



Obr. 3. Zamerané štruktúrno-geologické diskontinuity vo Važeckej jaskyni; topografia podľa máp Droppu, 1961 (in Droppa, 1962a,b) a Holúbka, Orfánusa a Michalka, 1997 (in Orfánus, 1998): 1 – zlomy so sklonom v stupňoch, 2 – vrstvitosť so sklonom v stupňoch  
 Fig. 3. Measured structural geological discontinuities in the Važecká Cave; topography after maps of Droppa, 1961 (in Droppa, 1962a,b) and Holúbek, Orfánus and Michalko, 1997 (in Orfánus, 1998): 1 – faults with dip in degrees, 2 – bedding with dip in degrees



Obr. 4. Ružicový diagram smerov mezoskopických krehkých štruktúr vo Važeckej jaskyni (spodná hemisféra)  
 Fig. 4. The rose diagram of the directions of mesoscopic brittle structures in the Važecká Cave (lower hemisphere)

predisponovali iba niekoľko úsekov jaskyne, napr. Hlinenú chodbu a Galériu. Tento typ porúch skôr križuje hlavné chodby. Droppa (1962a,b) predpokladá ich pleistocénnu aktivitu. V úseku od Galérie po Húskovu sieň možno vidieť niekoľko porušených sintrových foriem, avšak nebolo možné identifikovať, či sú porušené tektonicky. Okrem zsz.-vjv. zlomov sme namerali ďalšie dva typy tektonických porúch (obr. 3 a 4). Pozdĺž porúch orientovaných na SSV-JJZ až SV-JZ sú predisponované niektoré chodby vrátane najväčších jaskynných priestorov (napr. Vstupná sieň, Zbojnicka komora, Kostnica a Húskova sieň). Zlomy s orientáciou SSZ-JJV, prípadne SZ-JV, predisponovali iba malé množstvo chodieb. Miestami však predurčili morfológiu jaskynných priestorov, napr. sz.-jv. zlomy v Jazierkovej sieni podmieňujúce ukončenie a rozdzvojenie chodby.

## MORFOLÓGIA JASKYNE

### Sieť jaskynných chodieb a siení

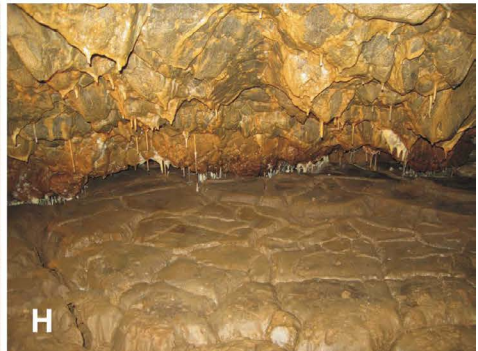
Smer a križovanie chodieb Važeckej jaskyne určujú najmä zlomy sv.-jz. a vjv.-zsz. smeru, na mnohých miestach sú chodby rozšírené do strán pozdĺž medzivrstvových plôch. Na základe grafovej analýzy (Berge, 1962; Howard et al., 1970), aplikovanej aj na topológiu jaskýň (Howard, 1971), pôdorysná morfológia Važeckej jaskyne (sieť chodieb) je charakteristická málo početnými slučkami a prevažne dendritickou štruktúrou ( $n=14$ ,  $e=13$ ,  $t=39$ ,  $i=4$ ;  $\alpha=0,082$ ,  $\beta=1,444$ ,  $\gamma=0,520$ ; alternatívne verzie:  $\alpha=0,085$ ,  $\beta=1,094$ ,  $\gamma=0,388$ ). V nadväznosti na zaužívané morfológické klasifikácie jaskýň (White, 1988; Palmer, 1991 a ďalší) Važecká jaskyňa predstavuje subhorizontálnu rozvetvenú jaskyňu, miestami charakteru kosohlej siete (predurčenej šikmo križujúcimi sa systémami zlomov). Možno ju zaradiť medzi tzv. dvojdimenziálne jaskyne, t. j. značne rozvetvené a sieťovité jaskyne s výrazne prevládajúcim horizontálnym priebehom, bez výraznejšej vertikálnej členitosti (pozri White, 1988; Ford a Williams, 2007 a ďalší).

Hustota podzemných chodieb v skrasovatenom sektore Važeckej jaskyne je  $514,5 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$  (dĺžka jaskyne prepočítaná na plochu mnohouholníka ohraničeného spojnicami okrajových bodov jaskyne; podľa Howarda, 1971). Koeficient plošného skrasovatenia (pomer medzi pôdorysnou plochou jaskyne a plochou mnohouholníka ohraničeného spojnicami okrajových bodov jaskyne; podľa Howarda, 1971 a Dubljanského et al., 1981, 1987) dosahuje hodnotu 0,23. Vysoký stupeň skrasovatenia podmieňuje značné tektonické narušenie vápencov, výrazná vrstvitosť vápencov, ich poloha v mieste injektáže agresívnych alochtónnych vôd z povrchového riečiska a podzemné odvodňovanie priľahlého komplexu karbonátov do doliny Bieleho Váhu.

### Korózne a rúťivé skalné tvary jaskynného reliéfu

Takmer v celej jaskyni (situovanej približne 15 – 20 m pod povrchom) sú pôvodné korózne modelované chodby (freatickej morfológie) pozmenené rútením, najmä pozdĺž mierne zvrásnených medzivrstvových plôch lavicovitých vápencov (Zbojnicka komora, Jazierková sieň, Galéria, Kamenný dóm). Na rútenie pravdepodobne výrazne vplývalo premŕzanie, resp. mrazové zvetrávanie, najviac vo vstupných častiach jaskyne (Vstupná sieň a priľahlé chodby). Na remodelácii a dotváraní Važeckej jaskyne sa podieľalo blokové, platňové i úlomkovité rútenie, resp. odvetrávanie (terminológia – Davies, 1949; White a White, 1969).

V miestach, kde sa uplatňuje vrstvitosť vápencov, sú viditeľné prejavy platňového rútenia (Zbojnicka komora). V takýchto prípadoch šikmé ploché časti stropov



Obr. 5. Skalné tvary a sedimentárne štruktúry vo Važeckej jaskyni: A – stupňovité odlučné plochy platňového rútenia, B – stropný rúťivý výklenok, C – kanál vytvorený pozdĺž tektonickej poruchy, D – medzivrstvové anastomózy, E – horná časť kanála vytvoreného pozdĺž medzivrstvovej plochy, F – stropný hrniec, G – rovný strop nad akumuláciou jemnozrnných sedimentov, H – polygonálne bahenné praskliny (výsušné praskliny). Foto: P. Bella

Fig. 5. Rock shapes and sedimentary structures in the Važecká Cave: A – step-like divisional (bedding) planes of slab breakdown, B – ceiling breakdown niche, C – solution conduit originated along a tectonic fracture, D – bedding-plane anastomoses, E – upper part of solution conduit originated along a bedding plane, F – ceiling pocket, G – flat ceiling above the accumulation of fine-grained sediments, H – polygonal mud cracks (desiccation cracks). Photo: P. Bella

zodpovedajú odlučným vrstvom plochám. Ak sú vrstvy priečne narušené zlomami, postupným odvalovaním platní vznikajú šikmé odlučné plochy prerušované stupňami zodpovedajúcimi hrúbke vápencových vrstiev (obr. 5A). Vzhľadom na to, že časť väčších jaskynných priestorov je vytvorená v zámkových častiach vrás, na rútenie popri zlomoch vplýva aj zvrásnenie hornín. V miestach intenzívnejšieho rútenia vápencových platní, uložených nad sebou, sa odspodu nahor vytvárajú pozdĺžne stropné výklenky (obr. 5B). V miestach, kde vrstvy vápencov sú výraznejšie narušené zlomami, sa viac prejavuje blokové rútenie (Kamenný dóm). Blokové rútenie sa vzťahuje na fragmenty hornín pozostávajúce z viac ako jednej vrstvy, ktoré tvoria koherentné skalné celky. Rútením a odvalovaním vápencových platní a blokov sa vo Važeckej jaskyni vytvorili lichobežníkové a trojuholníkové (klinovité) priečne profily (Zbojnická komora, Jazierková sieň, Húskova sieň, nízka sieň ZJZ od Kamenného dómu a iné).

Úlomkovitým rútením, resp. odvetrávaním sa oddeľujú menšie fragmenty hornín. Jeho mnohotvárnosť závisí od textúry a ostatných vlastností horniny. V porovnaní s blokovým a platňovým rútením sa morfológicky prejavuje v menšej miere. Hoci mrazovým odvetrávaním pôvodných, hladko korózne modelovaných skalných povrchov vznikli na stropoch a stenách menšie nepravidelné ostrohranné tvary, celkové obrysy priečných profilov chodieb sa výrazne nezmenili (napr. Chodba objaviteľa).

Oválne chodby sa sčasti zachovali iba v nesprístupnených častiach za Kamenným dómom (Droppa, 1962a,b), ktoré boli objavené v roku 1952 (Ondroušek, 1952). Jednou z najzachovanejších je krátka prepojovacia chodba (obr. 5C), ktorá spája chodbičky vybiehajúce na juhozápad a severozápad z nízkej a širokej siene západne od Kamenného dómu. Na južnom okraji tejto siene (vytvorenej v mieste križovania sa chodieb vsv.-zjz. a jv.-sz. smeru) sa odvalením vápencových platní odhalili medzivrstvové anastomózy (obr. 5D), ktoré predstavujú kanáliky s rovnou podlahou viažucou sa na vrstvovú plochu a stropným zahĺbením do nadložnej vrstvy odspodu nahor (pozri Ewers, 1966; Čalič-Ljubojević, 2001 a ďalší). V zmysle Malkova et al. (2001) tieto „ranofreatické“ iniciálne kanáliky zodpovedajú nanoúrovni speleoreliéfu. Sústreďnými prúdmi vody sa z nich vytvárajú medzivrstvové kanály (obr. 5E).

Na pôvodnú freatickú modeláciu poukazujú aj neveľké stropné hrnce vytvorené pozdĺž zlomu v Hlinenej chodbe (obr. 5F). Na ich vytváraní sa pravdepodobne podieľala aj presakujúca zrážková voda, ktorá sa miešala s viac nasýtenou vodou vyplňujúcou jaskyňu (pozri Bögli, 1964). Vo vadóznej fáze vývoja jaskyne (po poklese hladiny podzemnej vody) sa v niektorých stropných hrncoch s priesakom zrážkových vôd vytvorili sintrové náteky až závesy.

V mladšej epifreatickej fáze vývoja jaskyne boli v Hlinenej chodbe mierne sklonené vápencové vrstvy sčasti korózne zrezané pozdĺž oscilujúcej hladiny bývalých povodňových vôd nad usadzujúcimi sa jemnozrnnými sedimentmi.

### Akumulačné formy jaskynného reliéfu

Značná časť jaskyne (Kostnica, Hlinená chodba, Čarovná záhradka) je pokrytá hliníťmi (kalovými) sedimentmi napravenými povodňovými vodami. Volko-Starohorský (1931) píše o veľkom množstve jaskynnej hliny usadenej „tíšiňnými prúdmi“. Pod ílovito-hliníťmi súvrstviami sú silno zahľinené a väčšinou nedokonalo zaoblené štrky, najmä vápencov a dolomitov, paleogénnych pieskocov a zvetraných žulových okruhliakov. Najnižšie sú alochtónne granitové okruhliaky, štrka a piesok v celkovej hrúbke až 1,5 m (Droppa 1962a,b). V Kostnici sedimenty siahajú až po skalný strop, ich celková hrúbka je 3,1 m (sonda vykopaná až po skalné dno; Droppa, 1962a,b). V Hlinenej chodbe a miestami aj v Čarovnej záhradke hlinité sedimenty siahajú až do výšky 25 – 50 cm pod skalný strop, vytvárajúc takmer horizontálny akumulačný povrch (obr. 5G). Preto je tu prehliadkový chodník prekopaný do hĺbky 150 cm. V Kostnici sedimenty siahajú až po skalný strop. Volko-Starohorský (1930) zaraďuje Važeckú jaskyňu k tzv. „zánosnému“ typu jaskýň.

Vo vrchnej časti hliníťmi sedimentov sa následkom ich zmršťovania po opakovanom zaplavovaní a vysušaní vytvorili bahenné praskliny (pozri Goehring et al., 2010; Weinberger, 2001 a ďalší). Rozpukaním povrchu sedimentov vznikajú klinovité

praskliny, ktoré v pôdoryse vytvárajú polygonálne tvary nazývané exsikačné, resp. desikačné polygóny alebo polygonálny íl (opísané aj v jaskyniach – Chopy, 1988; Andrejčuk, 2007; Bella, 2009 a ďalší). Vo Važeckej jaskyni vytvárajú prevažne hexagonálne tvary (obr. 5H). V miestach zvlhčovania povrchu hliníťmi sedimentov sú centrálné časti polygónov napučiavaním (nabobňovaním) ílu kopčekovito vykľuté.

Rútením skalných stropov a previsnutých častí stien vznikajú gravitačné sedimenty. Vo Važeckej jaskyni sa pozorujú najmä termogravitačné a odvalovo-gravitačné sedimenty (podľa triedenia Klimčuka a Rogožnikova, 1982). Termogravitačné sedimenty predstavujú drobnouľomkovitú ostrohrannú sutinu (produkt mrazového zvetrávania), odvalovo-gravitačné sedimenty prevažne hrubouľomkovitý až balvanitý materiál (produkt platňového a blokového rútenia). Hromadením gravitačných sedimentov na podlahách chodieb, siení a dómov vznikajú rúťivo-akumulačné formy speleoreliéfu (Bella, 2001). Vo Važeckej jaskyni sa vytvorili sutinové kopy, valy a polia (napr. v Zbojníckej komore, Galérii, Kamennom dome a Zrútenej siení).



Obr. 6. Profil sedimentmi v Hlinenej chodbe, odber vzoriek v roku 2010; zárez po odbere z roku 2008 je vpravo od zatlačených puzdier. Foto: P. Bosák

Fig. 6. Sedimentary profile in the Hlinená chodba (Loamy Passage), the sampling in 2010; the 2008 sampling cut is situated to the right of plastic boxes. Photo: P. Bosák

Nakopené vápencové platne na sv. okraji Zbojníckej komory možno považovať za tzv. „koncové“ rútenie (White a White, 1969), ktorého následkom sú hlavné jaskynné chodby zasutinené (ukončené) skalnými fragmentmi rútenia. Týmto smerom chodba medzi Jazierkovou sieňou a Zbojníckou komorou pravdepodobne ústila na povrch.

## PALEOMAGNETIZMUS A DATOVANIE JASKYNNÝCH SEDIMENTOV

V skúmanom profile v Hlinenej chodbe (obr. 3 a 6) sme sa sústredili na jemnozrné siliciklasické sedimenty pokrývajúce štrkové polohy s hojnými zvyškami fauny stavovcov (tab. 1). Bolo odobraných 45 vzoriek sedimentov do plastových puzdier a 4 pevné vzorky (sintre, sintrové kôry) z profilu hrubého takmer 160 cm. Použili sme vzorkovaciu metódu s vysokým rozlíšením s odľahlosťou vzorkovacích puzdier väčšinou 2 – 3 cm (Bosák et al., 2002; Bosák a Pruner, 2007; Zupan Hajna et al., 2008).

Tab. 1. Opis skúmaného profilu sedimentov v Hlinenej chodbe

Tab. 1. Description of studied sedimentary profile in the Hlinená chodba (Loamy Passage)

Hĺbka*	Charakteristika sedimentov
0 – 23 cm	Priestor medzi skalným stropom chodby a sintrovou kôrou (brká a drobné stalagnáty). Naprieč zárezom prehladkového chodníka i inde masívne až 4 cm hrubé kôry podlahového sintra (vzorka VA20).
23 – 55/61 cm	Íl, sivasto hnedý, plastický, homogénny, pri báze s nezreteľnou laminovanou textúrou, vo vrchnej časti drobnivý, s kolumnárnym rozpraskaním (cca 15 – 20 cm v priemere), s prasklinami vyhojenými zátekmi karbonátov z nadložnej sintrovej kôry. Prechod ostrý.
55 – 61 cm	Íl, červenasto hnedý až hnedočervený, výrazne páskovaný a laminovaný, silne presýtený karbonátom. Na báze a navrchu asi 0,5 – 1 cm hrubé karbonátové kôry (podlahový sinter). Nad presýteným úsekom drobný stalagmit (vzorka VA58+). Vpravo od profilu prechod do podlahového sintra (vzorka VA58). Nesúvislá vyklíňujúca a nadurujúca sa vrstva. Prechod ostrý.
61 – 68 cm	Íl, prachovitý, sivasto okrový, laminovaný. Prechod neostrý, pozvoľný.
68 – 98 cm	Íl, prachovitý, pri báze výrazne prachovitý, okrový, slabo svetlosľudnatý, výrazne laminovaný až páskovaný, miestami s drobnými uhlíkmi, pri báze mierne šikmo laminované jemnopiesčité prachy až prachovité jemnozrné piesky. Prechod ostrý, zvlnený, erózný (zvetraný paleopovrch).
98 – 102 cm	Íl, prachovitý, sivasto okrový, navrchu 2 cm zvetraný. Navrchu v smere pokračovania chodby k východu z jaskyne (cca 10 – 15 m) premiestnená sintrová kôra s drobnými stalagmitmi v obrátenej pozícii (vzorka VA98). Inde nesúvislé veľmi tenké karbonátové kôry. Prechod neostrý, rýchly.
102 – 135 cm	Íl, prachovitý, okrový, slabo svetlosľudnatý, výrazne laminovaný až páskovaný, s dynamickými prúdovými štruktúrami. Prechod pozvoľný.
135 – 158 cm	Štrk s okrovou prachovito-ílovitou základnou hmotou, s plochými a dobre opracovanými okruhliakmi. Báza na betónovom chodníku.

\* staničenie  $\pm 0$  cm – skalný strop jaskyne

## Paleomagnetický výskum a magnetostratigrafia

V jaskynných systémoch sa väčšinou datujú uloženiny vznikajúce prevažne vo vodnom prostredí, ktoré zväčša neobsahujú fosílie (vnútrojaskynná fácia v zmysle Kuklu a Ložeka, 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). Interpretácie paleomagnetických dát sa často kalibrujú numerickým datovaním, biostratigraficky alebo inak (napr. Sasowsky a Mylroie Eds., 2004; Zupan Hajna et al., 2008). 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 paleomagnetický záznam znehodnocujú. Vhodným materiálom

Tab. 2. Važecká jaskyňa, Hlinená chodba, stredné hodnoty magnetických parametrov, paleomagnetických smerov a smerodajná odchýlka pre všetky vzorky a jednotlivé sekvencie

Tab. 2. Važecká Cave, Hlinená chodba (Loamy Passage), mean values of paleomagnetic parameters, paleomagnetic directions, and standard deviation for all samples and individual sequences

Važecká jaskyňa		NRM	MS	D	I	$\alpha_{95}$	K
Hĺbka*		[mA.m <sup>-1</sup> ]	[SI*10 <sup>-6</sup> ]	[°]	[°]	[°]	
23 – 158 cm	Stredná hodnota	13,57	191,4	355,36	59,32	3,93	28,14
	Smerodajná odchýlka	9,34	86,0				
	Počet vzoriek	45	45	45	45	45	45
23 – 55 cm	Stredná hodnota	3,56	97,5	358,8	70,5	4,53	63,77
	Smerodajná odchýlka	0,44	9,6				
	Počet vzoriek	15	15	15	15	15	15
60 – 94 cm	Stredná hodnota	25,45	301,6	339,7	51,7	5,89	37,62
	Smerodajná odchýlka	3,51	13,1				
	Počet vzoriek	15	15	15	15	15	15
99 – 128 cm	Stredná hodnota	11,35	172,4	9,5	54,4	4,11	82,93
	Smerodajná odchýlka	1,64	24,7				
	Počet vzoriek	14	14	14	14	14	14

\* staničenie  $\pm 0$  cm – skalný strop jaskyne

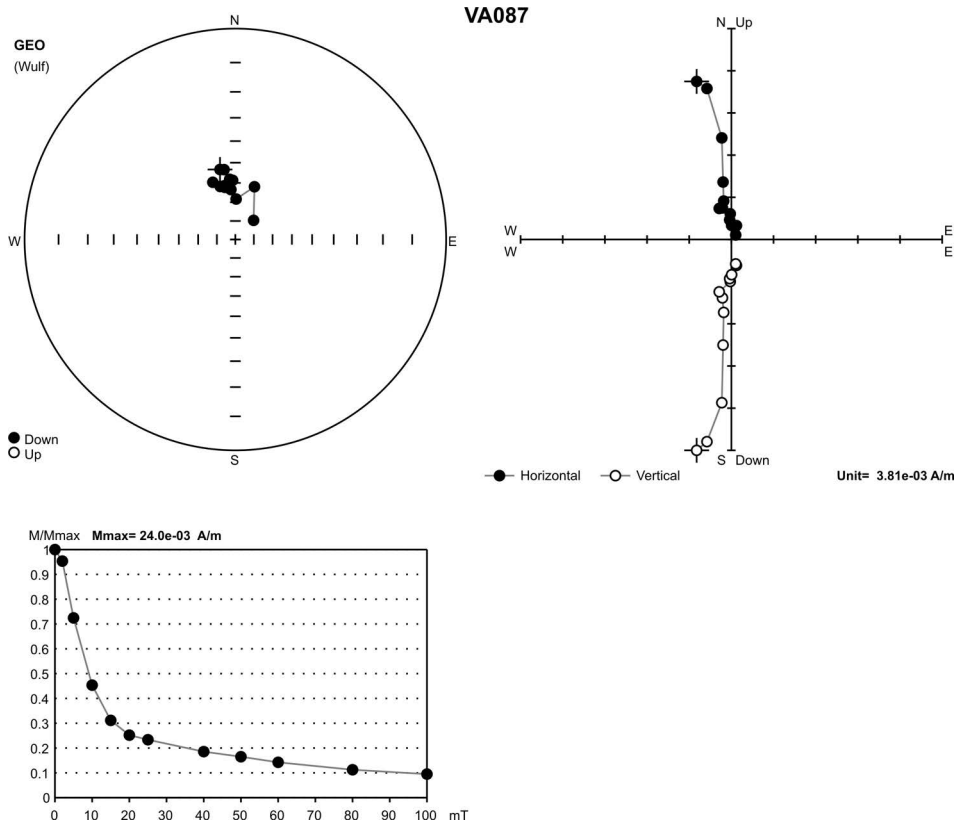
Vysvetlivky: NRM – prirodzená remanentná magnetizácia, MS – objemová magnetická susceptibilita, D – paleomagnetická deklinácia, I – paleomagnetická inklinácia,  $\alpha_{95}$  – polomer kružnice spoľahlivosti podľa Fischera (1953) pre 95 % hladinu spoľahlivosti, k – parameter tesnoty určenia stredných smerov

Explanations: NRM – natural remanent magnetization, MS – volume magnetic susceptibility, 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



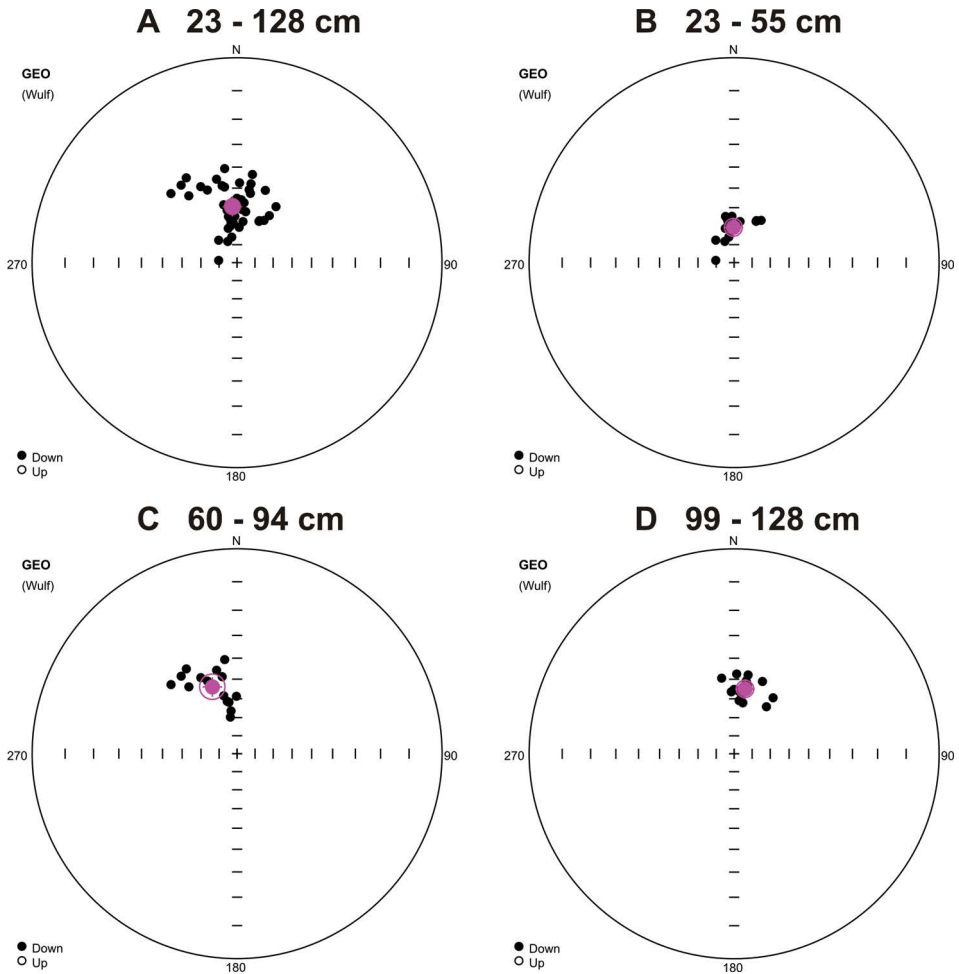
sú aj chemogénne krasové sedimenty (travertíny, speleotémy) aj napriek všeobecne nízkej prirodzenej magnetizácii (pozri napr. Bosák et al., 2002; Pruner et al., 2010; Bosák a Pruner, 2011; Lascu a Feinberg, 2011; Strauss et al., 2013).

*Odber orientovaných paleomagnetických vzoriek. Z nespevných sedimentov sme odobrali orientované vzorky zatlačovaním do plastových puzdier s objemom 6,7 cm<sup>3</sup>. Z pevných chemogénnych sedimentov (speleotémy) boli odobrané kusové vzorky, orientované kompasom (sever bol označený na hornej alebo spodnej vrstvovej ploche, prípadne spádnou sklonu).*



Obr. 7. Príklad demagnetizácie striedavým poľom vzorky VA87 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)

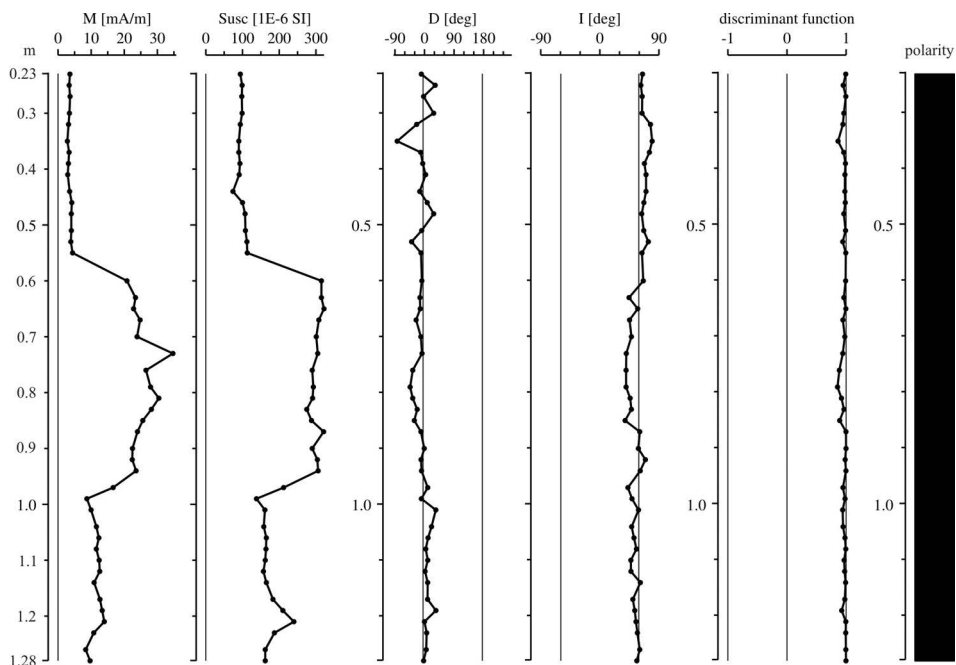
Fig. 7. Example of the AF demagnetization of sample VA87 with normal paleomagnetic polarity. Top left: a stereographic projection of the natural remanent magnetization of a sample in the natural state (cross section) and after progressive AF demagnetization; top right: Zijderveld diagram – solid circles 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. 8. Važecká jaskyňa, Hlinená chodba. Stereografická projekcia smerov remanentnej magnetizácie, normálna polarita. Stereografická projekcia, prázdny (plný) krúžok je označená projekcia na spodnej (vrchnej) pologuli. Stredná hodnota paleomagnetických smerov, vypočítaná podľa Fishera (1953), je znázornená krížikom cez väčší krúžok, s pravdepodobnosťou 95 %. A – pre všetky vzorky, B – pre vzorky VA23 až VA55, C – pre vzorky VA60 až VA94, D – pre vzorky VA99 až VA128

Fig. 8. Važecká Cave, Hlinená chodba (Loamy Passage). Directions of C-components of remanence, normal polarity. 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. A – for all samples, B – for samples VA23 to VA55, C – for samples VA60 to VA94, D – for samples VA99 to VA128

*Laboratórne postupy na odvodenie zložiek remanentnej magnetickej polarity.* Na meranie prirodzenej remanentnej magnetizácie (NRM) sa použil Superconducting Rock Magnetometer (755 4K SRM) alebo rotačný magnetometer JR-6A (Jelínek, 1966). Magnetická susceptibilita (MS) bola meraná na prístroji Magnetic Susceptibility Meter KLF-4 (AGICO, s. r. o.) a anizotropia magnetickej susceptibility (AMS) na



Obr. 9. Važecká jaskyňa, Hlinená chodba. Základné magnetické a magnetostratigrafické parametre. Vysvetlivky: M – prirodzená remanentná magnetizácia, Susc – magnetická susceptibilita, D – deklinácia; I – inklinácia; discriminant function – diskriminačná funkcia; paleomagnetický profil: čierna – normálna polarita

Fig. 9. Važecká Cave, Hlinená chodba (Loamy Passage). Principal magnetic and magnetostratigraphy parameters. Explanations: M – natural remanent magnetization, Susc – magnetic susceptibility, D – declination; I – inclination; paleomagnetic profile: black – normal polarity

prístroji kappabridge KLY-4 (Jelínek, 1973). Nespevnené vzorky sa demagnetizovali striedavým poľom 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 a 100 mT s použitím prístroja LDA 3A (AGICO, s. r. o.) alebo Superconducting Rock Magnetometra (755 4K SRM).

Pre každú meranú vzorku bol zostavený graf normalizovaných hodnôt remanentnej magnetizácie v závislosti od striedavého poľa  $M/M_0 = f(t)$ , zodpovedajúci Zijderveldov diagram a zároveň stereografická projekcia smerov remanentnej magnetizácie pri striedavom demagnetizovaní z prirodzeného stavu. Smery zložiek remanentnej magnetizácie boli odvodené s použitím multikomponentnej analýzy (Kirschvink, 1980) v programe Remasoft 3 (Chadima a Hroudá, 2006). Stredné smery príslušných zložiek remanencie vo vzťahu k horizontálnej polohe hornín sme vypočítali s použitím Fisherovej (1953) štatistiky. Interpretované polarizácie geomagnetického poľa (normálna polarita má smer dnešného magnetického poľa Zeme; inverzná polarita ukazuje opačný smer magnetického poľa v dobe sedimentácie) sa korelovali s normálnymi a reverznými magnetozónami geomagnetickej škály GPTS (Cande a Kent, 1995). Veľkosť prirodzenej remanentnej magnetizácie (NRM) a interpretácia záznamu magnetickej polarizácie závisí od koncentrácie a typu magnetických minerálov prítomných v sedimente.

*Výsledky.* Základné magnetické parametre nespevnených sedimentov odobraných z profilu VA vykazujú pomerne malý rozptyl hodnôt. Prirodzená remanentná magnetizácia (NRM) je v rozmedzí 2,817 až 34,71 mA.m<sup>-1</sup> a hodnoty objemovej magnetickej susceptibility (MS) sú v rozsahu 74 až 322 ×10<sup>-6</sup> SI. Ide o horniny slabo až stredne magnetické, pri ktorých po demagnetizácii striedavým poľom bola interpretovaná normálna polarita. Priemerné hodnoty, smerodajná odchýlka a počet vzoriek sú uvedené v tabuľke 2.

Hodnoty strednej paleomagnetickkej deklinácie a inklinácie (tab. 2) s normálnou polaritou nevykazujú veľký rozptyl (hodnoty  $\alpha_{95}$ ). Vybraný príklad demagnetizovania vzoriek VA87 v AF poli (obr. 7) ukazuje, že hodnota prirodzenej remanentnej magnetizácie po demagnetizácii poľom 100mT je iba 10 % pôvodnej hodnoty prirodzenej remanentnej magnetizácie. Interpretované paleomagnetické smery remanentnej magnetizácie skúmaného profilu pre skupinu s normálnou paleomagnetickou polaritou sú znázornené na stereografickej projekcii (obr. 8A).

V profile v Hlinenej chodbe (obr. 9) bola interpretovaná iba normálna magnetická polarita. Ide o sedimenty mladšie ako 780 ka (magnetochrón Brunhes). Výrazné zmeny v hodnotách magnetickej susceptibility vo vymedzených sekvenciách odrážajú paleoklimatické zmeny a ich odraz vo zvetrávaní zdrojového materiálu (pozri napr. Sroubek et al., 2001). Hodnoty paleomagnetických smerov, deklinácia a inklinácia vykazujú v štatistických parametroch pomerne homogénne zoskupenie. Anomálne hodnoty deklinácie a inklinácie pri niektorých úsekoch môžu byť dôsledkom paleosekulárnych variácií geomagnetického poľa (tab. 2, obr. 8B až 8D).

### U-series datovanie

Na Th/U (U-series) datovanie boli zadané dve vzorky sintrov VA20 a VA58, ktoré sme odobrali v roku 2008 (sintre vytvorené v aerických podmienkach medzi fázami akumulácie jemnozrnných sedimentov).

Tab. 3. Výsledky rádiometrického (U-series) datovania

Tab. 3. Results of radiometric (U-series) dating

Vzorka	Lab. číslo	Obsah U [ppm]	<sup>234</sup> U/ <sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th/ <sup>234</sup> U	<sup>230</sup> Th/ <sup>232</sup> Th	Vek [ka]
VA58B	W 2336	0,4902±0,0094	1,2001±0,0225	0,0944±0,0041	>1 000	10,7 ± 0,5
VA58+	W 2335	0,7275±0,0181	1,4185±0,0331	0,4211±0,0116	17,7±1,8	DT
VA58+	W 2338	0,6218±0,0116	1,2483±0,0230	0,3622±0,0087	6,2±0,4	DT
VA58	W 2334	0,3111±0,0157	1,3339±0,0764	0,1587±0,0161	8,0±2,3	DT
VA20A	W 2327	0,1409±0,0076	1,1388±0,0730	0,1090±0,0158	6,2±2,2	DT
VA20B	W 2337	0,7492±0,0242	0,8973±0,0274	0,0842±0,0067	2,0±0,3	DT
VA20C	W 2339	0,4669±0,0115	1,0625±0,0303	0,0855±0,0061	2,4±0,3	DT

Poznámka: DT = detritické tórium

Note: DT = detrital thorium

Metóda rádioaktívnej nerovnováhy rozpadového radu U, Th a Pa je založená na rádioaktívnej nerovnováhe využívajúcej časovú závislosť geochemického porušenia rádioaktívnej rovnováhy medzi dcérskymi a materskými izotopmi prírodného rádioaktívneho rozpadového radu  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{232}\text{Th}$ , ktorých konečnými členmi sú stabilné izotopy olova (Geyh a Schleicher, 1990). Hranice metódy sa začínajú pod 100 rokmi a končia sa okolo 350 ka (scintilačná alfa spektrometria) až cca 600 ka (hmotová spektrometria TIMS). Metóda stanovenia  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  (Ivanovich a Harmon Eds., 1992) využila odhad pomeru medzi oboma izotopmi počítaním rádioaktívneho rozpadu (alfa častíc) scintilometriou na prístroji OCTETE PC (EG&G ORTEC). Spektrálne analýzy a výpočty veku boli vyhodnotené pomocou software "URANOTHOR 2.5" (Gorka a Hercman, 2002). Vzorky sa datovali v laboratóriu Ústavu geologických vied Poľskej akadémie vied vo Varšave (analytik Helena Hercman).

Vek sa určil iba zo vzorky VA58B (10,7±0,5 ka), v ďalších vzorkách bolo prítomné klastické znečistenie (detritické Th; tab. 3).

## GENÉZA A ZÁKLADNÉ FÁZY VÝVOJA JASKYNE – DISKUSIA A ZHRNUTIE

### Súvislosti vývoja jaskyne a reliéfu v jej okolí

Na ľavom brehu Bieleho Váhu pred Važeckou jaskyňou sa nachádza riečna terasa T-II (ris 2 / neskorý sál) z naplavených žulových okruhliakov a štrkov s hrúbkou 5 m. Nižšie smerom k súčasnému riečisku Bieleho Váhu sú akumulčné terasy T-Ia (würm 1 / skorý vislan) a T-Ib (würm 2 / stredný vislan). Vchod do jaskyne sa nachádza v strmom svahu predstavujúcom erodovanú zlomovú plochu tiahnucu sa zsz.-vjav. smerom. Kým skalná stena v okolí vchodu je tvorená gutensteinskými vápencami, v podloží kvartérnych akumulácií Váhu sa nachádzajú paleogénne horniny (Droppa, 1962a,b). Povrch nad jaskyňou tvorí mierne sklonená plošina siahajúca 26 až 30 m nad terajší tok Bieleho Váhu, ktorá pravdepodobne predstavuje tektonicky vyzdvihnutú terasu T-III (ris 1 / skorý sál). Táto terasa pôvodne vznikla bočnou eróziou a prekladáním bývalého riečiska Bieleho Váhu. Na pravej strane doliny Bieleho Váhu je skalný podklad tejto terasy o 13 m nižšie (Droppa, 1962a,b; číslovanie terás doplnené v nadväznosti na Droppu, 1964).

Dolina Bieleho Váhu pred Važeckou jaskyňou, vytvorená pozdĺž zlomu oddeľujúceho paleogénne pieskovcovo-ílovcové súvrstvia a odolnejšie mezozoické karbonátové horniny, dosahuje šírku 250 – 300 m. Západne od Važca sa zužuje do úzkej epigenetickej prelomovej doliny (Vitásek, 1932), resp. epigeneticko-antecedentnej doliny (Droppa, 1967) vedúcej k sútoku Bieleho a Čierneho Váhu. Vzhľadom na sťažené zarezávanie prelomovej doliny cez odolnejšie karbonátové horniny bývala vtedajšia poriečna niva pred zúžením do prelomu zaplavovaná a tým laterálne rozširovaná, pričom vody z povrchového riečiska vnikali aj do jaskyne.

Na genéze Važeckej jaskyne sa podieľali dva kľúčové faktory – erózna činnosť Bieleho Váhu a tektonická aktivita zsz.-vjav. zlomu. Vytlačanie riečiska Bieleho Váhu smerom k severnému okraju Kozích chrbtov spôsobilo predlžovanie náplavových kuželov spod úpätia Tatier naprieč východnou časťou Liptovskej kotliny. Bočná a hĺbková erózia rieky v súčinnosti s relatívnym výzdvihom pozdĺž zsz.-vjav. zlomu viedli k obnaženiu gutensteinských vápencov, v ktorých sa vytvárala Važecká jaskyňa.

### Problematika genézy jaskyne z hľadiska hydrografie

Hoci Važecká jaskyňa leží na okraji riečnej terasy Bieleho Váhu, typické tvary riečnej modelácie v jej podzemných priestoroch nie sú veľmi zreteľné, resp. mohli byť zničené rútením, odvalovaním alebo odvetrávaním skalných povrchov. Na vytváraní jaskyne sa podieľali agresívne ponorné alochtónne vody vrátane injektáží povodňových vôd z povrchového riečiska (pozri Palmer, 1991, 2001; Vysoká et al., 2012), ktoré sa rozptyľovali pozdĺž početných štruktúrno-geologických diskontinuit. Prítomnosť alochtónnych vôd z bývalého riečiska Bieleho Váhu v jaskyni a jej riečny pôvod potvrdzujú granitové okruhliaky, štrk a piesok – zistené v sondách vykopaných vo Vstupnej sieni a Kostnici, ako aj pri rozširovaní chodby medzi Vstupnou sieňou a Zbojníckou komorou (Volko-Starohorský, 1930; Havránek, 1935, 1949; Droppa, 1962a,b). Volko-Starohorský (1930) uvádza, že voda z povrchového riečiska vnikala do podzemia cez ponorový závrť východne od jaskyne (pokračujúci Líščou dierou dĺhou 11,7 m; Orfánus, 1998; obr. 3) a terajším vchodom do jaskyne vyvierala na povrch. Naopak podľa Droppu (1962a,b) vody Bieleho Váhu prúdili do jaskyne cez terajší vchod a ďalej prenikali pozdĺž vrstvomých plôch i tektonických porúch (ich výtok na povrch nie je známy). Hlavnej drenážnej ceste však pravdepodobne zodpovedá najširší úsek jaskyne od Zbojníckej komory cez Jazierkovú sieň a Húskov dóm ku Galérii. Ponorné vody mohli vnikáť do jaskyne väčším otvorom na severnom, dnes zavalenom okraji Zbojníckej komory, ktorý sa nachádza blízko povrchu. Úzke chodby predurčené tektonickými poruchami sa zväčša končia úžinou alebo sú upchaté jemnozrnnými sedimentmi (nerozšírené do podoby oválnych kanálov). Vznikli injektážami vôd bez ich sústredeného odtoku do ďalších častí krasového akviféru (v zmysle Palmera, 1991).

Vzhľadom na výskyt vyvieráčiek pred Važeckou jaskyňou sa na jej vytváraní mohli podieľať aj vody infiltrujúce do podzemia zo zrážok na plošinách Mury a Krieslo so závrťmi južne od jaskyne (Volko-Starohorský, 1931; Havránek, 1935, 1948; Droppa, 1962a,b). Keďže do vyvieracky Teplica pred Važeckou jaskyňou (obr. 1B) sa dostávajú aj ponorné vody z poloslepej doliny v Priepadlách (Droppa, 1962a,b; Hanzel, 1974) a v sonde v Kostnici sa našli aj fragmenty paleogénnych pieskocov a ílovcov, Droppa (1962a,b) predpokladá, že na vytváraní Važeckej jaskyne sa podieľali aj ponorné vody z Priepadiel. Avšak do takýchto paleogénnych hornín je zahĺbená nielen poloslepá dolina v Priepadlách pred ponormi, ale aj riečisko Bieleho Váhu od východného okraja Važca až po úpätie Vysokých Tatier (najvýchodnejšia časť Liptovskej kotliny



Obr. 10. Zaplavenie Kostnice (A) a Vstupnej siene (B), apríl 2006. Foto: I. Mudroň  
Fig. 10. Flooding of the Kostnica (A) and Entrance Hall (B), April 2006. Photo: I. Mudroň

budovaná flyšovými súvrstviami). Droppa (1962) píše, že „jaskynný vchod slúžil najprv ako ponor, v neskoršom vývojom období ako vyvieračka“. Drenáž podzemných vôd do Važeckej jaskyne z okolitých skrasovatených vápencov sa v čase zvýšených zrážok alebo topenia snehu aj v súčasnosti prejavuje zaplavovaním najspodnejších častí jaskyne – Kostnice a Vstupnej siene (obr. 10).

### Priebeh sedimentácie jaskynných výplní

Podľa opisu sondy v Kostnici (Droppa, 1962a,b) bazálne štrkové akumulácie zodpovedajú trom fluviálnym cyklom, ktoré sú oddelené piesčitými polohami presýtenými zlúčeninami mangánu. Spodné súvrstvie prvého cyklu tvorí hrubý štrk a štrkopiesok so žulovými okruhliakmi a s piesčitou vrstvou čiernej farby, navrchu s úlomkami flyšových bridlíc. Súvrstvie druhého cyklu sa začína štrkom, pieskom a hlinou s granitovými okruhliakmi a navrchu je zakončené piesčitou vrstvou zafarbenou zlúčeninami mangánu. Ružovkasté jurské vápence identifikované v štrkoch druhého cyklu (Droppa, 1962a,b) sa v bezprostrednom okolí jaskyne nenachádzajú, takže museli byť derivované z distálnejších oblastí. Najpravdepodobnejšia zdrojová oblasť je na juhu, kde sa pod násunovou líniou svarínskeho príkrovu miestami nachádzajú šošovky jurských vápencov (Biely et al., 1992). Súvrstvie tretieho cyklu má na báze opäť hrubý štrk a piesok, okrem granitových okruhliakov obsahuje aj pieskovcové a vápencové okruhliaky (zvetrané žuly 82,3 %, flyšové pieskovce 10,1 % a vápence 7,6 % – Droppa, 1962a,b). Hrubý štrk a piesok nahor prechádza do zahmlinených štrkov s málo zaoblenými okruhliakmi (vápence spolu 98,4 %, zvetraná žula 4,3 % a flyšový pieskovec 1 % – Droppa, 1962a,b) a početnými zvyškami fauny. Vyššie sa tento cyklus končí hlinami so sintrovými kôrami.

Nami skúmaný profil v Hlinenej chodbe, zahrnujúci zahmlinené štrky a vyššie súvrstvia, možno litostratigraficky rozdeliť do 5 sekvencií oddelených sintrami alebo hiátmi:

**Sekvencia 1** (158 – 135 cm) je strednou časťou tretieho, dohora zjemňujúceho fluviálneho cyklu. Štrky majú prachovito-ílovitú základnú hmotu a väčšinou ploché okruhliaky s rôznym stupňom opracovania (obr. 11). Vzhľadom na odlišné zloženie okruhliakov voči podložnému granitovému štrku nemožno vylúčiť, že vápencové klasty predstavujú kusy zrúteného skalného stropu. Typ sedimentácie možno prirovnať k prostrediu hustých (bahenno-kamenných) prúdov. Zvodnené bahno (obsahujúce aj okruhliaky) sa pri nahrnutí do jaskyne premiešalo s odpadnutými vápencovými úlomkami a osteologickým materiálom ležiacim



Obr. 11. Profil vykopaný počas paleontologického výskumu v rokoch 2010 – 2013, Kostnica, Važecká jaskyňa. Foto: M. Sabol

Fig. 11. Profile excavated during paleontological research in 2010 – 2013, Kostnica, Važecká Cave. Photo: M. Sabol

na podlahe. Súčasne sa táto zmiešanina v rámci jaskyne aj čiastočne premiestnila; okraje vápencových úlomkov boli pritom vo zvodnenom bahne slabo skorodované (pozri Bosák, 1989). Kostrové pozostatky živočíchov, ktoré sa našli v Kostnici, boli iba minimálne transportované (M. Sabol, osobná komunikácia, 2016). Navrchu štrkov došlo k výraznejšiemu zníženiu dynamiky prostredia a pozvoľnému nástupu výhradne lutitickej sedimentácie (*slackwater facies* v zmysle Boschovej a Whitea, 2004). Osteologické pozostatky (kosti meved'ov jaskynných *Ursus ex gr. spelaeus*, pravdepodobne *U. ingressus*; M. Sabol, elektr. správa z 31. 7. 2015) poskytli rádiouhlíkový vek >40 ka (VERAdata 40,5 – 43 ka) a >51 ka (Sabol a Višňovská, 2007; Laughlan et al., 2012). Sabol a Višňovská (2007) tento sediment s kosťami zaraďujú do obdobia pred interštádiom Hengelo (39,4 – 41,3 ka), resp. do MIS 3 (ca 29 – 57 ka). Vek netriedených ílovitých štrkov, asi aj nadväzujúcej časti sekvencie je blízko hranice MIS 4/MIS 3. Podľa Droppu (1962a,b) táto fáza akumulácie štrkov prebiehala v štádiáli Würm 1.

**Sekvencia 2** (135 – 98 cm). V stope tejto sekvencie vidieť zvetraný horizont (hiát H1 v 98 cm), ktorý je miestami krytý tenkými sintrovými kôrami alebo prevráteným podlahovým sintrom s nízkymi stalagmitmi (podomleté nasledujúcou záplavou a spadnuté). Farba sedimentov je generálne skôr okrová, výraznejšie žltšia ako v nadloží (hnedožltá, resp. zlatožltá podľa Droppu, 1962a,b). Ide o povodňové sedimenty usadené z kalných prúdov s premenlivou rýchlosťou prúdenia podzemného toku odrážajúcou prívalové (povodňové) pulzy (ojedinele i šikmá laminácia, väčšinou planparalelná laminácia a prúžkovanie – napr. Bull, 1981; Zupan Hajna et al., 2008). Volko-Starohorský (1931, s. 11) správne interpretoval prostredie sedimentácie ako „tíšinné prúdy“. Sediment je výraznejšie ochudobnený o hrubší siliciklastický materiál, čo naznačuje väčšiu vzdialenosť od ponorov alebo účinné zachytávanie hrubšieho klastického materiálu. Hodnoty prirodzenej remanentnej magnetizácie a magnetickej susceptibility sú v tejto sekvencii nízke a stredné hodnoty paleomagnetických smerov dokladajú paleosekulárne variácie (tab. 2, obr. 8B).

**Sekvencia 3** (98 – 68 cm). Povodňové prachovité íly ležiace so zvlnenou hranicou na nižšej sekvencii. Typická je zmena farby (farba skôr červená). Laminácia svedčí skôr o pokojnejšom prostredí sedimentácie z pulzných kalných prúdov. Výrazná zmena farby vzhľadom na podložie znamená zmenu erózneho zárezu v zdrojovej oblasti (povodí) vodného toku ponárajúceho sa do jaskyne alebo zmenu zdrojového povodia s odlišným eróznym rezom, ako aj teplejšiu klímu. Preto aj hodnoty prirodzenej remanentnej magnetizácie a magnetickej susceptibility (tab. 2) sú výrazne vyššie ako v podložnej sekvencii. Vrchný okraj sekvencie 3 je slabšie zvetraný (hiát H2).

**Sekvencia 4** (68 – 55/61 cm). Karbonátová sintrová kôra so stalagmitom (VA58B; 10,7±0,5 ka; tab. 3) vznikla približne pri hranici pleistocén – holocén. V jej podloží je červený íl sekvencie 3, ktorý najpravdepodobnejšie predstavuje relikť staršieho cyklu, erodovaného pred vznikom sintrovej kôry. Hodnoty prirodzenej remanentnej magnetizácie a magnetickej susceptibility sú rovnaké ako v podložnej sekvencii 3. Stredné hodnoty paleomagnetických smerov zo sekvencií 3 a 4 opäť dokladajú vplyv paleosekulárnej variácie (tab. 2, obr. 8C). Rozdiel hodnôt paleomagnetической deklinácie medzi sekvenciou 2 a týmito sekvenciami je 29,8°.

**Sekvencia 5** (61/55 – 23 cm). Vrchná vrstva hnedého homogénneho ílu predstavuje povodňový sediment. Leží na podlahovej sintrovej kôre so stalagmitom. Drobný charakter vo vrchnej časti vrstvy môže indikovať mrazové vzdúvanie, resp. na-



čuchrávanie povrchu sedimentov. Kolumnárne rozpraskanie najpravdepodobnejšie predstavuje bahenné praskliny, ktoré vznikli rýchlym vyschnutím silno vzvodneného sedimentu. Táto sekvencia je holocéna, mladšia ako 10,2 ka (vek podložnej vzorky VA58). Vzhľadom na absenciu vnútorných textúr a štruktúr i vrstvových hraníc najpravdepodobnejšie ide o sediment usadený v priebehu jednej veľkej záplavy (single flood event). Sedimenty sú charakteristické nízkou hodnotou prirodzenej remanentnej magnetizácie a magnetickej susceptibility (tab. 2). Tým sa výrazne odlišujú od podložných sekvencií 3 a 4, čo indikuje zmenu erózneho rezu v zdrojovej oblasti povodia ponorného toku alebo zmenu zdrojového povodia s odlišným eróznym rezom, ako aj prechod k chladnej klíme. Stredné hodnoty paleomagnetických smerov opäť dokladajú paleosekulárne variácie (tab. 2, obr. 8D).

Interpretované litostratigrafické sekvencie 3 až 1 sú staršie ako 11,2 ka. Dôležitým faktorom je existencia dvoch hiátov spojených s fosílnym zvetrávaním. Hiát H1 v 98 cm profilu je výraznejší ako hiát H2 v 68 cm. No jednako sa zdá, že hiát H2 je sčasti rozrušený nasledujúcou záplavou, počas ktorej sa uložila sekvencia 4. Výskyt hiátov s prejavmi zvetrávania sú v sedimentačnom prostredí vnútrojaskynných fácií dosť nezvyčajné (pozri Zupan Hajna et al., 2008, s. 234). Indikujú významné prerušenie sedimentácie a pôsobenie vnútrojaskynnej klímy. Jej zmeny su nadviazané na zmeny vonkajšej klímy a ich odraz v jaskyni, kde se v našom prípade prejavujú oteplením a zmenou vlhkosti. Aby sa zmena klímy prejavila vnútri jaskyne a spôsobila zvetrávanie sedimentov, musí byť dlhodobejšia. Závisí to od viacerých faktorov, najmä od hĺbky jaskyne pod povrchom, ďalej od prepojenia cirkulácie jaskynného ovzdušia s povrchom a od dynamiky jaskynnej klímy.

Važecká jaskyňa je uložená plytko pod povrchom v hĺbke iba 15 – 20 m. Malá hrúbka horninového nadložja umožnila preteplenie jaskynných priestorov v teplých klimatických fázach a naopak ich prechladenie v studených výkyvoch. Prechladenie vplývalo na rútenie a odvetrávanie skalných stien a stropov, najmä vo vstupných častiach jaskyne s dynamickou klímou. V čase objavenia mala jaskyňa otvorený vstupný portál, vysoký okolo 1 m (Droppa 1962a,b, s. 37), cez ktorý dávno predtým dochádzalo k výmene vzduchu medzi povrchom a jaskyňou. Do jaskyne možno viedli aj ďalšie vchody, ktoré sú dnes zanesené sedimentmi alebo zavalené. Z hľadiska dynamiky súčasných zmien teploty vzduchu Zelinka (2002) vyčlenil vo Važeckej jaskyni tri zóny: (1) dynamickú zónu (od vchodu a Vstupnej siene po Kamenný dóm) s maximálnou amplitúdou teploty vzduchu v zimnom období a minimálnou amplitúdou v letnom období (teplota vzduchu v zime klesá do  $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); (2) prechodnú staticko-dynamickú zónu (Zbojnická komora, Jazierková sieň, nesprístupnené časti za Kamenným dómom) s menšou amplitúdou teploty vzduchu v chladnom polroku a stabilizáciou teploty vzduchu v teplom polroku; (3) kvázistatickú zónu (zadné časti jaskyne za Jazierkovou sieňou) s minimálnou amplitúdou teploty vzduchu (priemerné denné teploty vzduchu smerom do zadných častí vzrastajú do  $+6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Vysoký rádiouhlíkový vek kostí z vrchnej časti štrkovej akumulácie (nad 40 a 50 ka – Sabol a Višňovská, 2007; Laughlan et al., 2012) spolu s existenciou dvoch výrazných hiátov v nadložných povodňových sedimentoch jasne ukazujú, že sedimentáciu zaílovaných štrkov najvyššieho fluvialneho cyklu treba klásť najmenej do spodnej časti MIS 3. Na presnejšie určenie tejto fázy vývoja Važeckej jaskyne treba datovať vek pochovania kremitého piesku pomocou kozmogénnych nuklidov.

## Vývojové fázy jaskyne

Viacere generácie skalných tvarov i sedimentárnych výplní dokazujú, že Važec-ká jaskyňa sa do dnešnej podoby vytvárala postupne. Na základe morfostratigrafie skalných tvarov speleoreliéfu a superpozície súvrství alochtónnych a autochtónnych sedimentov možno v nadväznosti na Droppu (1962a,b) rozlíšiť tieto vývojové fázy jaskyne:

1. *Fázy freatickej koróznej modelácie.* Vznik prvotných podzemných priestorov podmienili tektonické poruchy i medzivrstvové plochy, pozdĺž ktorých prenikala voda. Rozpúšťaním vápenca sa iniciálne kanály a dutiny postupne zväčšovali. Vo freatickej zóne sa pomalým prúdením vody najskôr formovali medzivrstvové anastomózne kanáliky a trubicovité kanály (*prvotná fáza*). Vnikanie vôd Bieleho Váhu do priestoru terajšej jaskyne sa zintenzívňovalo v čase, keď sa jeho riečisko zahľbovalo pod úroveň terasy T-III (nadol k nižšej, neskôr vytvorenej terase T-II). Súčasne dochádzalo k vyzdvihovaniu plošiny nad jaskyňou pozdĺž szs.-vjv. zlomu prebiehajúceho pred jaskyňou. Z tohto obdobia zostali pri jaskyni na skalných výstupoch medzi terasami T-III a T-II horizontálne zárezy charakteru bočných korýt (obr. 1C). Vedľa vchodu do jaskyne vidieť strmý kanál vytvorený pozdĺž zlomu, ktorý z horizontálneho korytovitého zárezu klesá nadol (jeho bočná rúrovitá vetva klesá do priestoru Vstupnej siene). Podzemné priestory jaskyne vytvorili hlavne agresívne ponorné vody Bieleho Váhu rozpúšťaním vápencov, keď sa povrchové riečisko zahĺbilo do úrovne terajšej jaskyne (*progresívna fáza*). Podľa Droppu (1962a,b) ponorné vody bočného ramena Bieleho Váhu prúdili do jaskyne najmä v interglaciáli ris 1-2 (stredný sál, MIS 7).

2. *Fáza epifreatickej koróznej modelácie.* Epifreatická modelácia pozdĺž oscilujúcej hladiny podzemnej vody súvisela najmä s vytváraním riečnej terasy T-II (ris 2 / neskorý sál, MIS 6). Hlavné jaskynné chodby sa rozšírili do strán, bočné slepé chodby sa predlžovali a dotvárali vodami prenikajúcimi do puklín.

3. *Fázy akumulácie fluviaálnych alochtónnych sedimentov (prevažne granitových štrkov).* Po vytvorení hlavnej časti jaskyne ponorné vody Bieleho Váhu začali transportovať do podzemných priestorov granitové okruhliaky, štrk a piesok, sčasti i opracované úlomky pieskovcov, pravdepodobne v čase ukladania štrkovej akumulácie terasy T-II (ris 2 / neskorý sál) pred jaskyňou. Súvrstvia týchto alochtónnych sedimentov sú uložené na skalnej podlahe, v sonde vykopanej v Kostici dosahujú hrúbku takmer 1,5 m (Droppa, 1962a,b). Tvoria tri zreteľné fluviaálne cykly, ktorých súvrstvia oddeľujú mangánové impregnácie. Tieto impregnácie svedčia o odvodnení sedimentu a relatívne dlhej fáze biogeochemických reakcií (pozri Andrejchuk a Klimchouk, 2001; Andrejčuk, 2007).

4. *Prvotná fáza modelácie jaskyne vo vadóznych podmienkach.* Počiatočná remodelácia korózných skalných tvarov odvaľovaním a odvetrávaním a ďalšie procesy prebiehajúce v subaerických podmienkach. Do jaskyne pravdepodobne existoval väčší vchod, cez ktorý sa do nej z povrchu dostali jaskynné medvede (jaskyňa bola dočasným „domovom“ medveďa jaskynného – Havránek, 1935; Droppa, 1962a,b). Podľa Sabola et al. (2011) a Laughlana et al. (2012) medvede jaskynné využívali podzemné priestory Važeckej jaskyne na hibernáciu a čiastočne aj ako brloh v období stredného würmu / vislanu.

5. *Fáza akumulácie netriedených hrubozrnných sedimentov.* Depozícia zahline-ných, nedokonale zaoblených štrkov hrubá asi 1 m (pozri Droppa, 1962a,b), najmä z vápencov a dolomitov. V najvyššej, silno zaílovej polohe sa našli početné kosti

medveďov jaskynných (*Ursus ex gr. spelaeus* – Sabol a Višňovská, 2007) i ďalších stavovcov (Sabol et al., 2011; Laughlan et al., 2012). Túto akumuláciu Droppa (1962a,b) radí do štadiálu würm 1. Podobne Sabol a Struhár (2002), ako aj Sabol a Višňovská (2007) zaraďujú nálezy kostí jaskynných medveďov vo Važeckej jaskyni chronostratigraficky do vrchného pleistocénu. Podľa Sabola et al. (2011), ako aj Laughlana et al. (2012) tieto kosti pochádzajú z vrcholného zaľadnenia vislanu, resp. z würmského pleniglaciálu. Vzhľadom na rádiouhlíkový vek kostí medveďov jaskynných >40 a >51 ka (Sabol a Višňovská, 2007; Laughlan et al., 2012) akumulácia týchto ílovitých štrkov prislúcha najmenej počiatku MIS 3. Podľa Droppu (1962a,b) vápence a pieskovce z „vnútrokarpatského paleogénu“ do jaskyne naplavili vody z ponorov v závere poloslepej dolinky v Prieпадlách (odkryté sú však aj v riečisku Bieleho Váhu pred Važcom). Zároveň dochádzalo k depozícii materiálu z jurských vápencov, ktorých zdrojová oblasť sa pravdepodobne nachádzala južne od jaskyne. V Kostnici sú tieto netriedené sedimenty superpozične uložené na súvrství tvorenom materiálom z granitových okruhliakov, štrkov a piesku. Jaskyňa v tom čase mala pravdepodobne tvar jednej veľkej siene s predĺženou bočnou chodbou (Sabol et al., 2011; Laughlan et al., 2012), vedúcou od Zbojníckej komory.

6. *Striedajúce sa fázy tvorby sintrovej výplne, akumulácie povodňových jemnozrnných sedimentov a rútenia skalných stropov.* Na zvetraný povrch sedimentov z predchádzajúcej fázy akumulácie, miestami pokrytým tenkými sintrovými kôrami a malými stalagmitmi, sa z kalných prúdov s premenlivou rýchlosťou prúdenia vody usadili povodňové sedimenty okrovej farby. Vyššie sa v pokojnejšom prostredí sedimentácie z pulzných kalných prúdov uložili povodňové prachovité červenkastej farby. Ich povrch bol mierne navetraný v subaerických podmienkach. V pokročilej vadóznej fáze vývoja jaskyne sa na viacerých miestach jaskyne chodby, siene a dómy dotvárali do terajšej podoby rútením o odvetrávaním. Keďže jaskyňa je pomerne blízko pod povrchom (približne 15 – 20 m), na rútenie a odvetrávanie intenzívne vplývalo premrzanie nadložných hornín, najmä počas chladných štadiálnych období. Vo vadóznej fáze vývoja sa tvorila aj pomerne bohatá sintrová výplň jaskyne, prevažne v teplejších interštadiálnych obdobiach.

7. *Holocénná fáza akumulácie povodňových jemnozrnných sedimentov.* Počas zaplavovania zadnej, mierne zníženej časti jaskyne (Kostnica, Hlinená chodba, Čarovná záhradka) sa nad sintrovou kôrou starou 10 – 11 ka usadili hlinité sedimenty hrubé asi 40 cm (Droppa, 1962a,b). Zaplavovanie Kostnice (v mieste výkopu prehliadkového chodníka) a Vstupnej siene sa opakuje aj v súčasnosti počas období zvýšených zrážok alebo topenia snehu (bez súvisu s kolísaním hladiny Bieleho Váhu, ktorého riečisko je asi 6 m nižšie). Nakoniec sa vytvorila súčasná generácia sintrovej výplne.

## ZÁVER

Priebeh a morfológické (korózne i rúťivé) tvary Važeckej jaskyne výrazne podmieňujú tektonické poruchy orientované troma hlavnými smermi (ZSZ-VJV, SV-JZ až SSV-JJZ a SZ-JV až SSZ-JJV), vrstvomitosť vápencov i vrásové štruktúry. Pomerne vysoká miera narušenosti horninového prostredia predurčila vysoký stupeň skrasovatenia vápencov. Vzhľadom na polohu jaskyne na okraji doliny Bieleho Váhu (úsek doliny vytvorený pozdĺž litologického a zlomového rozhrania medzi Liptovskou kotlinou a Kozími chrbtami) sa na géneze podzemných priestorov podieľali najmä agresívne ponorné alochtónne vody vrátane injekčazi povodňových vôd. Ku géneze

Važeckej jaskyne prispievala aj aktivita zsz.-vjv. zlomu oddeľujúceho severný okraj Kozích chrbtov a južný okraj Liptovskej kotliny. Relatívny výzdvih a obnaženie gutensteinských vápencov nepochybne uľahčilo priebeh speleogenetických procesov. Navyše v podzemí sa ponorné vody z Bieleho Váhu miešali s vodami presakujúci zo zrážok, ako aj s vodami prenikajúcimi do jaskyne cez okolité skrasovatené vápence, možno až od ponorov zo záveru poloslepej doliny v Priepadlách. V dôsledku kontaktnej polohy jaskyne je v jej podzemí pomerne pestré zastúpenie hrubozrnných i jemnozrnných klastických sedimentov transportovaných vodou. Na základe dostupných údajov sa tieto klastické sedimenty ukladali v jaskyni najmä v mladšom pleistocéne. Samotné podzemné priestory sa pravdepodobne vytvorili už koncom stredného pleistocénu. Vzhľadom na výraznú vrstvositosť a porušenosť vápencov, ako aj neveľkú hrúbku horninového nadložja sa na súčasnej morfológii jaskyne výrazne prejavuje rútenie, odvaľovanie a odvetrávanie skalných stropov a stien. K tomu prispelo premrzanie vápencov, najmä v štádiách posledného glaciálu, ako aj ich rozrušovanie presakujúcou zrážkovou vodou.

PodĎakovanie: Úloha sa riešila v rámci Plánu hlavných úloh Štátnej ochrany prírody SR na rok 2015, vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0430/15 a projektov APVV-0625-11 a APPV-0315-12. Paleomagnetický výskum sa realizoval v rámci inštitucionálneho financovania Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., č. RVO67985831. Jiří Petráček a Mgr. Petr Petráček vykonali laboratórne práce na Paleomagnetickom oddelení Geologického ústavu AV ČR, v. v. i. Za umožnenie výskumu ďakujeme pracovníkom Važeckej jaskyne, najmä jej správcovi Milanovi Orfánusovi. Doc. Mgr. Martinovi Sabolovi, PhD., a Ivanovi Mudroňovi sme vďační za poskytnutie a súhlas na zaradenie ich fotografií do tohto príspevku. Za cenné rady a pripomienky ďakujeme recenzentom doc. RNDr. Jozefovi Hókovi, CSc., a doc. Mgr. Martinovi Sabolovi, PhD.

## LITERATÚRA

- ANDREJČUK, V. 2007. Peščera Zoluška. Uniwersytet Śląski – Ukrainiskij institut speleologii i karstologii, Sosnowiec – Simferopol, 406 s.
- ANDREJCHUK, V. N. – KLIMCHOUK, A. B. 2001. Geomicrobiology and Redox Geochemistry of the Karstified Miocene Gypsum Aquifer, Western Ukraine: The Study from Zoloushka Cave. *Geomicrobiology Journal*, 18, 275–295.
- BELLA, P. 2001. Rútenie a morfológia jaskynného georeliéfu. *Slovenský kras*, 39, 15–24.
- BELLA, P. 2009. Sedimentárne štruktúry a geomorfologické formy v jaskyniach vytvorené na jemných klastických sedimentoch. *Aragonit*, 14, 1, 3–11.
- BERGE, C. 1962. *Theory of Graphs and Its Applications*. John Wiley, New York, 247 s.
- 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.
- BIELY, A. – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLINEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – HANZEL, V. – KUBEŠ, P. – LIŠČÁK, P. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MOLÁK, B. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – SLAVKAY, M. 1997. *Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier*. GÚDŠ, Bratislava, 232 s.
- BOSÁK, P. 1989. Osady czwartorzędowe jaskini. In Jahn, A. – Kozłowski, S. – Wiszniowska, T. (Eds.): *Jaskinia Niedzwiedzia w Kletnie. Badania i udostępnianie*. Ossolineum, Wrocław, 241–254.
- BOSÁK, P. – HERCMAN, H. – MIHEVC, A. – PRUNER, P. 2002. High resolution magnetostratigraphy of speleothems from Snežna Jama, Kamniške–Savinja Alps, Slovenia. *Acta Carsologica*, 31, 3, 15–32.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. 2007. Magnetostratigraphy of Cave Sediments. *EOS Transactions AGU*, 88, 23, Jt. Assembly Supplement, Abstracts, GP52A-04.

- BOSÁK, P. – PRUNER, P. 2011. Magnetic Record in Cave Sediments: a Review. In Petrovský, E. – Herrero-Bervera, E. – Harinarayana, T. – Ivers, D. (Eds.): *The Earth's Magnetic Interior*. IAGA Special Sopron Book Series, 1, Springer, 343–360.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. – KADLEC, J. 2003. Magnetostratigraphy of cave sediments: application and limits. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 47, 2, 301–330.
- BOSCH, R. F. – WHITE, W. B. 2004. Lithofacies and transport of clastic sediments in karst aquifers. In Sasowsky, I. D. – Mylroie, J. (Eds.): *Studies of Cave Sediments. Physical and Chemical Records of Paleoclimate*. Kluwer Academic Publishers / Plenum Publishers, New York, 1–22.
- BÖGLI, A. 1964. Mischungskorrosion, ein Beitrag zur Verkarstungsprobleme. *Erdkunde*, 18, 83–92.
- 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.
- ČALIĆ-LJUBOJEVIĆ, J. 2001. Upward Growth of Bedding-Plane Anastomoses. *Proceedings, 13<sup>th</sup> International Congress of Speleology*, 1, Brasília, 71–73.
- DAVIES, W. E. 1949. Features of cave breakdown. *Bulletin of the National Speleological Society*, 11, 34–35.
- DROPPA, A. 1962a. Speleologický výskum Važeckého krasu. *Geografický časopis*, 14, 4, 264–293.
- DROPPA, A. 1962b. Važecká jaskyňa a krasové javy v okolí. *Šport*, Bratislava, 94 s.
- DROPPA, A. 1964. Výskum terás Váhu v strednej časti Liptovskej kotliny. *Geografický časopis*, 16, 4, 313–325.
- DROPPA, A. 1967. Krasové javy v doline Bieleho Váhu. *Geografický časopis*, 19, 2, 141–153.
- DUBLJANSKIJ, V. N. – ILJUCHIN, V. V. – LOBANOV, J. E. 1981. Morfometričeskíe pokaziteli karstovych polostej. *Peščery*, 18, 85–94.
- DUBLYANSKY, V. N. – ILYUKHIN, V. V. – LOBANOV, Y. E. 1987. Some Problems of Karst Morphometry. *Studies in Speleology*, 7, 17–22.
- EWERS, R. O. 1966. Bedding-plane Anastomoses and Their Relation to Cavern Passages. *Bulletin of the National Speleological Society*, 28, 3, 133–140.
- FISHER, R. 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society*, A 217, 295–305.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 s.
- GEYH, M. A. – SCHLEICHER, H. 1990. *Absolute age determination*. Springer, Berlin, 503 p.
- GOEHRING, L. – CONROY, R. – AKHTER, A. – CLEGG, W. J. – ROUTH, A. F. 2010. Evolution of mud-crack patterns during repeated drying cycles. *Soft Matter*, 6, 15, 3562–3567.
- GORKA, P. – HERCMAN, H. 2002. URANOTHOR v. 2.5. Delphi Code of calculation program and user guide. Archive, Quaternary Geology Department, Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warsaw.
- HANZEL, V. 1974. Podzemné vody chočského príkrovu a série Veľkého boku na severovýchodných svahoch Nízkych Tatier. *Západné Karpaty, séria hydrogeológia a inžinierska geológia*, 1, 7–64.
- HAVRÁNEK, F. 1935. *Važecká jaskyňa a její kras* (tretí vydání). Edice Tatranského a jaskynného múzea, Važec, 140 s.
- HAVRÁNEK, F. 1948. Važecká jaskyňa na Slovensku. *Československý kras*, 1, 17–21.
- HAVRÁNEK, F. 1949. Nový výzkum Važecké jaskyne. *Československý kras*, 2, 294–295.
- HAVRILA, M. 2011. Hronikum: paleogeografia (vrchný pelsón – tuval), štrukturalizácia príkrovu a stavba. *Geologické práce, Správy*, 117, Bratislava, 7–103.
- HOWARD, A. D. 1971. Quantitative Measures of Cave Patterns. *Caves and Karst*, 13, 1, 1–7.
- HOWARD, A. D. – KEETCH, M. E. – VINCENT, C. L. 1970. Topological and geometrical properties of braided streams. *Water Resources Research*, 6, 6, 1674–1688.
- CHADIMA, M. – HROUDA, F. 2006. Remasoft 3.0 – A user-friendly paleomagnetic data browser and analyser. *Travaux Géophysiques*, XXVII, 20–21.
- CHOPPY, J. 1988. Evolution des remplissages plastiques des cavites souterraines. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 111, 141–147.
- IVANOVICH, M. – HARMON, R. S. (Eds.) 1992. *Uranium series disequilibrium. Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences* (2<sup>nd</sup> Edition). Clarendon, Oxford, 910 p.

- JELÍNEK, V. 1966. A high sensitivity spinner magnetometer. *Stadia Geophysica et Geodetica*, 10, 58–77.
- JELÍNEK, V. 1973. Precision A. C. bridge set for measuring magnetic susceptibility and its anisotropy. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 17, 36–48.
- 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.
- KLIMČUK, A. B. – ROGOŽNIKOV, V. J. 1982. Sopnjažonnyj analiz istorii formirovanija peščernoj sistemy (na primere peščery Atlantida). AN USSR, Kiev, 57 s.
- KUKLA, J. – LOŽEK, V. 1958. K problematice výzkumu jeskynních výplní. *Československý kras*, 11, 19–83.
- LASCU, I. – FEINBERG, J. M. 2011. Speleothem magnetism. *Quaternary Science Reviews*, 30, 23–24, 3306–3320.
- LAUGHLAN, L. – RABEDER, G. – SABOL, M. 2012. The fossils and taphonomy of the Važecká Cave – preliminary results. *Braunschweiger Naturkundliche Schriften*, 11, 81–86.
- MALKOV, V. N. – GURLAKO, E. I. – MONACHOVA, L. B. – ŠAVRINA, E. V. – GURLAKO, V. A. – FRANC, N. A. 2001. Karst i peščery Pinežja. Asociacija EKOST, Moskva, 208 s.
- ONDROUŠEK, O. 1952. Nové objavy ve Važeckém krasu na Slovensku. *Československý kras*, 5, 144–145.
- ORFÁNUS, M. 1998. Prevádzka a speleologický prieskum Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum, ochrana a využívanie jaskýň, zborník referátov z 1. vedeckej konferencie (Mlynky, 8. – 10. 11. 1997). Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 104–106.
- PALMER, A. N. 1991. Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103, 1, 1–21.
- PALMER, A. N. 2001. Dynamics of cave development by allogenic water. *Acta carsologica*, 30, 2, 13–32.
- PRUNER, P. – ZUPAN HAJNA, N. – MIHEVC, A. – BOSÁK, P. – VENHODOVÁ, D. – SCHNABL, P. 2010. Paleomagnetic and rockmagnetic studies of cave deposits from Račiška pečina and Pečina v Borštu caves (Classical Karst, Slovenia). *Studia Geophysica et Geodaetica*, 54, 1, 27–48.
- SABOL, M. – LAUGHLAN, L. – RABEDER, G. 2011. Paleontologický výskum Važeckej jaskyne – sezóna 2010. *Aragonit*, 16, 1–2, 31–32.
- SABOL, M. – STRUHÁR, V. 2002. Fosílna a subfosílna nálezy medveďov (Carnivora, Ursidae) z územia Liptova (severné Slovensko). *Slovenský kras*, 40, 49–88.
- SABOL, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. 2007. Cave Bears from the Važecká Cave (Northern Slovakia) science and exhibitions. *Scripta Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis*, 35 (2005), *Geology*, 145–150.
- SASOWSKY, I. D. – MYLROIE, J. (Eds.) 2004. *Studies of Cave Sediments. Physical and Chemical Records of Paleoclimate*. Kluwer Academic Publishers / Plenum Publishers, New York, 329 p.
- SROUBEK, P. – DIEHL, J. F. – KADLEC, J. – VALOCH, K. 2001. A Late Pleistocene paleoclimate record based on mineral magnetic properties of the entrance facies sediments of Kulna Cave, Czech Republic. *Geophysical Journal International*, 147, 247–262.
- STRAUSS, B. E. – STREHLAU, J. H. – LASCU, I. – DORALE, J. A. – PENN, R. L. – FEINBERG, J. N. 2013. The origin of magnetic remanence in stalagmites: Observations from electron microscopy and rock magnetism. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14, 12, 5006–5025.
- VITÁSEK, F. 1932. *Terasy horního Váhu*. Spisy odboru Československé společnosti zeměpisné v Brně. Řada A, Spisy Tatrské komise, 4, 22 s.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1930. Važecká jaskyňa (Liptov). *Příroda*, 23, 3–8 (zvláštný otisk).
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1931. Geologické pomery okolia Važeckej jaskyne. *Věstník Státního geologického ústavu Čsl. republiky*, 7, 4–5, Praha, 1–12 (zvláštní otisk).

- VYSOKÁ, H. – BRUTHANS, J. – ŽÁK, K. – MLS, J. 2012. Response of karstic phreatic zone to flood events in a major river (Bohemian Karst, Czech Republic) and its implication for cave genesis. *Journal of Cave and Karst Studies*, 74, 1, 65–81.
- WEINBERGER, R. 2001. Evolution of polygonal patterns in stratified mud during desiccation: The role of flaw distribution and layer boundaries. *Bulletin of the Geological Society of America*, 113, 1, 20–31.
- WHITE, E. L. – WHITE, W. B. 1969. Processes of cavern breakdown. *Bulletin of the National Speleological Society*, 31, 4, 83–96.
- WHITE, W. B. 1988. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford – New York, 464 s.
- ZELINKA, J. 2002. Termodynamická charakteristika Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 123–131.
- 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	54/1	33 – 52	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	---------	------------------------

## VÝSLEDKY TERMOMETRICKÝCH A REZISTIVIMETRICKÝCH MERANÍ NA PODZEMNÝCH A POVRCHOVÝCH TOKOCH DEMÄNOVSKEJ DOLINY

PETER MALÍK<sup>1</sup> – DAGMAR HAVIAROVÁ<sup>2</sup> – JAROMÍR ŠVASTA<sup>1</sup>  
– MILOŠ GREGOR<sup>1</sup> – RADOVAN ČERNÁK<sup>1</sup> – ALEXANDRA PAŽICKÁ<sup>1</sup>  
– ANTON AUXT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11; peter.malik@geology.sk; jaromir.svasta@geology.sk; milos.gregor@geology.sk; radovan.cernak@geology.sk;

alexandra.pazicka@geology.sk

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

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

**P. Malík, D. Havriarová, J. Švasta, M. Gregor, R. Černák, A. Pažická, A. Auxt: Results of thermometric and resistivimetric measurements on the underground and surface streams in the Demänovská dolina Valley**

**Abstract:** Together with discharge of water courses on the surface and in the underground hydrologic system in the Demänovská dolina Cave system (Slovakia) and its vicinity, longitudinal profile measurement of specific electric conductivity (resistivimetry) and water temperature (thermometry) were performed along the Demänovka karstic underground stream and its continuation on the surface. While flow accretion survey – discharge measurements on appropriately distanced locations of streams can quantitatively define hidden surpluses or losses of discharge, detailed measurements of water temperature and electric conductivity changes enables identification of precise locations of hidden tributaries into the main stream or water communication with the ground surface in karst conduits. Here, measurements were performed with the step of 1.0 meter in the streamline of active flow and also along its left and right side, 20 cm aside the stream-bank. In the underground spaces of the Demänovský Cave system, 978 meters of underground Demänovka Stream were measured on July 30, 2012. On its surface continuation, under the Vyvieranie Spring, next 1,353 meters were covered by measurements on July 31, 2012. In the underground, only several hidden water inputs were identified: major inputs on the 30 m stream segment around the “Mramorové riečisko” and two smaller point inputs, one from the right side just above the half-siphon under the Pekelný dóm, and one, also from the right side, just 10 meters above the outlet siphon of Demänovka leading to the Vyvieranie Cave. Demänovka as the surface stream is intensively enriched by groundwater inputs within the interval of 200 to 500 m under the Vyvieranie Spring, while its lower part seems to be without such connections.

**Key words:** water electric conductivity, resistivimetry, thermometry, longitudinal profile measurements, surface stream, underground stream, hidden surpluses, Demänovský Cave system (Slovakia)

### ÚVOD

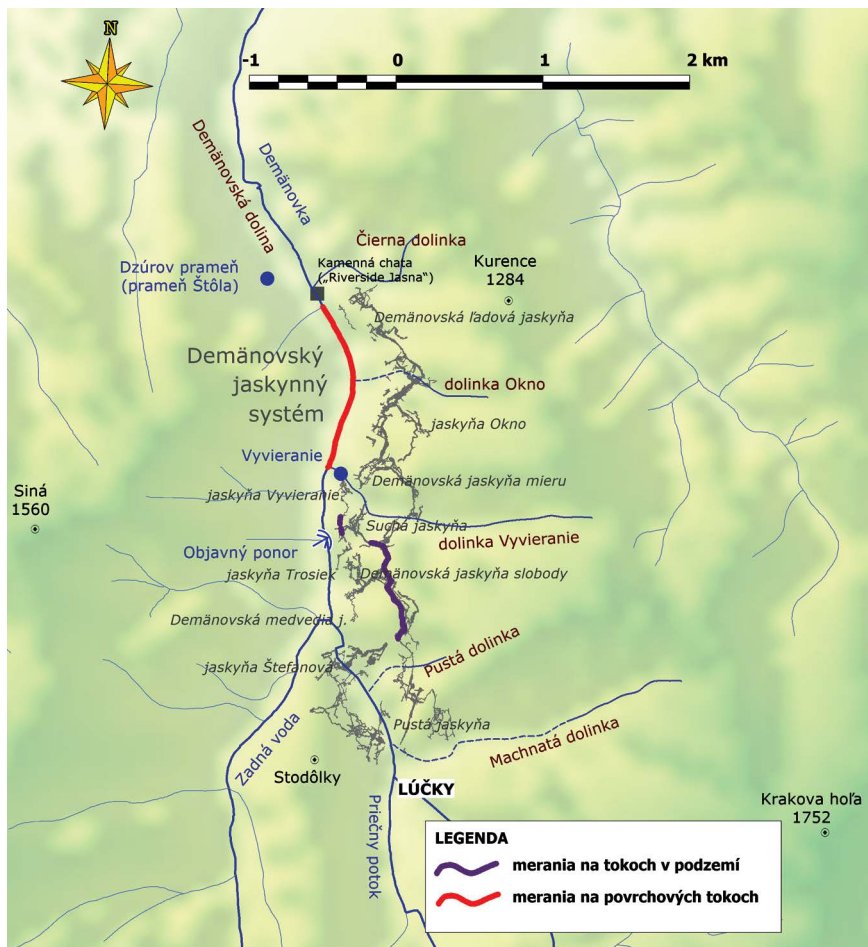
Priaznivé prírodné podmienky dané geologicko-tektonickou stavbou severozápadných svahov Nízkych Tatier umožnili povrchovému toku Demänovky, Priečného a Zadnej vody a ich bočným prítokom spolu s účinkami infiltrovaných atmosférických vôd vytvorenie Demänovského jaskynného systému. Rozvoj krasových foriem De-

mänovskej doliny je sústredený najmä do jej východnej (pravostrannej) časti, medzi Machnatou a Čiernou dolinou. Kras Demänovskej doliny je typom rozčleneného krasu v monoklinálnej štruktúre s dokonale vyvinutými jaskyňami riečneho pôvodu. Geologicky je budovaný strednotriasovými vápencami veporika (Biely ed., 1992; Biely, Bezák eds., 1997). Verejnosti je známy najmä dvoma sprístupnenými jaskyňami – Demänovskou ľadovou jaskyňou a Demänovskou jaskyňou slobody. Demänovská ľadová jaskyňa je známa minimálne od stredoveku, Demänovskú jaskyňu slobody objavil v roku 1921 Alois Král a počas prvej dekády po svojom objave niesla meno Chrám slobody (Herich, 2012). Celkovo až 10 jaskýň v tejto oblasti svojou dĺžkou presahuje 1000 m (Herich a Holúbek, 2015). Sú to Demänovská jaskyňa mieru (16 477 m), jaskyňa Štefanová (14 834 m), Demänovská jaskyňa slobody / Chrám slobody (11 117 m), Pustá jaskyňa (6214 m), jaskyňa Okno (2662 m), Demänovská ľadová jaskyňa (2174 m), Demänovská medvedia jaskyňa (1562 m), Suchá jaskyňa (1536 m), jaskyňa Vyvieranie + Vodná cesta (1354 m) a Jaskyňa trosiek / č. 27 (1177 m). Celkovú dĺžku všetkých Demänovských jaskýň udáva Herich a Holúbek (2015) na 63 574 m, dĺžku polygónochov vlastného Demänovského jaskynného systému k dátumu máj 2015 stanovuje na 40 471 m s deniveláciou (výškovým rozpätím) 196 m. Spojenie jaskyne Štefanová (14 834 m) s Demänovským jaskynným systémom bolo doteraz overené len stopovacími skúškami (Haviarová, 2008); v prípade speleologického prepojenia by Demänovský jaskynný systém mohol presiahnuť dĺžku 50 km (Herich, 2012). Ucelený obraz o výnimočnom krase a jaskyniach Demänovskej doliny prezentuje nedávno vydaná monografia Bellu et al. (2014). Jej poloha v rámci územia Slovenska je na obr. 1, bližší topografický rámeč skúmanej oblasti je na obr. 2.



Obr. 1. Poloha skúmanej oblasti Demänovskej doliny na území Slovenska  
 Fig. 1. Location of the Demänovská dolina Valley on the Slovak territory

Oblasť rozšírenia na povrchu identifikovateľných ponorov, ktorými povrchové vody vstupujú do podzemného hydrologického systému, siaha od oblasti Lúčok (toky Demänovka a Priečný potok) cez ľavostranný prítok Zadnej vody a oblasť Objavného ponoru až po prirodzený výstup podzemného toku na povrch vo vyvieracke Vyvieranie (Jalový, 1953; Droppa, 1957). Pri nízkych vodných stavoch sa v týchto ponoroch



Obr. 2. Bližší topografický rámec skúmanej oblasti  
 Fig. 2. Detailed topographic scope of the study area

stráca celý prietok Demänovky. Najvyššie položené ponory Demänovky sa objavujú na Lúčkach, v oblasti kontaktu hornín kryštalinika a mezozoika v nadmorskej výške 918 až 970 m, ďalšie ponory (napr. Objavný ponor – 805 m n. m.) sa vyskytujú pozdĺž toku Demänovky. Väčšinou sú ponory zanesené transportovaným klastickým materiálom z granitoidných hornín, napriek tomu však zohrávajú dôležitú funkciu v hydrologickom a hydrogeologickom režime Demänovskej doliny a pri komunikácii jej podzemných a povrchových vôd.

Z povrchových tokov vteká do Demänovky na SV okraji Lúčok ako jej ľavostranný prítok Priečny potok, nižšie Zadná voda. Prvý ponor Zadnej vody je registrovaný v masíve Stodôľky (839 m n. m.). Podobne aj toky v bočných svahových dolinkách na východ od toku Demänovky (v Pustej, Machnatej, dol. Vyvieranie) i ďalších nižšie položených sa postupne strácajú do podzemných priestorov. Do povrchovej Demänovky dotekajú občasne len vody z dolinky Vyvieranie. Ponárajúce sa alochtónne a autochtónne vody sa krasovými cestami dostávajú do horninového prostredia, v ktorom erozívnymi účinkami vytvorili jaskynný systém. Komunikácia povrchových

a podzemných vôd bola na viacerých miestach v Demänovskej doline potvrdená stopovacími skúškami, ktoré sa tu realizovali priebežne od 80. rokov minulého storočia. Ich podrobný prehľad prináša Bella et al. (2014).

Dominantným drenážnym prvkom systému je potom krasová vyvieracia Vyvie- ranie v nadmorskej výške 799 m. Časť vôd vyvieracky je zachytená do vodárenského zdroja slúžiaceho na hromadné zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Ďalší záchyt (podzemný vodárenský zdroj) známy ako Džúrov prameň, respektíve prameň Štôla, sa nachádza na ľavej strane doliny poniže Demänovskej ľadovej jaskyne (Auxt et al., 2012).

Demänovská dolina sa všeobecne považuje za ukážkovú lokalitu vzájomnej komu- nikácie povrchových a podzemných vôd pri vstupe povrchových vôd z nekrasovej do krasovej oblasti. Prvé kvantitatívne merania prietokov zamerané na určenie veľkosti prestupujúcich prietokových množstiev intervalovými hydrometrickými meraniami však uvádzajú až Kullman a Hanzel (1976), ktorí tiež skonštatovali, že hlavné množ- stvo podzemných vôd vystupuje vo vrchnej časti Demänovskej doliny uprostred gutensteinských vápencov, čo považovali za dôsledok tektonických pomerov v doline. Podobné konštatovanie nachádzame aj u autorky záverečnej správy z vyhládavacieho hydrogeologického prieskumu SZ svahov Nízkych Tatier (Méryová, 1990), v rámci ktorého sa realizovali aj hydrometrické merania (Droppa a Klaučo, 1985). Podľa Méryovej (1990) tu vyplýva zložitý režim a obeh podzemných vôd z komplikovanej geologicko-tektonickej stavby územia, keď sústredené výstupy sú podmienené eleváciou polopriepustných dolomitov spolu s kombinovanými účinkami zlomu v.-z. smeru. Intenzívne hydrometrovacie práce v siedmich sériách v snahe postihnúť všetky hydrologické situácie realizovali v období rokov 2011 a 2012 na podzemnej i povr- chovej Demänovke Auxt et al. (2012). Výsledky neskôr v odbornej tlači publikovali Malík et al. (2013). Keďže však výsledky intervalových hydrometrických meraní sú vyhodnotiteľné iba pre (v tomto prípade) niekoľkostometrové úseky takto overova- ných vodných tokov, na presnejšiu lokalizáciu skrytých vstupov podzemných vôd do povrchových tokov môžu dobre poslúžiť podrobné rezistivimetrické a termometrické merania. V tomto prípade sa realizovali s cieľom určiť možnú lokalizáciu vstupov povrchových vôd do podzemného hydrologického systému Demänovskej doliny.

## VSTUPNÉ DÁTA A METODIKA ICH SPRACOVANIA

Rezistivimetrické a termometrické metódy (meranie mernej elektrickej vodivosti, niekedy uvádzanej aj ako elektrolytická vodivosť –  $EC$ ; a teploty vody –  $t_{vody}$ ) bývajú v praxi zamerané na identifikáciu skrytých prestupov podzemných vôd do povrchových tokov. Tieto metódy registrujú bodové prestupy a pásma prestupov podzemných vôd do povrchových vôd. Termometrická metóda je založená na rozdieloch teplôt podzemných vôd (vstupujúcich priamo do tokov) a vôd povrchových tokov. Zvyčajne sa pre merania uprednostňujú obdobia extrémnych teplôt vzduchu (vrcholiace zimné alebo letné obdobie). V letnom období je predpokladaná teplota povrchových tokov vyššia ako teplota podzemných vôd, preto namerané lokálne zníženie teploty na povrchovom toku väčšinou indikuje skrytý prestup podzemnej vody do tohto toku. Pri aplikácii vodivostných meraní sa vychádza z predpokladanej rozdielnej minerali- zácie povrchových a podzemných vôd, a teda miesta skrytých prestupov sa prejavujú lokálnou zmenou mernej elektrickej vodivosti (v prípade vstupu podzemných vôd do povrchových zväčša zvýšením). Intenzita prítokov sa odráža v priebehu a rozsahu

teplotných a vodivostných anomálií, s prihliadnutím na celkový prietok skúmaného toku. Korelácia oboch údajov umožňuje kvalitatívne analyzovať anomálie prítokov a vylúčiť tzv. falošné anomálie spôsobené inými príčinami. Oba parametre (merná elektrická vodivosť i teplota vody) sa merali pri dne, cca 5 cm nad jeho úrovňou a cca 20 až 40 cm od brehov, ako aj pri dne v prúdnici pre merania v strede toku. Krok meraní bol 1,0 m, pred meraním sa pomocou pásma vytýčila trasa meraní, sledujúca priebeh prúdnice meraného toku (obr. 3 až 6). Merania sa začínali z najvyššej časti prístupného toku Demänovky a pokračovali smerom nadol po prúde. Tok podzemnej Demänovky bol niekoľkokrát prerušený sifónmi v podzemí. Z tohto dôvodu boli



Obr. 3. Spôsob vykonávania termometrických a rezistivimetrických meraní – použitý konduktometer LF 325-A fy WTW, obsluha: J. Švasta. Foto: D. Haviarová

Fig. 3. Thermometric and resistivimetric measurements using conductivity meter WTW LF 325-A, operated by J. Švasta. Photo: D. Haviarová



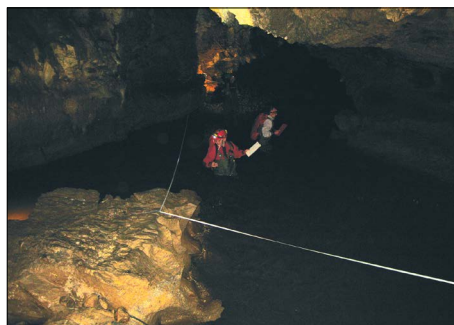
Obr. 4. Zapisovanie prebiehalo zvlášť pre ľavý breh a stred toku a zvlášť pre pravý breh a stred toku; zľava: A. Pažická, J. Švasta, P. Malík. Foto: D. Haviarová

Fig. 4. Notation of results was done separately for the left bank and streamline and separately for the right bank and streamline; from the left: A. Pažická, J. Švasta and P. Malík. Photo: D. Haviarová



Obr. 5. Fixovanie pásma na štartovacom nulovom bode posledného (5.) úseku medzi 6. a 7. sifónom („zapisovaná metráž“ 1100 m); zľava: P. Malík, A. Pažická, J. Švasta. Foto: D. Haviarová

Fig. 5. Fixing of the measuring tape on the starting “zero” point of the last (5<sup>th</sup>) stream interval between the 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> siphon (“recorded footage” 1,100 m); from the left: P. Malík, A. Pažická and J. Švasta. Photo: D. Haviarová

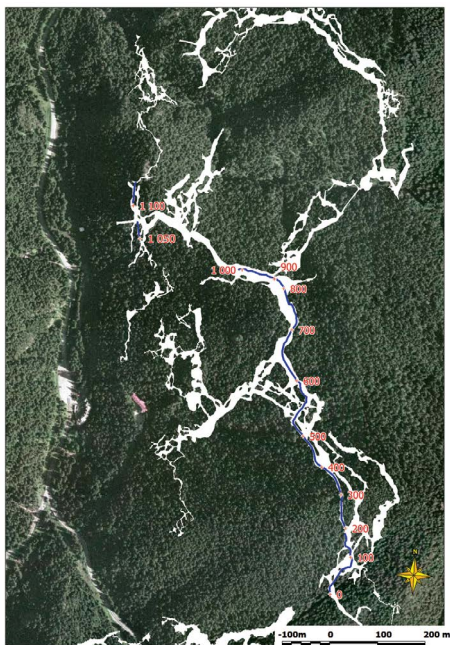


Obr. 6. Fixovanie priebehu pásma v úseku „zapisovanej metráže“ 450 – 550 m; zľava: P. Malík, A. Pažická. Foto: D. Haviarová

Fig. 6. Fixing of the measuring tape in the “recorded footage” of 450 – 550 m; from the left: P. Malík, A. Pažická. Photo: D. Haviarová

merania v podzemnom hydrologickom systéme rozdelené na 5 samostatných častí medzi jej jednotlivými vynoreniami. Pri začiatku nových meraní po znovuvynorení sa toku bolo použité vždy nové predpripravené tlačivo so zaokrúhlením zapisovanej metráže na najbližší násobok čísla 50 (jedna strana predpripraveného tlačiva mala 50 riadkov). Z tohto dôvodu sa dĺžka „zapisovanej metráže“ líši od skutočnej metráže toku. Z hľadiska konzistencie údajov však používame hodnoty „zapisovanej metráže“ (obr. 7). V prílohe č. 17 práce Auxta et al. (2012), venovanej termometrickým a rezistivimetrickým meraniam, sú detailne opísané polohy vzťažných bodov zapisovanej metráže k významným ľahko identifikovateľným miestam Demänovskej jaskyne slobody. V prípade povrchového toku k rozdielom medzi skutočnou a zapisovanou metrážou nedochádzalo (obr. 8).

Merania sa vykonali konduktometrom LF 325-A fy WTW, umožňujúcim merať teplotu s presnosťou na 0,1 °C a mernú elektrickú vodivosť vody s presnosťou 0,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  v závislosti od absolútnej veľkosti meranej hodnoty (obr. 9).



Obr. 7. Lokalizácia vzťažných bodov rezistivimetrických a termometrických meraní, vykonávaných na podzemnom toku Demänovky v podzemnom hydrologickom systéme Demänovských jaskýň dňa 30. 7. 2012. Čísla znázorňujú vzdialenosť v metroch od začiatku meraní Fig. 7. Location of the reference points of resistivimetric and thermometric measurements conducted on the underground stream of Demänovka in the Demänovská Cave System underground hydrologic system on July 30, 2012. Numbers show distance in meters from the start of measurements



Obr. 8. Lokalizácia vzťažných bodov rezistivimetrických a termometrických meraní, vykonávaných na povrchovom toku Demänovky medzi Vyvieraním a Kamennou chatou dňa 31. 7. 2012. Čísla znázorňujú vzdialenosť v metroch od začiatku meraní

Fig. 8. Location of the reference points of resistivimetric and thermometric measurements realised on the surface stream of Demänovka between the sites of Vyvieranie and Kamenná chata on July 31, 2012. Numbers show distance in meters from the start of measurements

Termometrické a rezistivimetrické merania prebehli na podzemnej Demänovke dňa 30. 7. 2012 a na povrchovej Demänovke 31. 7. 2012. Merania na podzemnej Demänovke boli vykonané v priestore medzi sifónom nad Pekelným dómom a odtokovým sifónom (medzi 6. a 7. sifónom) v priestore Mramorového riečiska Demänovskej jaskyne slobody (DJS). Na podzemnej Demänovke sa spolu termometricky a rezistivimetricky overovalo 5 súvislých úsekov toku v celkovej dĺžke 978 m. Vzhľadom na čitateľnosť popisov v dokumentačnej časti sa aj v tomto texte odvolávame na tzv. zapisovanú metráž, t. j. údaje, ktoré boli zaznamenané priamo v teréne. Maximum zapisovanej metráže je 1345 m vzhľadom na postupné naťahovanie meracieho pásma od nuly po každom prerušení viditeľného priebehu toku (najčastejšie sifónom). Neskôr sa jednotlivým úsekom pripísali aj ich relatívne metráže, celková metráž priebehu „suchých“ úsekov jaskynných chodieb nebola zaznamenávaná. V deň meraní podzemného toku Demänovky (30. 7. 2012) mala povrchová Demänovka na povrchu v úrovni spodného vchodu do DJS (pod Mramorovým riečiskom) o 14:45 teplotu vody 13,3 °C a hodnotu mernej elektrickej vodivosti 58,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . O 20:10 boli tieto hodnoty 12,5 °C / 61,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Grafické znázornenie prietokov Demänovky počas termometrických a rezistivimetrických meraní v dňoch 30. a 31. júla 2012 na čiare pravdepodobnosti prekročenia prietokov na objekte 5990 Demänovka – Demänová je na obr. 10. V tabuľke 1 je číselne vyjadrená pravdepodobnosť prekročenia tohto prietokového množstva podľa dlhodobých meraní prietokov na objekte SHMÚ 5990 Demänovka – Demänová za roky 1968 až 2012. Z uvedeného vyplýva, že merania sa vykonávali za nízkych prietokových stavov.



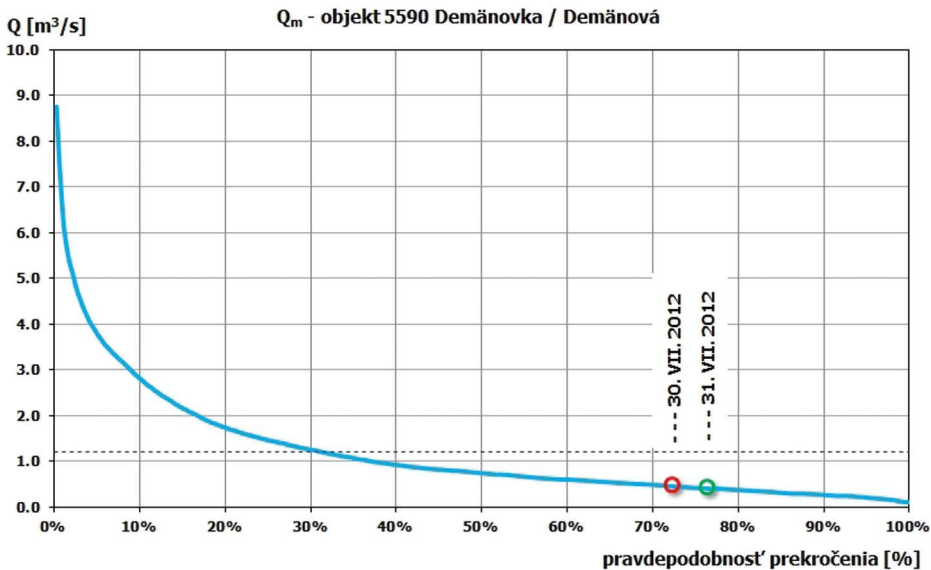
Obr. 9. Meranie v dravom prúde medzi úsekom „zapisovanej metráže“ 750 až 835 m; s konduktometerom J. Švasta. Foto: P. Malík

Fig. 9. Measurements in the rapid stream within the interval of “recorded footage” 750 to 835 m; J. Švasta with the conductivity meter. Photo: P. Malík

Tabuľka 1. Vzťah prietokov Demänovky v priebehu termometrických a rezistivimetrických meraní v dňoch 30. a 31. 7. 2012 k dlhodobým prietokovým pomerom na objekte SHMÚ 5990 Demänovka – Demänová za roky 1968 až 2012

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

Dátum merania	Priemerný denný prietok na stanici 5590 Demänovka – Demänová [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ]	Pravdepodobnosť prekročenia tohto prietokového množstva	Pravdepodobnosť prekročenia tohto prietokového množstva ako m-denný prietok	Pomer okamžitého prietoku k priemernému prietoku na objekte 5990 za roky 1968 – 2012
30. 7. 2012	0,463	72 %	264	38 %
31. 7. 2012	0,413	76 %	279	34 %



Obr. 10. Vzťah prietokov Demänovky počas termometrických a rezistivimetrických meraní k dlhodobým prietokovým pomerom na objekte SHMÚ 5990 Demänovka – Demänová za roky 1968 až 2012, prerušovaná horizontálna línia zodpovedá priemernému prietoku

Fig. 10. Relation of the discharges of the Demänovka stream during the thermometric and resistivimetric measurements to the long-term observations on the gauging station Demänovka – Demänová (No. 5990, Slovak Hydrometeorological Institute) in the 1968 – 2012 period, dashed line corresponds to the average discharge

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

**Merania na podzemnej Demänovke medzi Pekelným dómom a odtokovým 7. sifónom.** Teploty vody podzemného toku Demänovky sa v deň merania pohybovali od 6,3 °C do 9,7 °C a hodnoty mernej elektrickej vodivosti (EC) 150,0 až 361,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (celý súbor meraní). Hlavný tok podzemnej Demänovky však v absolútnej väčšine prípadov prejavoval veľkú stabilitu teploty vody, ktorá bola v rozpätí 7,4 °C až 7,6 °C od zapisovanej metráže 0 m (Pekelný dóm) po zapisovanú metráž 1010 m (Podzemné prepádanie v hornej časti Mramorového riečiska). Teplota vody pritom v priebehu toku od sifónu v Pekelnom dome nadol po Podzemné prepádanie nad Mramorovým riečiskom v rámci 2705 vykonaných zámerov teploty pozvoľne poklesávala zo 7,6 °C na 7,4 °C, čo je znakom jej postupného ochladzovania sa v systéme a môže indikovať vplyv ochladzujúcej sa povrchovej vody na časť prietokových množstiev, alebo vyššiu priemernú teplotu vo vyššej časti podzemného hydrologického systému. Prítok v smere od Objavného ponoru a Údolnej jaskyne v závere Mramorového riečiska sa potom prejavil stúpnutím hodnôt teploty vody o 1,2 °C až 1,7 °C, signalizujúcim vstup značného množstva zohriatej povrchovej vody do systému (metráž 1051 až 1145 m). Rozdielnosť teplôt na pravom brehu, v strede a na ľavom brehu svedčí o slabom premiešaní oboch typov vôd v jazierku pod prítokom od Objavného ponoru (nad monitorovacím bodom SSJ pre vlastnosti vody v Mramorovom riečisku; metráž 1067 až 1082), a teda o relatívnej blízkosti vstupu povrchových vôd voči metráži 1051 m. Podobný vyrovnaný



priebeh mali i hodnoty mernej elektrickej vodivosti, ktoré od Pekelného dómu DJS mierne stúpali z hodnoty cca  $233 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na  $237 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  v metrži 1010 m pred Podzemným prepadaním. Akurát v oblasti Pekelného dómu sa na prvých cca 15 m dali sledovať dôsledky nedokonalého premiešania vôd, keď vody v strede a pri ľavom brehu mali  $233 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a pri pravom brehu  $236 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (pravdepodobný vplyv prítoku od jaskyne Štefanová). Menší rozdiel tu bol zistený v teplotách vody ( $7,6^\circ\text{C}$  v strede a pri ľavom brehu,  $7,5^\circ\text{C}$  pri pravom brehu). Anomálie, ktoré sa občas dokumentovali na podzemnom toku Demänovky, podobne ako v prípade teplôt vody výrazne nemenili charakter jej vlastností v ďalšom priebehu až po Podzemné prepádanie. Pri vynorení vôd na zapisovanej metrži 1051 m však vodivosť poklesla z  $237$  na  $193 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (pri ľavom brehu aj na  $171 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), čo svedčí o alochtónnom charaktere dodatočne prestupujúcich vôd (t. j. ich zviazanosti s prostredím kryštalinika).

Na podzemnom toku Demänovky sa okrem tohto vyššie spomenutého výrazného rozdielu zistilo len relatívne málo anomálií: na zapisovanej metrži 152 m až 158 m boli na pravej strane jazierka nad polosifónom pod Pekelným dómom zistené prítoky vyššie mineralizovanej mierne chladnejšej vody (cca  $350$  až  $360 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  oproti  $234 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a  $7,4$  až  $7,2^\circ\text{C}$  oproti  $7,6^\circ\text{C}$ ). Ďalšie zistené skryté anomálie sa teplotným rozdielom pohybovali len do rozdielu  $0,1^\circ\text{C}$ , resp. rozdielom EC do cca  $5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Z významnejších spomíname malý skrytý prítok v metrži 305 m zľava; cca 50 m pod kaskádkami, pod sifónom spod Pekelného dómu. Známy viditeľný prítok z Demänovskej medvedej jaskyne (zapisovaná metráž 486 m) s odhadovaným prietokom cca  $2,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a hodnotami EC  $170,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a teploty vody  $5,9^\circ\text{C}$  v jeho toku nad vyústením do hlavného toku podzemnej Demänovky sa prejavil v jej prúdnici len poklesom EC z  $236$  na  $230 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a poklesom teploty vody na tom istom mieste (metráž 488 m) o  $0,2^\circ\text{C}$  zo  $7,5^\circ\text{C}$  na  $7,3^\circ\text{C}$  a veľmi rýchlo vyznel. Väčšie miešanie vôd pod Podzemným prepadaním, resp. v oblasti monitorovacieho bodu SSJ „Mramorové riečisko“ už bolo spomenuté vyššie – v zapisovanej metrži 1079 m viditeľné prítoky do hlbokého jazierka sprevádzal citelný zápach vody po fekálnom znečistení (!). V celom jazierku sa zistila veľká variabilita hodnôt a k lepšiemu premiešaniu vôd dochádza až v jeho turbulentnom odtoku s výrazným spádom pomedzi balvanité dno k sifónu. V 5. úseku meraní (medzi 6. a 7. sifónom) bol v jeho relatívnej metrži 35 m, resp. zapisovanej metrži 1135 m overený výrazný prítok z výveru v pravom brehu cca 10 m nad odtokovým sifónom (v oblasti koncového bodu inštalovaného fixného lana:  $6,5^\circ\text{C}$ ,  $220 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

V podzemnej Demänovke s výnimkou dominantných prítokov vôd v oblasti monitorovacieho bodu SSJ „Mramorové riečisko“ (zapisovaná metráž 1051 až 1145 m) sa zistili len dva významnejšie neznáme vstupy vôd: v zapisovanej metrži 152 m až 158 m na pravej strane jazierka nad polosifónom pod Pekelným dómom a výrazný prítok z výveru v pravom brehu cca 10 m nad odtokovým sifónom (1135 m). Oba prítoky môžu byť charakterizované ako autochtónne vody infiltrované vnútri krasovo-puklinovej hydrogeologickej štruktúry.

**Merania na povrchovej Demänovke** sa začali 31. 7. 2012 od vyvieračky Vyvieranie, kde bol vytýčený nultý bod meraní. Na povrchovom toku prebehli všetky merania kontinuálne, takže v danom prípade nie sú rozdiely medzi „zapisovanou“ a aktuálnou metrážou; na toku sa však zaznamenalo viacero jeho rozdvojení, z ktorých najvýznamnejším bolo rozdvojenie toku medzi metrážou 171 m a 271 m, ktorá je dokumentovaná zvlášť. Spolu bol dokumentovaný úsek  $1353 \text{ m} + 100 \text{ m}$  na

oddelenom ramene. Rozdelenie toku Demänovky sa prejavilo obtekaným ostrovom medzi metrážou až 171 m až 283 m. Začiatok meraní (nulový bod) tu bol výver vôd z krasovej vyvieracky Vyvieranie, sútok jej vôd s povrchovou Demänovkou bol na metráži 65 m. Pri meraniach teploty vody v povrchových tokoch je dôležitý i priebeh teploty vzduchu, ktorá významne ovplyvňuje kolísanie teploty povrchových tokov. Záznamy SHMÚ o teplote vzduchu v období merania sme však nemali k dispozícii a sami sme pre takéto merania nemali potrebné vybavenie.

Teplota vody v povrchovom toku sa v deň merania pohybovala od 8,1 °C do 9,8 °C a hodnoty mernej elektrickej vodivosti (EC) v rozmedzí 132,0 až 194,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Teplota vody v hlavnom toku mala teda oveľa väčšiu variabilitu, čo je však dané aj výrazne nižšou teplotou vody v dominantnom zdroji Vyvieranie (8,1 °C), ktorá sa potom v priebehu ďalšieho toku rýchlo zohrievala. Podobný rozdiel bol i v hodnotách EC – vlastný tok Demänovky nad zmiešaním s vodou Vyvierania mal veľkosť EC 64,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (teplotu vody 11,2 °C) a tieto kontrastujúce hodnoty (Vyvieranie v bode 0 m: 193,6  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a 8,1 °C) sa po ich sútok na metráži 68 m zmiešavali ďalších približne 100 až 150 m po metráž cca 215 m. Pod týmto úsekom teplota vody pomerne rýchlo vzrastala z 9,0 °C po zmiešaní (215 m) na 9,5 °C (590 m), avšak okolo metráže 730 m opäť poklesla na 9,4 °C a na pôvodnú úroveň sa začala vracat' až v metráži 970 m, aby pri záverečnom bode (1353 m) v oblasti hydrometrovaného profilu P27 pod Kamennou chatou (chata pod Demänovskou ľadovou jaskyňou, v roku 2016 „Riverside Jasna“) dosiahla 9,7 °C a pri jeho ľavom brehu 9,8 °C. Stagnáciu, resp. mierny pokles teploty vody na úseku 730 – 970 m nesprievádza nijaká ďalšia anomália, daný jav môžeme pravdepodobne pripísať poveternostnej situácii – hodnoty mernej elektrickej vodivosti tu ostali nezmenené. Podľa hodnôt EC došlo k premiešaniu vôd Demänovky a Vyvierania takisto v metráži cca 215 m, keď bola veľkosť EC výslednej zmesi vôd 171  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . V ďalšom úseku však v dôsledku prítomnosti dvoch výrazných anomálií (205 m a 275 m) hodnoty na oboch brehoch a v strede toku ešte mierne kolíšu a definitívne ustálenie nastáva až na metráži cca 420 m (hodnota ~ 174  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Po metráž 820 m na úseku dlhom asi 400 m hodnota EC veľmi mierne vzrastá na ~177  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Táto hodnota potom pretrváva ďalších 400 m veľmi stabilne až po 1230 m. Tu sa pod vplyvom skupiny prameňov na ľavej strane koryta ( $t_{\text{vody}} = 7,5$  °C; EC 235  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) zvyšuje pri ľavom brehu na cca 180  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a hodnoty EC konvergujú až 177 – 178  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  v záverečnej metráži 1353 m pri Kamennej chate.

Významnejšie skryté prítoky povrchovej Demänovky sa zistili na metráži 205 m (sprava – viditeľný prameň s teplotou vody 8,3 °C a hodnotou jej EC 186,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , s výdatnosťou cca 10 až 15  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$  aj viac, ktorý spolu odtieká na úseku dlhom cca 10 m), a v jeho bezprostrednej blízkosti na metráži 209 m zľava (spod kameňov v ľavom brehu: 8,2 °C a 188,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Obe anomálie sa prejavujú aj vychýlením teplôt a EC vody na relatívne dlhšom úseku najmä pri pravom brehu.

Na metráži 275 m bola anomália spojená s viditeľným pramenným prútokom zľava (prameň z brehu s výdatnosťou cca 5  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 8,1 °C, 191,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), ako aj s menším prameňom na metráži 271 m sprava. Aj táto anomália sa prejavuje ovplyvnením teplôt a EC na cca 30 m úseku pozdĺž ľavého brehu. Menšia anomália sa zistila na úseku 404 m a 405 m sprava, významnejšia anomália potom na metráži 446 m sprava a pod ňou na metráži 475 m tiež sprava. Obe anomálie však v porovnaní s vyššie uvedenými vyznievajú rýchlejšie, bez výraznejšie trvajúceho (v dĺžkovom ponímaní) vplyvu na

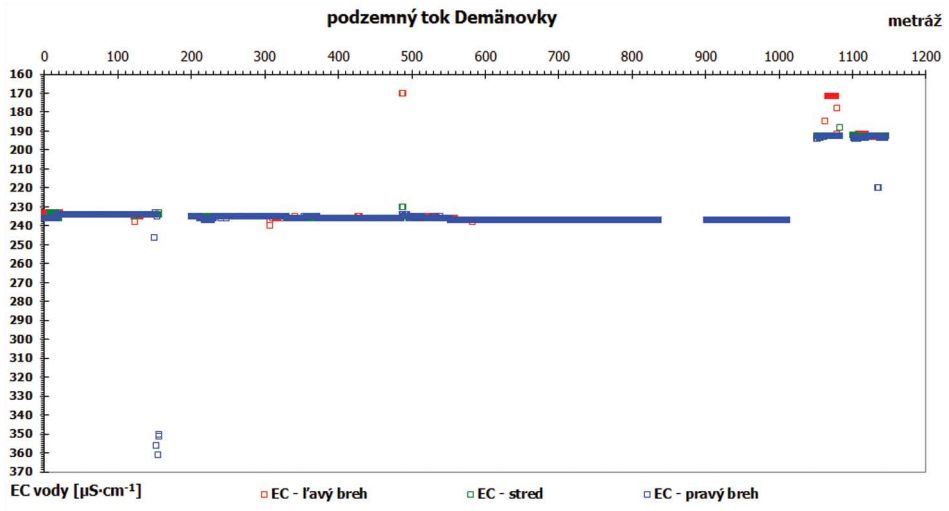
teplotu a EC vody v hlavnom toku. V úseku okolo 620 – 670 m ovplyvňujú mernú elektrickú vodivosť pri pravom brehu prítoky z oblasti dolinky Okno (zvyšujú jej veľkosť spočiatku na  $181 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , postupne sa na tomto úseku po pretečení cca 50 m dlhého úseku vráti na pôvodných  $\sim 175 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Vcelku je však okrem tohto viditeľného prítoku úsek toku povrchovej Demänovky medzi metrážou 500 m a 1200 m pasívny, bez viditeľnejších zmien. Skupina prameňov na ľavej strane koryta v metráži 1211 m až 1218 m je líniou výverov z ľavého okraja koryta s teplotou vody  $7,5 \text{ }^\circ\text{C}$  a hodnotami EC 235 až  $236 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Ich vplyv sa prejavuje na vlastnostiach vody pri ľavom brehu, na úseku cca 70 m poklesom teploty o  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  a vzrastom EC na  $\sim 180 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Celkove môžeme rozdeliť rezistivimetricky a termometricky dokumentovaný úsek povrchovej Demänovky na hydraulicky aktívnu hornú časť (najmä v metráži cca 200 m až 500 m) pri relatívnej pasivite ostatných častí.

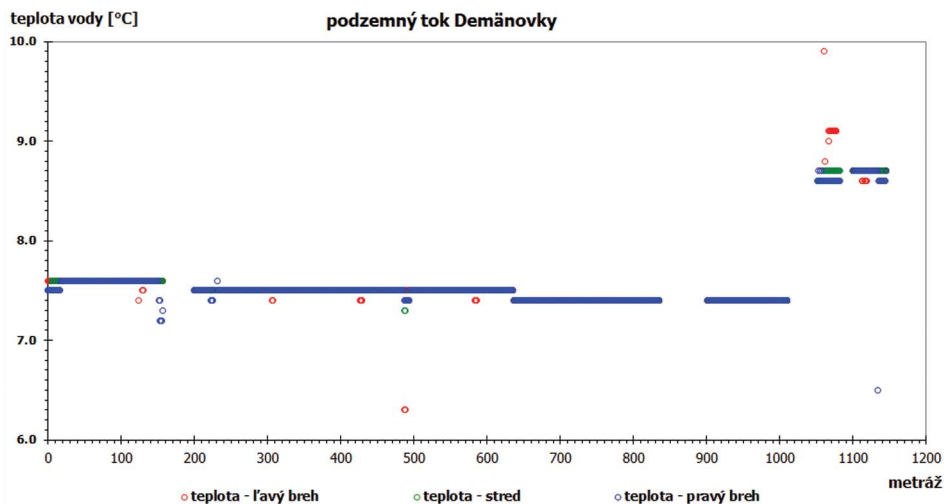
Lokalizácia rezistivimetrických a termometrických meraní, ktoré sa na podzemnom toku Demänovky vykonali dňa 30. 7. 2012 a povrchovom toku Demänovky 31. 7. 2012, je znázornená na ortofotomapovom topografickom podklade na obr. 7 a 8. Priebehy hodnôt mernej elektrickej vodivosti a teploty vody zistené meraniami na podzemnom toku Demänovky sú graficky vynesené na obr. 11 a 12, priebehy tých istých veličín namerané na povrchovej Demänovke sú na obr. 13 a 14. Interpretované výsledky rezistivimetrických a termometrických meraní na podzemnom toku Demänovky sú ako anomálie rozličného charakteru znázornené na topografickom podklade na obr. 15. Na obr. 16 sú potom rovnakým spôsobom znázornené anomálie zistené meraniami na povrchovej Demänovke dňa 31. 7. 2012. Na obr. 3 až 9 je dokumentovaný spôsob merania, miesto anomálie nad polosifónom pod Pekelným dómom Demänovskej jaskyne slobody („zapisovaná metráž“ 152 až 156 m) je na obr. 17 a na obr. 18 sa nachádza výrazná anomália z miesta nad Odtokovým (7.) sifónom zo zapisovanej metráže 1135 m, kde je časť prestupujúcich vôd viditeľná aj voľným okom. Na obr. 19 sú všetci účastníci v tomto článku opisovaných termometrických a rezistivimetrických meraní s výnimkou fotografujúcej D. Haviarovej. Detailnejšiu grafickú a tabelárnu dokumentáciu meraní je možné vyhľadať v prílohe č. 17 práce Auxta et al. (2012).

## ZÁVER

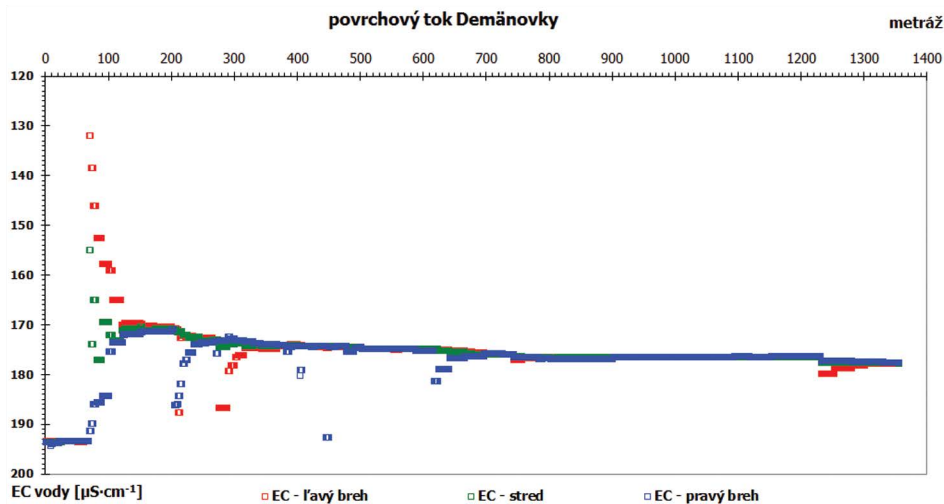
V dňoch 30. a 31. júla 2012 sa na toku Demänovky medzi Pekelným dómom a 7. sifónom, spájajúcim Demänovskú jaskyňu slobody a jaskyňu Vyvieranie, v podzemnom hydrologickom systéme Demänovskej doliny a na povrchovej časti toku Demänovky v Demänovskej doline medzi Vyvieraním a niekdajšou Kamennou chatou (v súčasnosti nesie táto chata pod Demänovskou ľadovou jaskyňou obchodný názov „Riverside Jasna“) realizovali podrobné termometrické a rezistivimetrické merania s krokom 1,0 m. V podzemnom hydrologickom systéme, napriek striedavým skrytým prírastkom a úbytkom prietokových množstiev Demänovky overeným hydrometrickými prácami (Auxt et al., 2012; Malík et al., 2013) neboli okrem dvoch prípadov zistené žiadne výrazné anomálie signalizujúce skryté vstupy teplotne a mineralizáciou sa odlišujúcich vôd. Z toho vyplýva, že zistené zmeny prietokových množstiev podzemnej Demänovky môžeme prisúdiť jej parciálnemu rozdzvojeniu do vedľajších priestorov, skrytému „odpájaniu sa“ časti vôd a ich následnému „pripájaniu sa“ k hlavnému toku prostredníctvom menších kanálových priestorov pravdepodobne čiastočne alebo úplne vyplnených hruboklastickými sedimentmi. Možno predpokladať, že s výnimkou už známych vstupov vôd od jaskyne Štefanová, od Demänovskej medvedej jaskyne,



Obr. 11. Priebeh hodnôt mernej elektrickej vodivosti (EC) na toku Demänovky v podzemnom hydrologickom systéme Demänovských jaskýň podľa rezistivimetrických meraní zo dňa 30. 7. 2012  
 Fig. 11. Evolution of specific electric conductivity (EC) along the Demänovka stream in the Demänovská Cave underground hydrologic system of according to resistivimetric measurements performed on July 30, 2012

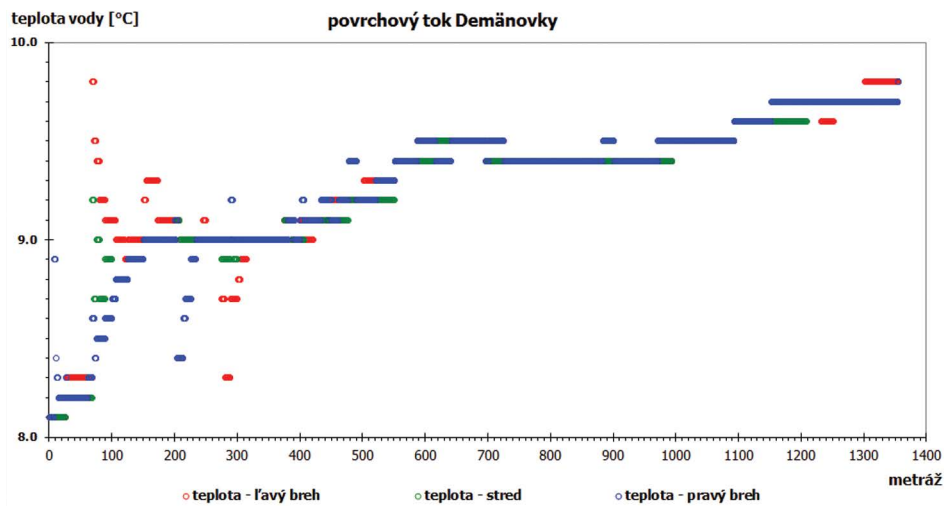


Obr. 12. Priebeh hodnôt teploty vody na toku Demänovky v podzemnom hydrologickom systéme Demänovských jaskýň podľa termometrických meraní zo dňa 30. 7. 2012  
 Fig. 12. Evolution of water temperature along the underground stream of Demänovka in the Demänovská Cave underground hydrologic system according to thermometric measurements performed on July 30, 2012



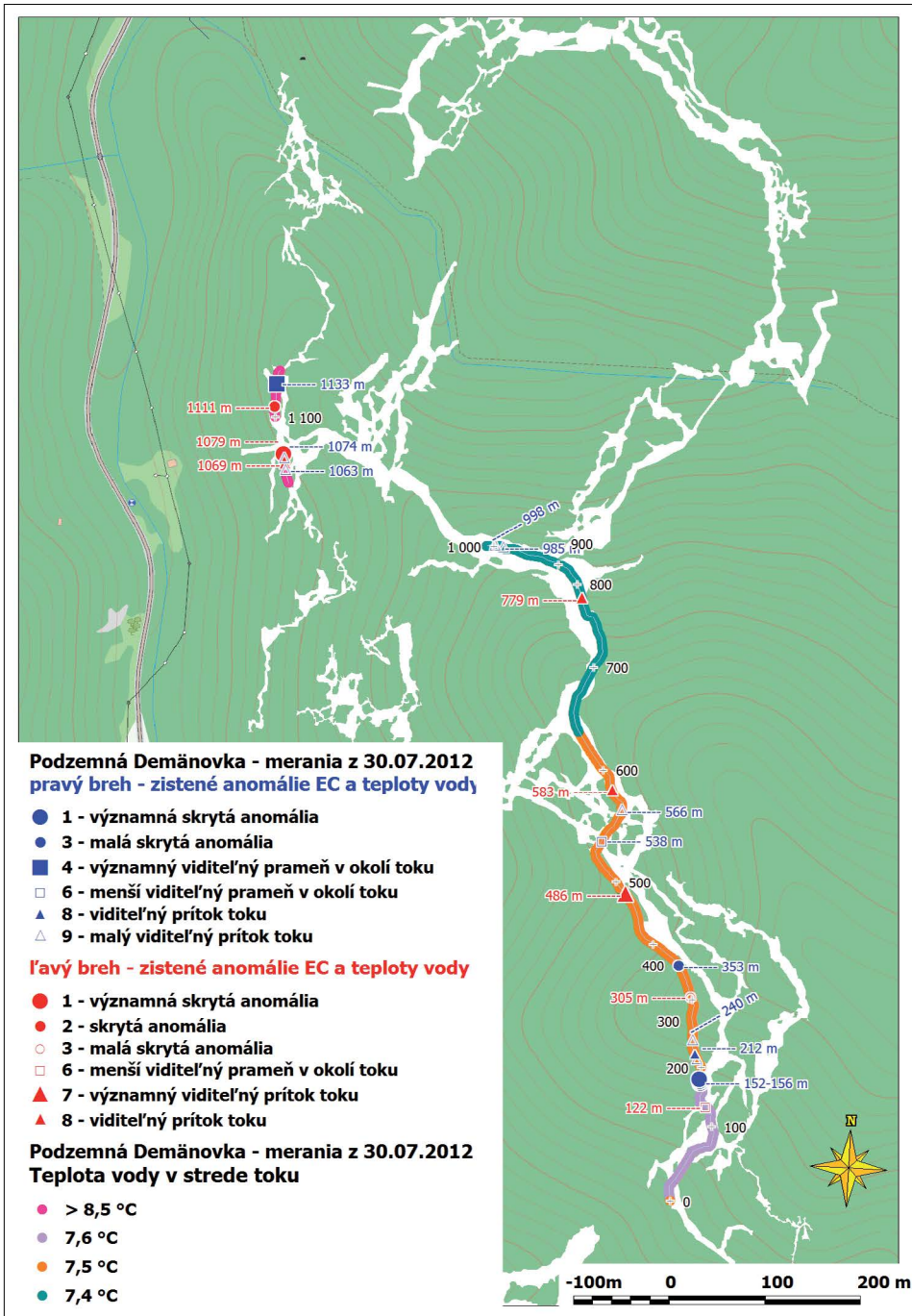
Obr. 13. Priebeh hodnôt mernej elektrickej vodivosti (EC) na povrchovom toku Demänovky medzi Vyvieraním a Kamennou chatou podľa rezistivimetrických meraní zo dňa 31. 7. 2012

Fig. 13. Course of specific electric conductivity (EC) in the surface stream of Demänovka between the sites of Vyvieranie and Kamenná chata according to resistivimetric measurements performed on July 31, 2012



Obr. 14. Priebeh hodnôt teploty vody na povrchovom toku Demänovky medzi Vyvieraním a Kamennou chatou podľa termometrických meraní zo dňa 31. 7. 2012

Fig. 14. Course of water temperature in the surface stream of Demänovka between the sites of Vyvieranie and Kamenná chata according to thermometric measurements performed on July 31, 2012



Obr. 15. Výsledky termometrických a rezistivimetrických meraní, vykonávaných na toku Demänovky v podzemnom hydrologickom systéme Demänovských jaskýň dňa 30. 7. 2012  
 Fig. 15. Results of resistivimetric measurements performed along the underground stream of Demänovka in the Demänovská Cave underground hydrologic system on July 30, 2012



Obr. 16. Výsledky termometrických a rezistivimetrických meraní, vykonávaných na povrchovom toku Demänovky medzi Vyvieraním a Kamennou chatou dňa 31. 7. 2012

Fig. 16. Results of resistivimetric measurements performed along the surface stream of Demänovka between the sites of Vyvieranie and Kamenná chata on July 31, 2012



Obr. 17. Meranie v oblasti anomálie nad polosifónom pod Pekelným dómom Demänovskej jaskyne slobody („zapisovaná metráž“ 152 až 156 m); zľava: M. Gregor, R. Černák, J. Švasta. Foto: D. Haviarová

Fig. 17. Measurements in the area of anomaly above the half-siphon bellow the Pekelný dome of the Demänovská jaskyňa slobody Cave; from the left: M. Gregor, R. Černák, J. Švasta. Photo: D. Haviarová



Obr. 18. Viditeľný pravý prítok na relatívnej metráži 35 m („zapisovaná metráž“ 1135 m) 5. úseku medzi 6. a 7. sifónom. Foto: D. Haviarová

Fig. 18. Visible right tributary on the relative footage of 35 m (“recorded footage” 1,135 m) of the 5<sup>th</sup> interval between the 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> siphons. Photo: D. Haviarová

Údolnej jaskyne a Objavného ponoru podzemná Demänovka takto hydraulicky komunikuje iba „sama so sebou“.

V oblasti Pekelného dómu sa na prvých cca 15 m od začiatku (nulového bodu) meraní dali sledovať dôsledky nedokonalého premiešania vôd s menej mineralizovaným a mierne teplejším prítokom od jaskyne Štefanová. Známy viditeľný prítok z Demänovskej medvedej jaskyne (zapisovaná metráž 486 m) sa prejavil v prúdnici podzemnej Demänovky poklesom EC o  $6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a teploty vody o  $0,2^\circ\text{C}$  a veľmi rýchlo vyznel (obr. 11, 12, 15).

Vlastnosti podzemnej Demänovky, ktoré sa od Pekelného dómu až po Podzemné prepádanie výrazne nemenili, sa pri vynorení vôd na zapisovanej metráži 1051 m zmenili dosť výrazne poklesom vodivosti o 44 až  $66 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a vzrastom teploty vody o  $1,2^\circ\text{C}$  až  $1,7^\circ\text{C}$ , čo svedčí o zviazanosti dodatočne prestupujúcich vôd s prostredím kryštalinika i s povrchom (o ich „alochtonnom charaktere“). Tu bolo teda aj týmto spôsobom overené vmiešanie sa pritekajúcich vôd od Objavného ponoru a Údolnej jaskyne v úseku medzi Podzemným prepádaním a oblasťou monitorovacieho bodu SSJ „Mramorové riečisko“ (zapisovaná metráž 1079 m). Zistená veľká variabilita hodnôt EC i teploty v tomto úseku svedčí o málo vzdialenom mieste pripájania sa uvedených prítokov k podzemnej Demänovke. Viditeľné prítoky do hlbokého jazierka v týchto miestach navyše sprevádzal citeľný zápach vody po splaškoch, čo nedáva veľkú perspektívu udržateľnosti vodárenského zdroja v jaskyni Vyvieranie.

Zistené skryté, dosiaľ neznáme anomálie boli väčšinou malé, s teplotným rozdielom len do veľkosti  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ , resp. s rozdielom EC do cca  $\pm 5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a ich účinok sa v hlavnom toku okamžite, už pri nižšom meraní strácal. Z väčších novozistených anomálií boli významnejšie iba dve, prvá nad polosifónom pod Pekelným



dómom a druhá v úseku medzi 6. a 7. sífónom, cca 10 m nad odtokovým sífónom do jaskyne Vyvieranie. Oba tieto výrazné skryté prítoky boli zo strany pravého brehu, t. j. z východnej strany od masívu medzi kótami 1752 Krakova hoľa a 1284 Kurence. Prvá (vyššia) z anomálií sa zistila na pravej strane jazierka nad polosífónom pod Pekelným dómom (zapisovaná metráž 152 – 158 m), zistené boli skryté prítoky vyššie mineralizovanej (až  $+126 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) a mierne chladnejšej vody (až  $-0,4^\circ\text{C}$ ). Anomália zistená v poslednom voľne prístupnom úseku podzemnej Demänovky v Demänovskej jaskyni slobody (medzi 6. a 7. sífónom, 10 m nad ponorom smerujúcim k Vyvieraniu v zapisovanej metráži 1135 m, v oblasti koncového bodu tu nainštalovaného fixného lana) bola o  $2,2^\circ\text{C}$  chladnejšia s vodivosťou o  $27 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  vyššou ako voda v hlavnom toku. Obe teda spájame s „autochtónnymi vodami“ dotovanými zo zrážok, obiehajúcimi vnútri masívu.

Teplota vody podzemnej Demänovky v priebehu jej toku od sífónu v Pekelnom dome nadol po ponor Podzemné prepadanie pri takmer konštantnej vodivosti  $236$  až  $237 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  v rámci súboru 2705 tu vykonaných zámerov pomaly klesala zo  $7,6^\circ\text{C}$  na  $7,4^\circ\text{C}$ , čo je znakom postupného ochladzovania sa povrchovej vody prístupujúcej do systému, prípadne (čo je menej pravdepodobné) by mohlo signalizovať vyššiu priemernú teplotu vôd vo vyššej časti podzemného hydrologického systému.

Pri termometrických a rezistivimetrických meraniach na povrchovej Demänovke v oblasti medzi Vyvieraním a Kamennou chatou prebiehalo vzájomné premiešavanie sa vôd Vyvierania ( $193,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a  $8,1^\circ\text{C}$ ) a povrchového toku nad ním ( $64,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a  $11,2^\circ\text{C}$ ) na úseku cca 100 až 150 m (EC zmiešanej vody bola potom  $171 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a jej teplota  $9,0^\circ\text{C}$ ). Neskoršia stopovacia skúška zo septembra 2012 na podzemnom toku v Kolibe Demänovskej jaskyne mieru ukázala, že zmeny v teplote a vodivosti v tejto časti povrchovej Demänovky sú spôsobené nielen miešaním vôd z Vyvierania a povrchového toku Demänovky nad ním, ale aj skrytými prítokmi vôd pochádzajúcich zo strácajúceho sa toku v Kolibe. Významné skryté prestupy podzemných vôd do Demänovky sa prejavili na metrážach 205 m a 275 m. Na metráži 205 m išlo o skrytý prítok sprava, ktorého časť (cca  $10$  až  $15 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  /  $8,3^\circ\text{C}$  /  $186,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) bola na pravom brehu ako prameň identifikovateľná voľným okom. Podobne tomu bolo v prípade skrytého ľavostranného prítoku na metráži 275 m sprevádzaného prameňom (cca  $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  /  $8,1^\circ\text{C}$  /  $191,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Obe tieto anomálie sa prejavujú vychýlením teplôt a EC vody na dlhších úsekoch popri brehoch. Počas hydrometrovacích prác (Auxt et al., 2012; Malík et al., 2013) tu boli (medzi profilmi P17 a P25) zistené skryté prírastky prítoku od  $13,3$  do  $211,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , s priemernou hodnotou  $93,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a mediánom hodnôt



Obr. 19. Aktéri rezistivimetrických a termometrických meraní na Demänovke v dňoch 30. – 31. 7. 2012 pred vstupom do Demänovskej jaskyne slobody cez Mramorové riečiško; zľava: J. Švasta, R. Černák, P. Malík, M. Gregor, A. Pažická a A. Bašteck. Foto: D. Haviarová

Fig. 19. Staff members performing resistivimetric and thermometric measurements on the Demänovka Stream during July 30<sup>th</sup> and 31<sup>st</sup>, 2012 taking rest in front of the entrance to the Demänovská jaskyňa slobody Cave through the Mramorové riečiško; from the left: J. Švasta, R. Černák, P. Malík, M. Gregor, A. Pažická, A. Bašteck. Photo: D. Haviarová

siedmich sérií intervalových hydrometrických meraní  $58,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tieto môžeme na základe termometrických a rezistivimetrických meraní lokalizovať na body metráže 205 – 209 m, resp. 275 m.

Po niekoľkých menších anomáliách (405 m, 446 m, 475 m) sa zdá byť úsek toku povrchovej Demänovky medzi metrážou 500 m a 1200 m pasívny, bez skrytej dotácie podzemnými vodami. V metráži 1211 m až 1218 m je potom skupina výverov z ľavého okraja koryta ( $7,5 \text{ }^\circ\text{C} / 236 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) pravdepodobne jediným možným miestom realizácie skrytých prestupov podzemných vôd do Demänovky ( $9,7 \text{ }^\circ\text{C} / 176 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), ktoré sa zistili medzi profilmi P25 a P27 (Auxt et al., 2012; Malík et al., 2013) vo veľkosti od 0,7 do  $93,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (priemerne  $47,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , s mediánom  $50,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Napriek vizuálne ťažko odhadnuteľnej výdatnosti sa totiž ich vplyv prejavuje ešte na cca 70 m dlhom úseku.

Predpokladáme, že vzájomná výmena týchto veľkých prietokových množstiev – ich prestup do Demänovky – je podmienená významným rozvojom dosiaľ neznámych podzemných krasových foriem (krasových kanálov), vyskytujúcich sa aj pod úrovňou súčasnej eróznej bázy v tejto časti Demänovskej doliny, hoci tie môžu byť vyplnené nánosmi klastických sedimentov. Pomocou podrobných rezistivimetrických a termometrických prác lokalizované miesta vstupov týchto vôd do povrchového toku azda napomôžu poznaniu týchto dosiaľ neznámych častí Demänovského jaskynného systému.

PodĎakovanie: V práci uvádzané výsledky sa získali vďaka projektu „Zlepšenie starostlivosti o Ramsarskú lokalitu – Jaskyne Demänovskej doliny“, ktorý bol realizovaný Správou slovenských jaskýň na základe výzvy Operačného programu Životné prostredie (číslo výzvy OPZP-PO5-09–1) pre programové obdobie 2007 – 2013 a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja a štátneho rozpočtu Slovenskej republiky. Metodicky vychádzalo riešenie problematiky z aktivity 3.5 „Stanovenie kvantitatívnych parametrov prirodzených výstupov podzemných vôd v priestore a čase“ projektu Integrovaný systém pre simuláciu odtokových procesov (ISSOP; ITMS kód 26220220066), ktorú v rokoch 2010 až 2015 riešil Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) na základe podpory Agentúry Ministerstva školstva SR pre štrukturálne fondy EÚ (ASFEU). Všetkým menovaným inštitúciám patrí poďakovanie autorského kolektívu. Autori takisto za aktívnu účasť na terénnych prácach ďakujú Mgr. Adamovi Bašteckovi.

## LITERATÚRA

- AUXT, A. – MALÍK, P. – KLAČANOVÁ, Z. – PRISTAŠ, P. – FILO, J. – ŠUCHOVÁ, M. – GRETSCH, J. – GREGOR, M. – BOTTLÍK, F. – MIKITA, S. – PAŽICKÁ, A. – BUČEK, S. – ČERNÁK, R. – NAGY, A. – MICHALKO, J. – MAGLAY, J. – MÁŠA, B. – ŠVASTA, J. – DANKO, D. 2012. Doplnkový hydrogeologický prieskum a monitoring ramsarskej lokality – jaskyne Demänovskej doliny. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, arch. č. 91991, 181 s.
- BELLA, P. – HAVIAROVÁ, D. – KOVÁČ, E. – LALKOVIČ, M. – SABOL, M. – SOJÁK, M. – STRUHÁR, V. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – ZELINKA, J. 2014. Jaskyne Demänovskej doliny. Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš. ISBN 978-80-89310-72-2, AEPRESS s.r.o. Bratislava, 200 s.
- BIELY, A. (Ed.) – 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, list mapy.
- BIELY, A. – BEZÁK, V. (Eds.), BIELY, A. – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLINEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – HANZEL, V. – KUBEŠ, P. – LIŠČÁK, P. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MOLÁK, B. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – SLAVKAY, M. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier 1 : 50 000. GS SR, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 232 s.

- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne. Krasové zjavy Demänovskej doliny. SAV, Bratislava, 289 s.
- DROPPA, V. – KLAUČO, S. 1985. Mezozoikum SZ svahov Nízkyh Tatier – hydrogeologický prieskum. Etapová správa čiastkovej úlohy za rok 1984. IGHP Žilina – závod Bratislava. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, arch. č. 65527, 73 s.
- HAVIAROVÁ, D. 2008. Nové poznatky k hydrografii jaskyne Štefanová (Nízke Tatry, Demänovská dolina). Aragonit, 13, č. 2, 20–23.
- HERICH, P. 2012. Poznámky k mapám jaskýň Demänovskej doliny. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 1/2012, ročník XLIII, 46–52.
- HERICH, P. – HOLÚBEK, P. 2015. Nad tabuľkami jaskýň Demänovskej doliny. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 3/2015, ročník XLVI, 9–10.
- JALOVÝ, J. 1953. Závrtý a ponory v horní časti doliny Demänovské a Repiskách. Československý kras, 5, Brno, 109–112.
- KULLMAN, E. – HANZEL, V. 1976. Hydrogeologický výskum mezozoika SZ svahov Nízkyh Tatier. Čiastková záverečná správa. Manuskript – archív Geofondu Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra, Bratislava, arch. č. 38600, 116 s.
- MALÍK, P. – HAVIAROVÁ, D. – GREGOR, M. – ŠVASTA, J. – BOTTLÍK, F. – ČERNÁK, R. – MIKITA, S. – PAŽICKÁ, A. – AUXT, A. 2013. Demänovská dolina: vzťah povrchových a podzemných vôd. Aragonit 18/2 2013, Správa slovenských jaskýň Liptovský Mikuláš, ISSN 1335-213X, 3–14.
- MÉRYOVÁ, E. 1990. Mezozoikum SZ svahov Nízkyh Tatier. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum. Záverečná správa – manuskript. Archív INGENEO Žilina.

## RESULTS OF THERMOMETRIC AND RESISTIVIMETRIC MEASUREMENTS ON THE UNDERGROUND AND SURFACE STREAMS IN THE DEMÄNOVSKÁ DOLINA VALLEY

### S u m m a r y

Longitudinal profile measurement of specific electric conductivity (resistivity) and water temperature (thermometry) were performed along the Demänovka karstic underground stream and its continuation on the surface in the Demänovská dolina Cave system (Slovakia, figures 1 and 2). Here, 978 meters of underground Demänovka Stream were measured on July 30, 2012. On its surface continuation, under the Vyvieranie Spring, next 1,353 meters were covered by measurements on July 31, 2012. Low water stages of the measured stream, corresponding to 264-day/279-day discharge (probability of exceedance 72 % and 76 %, respectively) were recorded in this period (Fig. 10, Table 1). Measurements on the underground Demänovka in the Demänovská jaskyňa slobody Cave took place between the Pekelný dóm Dome as the starting point and its terminating point – the 7<sup>th</sup> siphon leading to the Vyvieranie Cave (Fig. 7). On its surface part, Demänovka Stream was measured between the sites of Vyvieranie Spring and Kamenná chata (Fig. 8). Measurements were performed with the step of 1.0 meter in the streamline of active flow and also along its left and right side, 20 cm aside the stream-bank. Both parameters – water temperature and specific electric conductivity – were measured near the streambed, ~5 cm above the bottom, in the ~20 to 40 cm distance from the left or right bank, and also in the main streamline (see figures 11 – 14). WTW conductivity meter LF 325-A, enabling measurements of water temperature with the 0.1 °C accuracy and specific electric conductivity with the 0.1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  accuracy was used (Fig. 9). Although only 978 m of flow line were measured in the underground, “recorded footage” reached 1,145 m as the stream was several times interrupted by siphons, and the manually written records were repeatedly started at rounded values to the next 50 m of the new paper form (Fig. 5). For the purpose of keeping the data consistent, “recorded footages” are used to express the position of anomalies or measuring points. Reference points of the underground system are described in detail in the Appendix 17 of the Auxt et al. (2012) report. Courses of water temperatures and specific electric conductivity (EC) measured in the underground and surface stream of Demänovka are depicted on figures 11 – 14.

While flow accretion survey (discharge measurements on appropriately distanced locations of streams) can quantitatively define hidden surpluses or losses of discharge, detailed measurements

of water temperature and electric conductivity changes enables identification of precise locations of hidden tributaries into the main stream or water communication with the ground surface in karst conduits.

In the underground of the Demänovská dolina Cave System, only several hidden water inputs were identified (Fig. 15). The highest from the right side just above the half-siphon under the Pekelný dóm Dome on the recorded footage of 152 to 156 m (Fig. 17). Here, surpluses of the more mineralised water (in  $+126 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) and slightly cooler water (in  $-0,4^\circ\text{C}$ ) were detected. Another hidden water surplus was detected just 10 meters above the outlet siphon of Demänovka leading to the Vyvieranie Cave, on the recorded footage of 1,135 m. Part of this surplus was already visible (Fig. 18). This water input was  $2.2^\circ\text{C}$  cooler with EC in  $27 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  higher than in the main stream. Both anomalies are therefore linked to the “autochthonous” groundwater of the rock mass, supplied by infiltration of precipitation.

On the other hand, major hidden water inputs on a nearly 30 m long stream segment around the Mramorové riečisko site, recorded as temperature and EC anomalies on the recorded footage of 1,051 – 1,082 m from the left side can be connected to less mineralised water of “allochthonous” origin (granitic watershed) – known surplus from the Údolná jaskyňa Cave and surface water input from the Objavný ponor swallow hole. These inputs should be located quite near to the reappearance of the underground Demänovka in the Mramorové riečisko site, as the water mixing is still in process and both EC and water temperature values strongly vary from one point of measurement to another. EC values are 44 to  $66 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  lower than in the main stream above the siphon of Podzemné prepadanie, and water temperatures here are  $1.2^\circ\text{C}$  to  $1.7^\circ\text{C}$  higher.

While underground stream of Demänovka for the first 1,000 m of recorded footage from its appearance in the Pekelný dóm Dome down to the underground siphon of Podzemné prepadanie was keeping quite constant EC values of 236 to  $237 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , within 2705 taken records here water temperature was gradually decreasing from  $7.6^\circ\text{C}$  to  $7.4^\circ\text{C}$ . This can be explained as gradual cooling of water partly influenced by surface water inputs from the area above, or (what is less probable) can signalise higher water temperature in the higher part of the underground hydrological system.

Demänovka, as the surface stream under the site of major Vyvieranie Spring (what is outlet of the underground hydrological system to the surface) seems to be intensively enriched by groundwater inputs within the interval of 200 to 500 m under the Vyvieranie Spring (figures 13, 14, and 16). Junction point of the surface Demänovka Stream with the Vyvieranie outlet is located on the 65 m of the recorded footage (measurements started with zero value on the Vyvieranie Spring), and mixing process lasted next 100 to 150 m. This was interrupted by anomalies on the 205 m and 275 m. Waters of these anomalies (main stream  $171 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} / 9.0^\circ\text{C}$ ; 205 m anomaly  $186.4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} / 8.3^\circ\text{C}$ ; 275 m anomaly  $191.1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} / 8.1^\circ\text{C}$ ) were partly visible as open outlets on the right and left bank with estimated discharges of 10 to  $15 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  and  $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  respectively. Water of the main stream was influenced by these on a distance of several tens of meters. These groundwater inputs are represented as focused location of major hidden discharge surpluses reported by Malík et al. (2013) who measured the surpluses of  $13.3$  to  $211.8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , with the average of  $93.4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  and median value of  $58.7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (7 series of current meter measurements in different periods).

After several smaller anomalies (405 m, 446 m, 475 m), the lower part of surface Demänovka Stream seems to be without connection to groundwater inputs in the range of 500 m to 1,200 m of reported footage. In the footage interval of 1,211 m to 1,218 m a group of small springs on the left bank ( $7.5^\circ\text{C} / 236 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) is directly feeding the main stream ( $9.7^\circ\text{C} / 176 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) and its influence is visible on data measured nearly 70 m downstream. Here is probably the only site of hidden discharge surpluses reported by Auxt et al. (2012) and Malík et al. (2013) who measured hidden discharge surpluses between 0.7 and  $93.3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (average  $47.6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , median of 7 measurement  $50.8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

We assume that hidden discharge surpluses of such amount (several tens to more than hundred of litres per second) is attributed to development of recently unknown karstic channels (perhaps filled by rough debris), placed under the level of today’s erosional base of these parts of the Demänovská dolina Valley. Results of presented thermometric and resistivimetric measurements can be helpful in localising of these undiscovered parts of the Demänovská dolina karst system.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/1	53 – 64	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	---------	------------------------

## JASKYŇA HOMOĽA – PREHĽAD HISTÓRIE PRIESKUMU A NOVÉ ZAMERANIE JASKYNE

JOZEF PSOTKA<sup>1</sup> – PETER IMRICH<sup>2</sup> – VLADIMÍR PAPÁČ<sup>3</sup>  
– FRANTIŠKA MAJERČÍKOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko

<sup>2</sup> Slovenská speleologická spoločnosť, Speleoklub Šariš, Fučíkova 5, 080 01 Prešov

<sup>3</sup> Správa slovenských jaskýň, pracovisko Rimavská Sobota, Železničná 31, 979 01 Rimavská Sobota

### **J. Psotka, P. Imrich, V. Papáč, F. Majerníčková: Homol'a Cave – overview of the history of exploration and new cave survey**

**Abstract:** The Homol'a Cave is one of the most important cave of northeastern margin of the Muránska Plateau karst. We present the history of exploration by several generations of speleologists. Cave was first explored in the 1920s by members of the Karpathenverein – the German national tourist organization. In the 1950s the cave was explored and first cave survey was made by cavers from the Society of the National Museum, Prague. During the 1990s, members of the Speleoclub Muránska planina discovered and surveyed new cave passages. Subsequent attempts at cave prolongation were made in the new millennium by members of the Speleoclubs Drienka and Šariš. New complex cave survey was made and the cave reached the length of 1,725 m and the depth of 51 m.

**Key words:** cave exploration, history, cave survey

### ÚVOD

Jaskyňa Homol'a (Jaskyňa v Homoli, Telgártsky ponor) s dĺžkou 1725 a hĺbkou 51 m patrí medzi najvýznamnejšie jaskyne severovýchodného výbežku Muránskeho krasu i celej Muránskej planiny. Predstavuje priestorovým usporiadaním komplikovanú, ponorovú fluviokrasovú jaskyňu vytvorenú v svetlých vrchnotriasových vápencoch potokom Homol'a, prameniácim v horninách kryštalinika masívu Trestník (1392 m n. m.) na severovýchodnom okraji Stolických vrchov. Speleologický výskum tu od roku 1924 uskutočnilo viacero generácií jaskyniarov a pokračuje aj v súčasnosti. Náš príspevok je venovaný historickému prehľadu jaskyniarskeho prieskumu a tiež novému zameraniu a zobrazeniu jaskyne.

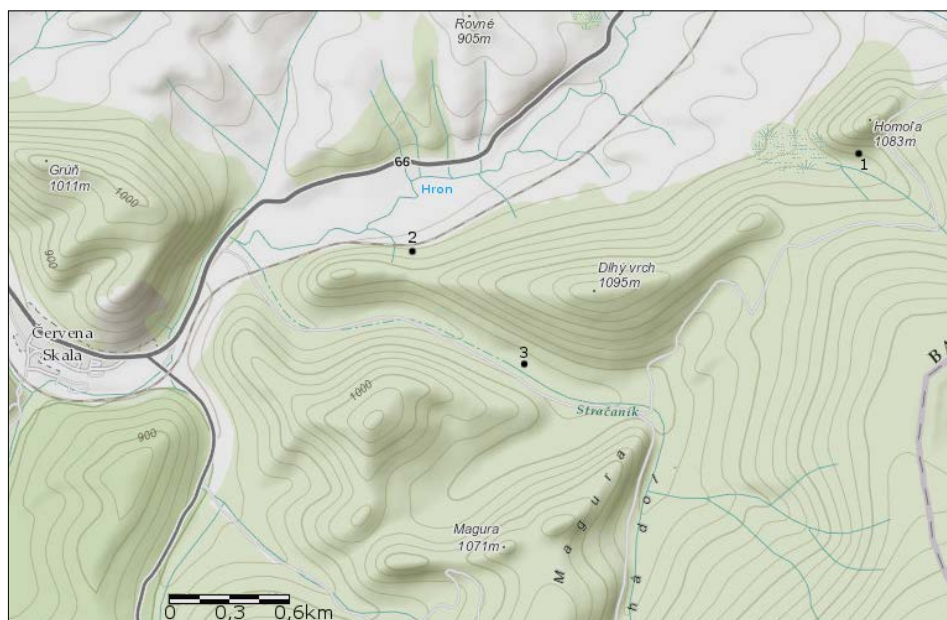
### PREHĽAD GEOMORFOLÓGIE A GEOLÓGIE ÚZEMIA

Severovýchodný výbežok Muránskeho krasu (Červenoslaský kras podľa Mátého, 2010) nemá charakter krasovej planiny, ale pozostáva z rozlohou väčších (Župkov vrch, Stračaník, Dlhý vrch) i menších vápencových masívov (Nad Roháčom, Tatričky, Homol'a a Skalica), oddelených dolinami alochtónnych horských potokov (Župkov, Stračaník, Homol'a) a zo severu ohraničených dolinou Hrona. Tektonicky a erózne rozčlenený úzky pruh karbonátov muránskeho príkrovu

silicika sa z JV stýka na muránskej zlomovej línii s veporickým kryštalinikom a smerom na SV k sedlu Besník postupne vyklíňuje. Túto krasovú oblasť Skřivánek (1962) charakterizoval ako okrajový kras. Ide o kontaktný kras s alochtónnymi tokmi prameňiacimi v horninách kryštalinika (prevažne granodiority až tonality),



Obr. 1. Poloha lokality na území Slovenska  
Fig. 1. Location on the Slovak territory



Obr. 2. Situačná mapa: 1 – jaskyňa Homoľa, 2 – vyvieraciačka pod viaduktom (vchod jaskyne Stratený potok), 3 – ponory Stračaníka. Mapa podľa World Topographic Map service, upravená. Zdroje: Esri, DeLorme, NAVTEQ, TomTom, Intermap, AND, USGS, NRCAN, Kadaster NL, and the GIS User Community, ArcGEO, ŠOP SR

Fig. 2. Sitemap: 1 – Homľa Cave, 2 – karst resurgence under the viaduct (entrance to the Stratený potok Cave), 3 – ponors of Stračaník Stream. Map according to the World Topographic Map Service, processed. Sources: ESRI, DeLorme, NAVTEQ, TomTom, Intermap, AND, USGS, NRCAN, Kadaster NL, and the GIS User Community, ArcGEO, ŠOP SR

ktoré sa na styku s vápencami ponárajú a vytvárajú riečne jaskyne. Podzemné vody sa odvodňujú do Hrona prevažne vyvieracťou pod viaduktom. Vyvieracťku v minulosti pozoroval SHMÚ pod číslom 6912 a názvom Telgárt Stračaník – ponor. Pozorovania prebiehali od novembra 1970 do októbra 1992, s minimálnou zaznamenanou výdatnosťou 40 l.s<sup>-1</sup> a maximálnou až 4580 l.s<sup>-1</sup> počas povodne 22. 10. 1974. Objekt 6910 Telgárt – Dlhá dolina nad ponorom Stračaníka bol pozorovaný od novembra 1970 do októbra 1989 s maximom 2680 l.s<sup>-1</sup> takisto počas povodne dňa 22. 10. 1974 (P. Malík, 2015, písomná informácia).

Na tomto území sa stýkajú horniny dvoch paleoalpínskych tektonických superjednotiek Západných Karpát: z JV sú to biotitické granodiority až tonality kráľovohofského príkrovu veporika a zo SZ za muránskym zlomom triasové karbonáty muránskeho príkrovu silicika. Masív Homole podľa geologickej mapy J. Bystrického (1959) pozostáva prevažne zo svetlých organodetrických steinalmských vápencov (anis). Charakterizuje ich ako „svetlé hrubolavicovité až masívne vápence zväčša drobnobrekciovitej textúry, obsahujúce diplopóry a svetlé masívne vápence preplnené krinoidovými článkami“. Píše, že lavicovitost' vidieť o. i. pri ponore Homoľa. Podľa geologickej mapy A. Klinca (1976) najvyššie časti masívu Homole tvoria ružové hľuznaté schreyeralmské vápence (anis-ladin). Podľa najnovšieho geologického mapovania a biostratigrafického výskumu (Kronome a Boorová, 2014) masív Homole pozostáva z vrchnotriasových vápencov: v jeho JV časti z tisoenských (tuval) a v SZ časti z dachsteinských vápencov (norik). Z JV sú karbonátové súvrstvia muránskeho príkrovu uťaté muránskym zlomom, ktorý predstavuje smerne posunovú štruktúru vzniknutú počas troch kompresívnych fáz od najstaršej po najmladšiu: SZ – JV, SV – JZ a V – Z (Marko, 1993).

## Z HISTÓRIE SPELEOLOGICKÉHO PRIESKUMU

Ponáranie potoka do jaskyne pod výrazným bralom v južnom svahu kopca Homoľa bolo isto už oddávna známe miestnym obyvateľom, ktorí však asi ťažko dokázali preniknúť ďalej ako niekoľko metrov od vchodu. Prvý speleologický prieskum tu podľa nám známej literatúry (Schön, 1926a) vykonali až v rokoch 1924 – 1926 členovia Karpatského spolku – *Karpathenverein*, konkrétne skupiny pre jaskyniarstvo v Banskej Bystrici (*Gruppe für Höhlenforschung, Zweig Neusohl*), pod vedením Ing. Františka Schöna. Jaskyňu, ktorú preskúmali, nazýva *Telgarter Wasserschlinger – Telgártsky ponor*. Historický prehľad jaskyniarskej činnosti Karpatského spolku podrobne spracoval Lalkovič (1994). Výsledky ich prieskumu v tejto jaskyni neboli ďalším generáciám jaskyniarov, ktorí tu pôsobili (Krasová sekce SNM Praha, Speleoklub Muránska planina) vôbec známe pravdepodobne preto, že boli publikované v ťažko dostupnom časopise *Turistik, Alpinismus, Wintersport*, ktorý vydával Karpatský spolok v rokoch 1924 – 1933 v Kežmarku. V ďalšom texte preto uvádzame opis jaskynných priestorov a priebeh prieskumu preložený zo Schönových článkov písaných v nemčine, aby sa tieto informácie dostali k súčasným slovenským jaskyniarom. Ako píše Lalkovič, členovia tohto spolku často pôsobili v krasových oblastiach, ktoré sa neskôr stali pôsobiskom

neskorších jaskyniarskych generácií, a preto by sme na ich činnosť nemali zabúdať pri hodnotení histórie vývoja slovenského jaskyniarstva.

František Schön navštívil túto jaskyňu prvýkrát v roku 1924 (Schön, 1926a). V miernom spáde cez skalné bloky a úlomky čoskoro dosiahol väčší priestor – *Predsieň*. Z tejto *Predsieni* vybieha niekoľko bočných chodieb a komínov, ale všetky sa končia slepo. Je to typický rúťivý priestor vyplnený skalnými úlomkami, na niektorých miestach hrozivo nakopenými na seba. Prekročením a prekonaním blokov dosiahol úzky kanál, hlboko erodovaný aktívnym tokom v pevnej hornine, ktorý sa po niekoľkých značne nepríjemných zákrutách otvoril do priepasti, do ktorej sa s hukotom rútila voda. Až na toto miesto prenikol Schön počas prvej návštevy. Ďalší postup priepasťou pre množstvo padajúcej vody nebol možný.

Dňa 23. 8. 1925 po prieskume Dobšinskej ľadovej jaskyne uskutočnila skupina výpravu do Telgártskeho ponoru. Následkom suchého počasia bol vodopád bez vody a v priepasti zostúpili 7 m pomocou lana do skalného výklenku, kde sa dalo pohodlne postaviť. Puklina priepasti je tu široká asi 1,5 m. Naproti výklenku asi o meter vyššie uvideli priestranný otvor. Ponad priepasť prešli do krátkej chodby ústiacej do veľkej, 10 m vysokej siene vyzdobenej kvapľami a rozličnými sintrovými formami. Jej dno je pokryté zrúteným materiálom a značne klesá. Keď zostúpili do hĺbky asi 15 m, dosiahli potôčik a súčasne labyrintovo rozvetvené chodby, takisto pekne vyzdobené. Preskúmali všetky chodby až k ich uzavretým alebo zaneseným koncom a zistili, že všetky pod miernym sklonom prebiehajú v jednom smere, preto ďalej predpokladali odtokový kanál vôd. Usúdili, že ďalší postup je tu možný až po náležitých výkopových prácach. Keď sa poriadne vynadávali na krásu kvapľovej výzdoby, mohli sa vrátiť k puklinovej priepasti. Po prvom zlanení nasledovalo druhé, tiež asi 7 m hlboké. Puklina sa nadol zužovala, pri dne bola veľmi úzka a nepohodlná. Zdola vyčnieval vysoký, mimoriadne ostrý a nebezpečný skalný výčnelok a smerom nadol vyplňal a delil priepasť na dve



Obr. 3. Vchod do jaskyne Homoľa. Foto: V. Papáč  
Fig. 3. The entrance to the Homoľa Cave. Photo: V. Papáč



úzke štrbiny. Puklina sa zdala na prvý pohľad úplne vyplnená a bez pokračovania. Po podrobnom prieskume však našli v jej východnom rohu, presne tam, kde bola puklina najužšia, v dne nenápadný otvor. Po odhádzaní skál uvideli novú priepasť. Prekonať otvor sa im nepodarilo, lebo bol veľmi úzky. Počas spúšťania banskej lampy dole uvideli, že sa ocitli v strope vysokej komínovitej siene a lano spustené dvojmo, vedúce až zhora v jednom kuse, vystačí len do polovice výšky siene. To ich prinútilo ďalší prienik nateraz prerušiť.

Povzbudení úspechom výpravy uskutočnili ďalšiu dňa 27. 9. 1925, práčne čakanom rozšírili úžinu (v úzkom priestore sa dalo pracovať len jednou rukou) natoľko, že mohli pomocou lana zostúpiť 8 m priepasťou, pričom hrozilo zrútenie ďalších kameňov a blokov. Z dna priepasti sa dostali ďalej krátkou, úzkou a kľukatou chodbou do priestoru s výškou 6 – 8 m, odkiaľ sa dalo pokračovať suchým riečiskom dvoma smermi.

Dohora cez sutinový kužeľ smeruje ešte tretia chodba, ktorá vedie do horného poschodia. Po vylezení dohora cez sutinu sa okolo pekných sintrových útvarov dostaneme až k mohutnému sutinovému kužeľu, ktorý v tomto smere jaskyňu uzatvára. Na konci, na pravej stene môžeme vysoko na zasintrovanej kope sedimentov vidieť hrubý 2 m vysoký stalagmit – *Pustovník*. Za ním pokračuje jaskyňa ďalej a k stalagmitu sa dá dostať spomínanou treťou chodbou a horným alebo lepšie povedané stredným poschodím.

Pokračujúc riečiskom dosiahli priestranú 18 – 20 m vysokú sieň, ktorá z neho vybieha. Riečisko sa stráca pod nízkou, okruhliakmi zanesenou klenbou v severovýchodnej stene. Spomínaná sieň je bohato vyzdobená kvapľami, zvlášť nápadný je *Oltár*, ktorý tvorí pekné zoskupenie stalagmitov a záclon, vyplňajúce výklenok v severozápadnej stene. Sieň je prepojená s vyššie ležiacim poschodím vysoko, takmer pod stropom ústiacou chodbou, čo sa potvrdilo, keď hore uvideli svetlo a začuli volanie kamarátov. Navrátiac sa späť ku križovatke chodieb nasledovali ešte tretiu, cez sutinu a zrútený materiál strmo dohora vedúcu chodbu nazvanú *Schodište*. Aj táto chodba je bohato vyzdobená kvapľami. Jej dno pri vstupe je tvorené úlomkami s výrazným podielom rozbitých sintrov rôznych hrúbok a tvarov, čo svedčí o minulej nádhere, ktorá bola kedysi zničená zrútením. Chodba sa kľukatí medzi vysokými kolmými stenami smerom dohora, kde sa slepo vetví. Len jedna odbočka sa nedala preskúmať do konca, pretože jej hlinené dno sa prepadlo a takto vzniknutá diera sa nedala prekonať bez istenia. Smerom nadol sa chodba rozširuje na nižšie položené miesto a odtiaľ cez balvany a kľzkú hlinu dosiahneme novú chodbu, ktorá vyústi pri *Pustovníkovi*, so strmým zrázom k spomínanému riečisku.

Povzbudení výsledkami výpravy z roku 1925 podnikli jaskyniari z bansko-bystrickej skupiny hneď na jar v dňoch 30. 4. – 2. 5. 1926 ďalšiu prieskumnú výpravu do podzemných priestorov. Zostup do jaskyne sa začal až potom, ako prehradili a odviekli potok tečúci do jaskyne. V rýchlom tempe prekonal prvú dve zlanenia. Tretie zlanenie im tentoraz prekazilo plán. Suchým odtokom potoka predsa presakovala voda, ktorá prenikala až do tretej priepasti, kde odtekala. V dôsledku premočenia seba i lana po krátkom pokuse o prienik sa tu vzdali



Obr. 4. Jeden z vertikálnych stupňov v jaskyni.  
Foto: V. Papáč  
Fig. 4. One of vertical steps in the cave. Photo:  
V. Papáč

ďalších pokusov, a vrátili sa k prvému zlaneniu, odkiaľ postupovali ďalej. Po viacerých výpravách si už mohli urobiť o jaskyni približný priestorový obraz a pomenovať jej priestory. Od prvého zlanenia po prekročení pukliny sa cez krátku chodbu prejde do asi 10 m vysokej siene, ktorej dno strmo klesá. Tento priestor podľa jeho nadmorskej výšky možno nazvať *Horný dóm*. Tento nie priamym prepojením, ale výškovo súvisí so *Stredným dómom*, ktorý sa dosiahne *Schodištom*, a ďalej nasleduje najnižšie ležiaci *Spodný dóm*. Tieto tri hlavné priestory neležia priamo nad sebou, ale sú v pôdoryse vzájomne posunuté. Z *Horného dómu* zostupom nadol sa dostaneme k už známemu aktívnemu potôčiku, ktorý nazvali *Prvý prítok*. Po prieskume systému chodieb tohto prítoku našli malú a nenápadnú plazivku, ktorá prekvapivo vyústila priamo do *Spodného dómu* oproti zoskupeniu sintrov nazvanému *Oltár*. Týmto objavom priamo prepojili tri priestory (*Spodný dóm*, *Schodište a Stredný dóm*), ktoré sa dali predtým dosiahnuť len po druhom a treťom zlanení. Tie sa tak mohli neskôr úplne vynechať, čo znamenalo značné uľahčenie ďalšieho prieskumu. Počas neho nasledovaním malej, často sa vetviacej rúrovitej chodby po aktívnom riečisku v blízkosti *Oltára* objavili nové rozvetvené labyrintové chodby prístupné len plazením. Tie sú však na koncoch zanesené a nedajú sa pre nedostatok miesta vypratáť. Nasledujúci deň začali skúmať od bodu, kde po prekonaní tretej priepasti a krátkej kľukatej chodby pokračuje hlavné riečisko. Tento priestor nazvali *Križovatka*, pretože sa z neho vetví väčšina chodieb a v pôdoryse zoskupuje tri hlavné dómy. Z *Križovatky* sa cez *Schodište* dostaneme do siene, ktorú nazvali *Stredný dóm*. Je vysoký 12 m. Jeho uklonené dno tvorí čiastočne hlina a sutina a je pokryté vysoko čnejúcimi mohutnými blokmi. Zo *Schodišťa* po odbočení doľava cez dóm sa po prekonaní skalných blokov dostaneme do krátkej chodby, ktorá vedie priamo ku stalagmitu *Pustovník*, kde chodba strmo klesá k aktívnemu riečisku. Stalagmit *Pustovník* je zaujímavý tým, že je veľmi naklonený a hrozí, že sa zrúti do riečiska; to sa skôr či neskôr stane, pretože stojí len na povrchu zasintrovaných sedimentov, ktoré postupne zdola odplavuje aktívny tok. Počas tejto výpravy účastníci v jaskyni aj fotografovali (Schön, 1926b).

Okrem Telgártskeho ponoru skupina preskúmala aj ďalšie jaskyne v okolí: jaskyňu Bobačka pri Muránskej hute, Mliečnu jaskyňu – *Milchhöhle* pri Červenej skale (podľa Lalkoviča, 1994 ide pravdepodobne o Ladzianskeho jaskyňu), pri

Zlatne ľahko prístupnú jaskyňu označenú ako č. 10, kde po druhej návšteve zistili poškodenie kvapľovej výzdoby (najskôr ide o Márnikovu jaskyňu, ktorá leží veľmi blízko cesty), jaskyňu Dudlavá skala pri Šumiaci, Zlatú jaskyňu (pravdepodobne jaskyňa Zlatnica), Machnatú a menšie bližšie neopísané jaskyne v kopci Grúň pri Červenej skale (Schön, 1926c, 1927). Vo veľmi stručnej správe o činnosti Schön (1926d) píše, že skupina v lete dôkladne preskúmala aj Červenorskalský ponor (ponor Stračaník), kde sa im podarilo odkryť peknú kvapľovú výzdobu. Neuvádza však žiadne ďalšie podrobnosti. V roku 1928 sa Banskobystrická skupina pre jaskyniarstvo rozpadla odchodom viacerých aktívnych členov a najmä jej vedúceho Františka Schöna (Schwarz, 2003), ktorý bol preložený na Okresný úrad do Levoče (Liebus, 1933 in Lalkovič, 1994).

O štvrtstoročie neskôr, v rokoch 1952 – 1958 sa prieskumu jaskýň tejto oblasti venovali členovia Krasovej sekcie Spoločnosti Národného múzea v Prahe: F. Skřivánek, F. Králík, K. Pazlar, M. Hess, K. Kraus, A. Absolon, B. Kučera, V. Stárka a ďalší. Podľa publikovaných správ (Skřivánek, 1954, 1958, 1962) však nevedeli o výsledkoch prieskumu a objavoch členov Banskobystrickej skupiny pre jaskyniarstvo z rokov 1924 – 1926 v jaskyni Homoľa. Prieskumnú činnosť Krasovej sekcie v jaskyni Homoľa opísal A. Absolon v nepublikovanom denníku (Absolon, 1954). Na jednej z akcií sa po silnej búrke výrazne zvýšila hladina podzemného potoka, čo jaskyniarom znemožnilo výstup po lane popri vodopáde a z jaskyne vyšli po narýchlo zhotovenom rebríku z dlhých brvien zanechaných predošlými prieskumníkmi a klincov používaných na stabilizáciu meračských bodov. Po tejto skúsenosti pri ďalšom prieskume jaskyne už odkláňali potok mimo hlavného ponoru pomocou hrádze (Skřivánek, 1954), ako to urobila už Schönova skupina v r. 1926. V príspevku v Krásach Slovenska je publikovaná povrchová schematická mapka ponorov so znázornením hrádze a odklonenia potoka. Podrobný opis priestorov jaskyne a náčrt jej genézy publikoval F. Skřivánek v Krasovom zborníku (1958) a v komplexnej štúdii o geológii a geomorfológii územia v Československom krase (1962). Zaujal ho senilný charakter horného poschodia jaskyne a predpokladá, že mladší tok tu vnikol do starých, sedimentmi vyplnených chodieb, ktoré z veľkej časti vypratá od nánosov. Poukazuje na intenzívnu eróziu v koryte aktívneho toku.

Počas 7. jaskyniarskeho týždňa SSS v auguste 1958 jaskyniari farbiacim pokusom dokázali hydrologickú súvislosť ponorov potoka Stračaník a potoka ponárajúceho sa do jaskyne Homoľa s vyvieracťou pri viadukte (dnešná jaskyňa Stratený potok), pričom farbivo sa objavilo o 2,25 h a v druhom prípade o 31 h (Benický, 1959, 1960). Kámen (1963) udáva hydrologickú súvislosť ponoru Homole s vyvieracťou „pri Hrone“ vzdialenou 1300 m, kde sa zafarbená voda objavila o 36 h a 35 min. Jaskyniari okolo S. Kámena v Homoli pravdepodobne pôsobili len veľmi krátko, pretože sa vôbec nespomína v ich publikovaných správach o činnosti. Zostup do jaskyne opisuje Kámen (1969) v prvej kapitole svojej knihy *Za svetlom karbidky*.

V neskoršej literatúre sa objavuje len krátky opis a zaujímavosti jaskyne od F. Skřivánka (1971) a tiež v knihe *Jeskyně a propasti v Československu*, kde autor konštatuje: „Vchod do jeskyně v Homoli bývá často zavalen šterkem, který sem

zejména při povodních a průtržích hojně splavuje horský potůček Homolka, měnící se během několika minut v dravý vodní příval“ (Skřivánek in Kučera et al., 1981).

## NOVODOBÝ PRIESKUM JASKYNE

Ďalšie obdobie v prieskume jaskyne začali až v roku 1989 jaskyniari zo SK Muránska planina, najmä z iniciatívy A. Breznaníka a D. Kotlarčíka. Na prvej akcii 1. októbra zistili, že vstup do jaskyne je zanesený štrkom a sutinou a hneď začali pracovať na prekope. Na ďalšej akcii 11. 3. 1990 prenikli do jaskyne cez extrémnu úžinu len D. Kotlarčík a P. Rusnák. V rokoch 1990 – 1991 sa venovali rozširovaniu tohto veľmi ťažko prielezného úseku, ktorý sa pokúšali aj obísť prekopaním vyššie ležiacej zanesenej chodby. Podľa nášho zamerania jaskyne ich už delilo veľmi málo, aby sa prekopali do Predsiene nad vyústenie dnešnej vstupnej úžiny. Na prácach sa podieľali najmä A. Breznaník, D. Kotlarčík, M. Paleček, M. Daniel, J. Rusnák, P. Rusnák, L. Kováč, M. Haluška a ďalší. Technické denníky z akcií uložené v SMOPaJ napísali A. Breznaník (4 ks), D. Michal (1 ks) a L. Kováč (1 ks).

Činnosť skupiny v jaskyni Homoľa sa obnovila roku 1995. Počas akcie 21. 8. našiel M. Uhrin na konci zanesenej chodby miesto s prievanom. Po ôsmich hodinách kopania a preplazení dopredu videli asi 5 m dlhú chodbičku a ďalej už pre nedostatok času a únavu toho dňa neprenikli. Na prekope pracovali D. Kotlarčík, M. Bodor, M. Uhrin (Speleoklub Muránska planina), A. Németh a L. Ludhová (Speleoklub UK Bratislava). Na miesto sa vrátili 8. 10. v zložení D. Kotlarčík, M. Bodor a M. Meško a po prekopaní plazivky objavili nové priestory. Na nasledujúcich akciách (14. 10. a 3. 12. 1995) zamerali polygónový ťah objavených priestorov, sondaovali na konci chodby *Krásna* a v chodbe *Za Kasperom* (M. Meško, M. Uhrin, M. Bodor, A. Breznaník, D. Kotlarčík a B. Šmída). D. Kotlarčík objavil horné poschodie chodby *Krásna* zdolaním tzv. *Trojúžiny*. Vo výkopových prácach vo vetve *Za Kasperom* pokračovali 8. – 9. 2. 1997. Viacero jaskyniarov (D. Kotlarčík, M. Breznaník, D. Remper, M. Mikuš, M. Meško, M. Uhrin, S. Hoza a M. Pašiaková) tam pracovalo na zmeny s cieľom dostať sa na aktívny tok. Po-

darilo sa im postúpiť suchou chodbou do malej siene s úzkymi prítokovými meandrami a dostali sa na krátky úsek aktívneho riečiska. Počas akcie 23. 2. 1997 vyliezol D. Kotlarčík istený G. Stibrányim asi 10 m v komíne v sieni *Aréna*. Prieskum na aktívnom toku (M. Meško a M. Bodor) zastavilo zníženie stropu do neprielezná. V lezení komína pokračovali 14. – 15. 6. 1997. D. Kotlarčík v technickom denníku konštatuje, že komín má výšku asi 20 m, oproti videl otvor, ktorého pokračovanie dohora sa prav-



Obr. 5. Úžina v jaskyni. Foto: F. Majerníčková  
Fig. 5. Narrow corridor in the cave.  
Photo: F. Majerníčková

depodobne zužuje do neprielezna. Cestou dole zlanil do paralelnej šachty, ktorá viedla do meandrujúcej chodby napájajúcej sa na hlavný ťah objavených priestorov. Posledná väčšia akcia do jaskyne sa uskutočnila 17. – 19. 12. 1999 za účasti 13 jaskyniarov. B. Šmída a D. Kotlarčík prešli už objavené priestory a zakreslili ich do nameraných polygónov. M. Audy preliezol od zlanenia nad vodopádom do strany a objavil asi 50 m chodieb, ktoré vyúsťujú na kvapľami bohato vyzdobenú galériu v *Hornom dome*. Všetky uvedené jaskyniarske akcie sú zdokumentované v technických denníkoch od D. Kotlarčíka (11 ks) a M. Mikuša (1 ks), ktoré sú uložené v SMOPaJ v Liptovskom Mikuláši. Článok s detailným opisom objavov a prieskumných prác bol publikovaný v Spravodaji SSS (Kotlarčík et al., 2000). Z článku je zrejmé, že ani oni nevedeli o prieskumných a objavných výpravách skupiny F. Schöna z rokov 1924 – 1926. Pravdepodobne nečítali alebo prehliadli štúdiu M. Lalkoviča publikovanú v Slovenskom krase 32.

V decembri 2000 do jaskyne uskutočnili prvú exkurznú akciu jaskyniari zo speleoklubu Drienka (T. Máté, V. Papáč a J. Psotka). V septembri 2003 sa sústredili na prieskum chodieb za *Trojúžinou* v časti *Krásna*. Táto vetva jaskyne zasahuje najhlbšie do masívu a zdala sa im perspektívna z hľadiska pokračovania jaskyne. Pri prieskume horných poschodí tejto úrovne našiel V. Papáč na konci meandra okno s miernym prievanom. Vylomením sintrovej kôry sme rozšírili úzky prechod a T. Máté prenikol úžinou do 3 m dlhého stúpajúceho meandra. Ten sa končil na dve vetvy sa rozdeľujúcou úžinou a dostal pomenovanie *Dvojitý meander*. Na toto pracovisko sa vraciame až o 2 roky, keď 4. 12. 2005 V. Papáč a M. Gaško rozšírili úzky prielez. Na ďalšej akcii 6. 5. 2006 V. Papáč, J. Psotka, M. Gaško rozširovali stúpajúcu vetvu Dvojitého meandra. J. Psotkovi sa podarilo natlačiť do stúpajúcej vetvy, pričom konštatoval, že chodba sa vyrovnáva, na dne je roztrúsené guáno a je tam citeľný prievan. V roku 2006 (23. 7., 26. 8., 9. 10. a 25. 11.) sme do Dvojitého meandra uskutočnili ďalšie rozširovacie akcie, pričom sme postúpili 5 m dopredu. Zároveň na každej akcii sme v jaskyni rozširovali úzke a na transport náročné miesta (Vstupná úžina, Objavná plazivka pod Arénou, Trojúžina). V roku 2007 sme do *Dvojitého meandra* uskutočnili 5 akcií (3. 3., 15. 3., 21. 11., 24. 11., 22. 12.), pričom sme stále pokračovali v rozširovaní hornej vetvy meandra. Na poslednej akcii sa nám podarilo preniknúť do pukliny vysokej 4 m, ale širokej len 50 cm, v ktorej bol možný postup pri dne alebo pri strope, kde bola puklina najširšia. V roku 2008 sme tu uskutočnili ďalšie 4 akcie (11. 1., 1. 3., 8. 3., 22. 3.), na ktorých sme rozširovali prístup do koncovej pukliny a začali sme s rozširovaním jej dna. Pri dne pukliny sme postúpili 2 m dopredu, avšak priestor sa ďalej zužoval. V marci 2008 sme pre bezpečnejší pohyb urobili lanový traverz z *Predsiene* k vodopádu. Zatiaľ poslednú akciu v *Dvojitom meandri* sme uskutočnili 4. 4. 2009. Na tejto akcii sa tieto priestory zmapovali (M. Gaško a P. Imrich) a celkovo bolo toto pracovisko prehodnotené z hľadiska perspektívy postupu do voľných priestorov. Za nádejné sa javí už len rozširovanie horných častí pukliny v závere. Celkove sme do Dvojitého meandra uskutočnili 16 akcií, počas ktorých sme postúpili 15 m.

Dňa 9. 10. 2006 V. Papáč preskúmal stúpajúci meander z chodby pri aktívnom toku v časti *Za Kasperom*. Tento meander bol po 15 m neprielezný, pretože ďal-

šiemu postupu bránili dva stalagmity a úzky profil. Na ďalšej akcii 25. 11. 2006 V. Papáč a J. Psoťka prenikli po rozšírení ohybu meandra do stúpajúcej chodby, z väčšej časti vyplnenej sedimentmi. Chodba sa po cca 10 m rozdelila na dve vetvy, ktoré pokračovali ešte asi 10 m a končili sa zanesením hlinitými sedimentmi až po strop. Po stenách chodby, ale aj na sedimentoch sa nachádzal väčší počet mŕtvych aj živých jedincov potočníkov (Trichoptera), podľa ktorých dostala chodba pomenovanie *Chodba potočníkov*. Chodbu sme o niekoľko rokov neskôr chceli zamerať, ale nepodarilo sa nám prekonať úžinu na ohybe meandra a neúspešné boli aj viaceré pokusy o jej rozšírenie.

V jaskyni sme sa snažili postúpiť aj na ďalších miestach. V roku 2009 sme kopali v chodbe na *Galérii v Hornom dome*. Smeruje na SZ a jej stúpajúci výbežok je ukončený závalom, ktorý pozostáva z rôznych úlomkov sintrov, vápencov a stmelенých hrubozrnných štrkových sedimentov. Po zameraní týchto priestorov sme však zistili, že chodba pravdepodobne fungovala ako bývalý prítok a nie odtok vôd, ako sme predtým predpokladali, preto sme tu práce skončili. V nových častiach jaskyne pracovali M. a F. Horčíkovci na rozšírení neprielezného okna v sintroch na konci strmo stúpajúcej chodby s výrazným stropným korytom, ktorá leží nad chodbou *Mliečny potok*. Za oknom bola len malá sienka so sintrovou výzdobou, z ktorej viedol úzky zasedimentovaný, pravdepodobne prítokový kanál, ktorý sme začali ďalej rozširovať, ale práce sme tu potom ukončili. Ešte v roku 2008 začali bratia Horčíkovci kopať pieskom zanesenú chodbu nad posledným známym úsekom aktívneho toku v chodbe *Za Kasperom*. Práca išla spočiatku ľahko, pretože sa ťažil nespevnený náplav piesku, ale po niekoľkých metroch sa objavila sintrová platňa, ktorú bolo treba rozbíjať. Kopaním postúpili asi 8 m do nízkej sienky vyplnenej presintrovanými balvanmi. Postup zastavil „betón“ v ďalšom pokračovaní chodby – presintrovaný žulový štrk s pieskom a občasnými väčšími kameňmi. V takomto materiáli sa so sekáčom a kladivom po niekoľkých hodinách podarilo nakopať 2 – 3 vedrá, a tak sa pozornosť upriamila na iné miesta jaskyne. Po čase sme sa k „betónu“ predsa len v roku 2012 vrátili. Na niekoľkých akciách s veľkými prestávkami sa v roku 2014 začalo trochu viac dariť; „betón“ bol síce stále nepríjemný, ale už nebol taký tvrdý. Po 7 pracovných akciách sa dosiahol nepatrný postup (asi 1 m), neskôr sa však v hornej časti chodby otvoril malý kanálik smerujúci nahor, vyplnený mazľavým blatom, a výplň chodby sa predsa len začala meniť k lepšiemu. V čelbe sa objavili menšie dutiny a zlepšilo sa vetranie chodby. Chodba, ktorá sa dovtedy rýchlo zahmlievala z vydýchaného vzduchu, sa zrazu začala viac čistiť. Pritom nebolo badať, odkiaľ sa ten čerstvejší vzduch berie. Na druhej pracovnej akcii v roku 2015 sa nám podarilo prekopáť do nevel'kého priestoru v pravej časti chodby, odkiaľ už bolo cítiť zreteľný prieván. Na ďalších akciách sme sa postupne prekopali najprv do malej sienky s brčkami a kvapľami, neskôr aj do väčších priestorov na vodnom toku. No ďalší postup bol možný iba po vode, a to prácnym znižovaním skalného stropu. Celkovo sme roku 2015 uskutočnili 16 pracovných akcií, na ktorých sme postupne zostrojili tri drevené lávky tvoriace umelé dno chodby, aby sme neležali vo vode, a pomocou nich sme mohli pokračovať v pohodlnejšom postupe pri znižovaní stropu po vodnom toku. V septembri 2015 sa F. Majerníčkovkej podarilo preplaziť sa v neopréne

po vode v smere toku a objaviť asi 9 m chodby, na konci sa však strop znižuje do neprielezného priestoru, no s citeľným prievantom. Tieto novoobjavené časti dostali meno *Vodná chodba*. Dĺžka objavených priestorov je asi 70 m. Nateraz je to náš posledný úspech v tejto jaskyni. Hoci postup na tomto mieste určite nebude jednoduchý, stále nás láka fakt, že vody tečúce v jaskyni Homoľa smerujú do jaskyne Stratený potok, v ktorej sa nám nedávno podarilo objaviť asi 1 km nových priestorov, pokračujúcich práve smerom na Homoľu. Budúcnosť ukáže, či je možné tieto dve jaskyne spojiť do jedného systému.

## NOVÉ ZAMERANIE JASKYNE

Vyššie spomínaný obnovený prieskum jaskyne a následné čiastkové objavy nás postavili pred dilemu dokumentácie jaskyne. Bolo problematické zaniest' nové priestory do už existujúcej starej mapy F. Skřivánka a následne napájanej novej mapy vytvorenej B. Šmídom. Zaujímali nás aj komplexnejší pohľad na jaskyňu v priestore masívu Homole. Takýto pohľad umožňujú spracovania mapovej dokumentácie novšími technikami, založenými na počítačovom spracovaní. Po dlhšom váhaní sme sa preto rozhodli nepokúšať sa napojiť čiastkové objavy na existujúci mapový konglomerát, ale vytvoriť novú komplexnú mapu jaskyne. Paralelne s prácami na objavoch sa tak 29. 12. 2007 začalo mapovanie celej jaskyne. Najintenzívnejšie bolo v rokoch 2008 až 2010, keď sa zmapovala väčšina priestorov jaskyne, a to zväčša klasickou závesnou banskou súpravou a pásmom; až koncom roka 2008 sme začali používať prístroj DistoX. Na spracovanie podkladov sa použil softvér Therion. Na meračských prácach sa vystriedalo celkovo 11 jaskyniarov a bolo uskutočnených 21 mapovacích akcií. Nateraz posledné dopapovanie priestorov Vodnej chodby sa uskutočnilo na konci roku 2015. Hlavnou výhodou nového spracovania mapy je možnosť bezproblémového pripojenia aj ďalších objavov, ktoré, ako všetci veríme, ešte prídu.

## LITERATÚRA

- Archív Speleoklubu Muránska planina (Technické denníky: D. Kotlarčík – 11 ks, A. Breznaník – 4 ks, D. Michal, L. Kováč – 1 ks, M. Mikuš – 1 ks).
- ABSOLON, A. 1954. Jeskyňárska kronika – deníky z let 1952 – 1954. Manuskript [Depon. In archiv ČSSJ].
- BENICKÝ, V. 1959. 7. jaskyniarsky týždeň. Slovenský kras, 2, Martin, s. 161.
- BENICKÝ, V. 1960. Jaskynná sústava Červenej Skaly. Československý kras, 12, Praha, s. 239.
- BYSTRICKÝ, J. 1959. Príspevok k stratigrafii muránskeho mezozoika. Geologické práce, 56, Bratislava, 5–53.
- KÁMEN, S. 1963. Príspevok k poznaniu hydrologických pomerov Muránskeho a Tisovského krasu. Slovenský kras, Liptovský Mikuláš, 4, 34–45.
- KÁMEN, S. 1969. Za svetlom karbidky. Obzor. 148 s.
- KLÍNEC, A. 1976. Geologická mapa Slovenského rudohoria a Nízkyh Tatier. Bratislava.
- KOTLARČÍK, D. – ŠMÍDA, B. – MEŠKO, M. – UHRIN, M. 2000. Homoľa – ďalšia kilometrová jaskyňa Muránskej planiny. Spravodaj SSS, 31, 2, Liptovský Mikuláš, 14–19.
- KRONOME, B. – BOOROVÁ, D. 2014. Geologická stavba masívu Tesnej skaly (Muránska planina, centrálné Západné Karpaty) – výsledky geologického mapovania biostratigrafického štúdia. Geologické práce, Správa 123, Bratislava, 7–29.

- KUČERA, B. – HROMAS, J. – SKŘIVÁNEK, F. 1981. Jeskyně a propasti v Československu. Academia, Praha, 252 s.
- LALKOVIČ, M. 1994. Karpatský spolok a jaskyne na Slovensku. Slovenský kras, 32, 91–118.
- LIEBUS, A. 1933. Ergebnisse der bisherigen Grabungen in der Oberen Tuffna-Höhle in der Slowakei, Sudeta IX, 2, 41–58.
- MARKO, F. 1993. Kinematics of Muráň fault between Hrabušice and Tuhár village. In Rakús, M. & Vožár, J. (Eds.): Geodynamic model and deep structure of the Western Carpathian. Conf. Symp. Sem., ŠGÚDŠ, Bratislava, 269–277.
- MÁTÉ, T. 2010. Prírodné pomery okolia Ladzianskeho jaskyne v Červenoskalskom krase. Slovenský kras, 48, 2, 223–239.
- SCHÖN, F. 1926a. Der Telgarter wasserschlinger. Turistik, Alpinismus, Wintersport, 4–5, Kesmark, 60–63.
- SCHÖN, F. 1926b. Zweig Neusohl, Gruppe für Höhlenforschung. Turistik, Alpinismus, wintersport, 4–5, Kesmark, 75–76.
- SCHÖN, F. 1926c. Der Telgarter wasserschlinger II. Turistik, Alpinismus, Wintersport, 12, Kesmark, 217–218.
- SCHÖN, F. 1926d. Zweig Neusohl, Gruppe für Höhlenforschung. Turistik, Alpinismus, wintersport, 10–11, Kesmark, 201–202.
- SCHÖN, F. 1927. Zweig Neusohl des K.V. Jahresbericht der Gruppe für Höhlenforschung für das Jahr 1926. Turistik, Alpinismus, Wintersport, 3–4, Kesmark, 107–108.
- SCHWARC, M. 2003. Karpathenverein v Banskej Bystrici a jeho činnosť v období prvej Československej republiky. Germanistické štúdie, Univerzita Mateja Bela, Fakulta humanitných vied, Banská Bystrica, 132–142.
- SKŘIVÁNEK, F. 1954. V krasovém území u Červené Skaly. Krásy Slovenska, 31, Bratislava, 335–338.
- SKŘIVÁNEK, F. 1958. Krasové zjavy severovýchodního výběžku Muráňského krasu. Krasový sborník, 1, Praha, 12–33.
- SKŘIVÁNEK, F. 1962. Geologický a geomorfologický výskum severovýchodního výběžku Muráňského krasu. Československý kras, 13, Praha, 89–120.
- SKŘIVÁNEK, F. 1971. Jaskyňa v Homoli. Ochrana přírody, 26, Praha, 4.

## HOMOĽA CAVE – OVERVIEW OF THE HISTORY OF EXPLORATION AND NEW CAVE SURVEY

### S u m m a r y

The Homoľa Cave is situated in the northeastern margin of the Muránska planina Plateau karst area. This area presents a type of the contact karst – a marginal karst with allogenic streams draining from the crystalline rocks, which disappears underground at the contact with the limestone and forming stream caves. Homoľa Cave is spatially complicated ponor cave with active stream formed in the Upper Triassic limestone. It was first explored in the 1924 by Fritz Schön, member of the Karpathenverein – the German national tourist organization, who himself reached the underground waterfall. His caving group from Banská Bystrica town explored the cave during several caving trips in 1925 and 1926. Some decades later during 1952 – 1958 the cave was explored and surveyed by cavers of the Society of the National Museum, Prague. They reported the length of the cave about 500 m. The cave remained forgotten until the beginning of the 1990s when members of the Speleoclub Muránska planina renewed exploration. During the 1995 they discovered and surveyed about 500 m of new cave passages. Next attempts to cave continuation were made in the new millennium by members of the Speleoclubs Drienka and Šariš. After detailed exploration and digging we decided to resurvey the cave. New complex cave plan was made and the cave reached the length of 1,725 m and the depth of 51 m.



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/1	65 – 78	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	---------	------------------------

## PÔDNA MAKROFAUNA (DIPLOPODA, CHILOPODA, SYMPHYLA) VYSOKOHORSKÉHO KRASU NÍZKYCH TATIER (ZÁPADNÉ KARPATY, SLOVENSKO)

JÁN GULIČKA<sup>†1</sup> – VLADIMÍR KOŠEL<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Nad lúčkami 53, 841 05 Bratislava 4, Slovensko, kosel2@azet.sk

**J. Gulička, V. Košel: Soil macrofauna (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) of the highmountain karst of the Nízke Tatry Mts. (West Carpathians, Slovakia)**

**Abstract:** Myriapods of 3 classes were studied in 3 karst territories on the south slope of the Nízke Tatry Mts in the highmountain environment. Diplopoda of 28 species, Chilopoda of 13 and 3 taxa of Symphyla were confirmed in the territory studied. Diplopoda of 11 species and 2 genera are endemic in the West Carpathians in Slovakia. Synecologically, synusia and distribution of Myriapoda were distinguished in relation to vegetation communities. Each species is characterized by frequency and constancy owing to the plant units. Species similarity index (Jaccard) was calculated between 5 plant communities. The highest identity have myriapod synusia of mountain beech forests with mountain spruce forests (cca 92 %). Species identity between dwarf pine and grasslands communities and alpine heaths and grasslands attains cca 52 %. Analysis of altitudinal distribution shows that only Diplopoda have marked decreasing in number of species in relation to the alpine plant communities: 25-22-25-16-8. The territory in question is exceptional from the point of view of nature protection and the authors suggest several protectional proceedings.

**Key words:** Myriapoda, vegetation communities, species similarity, synusia, vertical distribution, endemics, protection

### 1. ÚVOD <sup>2</sup>

O zložení pôdnych synúzií zoocenóz vysokohorského stupňa horských biómov Západných Karpát, podobne ako v mnohých veľhorských a horských oblastiach, existuje dosť početná, ale pritom medzerovitá a neúplná literatúra charakteru najmä taxonomického a faunistického, najčastejšie určitých obľúbených či vybraných skupín, prípadne len čeľadí, napr. Coleoptera, hlavne Carabidae (Pulpán, 1968). Pritom však treba zdôrazniť, že tu ide o synekologicky nadmieru významné komplexy biocenóz, ktoré vznikli v extrémnych vysokohorských podmienkach počas dlhého a zložitého vývoja, okrem iného už pred aj počas ľadových dôb v pleistocéne, niekoľkých interglaciálov a interstadiálov, ako aj v ďalšom vývoji v postglaciále, t. j. v procese dlhého vývoja od konca terciéru až do holocénu. Tieto biocenózy sú v rôznych horských systémoch tvorené často vývojovo významnými a reliktnými druhmi a rodmi s veľmi malým až úzko obmedzeným

<sup>1</sup> doc. RNDr. Ján Gulička, CSc. \*1925 – †1999

<sup>2</sup> Poznámka druhého autora (V. Košel): text doc. J. Guličku mal podobu záverečnej správy z výskumu z obdobia 1981 – 1985. Dátovaný bol na 10. 8. 1985. Žiadna časť správy nebola dosiaľ publikovaná. Pôvodná verzia bola skrátená, zrevidoval sa zoznam endemitov a mená druhov, prepísali a upravili sa tabuľky a pridali sa anglické ekvivalenty botanickej terminológie, doplnila sa literatúra a mapová príloha.

areálom. Dôležitú úlohu vo vývoji a zložení synúzií pôdnej makrofauny má všeobecne okrem klímy (makroklímy, lokálnej klímy a ekoklímy) aj mikroklima vysokohorských biotopov, tiež substrát – jeho mechanické, fyzikálne a chemické zloženie a vlastnosti. Jedným z najdôležitejších substrátov sú vápence a dolomity s ich priaznivými podmienkami pre rozvoj a zachovanie vysokohorskej bioty.

Táto téma je plánovitým pokračovaním úspešne začatých zoocenologických výskumov pôdnych synúzií, keď boli skúmané pôdne cenózy makrofauny najroziahlejších krasových pohorí Slovenska – Slovenského krasu, Muránskej planiny a Slovenského raja, pričom v úzkej nadväznosti boli študované aj zoocenózy jaskýň a priepastí (Gulička, 1985a).

Výskum priniesol rad poznatkov dôležitých pre vedu aj zoocenológiu Západných Karpát, medzi inými aj pre vedu nový endemický druh slepého jaskynného štrúrika *Neobisium slovacum* Gulička, 1977, ale aj rad podkladov a podnetov pre jaskyniarsku prax a ochranu prírodných krasových útvarov aj rezervácií. Materiály z výskumu boli poskytnuté centrálnym ochranárskym organizáciám, Správe slovenských jaskýň a bývalému Múzeu slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši.

Súčasne táto práca a téma nadväzuje na predošlé výskumy rôznych slovenských pohorí (Gulička, 1985a) a pokračuje najmä v oblasti Tatier, Malej a Veľkej Fatry a Choča. Významnou prácou z tohto aspektu je štúdia Tajovského (Tajovský, 1997) na mnohonôžkach z vysokohorského prostredia Tomanovej doliny v Západných Tatrách, ale študijná plocha bola aj v závere Bystrej doliny v masíve Štiavnicie blízko študijných plôch predmetnej štúdie, ale na kryštalickej podloží. Tajovský (2015) vyhodnotil tiež zmeny a dlhodobé trendy (1992 – 2008) vo vývine fauny Diplopoda v Tomanovej doline a vplyv geologického podložja (porovnanie kryštalinika a karbonátov) z pohľadu výskytu druhov a cenóz tejto skupiny.

## 2. VŠEOBECNÝ STAV PROBLEMATIKY A CIEĽ PRÁCE

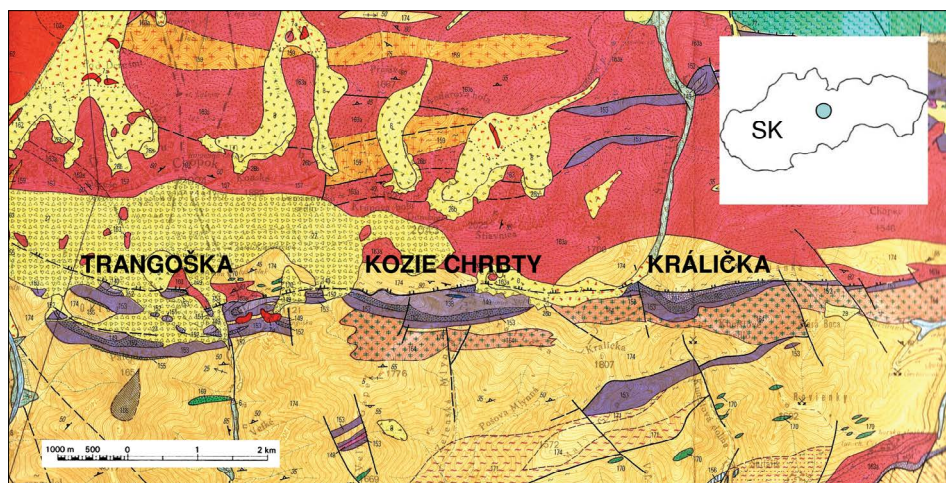
Ako už vyplynulo z úvodu, v podmienkach Západných Karpát chýba súhrnné a syntetizujúce zhodnotenie pôdnych synúzií zoocenóz vysokohorských biómov, najmä na krasovom substráte. Tieto biómy sú obzvlášť citlivé na moderný nápor človeka do vysokohorského prostredia. Preto za cieľové územie v tejto etape bola zvolená silne citlivá a postihovaná – alpínska krasová oblasť krasové územie Ďumbierskeho vysokohorského krasu. V minulosti bolo postihované hlavne pastierstvom a odlesňovaním, likvidáciou kosodreviny, dnes pochopiteľne vysokou koncentráciou horskej turistiky, rekreácie, lyžiarstva, budovaním turistických ciest a magistrál, vlekov, priesekov, hotelov, veternými a kôrovcovými kalami-tami, plošným výrubom, pesticídnymi postrekmi na pomerne malom priestore. S ohľadom na tieto okolnosti a vplyvy diaľkového prenosu emisií z priemyselných zón (územie má význam aj ako vodozberná oblasť s podzemným krasom, tokmi, prameňmi a vyvieraczkami, s budovaným vodným rezervoárom na Trangoške) bolo potrebné prikočiť k zisteniu dnešného stavu pôdnej fauny horských biocenóz, a tak k zachyteniu ešte pôvodného zloženia pôdnych synúzií s vysoko bioindikačnými vlastnosťami pre eventuálne prebiehajúce aj budúce zmeny v týchto spoločenstvách ako podklady na ďalšie prognózy i na zistenie najcenejších a najohrozenejších

fragmentov horských a vysokohorských zocenenóz. Pochopiteľne, doterajšie výsledky a len na obmedzenom území Ďumbierskeho krasu-juh nedávajú ešte všeobecne platný obraz o štruktúre a dynamike cenóz alpínskeho krasu našich pohorí. Postupne a plánovite budú spracované v ďalších rokoch nielen krasové oblasti Národného parku Nízke Tatry (NAPANT), ale aj ďalšie krasové horské terény s cieľom – po porovnaní a syntéze pôdnej horskej makrofauny – charakterizovať zloženie, vývoj a dynamiku zmien pôdnych synúzií na základe vybraných a citlivých bioindikačne aj zoogeograficky dôležitých skupín.

### 3. SKÚMANÉ ÚZEMIE

Výskum vybraných skupín pôdnych synúzií sme robili (J. Gulička leg. et det., pozn. 2. autora) v rokoch 1981 – 1985 v oblasti Ďumbierskeho vysokohorského krasu-juh na Trangoške, na Kozích chrbtoch a Králičke (obr. 1). Ide o 3 karbonátové sústavy, ktoré boli nasunuté či vovrásnené do kryštalinického podložia. Hlavnou stavebnou horninou sú triasové gutensteinské vápence s vložkami werfénkových vrstiev (bridlice a pieskovce) a kremencov a pieskovcov rôzneho charakteru. Ležia na podloží nekrasových hornín: sú to najmä biotické a dvojsľudové ruly, v prípade Kozích chrbtov a Králičky z južnej strany pristupujú ešte dvojsľudové a biotické granity. Trangoška z hornej (severnej) strany je ohraničená rozsiahlym periglaciálnym kamenným morom a blokoviskom (Biely a kol., 1992).

Trangošský kras z geologicko-geomorfologickej opísal Kubíny (1960, 1961). Rozdeľuje ho na 2 krasové systémy: západný (Trangoška-západ) a východný (Trangoška-východ). Západný systém leží západne od hotela Srdiečko a lanovky a siaha fragmentmi cez oblasť Príslopu (1556 m) a Pálenice (1653 m) až do záveru



Obr. 1 Geologická situácia skúmaného územia. Karbonátové regióny Trangoška, Kozie chrbty a Králička sú zavrásnené do kryštalinika na južnej strane Nízkych Tatier. Predstavujú krasové ostrovy (Biely a kol., 1992)

Fig. 1. Geological situation of the territory studied. Carbonate regions Trangoška, Kozie chrbty and Králička are folded into the crystalline on the south slope of the Nízke Tatry Mts. They present carst islands (Biely a kol., 1992)

Vajskovskej doliny a vyznačuje sa len malými zvyškami a ostrovčekmi skrasovatených vápencov, ináč celý tento kras je silne zasutinený kryštalinikom a porastený rozsiahlymi horskými lesmi (horské bučiny a smrečiny). Východný systém leží východne od hotela Srdiečko a je tiež rozsiahle pokrytý sutinami z južných svahov Chopka a Ďumbiera (obr. 1).

Krasové územie Kozích chrbtov bolo už podrobne preskúmané z hľadiska geologického, geomorfologického, karsologického a hydrogeologického. Podrobnú charakteristiku územia aj s mapkami podáva najmä štúdia Loučeka (Louček, 1956). Územie tohto krasu ležiace južne od hlavného hrebeňa Ďumbiera (2043 m) predstavuje ostrý krasový hrebeň s dvoma vrcholmi východozápadného smeru so strmými svahmi severnej a južnej expozície. Morfológicky je to kvesta, 278 m vysoká a 1,4 km dlhá, pričom vlastné Kozie chrbty ležia v nadmorskej výške 1680 – 1727 m a sú na nich vyvinuté škrapy, závrty a väčší počet jaskýň.

Vysokohorský kras Králičky leží východne od Kozích chrbtov a zaberá severný svah vrchu Králička (1807 m) nad záverom dol. Štiavnica (záver Jánskej doliny) pri Ďumbierskom sedle. Prv bol silne postihnutý odlesnením, pasením a zničením kosodrevinových porastov. Porasty sa postupne regenerovali a vyznačujú sa pestrým alpským rastlinstvom.

#### 4. MATERIÁL A METODIKA

Pri štúdiu pôdnych synúzií makrofauny bola použitá metodika podľa programu v predchádzajúcom výskume slovenského planinového krasu (Gulička, 1985a). Pri zbere materiálu bola použitá metóda vizuálneho (individuálneho) zberu v rôznych fytoocenózach a v rôznych vegetačných stupňoch od údolia Bystrej, Trangošky, Krúpovej doliny až po vrcholové partie Kozích chrbtov, kotla a severných svahov Králičky, po vrchol a hrebeň Ďumbiera. Vzhľadom na veľkú členitosť terénu, ako sú polia a pásy balvanov, sutinovísk, hustých porastov kosodreviny, bola táto metóda zberu kombinovaná s metódou časového zberu (zber na jednom stanovišti za 1 hodinu jedným pracovníkom).

Na niektorých stanovištiach s humusom a hlbšou pôdou bola použitá semikvantitatívna metóda presievania (oká presievadla 10 – 15 mm) a exhaustor, pričom preosiaty materiál z pôdy bol ručne prebraný do 2 – 3 hodín a vizuálne vyzbieraný. Na zachytenie a doplnenie obrazu druhovej a sezónnej dynamiky boli použité Barberove pôdne pasce bez návnady s cieľom zistiť denzitu aktivity podľa Heydemanna.

Zber materiálu z hľadiska časového (sezónneho) som vykonával hlavne v obdobiach optimálnych pre rozvoj skúmaných skupín pôdnej makrofauny a epigeónu, t. j. v jesenných mesiacoch (september – október) a v jarných mesiacoch (máj – jún): dátumy zberov boli v roku 1981 15. – 21. júna, 1. – 10. októbra, v roku 1982 5. – 12. mája, 20. – 30. septembra, v roku 1983 10. – 17. mája, 6. – 14. októbra, v roku 1984 20. – 30. júna, 2. – 12. októbra a v roku 1985 22. – 30. mája. Materiál som konzervoval v 70 % alkohole. Okrem materiálu tu spracovaného (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) zbierali sa aj ďalšie skupiny epigeónu, ako Isopoda – Oniscidea, Opiliones, niektoré Coleoptera, tieto skupiny však nie sú zahrnuté do tejto štúdie.

V synekologickej časti pri rozbere spoločenstiev bola z kvantitatívnych znakov vyjadrená dominancia a zo znakov disperzných prezencia (konštancia) v novej tabuľkovej modifikácii.

V nomenklatúre sledovaných skupín som sa pridržiaval mien použitých v štúdiu Gulička (1985a). Nové zmeny v názvoch niektorých rodov inými autormi sú uvedené v mojej revízii diplopód ČSR (Gulička, 1985b). (Poznámka 2. autora: názvy druhov Myriapoda sa upravili podľa Enghoffa, 2013 z databázy Fauna Europaea.)

## 5. VÝSLEDKY

### 5.1. Faunistický prehľad Myriapoda skúmaného územia

Keďže v tejto štúdiu ide hlavne o zoocenologické hodnotenie, neprikladáme tu osobitne systematický prehľad zistených druhov podľa čeľadí a rodov. Zoznam zistených taxónov Ďumbierskeho krasu je uvedený v syntetickej cenologickej tabuľke 1.

Celkovo tu bolo z Diplopoda zistených 28 druhov, z Chilopoda 13, zo Symphyla 2 druhy. (Poznámka recenzenta: pri symfylách taxonómia od čias napísania štúdie výrazne pokročila a je vysoko pravdepodobné, že za udávanými 2 druhmi by sa zistili aj iné.)

### 5.2. Synekologická časť

#### 5.2.1. Vegetačné jednotky

Ako základ synekologických jednotiek boli použité rastlinné spoločenstvá rôznej syntaxonomickej úrovne (asociácia, zväz, trieda), teda nie nižšie jednotky (rastlinné asociácie) v zmysle stredoeurópskej školy Braun-Blanquetovej a jeho nasledovníkov, pretože skúmané skupiny pôdnej fauny sú vyslovene detritofágne a saprofytofágne (Diplopoda, Oniscoidea) a ako také nejavia užšiu cenotickú afinitu k floristickej skladbe bylinných fytocenóz. Z druhej strany niektoré skupiny sú prevažne karnivorné a predátory (Chilopoda, Opilionida), a preto sa vyznačujú ešte širšou afinitou k nižším vegetačným jednotkám.

Vybrané vegetačné jednotky boli stanovené na základe geobotanickej literatúry, najmä mapy potenciálnej vegetácie (Michalko a kol., 1972, 1986). V oblasti Ďumbierskeho horského a vysokohorského krasu rozlišujeme tieto rastlinné spoločenstvá:

#### I. Horské lesné spoločenstvá (Mountain forest communities)

1. Kyslomilné bučiny (Acidophilous beech forests) (Luzulo-Fagetum sylvaticae Lohm et Tuxen 1954) skratka (abbr.) **LF**
2. Horské smrečiny (Spruce forests of the montane levels) (Vaccinio-Piceion Br.-Bl. 1938, Abieti-Piceion Br.-Bl. 1939) skratka (abbr.) **VP**
3. Vysokobylinné smrečiny (Tall-herb spruce forests) (Adenostylo alliariae-Piceetum auct.) skratka (abbr.) **AP**

## II. Subalpínske kosodrevinno-trávne spoločenstvá (Subalpine dwarf pine and grasslands communities)

4. Spoločenstvo kosodreviny (Dwarf mountain pine scrub communities) (Pinion mugho Pawl. 1928, a tráv (grasslands communities) (Calamagrostion villosae Pawl.) skratka (abbr.) **MC**

## III. Alpínske spoločenstvá (Alpine communities)

5. Spoločenstvá nízkych kríčkov a tráv (Snow-patch dwarf willow scrub and alpine grasslands) (Saliceta herbaceae Br.-Bl. 1948, Juncetea trifidi Hdč 1944, Elyno-Seslerietea Br.-Bl. 1948) skratka (abbr.) **SJS**

### 5.2.2. Pôdne synúziá zoocenóz

Na základe zápisov kvalitatívno-quantitatívneho rozboru pôdnej makrofauny boli výsledky zhrnuté do priloženej syntetickej cenologickej tabuľky (tabuľka 1). Pre každý druh v jednotlivých spoločenstvách sú v tabuľke uvedené 2 hlavné zoocenotické charakteristiky – dominancia a konštancia (v tabuľke 1. hodnota je dominancia, 2. hodnota je konštancia, napr. 3/2). Úprava a forma zápisu zoocenotických charakteristík v tabuľkách je pôvodná (modifikácia Gulička, 1985a).

Pri dominancii rozlišujeme túto klasifikáciu:

1. Akcesorické druhy (menej ako 1 % celkového počtu)
2. Influentné druhy (1 – 5 % z celkového počtu)
3. Dominantné druhy (viac ako 5 % z celkového počtu)

Pri klasifikácii prezencie (konstancie) používame túto stupnicu:

1. Akcidentálne druhy, vzácne, vyskytujúce sa v 0 – 25 % vzoriek
2. Akcesorické druhy, rozšírené, s výskytom v 25 – 50 % vzoriek
3. Konštantné druhy, hojné, s výskytom v 50 – 75 % vzoriek
4. Eukonštantné druhy, veľmi hojné, s výskytom v 75 – 100 % vzoriek

### 5.2.3. Štruktúra makrofauny pôdných synúzií

Z priloženého cenologického hodnotenia (tab. 1) vyplýva, že v skúmaných krasových útvaroch sa zistilo celkove 43 druhov Myriapoda, z toho 28 druhov Diplopoda, 13 druhov Chilopoda a 2 druhy Symphyla.

Druhovo najbohatšie sú spoločenstvá horských lesov, najmä vysokobylinné horské smrečiny (AP) na vápencovom substráte a najmä v severných expozíciách s bujným a floristicky pestrým podrastom, s vysokou a málo kolísajúcou vlhkosťou pôdy a prízemnou vrstvou ovzdušia; podobne sú bohaté aj horské bučiny (LF) s prímiesou javora, smreka a jedle, ktoré tvoria posledné výbežky zmiešaných lesov v závere Bystrej doliny, na horskom krase v okolí Trangošky, Krúpovej doliny, hornej Bystrej a Veľkého Gápl'a. Druhovo chudobnejšie sú spoločenstvá (zväzy) subalpínskeho a alpínskeho stupňa.

Tabuľka 1. Cenologické charakteristiky (dominancia/konštantia) Myriapoda vo vegetačných spoločenstvách (skratky spoločenstiev sú vysvetlené v texte)  
 Table 1. Coenological characteristics (dominance/constance) of myriapods in vegetation communities (abbreviations of those are in the text)

Orobiomy/Orobioms	Montánný stupeň Mountaine zone			Subalpínsky stupeň Subalpine zone	Alpínsky stupeň Alpine zone
	LF	VP	AP	MC	SJS
<b>Spoločenstvo/Community</b>					
<b>DIPLOPODA</b>					
<i>Polyxenus lagurus</i>	2/2	2/1	2/1	–	–
<i>Glomeris tetrasticha</i>	3/4	3/3	3/4	–	–
<i>Glomeris mnischechi</i>	2/2	–	2/2	–	–
<i>Trachysphaera acutula</i>	2/3	1/1	2/3	1/1	–
<i>Polydesmus complanatus</i>	3/4	2/3	3/4	2/3	2/1
<i>Polydesmus denticulatus</i>	2/2	–	–	–	–
<i>Strongylosoma stigmatosum</i>	3/3	2/2	3/3	2/1	–
<i>Mastigona bosniensis</i>	3/3	2/2	2/1	–	–
<i>Hylebainosoma tatranum</i>	2/3	2/2	2/3	3/4	3/3
<i>Chelogona carpathicum</i>	2/2	3/3	3/4	3/4	3/3
<i>Mastigophorophillon cirriferrum</i>	2/2	2/2	2/3	3/3	3/3
<i>Allorhiscosoma sphinx</i>	2/2	2/1	2/3	3/3	2/3
<i>Nemasoma varicorne</i>	2/2	1/1	1/2	–	–
<i>Julus curvicornis</i>	2/2	2/2	2/2	1/2	–
<i>Enantiulus nanus</i>	3/4	3/3	3/4	–	–
<i>Enantiulus tatranus</i>	2/1	1/2	3/3	2/2	1/2
<i>Xestoiulus carpathicus</i>	2/2	1/1	2/2	2/1	–
<i>Leptoiulus trilobatus</i>	3/4	3/4	3/4	2/2	–
<i>Leptoiulus liptauensis</i>	–	–	–	3/3	3/4
<i>Leptoiulus baconyensis</i>	2/1	1/1	1/1	–	–
<i>Leptoiulus tussilaginis</i>	–	–	2/2	3/4	3/3
<i>Megaphyllum silvaticum</i>	3/3	3/2	3/3	–	–
<i>Megaphyllum projectum</i>	3/4	3/3	3/4	3/2	–
<i>Unciger foetidus</i>	3/4	3/4	3/3	–	–
<i>Ommatoiulus sabulosus</i>	1/1	1/1	1/1	1/1	–
<i>Polyzonium germanicum</i>	3/4	3/2	2/2	–	–
<i>Polyzonium eburneum</i>	2/1	1/1	3/2	2/1	–
Počet druhov/Species number	25	22	25	16	8
<b>CHILOPODA</b>					
<i>Lithobius forficatus</i>	3/4	3/4	3/4	2/3	2/2
<i>Lithobius mutabilis</i>	3/4	3/4	3/4	3/3	3/2
<i>Lithobius piceus</i>	2/3	2/2	2/2	–	–
<i>Lithobius erythrocephalus</i>	2/2	2/1	2/2	–	–
<i>Lithobius aeruginosus</i>	2/3	2/2	2/3	2/2	–
<i>Lithobius curtipes</i>	–	–	–	2/3	2/2
<i>Cryptops parisi</i>	2/3	2/1	2/2	1/1	–
<i>Strigamia acuminata</i>	3/3	2/2	3/3	2/2	–
<i>Strigamia transsilvanica</i>	2/2	2/1	2/3	2/2	–
<i>Strigamia pusilla</i>	–	–	–	2/3	2/3
<i>Geophilus flavus</i>	3/3	3/3	3/3	2/1	–
<i>Geophilus proximus</i>	2/1	1/1	2/1	–	–
<i>Geophilus</i> sp.	–	–	–	1/1	1/1
Počet druhov/Species number	10	10	10	10	5
<b>SYMPHYLA</b>					
<i>Scutigera immaculata</i>	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
<i>Hanseniella nivea</i>	1/1	1/1	1/1	–	–
Počet druhov/Species number	2	2	2	1	1

K dominantným a konštantným až eukonštantným druhom patria:

a) v horských bučinách (LF):

Diplopoda: *Glomeris tetrasticha*, *Polydesmus complanatus*, *Strongylosoma stigmatosum*, *Mastigona bosniensis*, *Enantiulus nanus*, *Leptoiulus trilobatus*, *Megaphyllum silvaticum*, *Megaphyllum projectum*, *Unciger foetidus*, *Polyzoniium germanicum*.

Chilopoda: *Lithobius forficatus*, *Lithobius mutabilis*, *Strigamia acuminata*, *Geophilus flavus*

b) v horských smrečinách (VP):

Diplopoda: *Glomeris tetrasticha*, *Polydesmus complanatus*, *Chelogona carpathicum*, *Enantiulus nanus*, *Leptoiulus trilobatus*, *Megaphyllum silvaticum*, *Megaphyllum projectum*, *Unciger foetidus*

Chilopoda: *Lithobius forficatus*, *Lithobius mutabilis*, *Geophilus flavus*

c) vo vysokobylinných smrečinách (AP):

Diplopoda: *Glomeris tetrasticha*, *Polydesmus complanatus*, *Strongylosoma stigmatosum*, *Enantiulus nanus*, *Enantiulus tataranus*, *Xestoiulus carpathicus*

Chilopoda: *Lithobius forficatus*, *Lithobius mutabilis*, *Geophilus flavus*, *Strigamia acumina*

d) v kosodrevinno-trávnatých spoločenstvách (MC):

Diplopoda: *Hylebainosoma tataranum*, *Chelogona carpathicum*, *Mastigophorophyllon cirriferum*, *Allorhiscosoma sphinx*, *Leptoiulus liptauensis*

Chilopoda: *Lithobius forficatus*, *Lithobius mutabilis*, *Lithobius curtipes*, *Strigamia pusilla*

e) v alpínskych spoločenstvách nízkych – políhavých kričkov a tráv (SJS):

Diplopoda: *Hylebainosoma tataranum*, *Chelogona carpathicum*, *Allorhiscosoma sphinx*, *Leptoiulus liptauensis*, *Leptoiulus tussilaginis*

Chilopoda: *Lithobius mutabilis*, *Strigamia pusilla*

Synúzie myriapodných spoločenstiev vertikálnych orobiómov d'umbierskej skupiny boli zhodnotené pomocou Jaccardovho indexu (tabuľka 2). Podľa nej identita (zhoda) druhovej skladby cenóz javí sa takto:

– vysokobylinné smrečiny majú vysokú zhodu s horskými smrečinami (91,89 %).

O niečo nižšiu zhodu majú vysokobylinné smrečiny s horskými bučinami (85 %). Ako vidieť, tieto 3 skupiny horských zväzov montánneho lesného orobiómu sú v podstate druhovo takmer úplne zhodné, líšia sa hlavne kvantitatívnym zastúpením jednotlivých druhov.

Druhová identita týchto lesných formácií v porovnaní so subalpínskymi kosodrevinovými spoločenstvami je naproti tomu už podstatne nižšia a dosahuje zhruba hodnoty len polovičnej zhody (okolo 52 – 56 % identity druhov); ešte väčšie rozdiely v druhovej skladbe sú medzi horskými lesmi a alpínskymi spoločenstvami nízkych kričkov a tráv (hôľ), ktoré dosahujú len okolo 21 – 25 % identity druhov. Naproti tomu je pomerne dosť vysoká zhoda druhov medzi subalpínskymi kosodrevinno-trávnymi a alpínskymi spoločenstvami nízkych kričkov a tráv – takmer polovica zhodných druhov (52 %). Z uvedeného rozboru vyplýva, že v skladbe synúzií Myriapoda sú veľmi výrazné rozdiely v identite



Tabuľka 2. Identita druhovej skladby (Jaccardov index) myriapod v orobiómoch Ďumbierskeho krasu (skratky spoločenstiev sú vysvetlené v texte)

Table 2. Identity of species composition (Jaccard index) of myriapods in orobioms in the Ďumbiersky kras Mts. (abbreviations of those are in the text)

Orobiómy Orobioms	Lesné spoločenstvá Forest communities	Subalpínske spoločenstvá Subalpine communities	Alpínske spoločenstvá Alpine communities		
Spoločenstvá Communities	LF	VP	AP	MC	SJS
LF	–	91,89	85,00	52,38	21,42
VP		–	91,89	52,50	23,07
AP			–	56,09	24,39
MC				–	51,85
SJS					–

druhovej skladby podmienené nielen dnešnými ekologicko-existenčnými podmienkami (gradientmi ekoklímy, najmä teploty, vlhkosti, dĺžky snehovej pokrývky, dĺžke sezón, rozdielov insolácie, stavu vegetácie), ale aj faktormi historicko-ekologickými, medzi nimi najmä to, že najvyššie orobiómy v horstvách sa vyznačujú práve prítomnosťou a prevahou (dominanciou a konštanciou) endemickej zložky (endemity karpatské, resp. len výlučne západokarpatsko-slovenské, aj subendemity karpatsko-východoalpínske a karpatsko-sudetské), ktoré predstavujú výsledok geologicky dlhodobej adaptácie na špecifické podmienky subalpínskeho a alpínskeho stupňa. Výpočet týchto druhov zo skupiny karpatských endemitov a subendemitov je uvedený v ďalšom texte.

Z tohto rozboru vyplýva ďalej ten dôležitý záver pre ochranársku prax, že treba maximálne zabezpečiť ochranu najvyšších orobiómov našich Západných Karpát s ich pôvodnou a nenahraditeľnou endemickou zložkou, ako jedinečný a neopakovateľný genofond vývoja biosféry našich centrálnych Karpát. V prípade narušenia celých biocenóz hrozí nebezpečenstvo nenahraditeľných strát, pretože by už nebolo možné odnikiaľ získať a nahradiť významné karpatské a najmä výlučne slovenské endemity.

S uvedenými cenologickými rozbormi súvisí aj otázka vertikálneho rozšírenia taxónov u Myriapoda. Táto distribúcia podľa taxonomických skupín je zhrnutá v tabuľke 3. Najväčšie rozdiely vo vertikálnom rozšírení Myriapoda sú v triede Diplopoda. Vyplýva to z ich nízkej vagility, s nízkou schopnosťou väčšieho šírenia, s úzkou adaptáciou na jednotlivé orobiómy, sú detritofágne a saprofágne. V tejto skupine s nadmorskou výškou rapídne klesá počet druhov: zatiaľ čo v lesných spoločenstvách montánneho stupňa je okolo 22 – 25 druhov, v stupni subalpínskom s kosodrevinou je pokles asi o tretinu druhov – na 16, a ešte väčší pokles je smerom do alpínskeho stupňa – tu je len 8 druhov, t. j. polovica počtu druhov subalpínskeho stupňa a tretina počtu druhov montánneho lesného stupňa. Treba zdôrazniť, že v oboch najvyšších orobiómoch sa uplatňujú s prevahou práve druhy zo zložky karpatských endemitov.

Tabuľka 3. Počty druhov Myriapoda podľa vertikálnych stupňov v skupine Ďumbiera (skratky spoločenstiev v texte)

Table 3. Species numbers in myriapods according to vertical levels in the area of Ďumbier Mt. (abbreviations of those are in the text)

Orobiómy Orobiums	Montánný stupeň Montane zone	Subalpínsky stupeň Subalpine zone	Alpínsky stupeň Alpine zone		
Spoločenstvá Communities	LF	VP	AP	MC	SJS
Diplopoda	25	22	25	16	8
Chilopoda	10	10	10	10	5
Symphyla	2	2	2	1	1

Do zložky západokarpatských endemitov a subendemitov, ktoré si zasluhujú mimoriadnu ochranu, patria:<sup>3</sup>

*Chelogona carpathicum* (Latzel, 1882)

*Mastigophorophyllon cirriferum* Verhoeff, 1899

*Hylebainosoma tatranum* Verhoeff, 1899

*Allorhiscosoma sphinx* (Verhoeff, 1907)

*Glomeris mnischechi* Nowicki, 1870

*Julus curvicornis* (Verhoeff, 1899)

*Enantiulus tatranus* (Verhoeff, 1907)

*Xestoiulus carpathicus* (Verhoeff, 1907)

*Leptoiulus tussilaginis* (Verhoeff, 1907)

*Leptoiulus liptauensis* Verhoeff, 1899

*Polydesmus tatranus* Latzel, 1884

*Polyzonium eburneum* Verhoeff, 1907 (podľa recenzenta západokarpatský poddruh)

Teda celkove karpatských endemitov z Diplopoda je 12 druhov z celkového počtu 28, t. j. karpatský endemizmus v týchto orobiómoch predstavuje 42,9 %, čo je v podstate najvyššie zastúpenie karpatského endemizmu v určitej taxocenóze vo vyšších horských stupňoch Západných Karpát vôbec.

Ostatné druhy z Myriapoda uvedené v tabuľke 1 majú širšie rozšírenie, najmä v lesných spoločenstvách strednej Európy v stredohorách, prípadne pahorkatinách a nížinách (luhoch).

## ZÁVER

Z uvedených rozborov (druhového spektra, cenologických charakteristik, vertikálneho rozšírenia, druhovej identity spoločenstiev, dominancie a prezencie (konštancie) v spoločenstvách vyplýva, že pôdne synúziá makrofauny najlepšie

<sup>3</sup> V pôvodnom texte bolo uvedených 14 západokarpatských endemitov a 4 druhy ako celokarpatské a karpatské subendemity. Po overení ich novšieho rozšírenia (Enghoff, 2013) zo zoznamu endemitov a subendemitov bolo 6 druhov vylúčených.

zdôrazňujú biocenologickú osobitosť horských biómov Západných Karpát. Na základe toho treba v rámci ochranných opatrení v NAPANT-e vyčleniť tieto spoločenstvá s ich bohatou endemickou zložkou ako obzvlášť cenné a z hľadiska syngenetického ako jedinečné subalpínske a alpínske orobiómy a zaradiť ich do zón s maximálnou ochranou, t. j. presadzovať zákaz technicko-stavebných zásahov, rozširovania a presekávania nových chodníkov a magistral, zjazdových dráh, priesekov, ďalej starať sa o odklonenie masového turistického a rekreačného pohybu smerom do okrajových zón v celom komplexe Ďumbierskeho veľ'horského krasu a celej alpínskej zóny vôbec. Len dôsledná ochrana v praxi, nie formálne legislatívna ochrana relatívne pôvodného prírodného prostredia je rozhodujúca pre zachovanie špecifického genofondu a diverzity skúmanej fauny, ale nielen jej.

### ZÁVERY PRE PRAX

1. Oblasť horského a najmä vysokohorského krasu Kozích chrbtov zaradiť ako najcennejšiu sústavu orobiómov skupiny Ďumbiera do prísnej rezervácie. Vymedzenie je dané geologickými podmienkami kvesty Kozích chrbtov. Táto skupina má význam aj ako vodozberná oblasť pre rezervoár na Trangoške.
2. Presadiť asanáciu (odstránenie rôznych odpadov, skla, železného šrotu) v okolí Chaty SNP pod Ďumbierom, ležiacej práve na najvyššom bode Kozích chrbtov, zrušenie a rekultivácia malého lomu pri chate.

### SÚHRN

1. V rokoch 1981 – 1985 boli skúmané synúzie pôdnych Myriapoda (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) horského a vysokohorského krasu Nízkych Tatier v oblasti Ďumbier-juh (kras Trangoška, Kozie chrbty a Králička).
2. Synúziá pôdnej makrofauny (Myriapoda) sú tvorené 43 druhmi, z toho je 28 druhov z triedy Diplopoda, 13 druhov z triedy Chilopoda, 2 druhy z triedy Symphyla.
3. Synekologicky boli synúzie Myriapoda rozdelené podľa vegetačných spoločenstiev charakteristických pre vertikálne stupne a tvoriace orobiómy horských lesov (kyslomilné bučiny – 37 druhov, horské smrečiny – 34 druhov, vysokobylinné smrečiny – 37 druhov, kosodrevinno-trávnaté spoločenstvá – 27 druhov a alpínske spoločenstvá nízkych kríčkov a tráv – 14 druhov).
4. Na základe zoocenologických snímok bola zostavená syntetická zoocenologická tabuľka (1) podľa pôvodného modelu (Gulička, 1985a), kde sú zanesené pre každý druh v každom vegetačnom zväze výsledné hodnoty dominancie a prezencie (konštancie).
5. Z hľadiska identity druhov (Jaccardov index) najväčšiu zhodu majú synúzie myriapod horských bučín a horských smrečín (cca 92 %) a horských bučín a vysokobylinných smrečín (85 %). Takmer o polovicu sú menšie identity druhov medzi horskými lesmi (bučín a smrečín) s kosodrevinno-trávnymi zväzmi (cca 52 – 56 %), a ešte menšie hodnoty druhových identít sú medzi horskými lesmi a alpínskymi spoločenstvami nízkych kríčkov a tráv (hôľ) – približne

21 – 24 %. Druhov zhoda medzi subalpínskymi kosodrevinno-trávnymi zväzmi a alpínskymi zväzmi je cca 52 %.

5. Výrazné rozdiely identít druhov v orobiomoch vertikálnych stupnov sú podmienen fyzickým prostredím, geomorfologi, reliéfom, substrátom, klímou a synekologickou diferenciciu a historiu vývoja pôdnej makrofauny, najmä detritofgnych, petrofilnych zástupcov triedy Diplopoda. Epizitické Chilopoda majú širšiu ekologick valenciu a majú preto aj väčšie vertikálne rozšírenie.
6. Vertikálne rozšírenie počtu druhov Myriapoda podla vegetanych spoločenstiev je takto: horské bučiny – horské smrečiny – vysokobylinné smrečiny – kosodrevinn spoločenstvá – alpínske krčkove a trávne spoločenstvá): Diplopoda 25-22-25-16-8, Chilopoda 10-10-10-10-5, Symphyla 2-2-2-1-1. Výrazn pokles počtu druhov s nadmorskou výškou sa zistil len v triede Diplopoda (v alpínskom stupni cca 1/3 počtu druhov oproti montnnym lesnm spoločenstvám).
7. V synzich pôdnej makrofauny orobiomov skupiny Ďumbier-juh bol zisten vysok stupeň karpatského, resp. západokarpatského (slovenského) endemizmu v triede Diplopoda: z celkového počtu 28 druhov bolo endemitov 12, t. j. 42,9 %, medzi nimi aj endemicke rody *Allorhiscosoma* a *Chelogona*.
8. Na základe jedinečnej a výraznej štruktúry pôdnych synzi najmä horského až alpínskeho stupňa sa odporua najmä oblasť Kozích chrbtov a Krlcky zaradiť do prísne chránených zn NAPANT-u.

Podakovanie: doc. RNDr. Rudolfovi Šoltsovi, CSc., patri vdaka za úpravu a preklad geobotanickho nzvoslova. RNDr. K. Tajovskmu, CSc. (AVR esk Budjovice) dakujem za poskytnutie literatúry. Recenzentovi lnku vyslovujem vdaku a uznanie za opravy a cenn konštruktvne pripomienky.

SOIL MACROFAUNA (DIPLOPODA, CHILOPODA, SYMPHYLA)  
OF THE HIGH-MOUNTAIN KARST OF THE WEST CARPATHIANS  
(THE NZKE TATRY MTS., SLOVAKIA)

Summary

1. During the years 1981 – 1985, fauna of the soil Myriapoda (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla) of the mountain and high-mountain karsts in the Nzke Tatry Mts. – the region of umbier Mt.-south (Trangoška, Kozie chrbty and Krlcka karst islands) was studied.
2. Fauna of Myriapoda is composed of 43 taxa, namely of 28 species of Diplopoda, 13 of Chilopoda and 2 Symphyla.
3. Synecologically, synusia of Myriapoda were distinguished in relation to vegetation communities as follows: acidophilous beech forests – 37 species, mountain spruce forests – 34, tall-herb spruce forests – 37, dwarf pine and grasslands communities – 27 and alpine heaths and grasslands – 14 species.
4. According to zoocenological records, synthetic zoocenological table (Nr. 1) was compiled according to original model (Gulika, 1985a): there are final results of dominance/ presence (constancy) for each species, in each plant community.
5. From the point of view of species similarity (Jaccard index), the highest similarity have myriapod synusia of mountain beech forests with mountain spruce forests (cca 92 %) and mountain beech forests with tall-herb spruce forests (85 %). Lower value of similarity have mountain beech and spruce forests with dwarf pine and grasslands communities (cca 52 – 56 %). Much less similarity is between mountain forests and alpine heaths and grasslands (cca 21 – 24 %). Species identity between dwarf pine and grasslands communities and alpine heaths and grasslands is cca 52 %.

6. Vertical distribution of Myriapoda in connection with plant communities is as follows: Mountain beech forests – Mountain spruce forests – Tall-herb spruce forests – Dwarf pine and grasslands communities – Alpine heaths and grasslands: Diplopoda species 25-22-25-16-8, Chilopoda species 10-10-10-10-5, Symphyla species 2-2-2-1-1. Only in Diplopoda there is a prominent decrease in the number of species owing to the altitude.
7. In the synusia of Diplopoda in the region of Ďumbier Mts.-south, there was found out high proportion of endemic taxa of Carpathian and West Carpathian (Slovak) characters. Out of the total number of Diplopoda (28 species), 12 taxa have endemic character, that is 42,9 %, among them two endemic gene *Allorhiscosoma* and *Chelogona*.
8. It is recommended to include mainly the mountain and alpine zones of Kozie chrbty Mt. and Kráľička Mt. into strict protected zones on the basis of unique and outstanding fauna of Diplopoda and their synusia.

#### LITERATÚRA

- BIELY, A. et al. 1992. Geologická mapa Nízkyh Tatier 1 : 50 000. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 2 listy.
- ENGHOFF, H. 2013. Myriapoda. Fauna Europaea version 2.6.2, <http://www.faunaeur.org>
- GULIČKA, J. 1985a. Pôdna a jaskynná fauna krasových pohorí Západných Karpát (I). Slovenský kras a Muránska planina. Slovenský kras, 23, 89–129.
- GULIČKA, J. 1985b. Diplopoda ČSR. Zbor. Slov. nár. múzea, prír. vedy, 31, 59–80.
- KUBÍNÝ, D. 1961. Krasové systémy v obalových sériách Liptovských a Nízkyh Tatier. Slovenský kras, 3 (1959 – 1960), 3–20.
- KUBÍNÝ, D. 1960. Vysokohorský kras v okolí Trangošky. Krásy Slovenska, 37, 14–16.
- LOUČEK, D. 1956. Ďumbírsky velehorský kras. Rozpravy ČSAV, tř. MPV, 66, 3, 45 s, 16 fotografií, 3 plány.
- MICHALKO, J. a kol. 1972. B. Vysokohorské spoločenstvá. In Slovensko Príroda, Obzor, Bratislava, 531–543.
- MICHALKO, J. – BERTA, J. – MAGIC, D. 1986. Geobotanická mapa ČSSR. Slovenská socialistická republika. Veda, Bratislava, 165 s. + Mapová časť, 12 príloh.
- PULPÁN, J. 1966. Stanovení areálů a subareálů Československa vzhledem k faunistice brouku čeledi Carabidae (Coleoptera). Acta mus. Reginaehradecensis, Sci. nat. 9, 95–146.
- TAJOVSKÝ, K. 1997. Distribution of millipedes along and altitudinal gradient in three mountain regions in the Czech and Slovak Republics (Diplopoda). Ent. scand. Suppl. 51, 225–233.
- TAJOVSKÝ, K. 2015. Dlouhodobé změny spoločenstev mnohonožek v alpínské zóně Západných Tater. Živa, 5, 230–233.

## Príloha

### Zoznam zistených druhov v správnom tvare

#### DIPLOPODA

*Polyxenus lagurus* (Linnaeus, 1758)  
*Glomeris mnischechi* Nowicki, 1870  
*Glomeris tetrasticha* Brandt, 1833  
*Trachysphaera acutula* (Latzel, 1884)  
*Polydesmus complanatus* (L. 1761)  
*Polydesmus denticulatus* C.L. Koch, 1847  
*Strongylosoma stigmatosum* (Eichwald, 1830)  
*Mastigona bosniensis* (Verhoeff, 1897)  
*Hylebainosoma tatranum* Verhoeff, 1899  
*Chelogona carpathicum* (Latzel, 1882)  
*Mastigophorophyllon cirriferum* Verhoeff, 1899  
*Allorhiscosoma sphinx* (Verhoeff, 1907)  
*Nemastoma varicorne* C.L. Koch, 1847  
*Julus curvicornis* Verhoeff, 1899  
*Enantiulus nanus* (Latzel, 1884)  
*Enantiulus tatranus* (Verhoeff, 1907)  
*Xestoiulus carpathicus* (Verhoeff, 1907)  
*Leptoiulus trilobatus* (Verhoeff, 1894)  
*Leptoiulus liptauensis* (Verhoeff, 1899)  
*Leptoiulus baconyensis* (Verhoeff, 1899)  
*Leptoiulus tussilaginis* (Verhoeff, 1907)  
*Megaphyllum silvaticum* (Verhoeff, 1898)  
*Megaphyllum projectum* Verhoeff, 1894  
*Unciger foetidus* (C.L. Koch, 1838)  
*Ommatoiulus sabulosus* (Linnaeus, 1758)  
*Polyzonium eburneum* Verhoeff, 1907  
*Polyzonium germanicum* Brandt, 1837

#### CHILOPODA

*Lithobius forficatus* (Linnaeus, 1758)  
*Lithobius mutabilis* L. Koch, 1862  
*Lithobius piceus* L. Koch, 1862  
*Lithobius erythrocephalus* C.L. Koch, 1847  
*Lithobius aeruginosus* L. Koch, 1862  
*Lithobius curtipes* C.L. Koch, 1847  
*Cryptops parisi* Brolemann, 1920  
*Strigamia acuminata* (Leach, 1815)  
*Strigamia transsilvanica* (Verhoeff, 1928)  
*Strigamia pusilla* (Sselivanoff, 1881)  
*Geophilus flavus* (De Geer, 1778)  
*Geophilus proximus* C.L. Koch, 1847

#### SYMPHYLA

*Scutigera immaculata* (Newport, 1845)  
*Hanseniella nivea* (Scopoli, 1763)

### Staršie (neplatné) mená

*Glomeris formosa*  
*Glomeris connexa*  
  
*Strongylosoma pallipes*  
*Heteroporatia vihorlaticum*  
  
*Tatrasoma carpathicum*  
  
  
*Isobates varicornis*  
  
*Metaleptophyllum nanum*  
*Metaleptophyllum tatranum*  
*Microiulus carpathicus*  
  
  
*Chromatoiulus silvaticus*  
*Chromatoiulus projectus*  
  
  
*Schizophyllum sabulosum*  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
*Monotarsobius aeruginosus*  
*Monotarsobius curtipes*  
  
  
*Scolioplanes acuminatus*  
*Scolioplanes transsilvanicus*  
*Scolioplanes perkeo*  
*Geophilus longicornis*

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/1	79 – 87	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	---------	------------------------

## POPULÁCIA SALAMANDRY ŠKVRNITEJ (*SALAMANDRA SALAMANDRA*) V JASKYNI BOBAČKA (MURÁNSKA PLANINA)

MICHAELA KYSELOVÁ – MONIKA BALOGOVÁ – MARCEL UHRIN

Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Moyzesova 11, 04001 Košice, Slovensko; kyselova.micheala@gmail.com; monika.balogova01@gmail.com; marcel.uhrin@gmail.com

**M. Kyselová, M. Balogová, M. Uhrin: Population of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) in the Bobačka Cave (Muránska planina Mts)**

**Abstract:** Mark-recapture method was used in population of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) wintering in the Bobačka Cave from December 2011 to February 2015. Overall 92 specimens were identified using photodocumentation of their dorsal coloration obtained directly in the terrain. In terms of sex and age structure of the monitoring population we recorded dominance of females and adults in the wintering roost. Modifications of dorsal spot patterns were observed in 18 individuals with the shortest time period of change 307 days. During active season we found together 27 individuals in the vicinity of cave with dominance of females. Jolly-Seber model brought the most reliable results in terms of estimate of wintering population size. We also assessed microclimate conditions of winter roost. Bobačka Cave seems to be appropriate for wintering, since there is a relatively stable average temperature and fidelity of fire salamanders has been also observed.

**Key words:** *Salamandra salamandra*, Lissamphibia, mark-recapture, wintering, Bobačka Cave

### ÚVOD

Nedávna analýza preukázala, že obojživelníky patria k najohrozenejšej skupine stavovcov s výrazným poklesom populácií a so stovkami druhov na pokraji vyhynutia (Stuart et al., 2004). S ohľadom na fakt, že väčšina zástupcov triedy Lissamphibia je viazaných v rôznych štádiách biologického vývinu na suchozemský aj akvatický habitat, zvyšuje sa rozsah environmentálnych faktorov, ktoré ovplyvňujú ich distribúciu (napr. Denoël a Ficetola, 2008). Salamandra škvrnitá sa považuje v Európe za bežný druh chvostnatého obojživelníka, avšak v niektorých oblastiach vykazujú jej populácie pokles a lokálne sa stáva vzácnym druhom. Za jeden z možných faktorov spôsobujúci pokles početnosti tohto druhu sa považuje strata alebo modifikácia prirodzeného habitatu druhu (napr. Homolka a Kokeš, 1994; Manenti et al., 2008). Situáciu v súčasnosti zhoršuje aj šírenie hubového patogénu *Batrachochytrium salamandrivorans*, ktorý v niektorých oblastiach západnej Európy bol príčinou masového úhynu salamandier (Martel et al., 2013).

Na území Slovenska sa vyskytuje nominálny poddruh salamandry škvrnitej, *Salamandra salamandra salamandra*, jedince dorastajú v tejto oblasti do dĺžky 20 cm s charakteristickým čiernym sfarbením pokožky s nepravidelnými ostro ohraničenými žltými alebo oranžovými škvrnami, ktoré majú aposematickú funkciu (Francis, 1939; Lác, 1963; Dungel a Řehák, 2011). Dorzálna pigmentácia salamandier je uznávaným

neinváznym identifikačným nástrojom v štúdiách využívajúcich metódu spätného odchytu (napr. Carafa a Biondi, 2004; Bar-David et al., 2007; Schmidt et al., 2014), ale môže zohrávať úlohu aj v sexuálnej selekcii, pretože sa potvrdila prítomnosť sexuálneho dimorfizmu s väčšou plochou žltej pigmentácie u samcov ako u samíc, pričom tento rozdiel nie je badateľný voľným okom (Balogová a Uhrin, 2015). Determinácia pohlavia u tohto druhu je však pomerne komplikovaná, pretože samce nemajú sekundárne pohlavné znaky, ktoré by ich odlišovali od samíc, ako napríklad hrebene alebo výrazný farebný „svadobný šat“, typický pre napr. mloky rodov *Triturus*, *Lissotriton* a *Ichthyosaura* (Labus et al., 2013). Isté pohlavné rozdiely však existujú, samce sú menšie a štíhlejšie ako samice, majú dlhšie končatiny a počas obdobia rozmnožovania majú výrazne zdurenú kloaku, čo sa bežne používa ako determinatívny znak pri určovaní pohlavia tohto druhu salamandier (Degani, 1986; Klewen, 1986; Kalezić et al., 2000).

Podzemné úkryty majú veľký význam pre viaceré druhy obojživelníkov predovšetkým v obdobiach typických nepriaznivými klimatickými podmienkami (Manenti et al., 2009). Aj salamandra škvrnitá často skupinovo zimuje (aj desiatky jedincov pohromade) v podzemných úkrytoch napríklad v jaskyniach, pseudokrasových dutinách alebo v štôľňach (napr. Baumgart, 1981; Uhrin a Lešinský, 1997; Balogová a Uhrin, 2014). Mikroklimatické podmienky v jaskyniach a štôľňach sú pre obojživelníky veľmi výhodné, pretože teplota je stabilná a málokedy klesá pod bod mrazu. Tieto typy podzemných priestorov môžu pre salamandry predstavovať tiež vhodné refúgiá počas aktívnej sezóny alebo potravové stanovišťa. Rovnako však môžu pôsobiť ako prírodné pasce, kam jedince spadnú alebo sú transportované vodným prúdom (Uhrin a Lešinský, 1997).

Cieľom tejto štúdie bolo odhadnúť veľkosť zimujúcej populácie v prirodzenom zimnom úkryte a priniesť informácie o jej pohlavnej a vekovej štruktúre. Rovnako sme sa zamerali na analýzu stability dorzálnej škvrnitosti zimujúcich jedincov, medzisezónnych zmien ich rozmiestnenia a definovanie mikroklimatických podmienok monitorovaného podzemného úkrytu. Poznanie týchto charakteristík je dôležité pre identifikáciu potenciálneho významu podzemných úkrytov v ochranárskych stratégiách pre salamandru škvrnitú ako modelový druh obojživelníka.

## MATERIÁL A METÓDY

Opis lokality. Výskum sa realizoval v jaskyni Bobačka, ktorá je najrozsiahlejším jaskynným systémom Muránskej planiny (Sasvári, 1976; Kováč a Merta, 1991; Šmída et al., 2000). Nachádza sa v úzkej doline severozápadne od obce Muránska Huta. Je to fluviokrasová výverová jaskyňa s aktívnym vodným tokom so zmeranou dĺžkou 3036 m (Bella et al., 2007). Jaskyňa je významným zimoviskom pre viaceré druhy živočíchov, napríklad tu zimuje až 13 druhov netopierov (Uhrin et al., 2002). Vchod do jaskyne (50 × 80 cm) sa nachádza v nadmorskej výške 780 m a je uzavretý kovovými mrežami, ktoré nebránia prechodu menších živočíchov. Zimovanie salamandier sa študovalo vo vstupnej chodbe, ktorej dĺžka je 22 m, výška stropu sa pohybuje v rozsahu 1,0 – 1,8 m. V okolí jaskyne sa rozprestiera zmiešaný les s hlavným zastúpením smreka a buka.

Zber údajov. Výskum salamandry škvrnitej v jaskyni Bobačka prebiehal v období december 2011 – február 2015 (Kyselová 2013, 2015). Celkovo bolo vykonaných 21 návštev zimoviska a 37 návštev okolia lokality za účelom zistenia rozptylu jedincov



mimo úkrytu. Počas návštev zimoviska bolo pri odchyte každého jedinca zaznamenané miesto nálezu, typ úkrytu a jeho aktivita. Pohlavie jedincov bolo determinované na základe externej morfológie kloaky a prítomnosti *receptaculum seminis* u samíc (Francis, 1934; Opatrný, 1983). Veková štruktúra populácie bola stanovená na základe celkovej dĺžky jedincov. Salamandra škvrnitá dorastá v prvom roku života do celkovej dĺžky 9,5 – 11,5 cm. Po dvoch rokoch dosahuje dĺžku cca 12 – 14 cm. Neskôr je rast spomalený a vplyvom vonkajších faktorov nie je rovnako rýchly u všetkých jedincov (Baruš et al., 1992). Odchytené jedince sa vážili závesnou váhou (Pesola, 100 g) a odfotovali (Olympus Stylus 1010) v pripravenej nádobe s vloženou mierkou (obr. 1). Unikátna textúra škvrnitosti slúžila na tvorbu individuálneho kódu a označenia príslušného jedinca (Opatrný, 1983). Fotografie jedincov získané počas spätných odchytov sa navzájom porovnávali a analyzovali z hľadiska hodnotenia stability dorzálnej škvrnitosti tohto druhu. U jedincov, ktorých odchyt nebolo možné uskutočniť, sa zaznamenalo len miesto nálezu. Na začiatku každej zimnej sezóny boli na štyroch miestach v jaskyni (pred vstupom do jaskyne, vo vstupnej časti hneď za vstupným otvorom, v strednej a zadnej časti skúmanej chodby) umiestnené datalogery (DS1921G ThermoChron iButton), ktoré zaznamenávali teplotu v intervale každé štyri hodiny.

Pri návštevách lokality mimo zimnej sezóny sa zaznamenali aktuálny stav počasia, miesto nálezu a smer, ktorým bol jedinec otočený. Rovnako bola evidovaná aktivita jedinca, typ a charakter jeho úkrytu podľa vopred definovaných kategórií (voľne, pod skalou, pod koreňom stromu atď.). Miesto nálezu bolo georeferencované prístrojom (Garmin Oregon 450T) v súradnicovom systéme WGS84.

**Mark-recapture.** Metóda spätného odchytu (mark-recapture, CMR) spočíva v odchytení a označení jedincov, ich vypustení a viacnásobnom opakovanom odchytení (Heyer et al., 1994). Počas návštev zimoviska a jeho okolia boli všetky odchytené jedince odfotované a následne identifikované v laboratóriu na základe vytvoreného identifikačného kľúča a fotografií získaných v teréne. Opakované nálezy identifikovaných jedincov sa využili na odhad veľkosti populácie s využitím matematických modelov Jolly-Seber a Fisher-Ford. Oba tieto modely sú založené na predpoklade, že ide o otvorenú populáciu, kde jedince opúšťajú populáciu a vstupujú do nej prostredníctvom narodení, úmrtí, emigrácie a imigrácie (Letlink a Armstrong, 2003).



Obr. 1. Salamandra škvrnitá (*Salamandra salamandra*) zastihnutá v jaskyni Bobačka (vľavo) a spôsob fotodokumentácie pre biometrické spracovanie. Foto: M. Kyselová  
 Fig. 1. The fire salamander (*Salamandra salamandra*) in the Bobačka cave (left) and photographic documentation for further biometric processing. Photo: M. Kyselová

## VÝSLEDKY

### Pohlavná a veková štruktúra populácie

Počas štvorročného výskumu sa celkovo identifikovalo 92 zimujúcich jedincov, z ktorých bolo 44 samcov (47,8 %) a 40 samíc (43,5 %). Osem jedincov nebolo možné z hľadiska pohlavia identifikovať (8,7 %). Prevažne išlo o juvenilné jedince.

V populácii v jaskyni Bobačka dĺžku menej ako 9,5 cm dosiahlo 6 jedincov (6,5 %). Dĺžku v rozmedzí 9,5 – 11,5 cm a teda približný vek jeden rok sme zaznamenali u 13 jedincov (14,1 %), z toho bolo 8 samcov (61,5 %) a 5 samíc (38,5 %). Celkovú dĺžku medzi 12 – 14 cm dosiahlo 21 jedincov (22,8 %), z toho bolo 9 samíc (42,9 %), 11 samcov (52,4 %) a jeden jedinec nedefinovaného pohlavia (4,8 %). Viac ako 14 cm bolo zaznamenaných u 45 jedincov (48,9 %), z ktorých bolo 24 samíc (53,3 %), 20 samcov (44,4 %) a jeden jedinec nedefinovaného pohlavia (2,2 %). U týchto jedincov sme predpokladali, že majú viac ako 2 roky a je možné považovať ich za adultné jedince.

### Zmena v dorzálnej škvrnitosti

Zmena v škvrnitosti sa pozorovala u 18 jedincov (11 samíc, 7 samcov), čo predstavovalo 19,6 % z celkového počtu identifikovaných jedincov salamandry škvrnitej. Išlo o 2 typy zmien: (1) rozdelenie škvŕn a (2) zmenšenie plochy škvŕn. Zmeny boli pozorované na jednej až štyroch škvŕnách u toho istého jedinca za určité časové obdobie. Konkrétne u 9 jedincov (50 %) nastala zmena v jednej škvŕne, u 5 jedincov (27,8 %) v dvoch škvŕnách, u 2 jedincov (11,1 %) v troch a u 2 jedincov (11,1 %) v štyroch škvŕnách. Najkratšie časové obdobie, za ktoré sa zaznamenala zmena v škvrnitosti, bolo 307 dní (cf. Balogová et al., 2015).

### Početnosť, fidelita a rozptyl zimujúcich jedincov a jarná disperzia

Počas jednotlivých kontrol zimoviska sa celkovo zaznamenalo 1 až 29 jedincov v priebehu jednej kontroly, pričom pri nižšej vonkajšej teplote bolo na zimovisku zaznamenaných menej jedincov. Polovica zistených jedincov bola odchytená jedenkrát, najvyšší počet odchytov v počte 7 z 21 kontrol bol zistený u dvoch zimujúcich jedincov (tabuľka 1). Z celkového počtu zimujúcich jedincov bola u 32 (34,8 %) salamandier potvrdená fidelita k zimovisku. Konkrétne 22 jedincov sa podarilo pozorovať počas dvoch zimných sezón, 9 jedincov počas troch a jeden samec bol zaznamenaný počas všetkých štyroch sledovaných sezón. V prvej zimnej sezóne bolo zaznamenaných celkovo 39 zimujúcich salamandier. V druhej zimnej sezóne

Tabuľka 1. Prehľad počtu zaznamenaných jedincov (n) podľa ich celkového počtu odchytov (po)  
Table 1. Review of number of individuals (n) according their number of recaptures (po)

po	n	%
1	46	50,0
2	22	23,9
3	14	15,2
4	6	6,5
5	1	1,1
6	1	1,1
7	2	2,2
<b>Celkom</b>	<b>92</b>	<b>100</b>

bolo v jaskyni zaznamenaných celkovo 43 jedincov, z toho bolo 31 identifikovaných po prvý krát a 12 opakovane zaznamenaných. V zimnej sezóne 2013/2014 bolo na zimovisku zaznamenaných 43 individuálnych jedincov, z tohto počtu bolo 21 jedincov novo identifikovaných a 22 opakovane zaznamenaných. V poslednej skúmanej zimnej sezóne bolo v jaskyni zaznamenaných iba 10 salamandier, z tohto počtu bol len jeden jedinec novo identifikovaný.

Príchod jedincov na zimovisko bol zaznamenaný vo všetkých štyroch sledovaných zimných sezónach začiatkom decembra. V priebehu januára a februára sa jedince zdržiavali najmä v zadnej a strednej časti skúmanej chodby jaskyne. Začiatkom marca sa jedince začínali posúvať smerom k otvoru jaskyne. Jedince opúšťali zimovisko na prelome marca/apríla, vzhľadom na vonkajšie klimatické podmienky. V zimnej sezóne 2012/2013 bolo na konci marca zaznamenaných v jaskyni ešte 23 jedincov, v nasledujúcej sezóne vzhľadom na oveľa teplejšie počasie bolo zaznamenaných v polovici marca len 9 jedincov.

Vo vonkajšom okolí jaskyne bolo celkovo dohľadaných 27 salamandier, z ktorých sa 3 jedince nepodarilo fyzicky odchytiť. Z 24 odchytených jedincov dominovali samice (15 samíc, 62,5 %; 9 samcov, 37,5 %) a prítomnosť v jaskyni počas zimovania sa podarila potvrdiť len u 9 salamandier nájdených počas aktívnej sezóny vo vonkajšom prostredí. Najviac jedincov bolo zaznamenaných dňa 6. 4. 2014, kedy bolo pozorovaných celkovo 11 salamandier (10 samíc, 1 samec). Počas tohto dňa sa nám podarilo zaznamenať aj najvzdialenejšiu pozíciu jedinca od vchodu do jaskyne. Bol to samec, ktorý sa nachádzal vo vzdialenosti približne 300 m od zimoviska. Opakovaný nález bol zistený pod koreňom stromu približne 2 m od vchodu do jaskyne. Najviac kontrol okolia zimoviska počas aktívnej sezóny bolo vykonaných v mesiacoch marec (v závislosti na snehových podmienkach na lokalite), apríl, október a november. V iných mesiacoch sa návštevy lokality skončili bez nálezu jedincov.

### **Odhad veľkosti populácie**

Najvyšší zistený počet salamandier počas monitoringu zimujúcej populácie bol 21. 12. 2013, kedy bolo na zimovisku zaznamenaných 29 jedincov, čo predstavuje pri 92 identifikovaných jedincoch 23,9% úspešnosť zachytenia jedincov na zimovisku. V priemere bolo počas jedného odchyty zaznamenaných 7,5 jedincov na zimovisku, čo predstavuje 8,2% úspešnosť.

Podľa Jolly-Seber modelu by sa malo na skúmanej lokalite vyskytovať v priemere 145,8 jedincov, 92 identifikovaných jedincov by tak predstavovalo 63,1% úspešnosť zachytenia jedincov. Táto metóda s 95% spoľahlivosťou udáva, že na lokalite by sa malo vyskytovať minimálne 10,2 jedincov a maximálne 288 jedincov. Na základe známej plochy zimoviska (40 m<sup>2</sup>) bola vypočítaná denzita 3,64 jedinca na m<sup>2</sup>. Podľa Fisher-Ford modelu by sa na lokalite malo vyskytovať v priemere až 317 jedincov, takto by 92 identifikovaných jedincov predstavovalo len 29,0% úspešnosť odchytenia jedincov salamandry škvrnitej. S 95% spoľahlivosťou by sa podľa tejto metódy malo na lokalite vyskytovať minimálne 52,3 jedincov a maximálne až 917,8 jedincov. Zistená denzita predstavovala 7,92 jedinca na m<sup>2</sup>.

### **Mikroklimatická charakteristika zimoviska**

Počas každej zimnej sezóny bola v strednej a zadnej časti jaskyne stabilná priemerná teplota, ktorá mala hodnotu približne 8,5 °C v decembri a 7 °C v marci. Avšak teplota vo vchode do jaskyne bola ovplyvňovaná vonkajšími teplotami, pričom

priemerné týždenné teploty sa pohybovali v rozmedzí od 4,7 – 8,5 °C. Najnižšie priemerné teploty v tejto časti jaskyne boli zaznamenané v sezóne 2012/2013, kedy sa teplota držala v rozmedzí 6,5 až 4,7 °C (december – marec). Teplota na všetkých troch sledovaných miestach v jaskyni bola vždy vyššia v decembri, potom do marca klesala a následne na prelome marca/apríla znovu stúpala. Predpokladali sme, že vonkajšia teplota mala vplyv na aktivitu jedincov, aj keď teplota vo vnútri jaskyne bola relatívne stála. Pri kontrolách zimoviska, keď vonkajšia teplota dosahovala mínusové hodnoty, boli jedince skrytejšie a menej aktívne ako pri vyšších vonkajších teplotách. Na prelome marca / apríla, kedy nastáva postupná jarná disperzia jedincov do prostredia, boli priemerné vonkajšie teploty nad +5 °C, niektoré sezóny aj nad +10 °C a jedince vykazovali vyššiu aktivitu a nachádzali sa voľne v jaskyni.

## DISKUSIA

V jaskyni Bobačka bol bola zistená prostredníctvom CMR metódy a pohlavnou determináciou jedincov počas 4-ročného monitoringu populácie mierna dominancia samíc v zimujúcej populácii. Balogová a Uhrin (2014) zaznamenali v inom zimovisku (štôlna pri osade Tichá Voda) naopak miernu dominanciu samcov v zimujúcej populácii. Podobná situácia bola potvrdená aj v iných úkrytoch na východnom Slovensku s predpokladom, že vyššie množstvo samcov mohlo byť výsledkom vyššej miery fidelity tohto pohlavia k zimovisku. Predpokladáme však, že z hľadiska miery fidelity k zimovisku neexistuje významný rozdiel medzi pohlaviami.

Prevažná väčšina zimujúcich jedincov boli dospelé jedince, juvenilné jedince predstavovali menej početnú zložku populácie. Dominancia adultných jedincov v zimujúcich populáciách salamandier bola zistená aj v iných úkrytoch na Slovensku (Balogová a Uhrin, 2014). Jedným z možných vysvetlení dominancie dospelých jedincov je fakt, že juvenilné jedince sú schopné skrytejšieho spôsobu života ako adultné jedince počas aktívnej sezóny (Degani, 1985) a preto môžu byť ukryté v štrbinách alebo puklinách jaskyne.

Po analýze fotodokumentácie vyhotovenej pri pravidelnom spätnom odchyťovaní salamandier sme zaznamenali zmeny v dorzálnej škvrnitosti u 18 jedincov (cf. Balogová et al., 2015). Dá sa predpokladať, že tieto zmeny v škvrnitosti súviseli s rastom jedincov a boli zaznamenané predovšetkým u samíc s vyššou mierou rastu (napr. Kalezić et al., 2000; Labus et al., 2013; Balogová a Uhrin, 2015). Bogaerts (2002) zaznamenal podobné modifikácie v dorzálnej škvrnitosti u *S. salamandra*, Beukema (2011) poskytol v svojej štúdií dôkaz o post-metamorfných zmenách v pigmentácii u druhu *S. corsica*.

Počas pravidelných kontrol zimoviska bol odchyťovaný rôzny počet zimujúcich jedincov. Vysoká nedostupnosť jedincov počas niektorých návštev mohla byť spôsobená ukrytím jedincov do rôznych puklín a štrbín, ktoré boli často veľmi hlboké. Okrem toho jedince dokázali vyliezať do vyšších neprístupných častí šikmých stien jaskyne. Nami zistená silná fidelita jedincov k zimným úkrytom bola zaznamenaná aj v predošlých štúdiách (napr. Baumgart, 1981; Manenti et al., 2009; Balogová a Uhrin, 2014).

Začiatok a koniec zimovania salamandry škvrnitej bol závislý od vonkajšej teploty. S poklesom teploty v prostredí dochádzalo k postupnej agregácii jedincov na zimovisku. Jedince sa v zimných mesiacoch január, február zdržiavali prevažne v zadnej a strednej časti skúmanej chodby jaskyne pravdepodobne kvôli vyššej stabilnej teplote v tejto časti úkrytu ako v predných častiach, ktoré boli ovplyvnené vonkajším

prostredím. Podobne ako v našom prípade aj Balogová a Uhrin (2014) zaznamenali postupný posun jedincov ku vchodu od začiatku marca a jarnú disperziu koncom marca – začiatkom apríla po zvýšení teploty vo vonkajšom prostredí.

Najviac kontrol v okolí zimoviska počas aktívnej sezóny bolo vykonaných v mesiacoch, počas ktorých prebiehala jarná disperzia (marec, apríl) alebo naopak postupná agregácia jedincov na zimovisku (október, november). V iných mesiacoch bol výskyt jedincov nulový, pričom sme predpokladali, že táto nízka úspešnosť pri dohľadávaní jedincov v okolí zimoviska počas aktívnej sezóny mohla byť spôsobená počasím, keďže niektoré letné mesiace boli pomerne dosť suché. Rovnako to mohlo byť spôsobené rozľahlosťou terénu a množstvom potenciálnych úkrytov.

Počas najúspešnejšieho odchyty priamo v jaskyni Bobačka sa nám podarilo zaznamenať 22 zimujúcich salamandier. Prostredníctvom pravidelných návštev zimoviska a identifikácie jedincov na základe fotodokumentácie sme však zistili, že populácia je dokonca viac ako 4-krát väčšia. Použitím dvoch modelov Jolly-Seber a Fisher-Ford pre odhad veľkosti otvorených populácií sme zistili, že výsledok odhadu veľkosti získaný pomocou Jolly-Seber modelu sa najviac približoval k nami zistenému množstvu jedincov použitím metódy spätného odchyty. Fisher-Ford model odhadol veľkosť populácie až na 317 jedincov, čo bolo 3-krát viac ako nami zistený reálny celkový počet jedincov. Na základe týchto výsledkov sme predpokladali, že Jolly-Seber model by mohol byť vhodnejší na odhad veľkosti zimujúcich populácií druhu *S. salamandra* v podzemných úkrytoch. Jolly-Seber model odhadol veľkosť populácie na 145,8 jedincov, čo predstavovalo denzitu 3,64 jedinca na m<sup>2</sup>. Nami zistených 92 salamandier predstavovalo 63,1 % z uvedeného odhadu. Predpokladali sme, že počet jedincov v jaskyni mohol byť vyšší, pretože mnohé salamandry mohli byť počas našich návštev ukryté v štrbinách alebo puklinách v stene úkrytu a pre nás tak nedostupné. Tým mohlo dôjsť k skresleniu výsledkov. V budúcnosti by bolo vhodné monitorovať vstup a výstup jedincov z úkrytov prostredníctvom fotopascí a porovnať tieto výsledky s výsledkami získanými použitím modelu Jolly-Seber, aby sa presnejšie zistila jeho dôveryhodnosť v tomto smere.

Predkladaná štúdia prehľbuje poznatky predovšetkým z ekológie zimovania salamandry škvrnitej a navrhuje nové spôsoby odhadu veľkosti a miery prežitia zimujúcich populácií tohto druhu v rozsiahlych podzemných úkrytoch. Získané údaje a vedomosti vyzdvihujú dôležitosť týchto úkrytov z hľadiska ochranných stratégií a uchovania populácií druhu *Salamandra salamandra* v našej faune.

## LITERATÚRA

- BALOGOVÁ, M. – UHRIN, M. 2014. Pattern of wintering of fire salamanders (*Salamandra salamandra*) in an artificial underground roots. North-Western Journal of Zoology, 10, 1, 128–132.
- BALOGOVÁ, M. – UHRIN, M. 2015. Sex-biased dorsal spotted patterns in the fire salamander (*Salamandra salamandra*). Salamandra, 51, 1, 12–18.
- BALOGOVÁ, M. – KYSELOVÁ, M. – UHRIN, M. 2015. Changes in dorsal spot pattern in adult *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). Herpetozoa, 28, 3/4, in press.
- BAR-DAVID, S. – SEGEV, O. – PELEG, N. – HILL, N. – TEMPLETON, A. R. – SCHULTZ, CH. B. – BLAUSTE, L. 2007. Longdistance movements by fire salamanders (*Salamandra infraimmaculata*) and implications for habitat fragmentation. Israel Journal of Ecology & Evolution, 53, 143–159.

- BARUŠ, V. – OLIVA, O. – KRÁL, B. – OPATRNÝ, E. – REHÁK, I. – ROČEK, Z. – ROTH, P. – ŠPINAR, Z. – VOJTKOVÁ, L. 1992. Obojživelníci – Amphibia [Fauna ČSFR 25]. Academia, Praha, 1–340.
- BAUMGART, G. 1981. Observations sur l'hibernation de quelques amphibiens dans les anciennes mines vosgiennes: salamandre tachetée (*Salamandra salamandra* Linné, 1758), grenouille rousse (*Rana temporaria* Linné, 1758) et crapaud commun (*Bufo bufo* Linné, 1758). *Aquarama*, 58, 2, 42–45, 72; 59, 3, 46–48, 72.
- BELLA, P. – HLAVÁČOVÁ, I. – HOLÚBEK, P. 2007. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 30. 6. 2007). Slovenské múzeum ochrany a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, 1–364.
- BEUKEMA, W. 2011. Ontogenetic pattern change in amphibians: the case of *Salamandra corsica*. *Acta Herpetologica*, 6, 2, 169–174.
- BOGAERTS, S., 2002. Farbkleidentwicklung bei einigen Feuersalamander-arten und -unterarten. *Amphibia*, 1, 4–10.
- CARAFÀ, M. – BIONDI, M. 2004. Application of a method for individual photographic identification during a study on *Salamandra salamandra gigliolii* in central Italy. *Italian Journal of Zoology*, 71, 2, 181–184.
- DEGANI, G. 1985. Water balance and body fluids of *Salamandra salamandra* (L.) in their natural habitats in summer and winter. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 82A, 2, 479–482.
- DEGANI, G. 1986. Plasma proteins and morphology of *Salamandra salamandra* in Israel. *Amphibia-Reptilia*, 7, 105–114.
- DENOËL, M. – FICETOLA, G. F. 2008. Conservation of newt guilds in an agricultural landscape of Belgium: the importance of aquatic and terrestrial habitats. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18, 714–728.
- DUNGEL, J. – ŘEHÁK, Z. 2011. Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Praha Academia, 1–181.
- FRANCIS, E. T. B. 1934. The anatomy of the salamander. Clarendon Press, Oxford.
- HEYER, W. R. – DONNELLY, M. A. – MCDIARMID, R. W. – HAYEK, L. A. C. – FOSTER, M. S. 1994. Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, 1–384.
- HOMOLKA, M. – KOKEŠ, J. 1994. Effect of air pollution and forestry practice on the range and abundance of *Salamandra salamandra*. *Folia zoologica*, 43, 1, 49–56.
- KALEZIĆ, M.L. – DŽUKIĆ, G. – DJOROVIĆ, A. – ALEKSIĆ, I. 2000. Body size, age and sexual dimorphism in the genus *Salamandra*. A study of the Balkan species. *Spixiana*, 23, 3, 283–292.
- KLEWEN, R. 1986. Population ecology of *Salamandra salamandra terrestris* in an isolated habitat. In Roček, Z. (Ed.): Studies in Herpetology. Proceedings of the European Herpetological Meeting (3rd Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica) Prague 1985. Charles University for Societas Europaea Herpetologica, Prague, 395–398.
- KOVÁČ L. & MERTA K. 1991. Najnovšie objavy v jaskyni Bobačka. *Slovenský kras*, 29, 179–183.
- KYSELOVÁ, M. 2013. Ekologické faktory zimovania a aktivita obojživelníkov v okolí zimného úkrytu na príklade salamandry škvrnitej (*Salamandra salamandra*). Bakalárska práca. Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Košice, 1–30.
- KYSELOVÁ, M. 2015. Analýza štruktúry zimujúcej populácie salamandry škvrnitej (*Salamandra salamandra*) v jaskynnom prostredí. Diplomová práca. Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Košice, 1–62.
- LABUS, N. – CVIJANOVIĆ, M. – VUKOV, T. 2013. Sexual size and shape dimorphism in *Salamandra salamandra* (Amphibia, Caudata, *Salamandridae*) from the central Balkans. *Archives of Biological Science*, 65, 3, 969–975.
- LÁC, J. 1963. Obojživelníky Slovenska. *Biologické práce*, 9, 2, 1–76.

- LETTINK, M. – ARMSTRONG, D. P. 2003. An introduction to using mark-recapture analysis for monitoring threatened species. In Department of Conservation (Ed.): Using mark-recapture analysis for monitoring threatened species: introduction and case study. Department of Conservation Technical Series 28, 5–32.
- MANENTI, R. – FICETOLA, G. F. – DE BERNARDI, F. 2008. Water, stream morphology and landscape: complex habitat determinants for the fire salamander *Salamandra salamandra*. *Amphibia-Reptilia*, 30, 7–15.
- MANENTI, R. – FICETOLA, G. F. – BIANCHI, B. – DE BERNARDI, F. 2009. Habitat features and distribution of *Salamandra salamandra* in underground springs. *Acta Herpetologica*, 4, 2, 143–151.
- MARTEL, A. – SPITZEN-VAN DER SLUIJS, A. – BLOOI, M. – BERT, W. – DUCATELLE, R. – FISHER, M. C. – WOELTJES, A. – BOSMAN, W. – CHIERS, K. – BOSSUYT, F. – PASMANS, F. 2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 38, 15325–15329.
- OPATRŇÝ, E. 1983. Individuelle Identifikation vom Feuersalamander, *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758), nach den Hautpigmentzeichnungen. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, Biologica*, 78, 23, 107–111.
- SASVÁRI, T. 1976. Nové objavy v jaskyni Bobačka v Muránskom krasi. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 7, 3, 19–23.
- SCHMIDT, B. R. – ÍTIN, E. – SCHAUB, M. 2014. Seasonal and annual survival of the salamander *Salamandra salamandra salamandra*. *Journal of Herpetology*, 48, 1, 20–23.
- STUART, S. N. – CHANSON, J. S. – COX, N. A. – YOUNG, B. E. – RODRIGUES, A. S. L. – FISCHMAN, D. L. – WALLER, R. W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306, 1783–1786.
- ŠMÍDA, B. – KOTLARČÍK, D. – MIKUŠ, P. – MIKUŠ, M. 2000. Nové paleoúrovne jaskyne Bobačka. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 31, 2, 9–13.
- UHRIN, M. – LEŠINSKÝ, G. 1997. Mechanism of occurrence of amphibians in an underground spaces in Slovakia: preliminary data evaluation. In *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, Switzerland [Symposium 9: Biospeleology]*. La Chaux de fonds Switzerland, 325–327.
- UHRIN, M. – HAPL, E. – ANDREAS, M. – BENDA, P. – BOBÁKOVÁ, L. – HOTOVÝ, J. – MATIS, Š. – OBUCH, J. – PJEŇČÁK, P. – REITER, A. 2002. Prehľad zimovísk netopierov Muránskej planiny. *Vespertilio*, 6, 103–130.





SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/1	89 – 103	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	----------	------------------------

## NAŠE NAJSTARŠIE PÍ SOMNÉ PAMIA TKY O JASKY NIACH PODĽA SÚ ČASNÉHO STAVU POZNANIA

MARCEL LALKOVIČ

M. R. Štefánika 4, 034 01 Ružomberok; m.lalkovic@gmail.com

### **M. Lalkovič: The oldest written documents about the caves in Slovakia, in the state of current knowledge**

**Abstract:** The oldest remarks on the caves in our country are sporadically found in several historical documents. It is a category of written monuments, which in terms of shaping the human interest in caves significantly pushes the limits of our knowledge. It covers the period from the 11th to the 15th century, when it ends due to the invention of book printing. Alongside written relics, particularly mentions in medieval documents point to interest in caves. The inscription from 1452 in the Jasovská Cave can serve as an evidence. Its oldest form is eremitism. Another form is the refuge function of a cave. Caves were also applied as a suitable terrain element in determining property boundaries. In addition to visit of the Jasovská Cave by J. Jiskra of Brandýs soldiers another form is the mention that first notes a characteristic feature of the cave.

**Key words:** Slovakia, interest in caves, oldest written mentions, written monuments, medieval documents, informal written documents, other written monuments

Ešte predtým, než sa informácie o jaskyniach stali súčasťou literatúry, zmienky o nich sa sporadicky vyskytovali v rôznych listinách či iných dobových dokumentoch. V nich sú dôkazom, že jaskyne už v tom čase predstavovali pre človeka kategóriu, ktorá zohrávala v jeho živote úlohu pri riešení niektorých vtedy aktuálnych potrieb. Svojou existenciou predstavujú dnes jedinečnú kategóriu písomných pamiatok, ktorá z hľadiska formovania záujmu človeka o jaskyne významne posúva hranice nášho poznania. Je to kategória, ktorá konkrétnou formou ukazuje, čo v tých časoch znamenali jaskyne pre človeka, ktorý už nebol odkázaný na to, aby v nich hľadal prístrešie alebo útluk pred nepohodou a pod. Oprávnené ju tiež môžeme považovať aj za súčasť procesu, ktorý oveľa neskôr viedol k tomu, že si podobné a iné zmienky našli miesto i v literatúre. Naštartoval sa tým proces ich postupného poznávania, ktorý časom nadobudol kontúry, aké z hľadiska jaskýň dominujú dnes.

### LISTINA OSTRIHOMSKEJ KAPITULY

V kontexte hodnotenia minulosti našich jaskýň, resp. záujmu o ne zo strany človeka sa v 20. storočí dospelo k názoru, že najstaršia písomná zmienka o nich sa datuje do konca 13. storočia. Týkala sa jaskýň Demänovskej doliny, ale nik sa nezamýšľal nad tým, že by to v konečnom dôsledku mohlo byť aj úplne inak. Na jednej strane s tým súvisela nedostatočná znalosť staršej literatúry, ktorá už v 19. storočí naznačovala trochu iné súvislosti (Stárek, 1852; Bielek, 1893). Nedoceňoval sa však ani výskum archívnych pamiatok. A to aj napriek tomu, že predstavovali oblasť, prostredníctvom

ktorej sa dalo dospieť k ďalším prípadným poznatkom, čím sa celá problematika mohla dostať do svetla úplne iných skutočností. Myšlienka roku 1299 by možno ustúpila do úzadia, avšak zaujala by miesto, aké jej v celom chronologickom kontexte v skutočnosti patrí.

Na najstaršiu písomnú zmienku o jaskyniach Demänovskej doliny ako prvý upozornil historik Alexander Húščava (1907 – 1971). Už v roku 1933 sa v časopise *Politika* podrobnejšie zmienil o existencii listiny *Ostrihomskej kapituly, ktorá už na konci XIII. storočia spomína jaskyne v Demänovskej doline*. Týkala sa obchôdzky majetkov v Palúdzke, ktorú vykonala Ostrihomska kapitula na príkaz kráľa Ondreja III. V metácii listiny sa podľa A. Húščavu hovorí, že *hranica tamojších pozemkov beží (medzi iným) k akémusi vrchu s veľkými a hlbokými trhlinami, ktorý oplýva bohatosťou podzemných dutín či jaskýň. Sám vrch vo svojich tajuplných dutinách skrýva vraj podivuhodné krásne pramene. Odtiaľ vraj pokračuje hranica cez vrchy až k prameňom Demänovky, ktorých dnešný názov je Vyvieranie*. Na adresu listiny ešte uviedol, že ju v roku 1891 publikoval Nagy Imre<sup>1</sup> a k historickým výkladom ju použili mnohí odborníci.

O niečo neskôr sa v podobnom duchu o najstaršej zmienke o jaskyniach v kontexte Demänovskej doliny zmienil aj Vojtech Benický (1907 – 1971). Záležitosti okolo nej však v roku 1952 interpretoval tak, že sa mala nachádzať v darovacej listine Ostrihomskej kapituly z roku 1297, ktorá údajne *hovorí o nádherných jaskyniach dnešnej ľadovej jaskyne a jaskyne Vyvieranie v Demänovskej doline*. Žiaľ, v jeho prípade išlo o nesprávnu interpretáciu toho, čo už v roku 1933 publikoval A. Húščava. Nesedel tu len rok vzniku listiny, ale za sporné musíme označiť aj jej iné náležitosti. V intenciách Húščavovho výkladu sa listina zmieňuje o jaskyniach len veľmi všeobecne. Nevedno odkiaľ teda V. Benický dospel k názoru, že sa tu spomína dnešná ľadová jaskyňa. Podobne je to aj v prípade jaskyne Vyvieranie. Podľa nášho názoru pramene Demänovky v zmysle interpretácie A. Húščavu a jaskyňa Vyvieranie podľa Benického sú dva úplne rozdielne pojmy. Ak Húščava uviedol, že dnes sa pramene nazývajú Vyvieraním, ťažko predpokladať, že by mal na mysli jaskyňu Vyvieranie. Uvedený termín prevzal od V. Šmilauera (1895 – 1983), autora publikácie *Vodopis starého Slovenska* z roku 1932, ale inak nespresnil, čo mal v jeho prípade na mysli. S názorom V. Benického sa však nestotožnil ani A. Droppa. Otázku hranice pozemkov podľa listiny Ostrihomskej kapituly interpretoval v roku 1957 tak, že pokračovala cez rôzne vrchy až k prameňom dnešnej Zadnej vody, čo v žiadnom prípade nemožno dávať do súvisu s jaskyňou Vyvieranie.

V roku 1959 sa Húščavov článok objavil aj na stránkach zborníka *Slovenský kras*. Išlo v podstate o identický text z roku 1933, takže aj tu nachádzame poukaz na to, že listinu už v roku 1891 publikoval Nagy Imre, pričom malo ísť o najstaršiu jemu známu zmienku o liptovských jaskyniach. Za zaujímavý však možno označiť tiež pasus, že *pokiaľ listinu použili k historickým výkladom mnohí odborníci, jej význam z hľadiska speleologického nebol ešte zhodnotený, takže táto zaujímavá správa ešte stále čaká na svoje zhodnotenie*.

O existencii listiny z roku 1299 sa v druhej polovici 20. storočia zmieňovali aj ďalší autori. V roku 1954, keď sa Ivan Houdek (1887 – 1989) zamýšľal nad minulosťou slovenských jaskýň, konštatoval, že *najstarší autentický záznam sa nám zachoval o Demänovských jaskyniach v istej listine zo 6. decembra 1299*. O rok neskôr

<sup>1</sup> Nagy Imre (1822 – 1894), maďarský historik.

k podobnému názoru dospel aj A. Droppa (1920 – 2013), ale ten uviedol, že *otvory Demänovských jaskýň spomína listina ostrihomskej kapituly z r. 1299*. Takto sa o tom zmienil i v roku 1957 v historickom prehľade literatúry o Demänovských jaskyniach, kde iba zopakoval, že *prvé zmienky o otvoroch Demänovských jaskýň sa zachovali v listine Ostrihomskej kapituly zo dňa 6. decembra 1299*.

Ak si odmyslíme spomínanú nepresnosť v prípade V. Benického, potom sa informácia v kontexte listiny Ostrihomskej kapituly interpretovala už v tom čase rôzne. Kým A. Húščava ju považoval za najstaršiu jemu známu zmienku o liptovských jaskyniach, v prípade V. Benického išlo o zmienku o nádherných a konkrétnych jaskyniach. Ďalší autor I. Houdek ju považoval za najstarší autentický záznam o demänovských jaskyniach a v podaní A. Droppu išlo zase o niečo úplne iné. Pre neho to bola iba zmienka o otvoroch demänovských jaskýň.

O niečo neskôr, presnejšie v roku 1977, L. V. Prikryl vyslovil názor, že v historickej dobe nebol dlho záujem o jaskyne. Preto ani písomných zmienok o nich nie je veľa a *prvá písomná správa o jaskyni na Slovensku pochádza z konca 13. storočia*. Vtedy na jeseň roku 1299 mal kráľ Ondrej III. vyzvať Ostrihomsú kapitolu, aby vyslala do Liptova vierohodného muža, ktorý by urobil obchôdzku majetkov v Palúdzke. Z obchôdzky sa zachovala správa zo 6. decembra 1299, kde sa *pri opise hraníc po prvý raz spomínajú i jaskyne v Demänovskej doline*. V takomto duchu sa v kontexte listiny Ostrihomskej kapituly zmieňoval aj vo svojich Dejinách speleológie na Slovensku v roku 1985.

## ZÁUJEM O JASKYNE V KONTEXTE PÍSOMNÝCH PAMIATOK

Dnes nie je až natoľko rozhodujúce, v akých dimenziách dochádzalo k interpretácii listiny z roku 1299 v minulosti. Snaha považovať ju za najstaršiu písomnú zmienku o našich či liptovských jaskyniach je tu evidentná a svojím spôsobom aj pochopiteľná. V jej prípade je nesporným faktom, že sa v tom roku obhliadka pozemkov pri Palúdzke vykonala a v tejto súvislosti sa zmienka o otvoroch do tamojších jaskýň dostala do zápisnice. V kontexte poznania záujmu o naše jaskyne má preto aj rok 1299 svoj význam. Z tohto obdobia pochádzajúca zmienka je dokladom, že i Liptov patril k miestam, kde sa už vtedy reálne vedelo o existencii tunajších jaskýň.

Vedomosť o jaskyniach u nás mala však v čase listiny Ostrihomskej kapituly už o niečo širší diapazón. Jaskyne zrejme už vtedy predstavovali prvok, ktorý pútal pozornosť z viacerých hľadísk. Naznačujú to nielen známe písomné zmienky, ale aj niektoré iné okolnosti. Nie je to teda len o roku 1299. Na šírku vtedajšieho záujmu o tieto podzemné priestory poukazujú aj iné, dnes už známe písomné pamiatky, a tých je niekoľko, pričom nemožno zabúdať ani na niektoré a doteraz opomínané pamiatky písomníctva.

Záujem o jaskyne v intenciách týchto pamiatok sa formoval postupne. V kontexte doby nešlo ani tak o ich poznávanie, ako o uvedomenie si ich existencie a prípadné využitie z hľadiska pociťovaných potrieb. Tie mohli byť v tých časoch rôzne. Tendencie, ktoré by smerovali k ich bližšiemu poznávaniu, vznikali až oveľa neskôr. Z hľadiska doby takáto potreba nemala vtedy prakticky žiadne opodstatnenie. Aj keď je príčin v tomto smere určite oveľa viac, podľa nášho názoru snaha o poznávanie reálne súvisela až s obdobím, keď sa zmienky o jaskyniach stali súčasťou literatúry. Až tento trend viedol k tomu, že proces poznávania jaskýň nadobudol postupom času rozmery, aké ho z hľadiska foriem charakterizujú dnes.

Z uvedeného vyplýva, že to, čo nám v prípade jaskýň sprostredkujú známe písomné pamiatky, treba chápať ako prejav charakteristický pre vtedajšiu dobu. Jeho dimenzie určite záviseli od mnohých okolností. Takto sa vyvíjal až do doby, keď do života človeka vstúpil úplne nový prvok – vynález kníhtlače v polovici 15. storočia. Aj zmienky o jaskyniach sa stali súčasťou literatúry, kde ich obsahová stránka závisela od charakteru faktorov, aké v kontexte človeka dominovali v príslušnom období.

Jaskyne mohli pútať záujem človeka z rôznych dôvodov, ale otázku najstarších písomných zmienok treba vnímať trochu inak. Nemožno tvrdiť, že by sa vtedajší záujem o jaskyne sústreďoval len na to, o čom vypovedajú písomné zmienky. Celkom určite mal aj iné dimenzie. Zmienky navyše pochádzali od ľudí, ktorí vedeli písať, a preto aj mohli zaznamenať náležitosti, ktoré sa týkali jaskýň či inak súviseli s ich existenciou. Ich obsahovú stránku treba teda posudzovať v intenciách okolností, ktoré z hľadiska života určovali jeho charakter. Niektoré tendencie mohli mať dlhodobejší charakter, iné by sme asi mali považovať za dielo náhody. V konečnom dôsledku sú však jedinečným autentickým svedectvom o formovaní záujmu človeka o jaskyne v tomto období.

Jeho začiatok spadá s najväčšou pravdepodobnosťou do prvej polovice 11. storočia a súvisí s udalosťami, ktorým sa doteraz nevenovala dostatočná pozornosť. Neskôr s rôznou intenzitou pokračoval ďalej a podľa nášho názoru sa končí rokom 1549. Teda rokom, keď sa prvé zmienky o našich jaskyniach zásluhou Georga Wernhera objavili v literatúre. Súhrnne ide o obdobie, počas ktorého existencia jaskýň zohrávala vo vedomí človeka určitú úlohu a jej charakter vyplynul z rôznych okolností. V istých situáciách sa stali integrálnou súčasťou jeho života, avšak len v rozsahu realít vtedajšej doby.

Obdobie ohraničené 11. – 15. storočím je teda obdobím, keď už jaskyne svojou existenciou našli u človeka v kontexte riešenia niektorých situácií isté uplatnenie. Asi takto sa dá abstrahovať význam toho, o čom hovoria najstaršie písomné pamiatky. Rozdielnosť ich charakteru poukazuje zároveň na dimenzie, v akých sa v tomto období dostávali do jeho povedomia.

## CHARAKTER PÍ SOMNÝCH PAMIAŤOK

Písomných pamiatok, ktoré by naznačovali akúsi formu vedomosti o niektorých našich jaskyniach, v tomto období nie je zatiaľ veľa. Napriek tomu ich charakter svedčí o pomerne pestrej škále, v intenciách ktorej sa prejavoval záujem človeka o ne. Dôvodov, prečo je tomu tak, môže byť niekoľko. Pravdou je, že nateraz ide o nevelmi prebádanú oblasť. Nie je to však len tým, že sme sa pridlho uspokojovali rokom 1299 a považovali ho za povestný rok nula. Z bližšie neznámych dôvodov sa zabúdalo aj na úplne iné súvislosti, kde sa pri ich poznaní dali časom identifikovať ďalšie aspekty vtedajšieho záujmu o jaskyne.

Ako vyplýva zo súčasných poznatkov, na jeho charakter nepoukazujú len niektoré pamiatky písomníctva. Máme na mysli tie, ktorých existencia je síce už dlhšiu dobu známa, ale ich prípadnej súvislosti s jaskyňami sa až doteraz nevenovala primeraná pozornosť. Na súvislosť s jaskyňami nás však upozorňujú aj niektoré stredoveké listiny či rukopisy neúradnej povahy. Okrem toho jednu takúto pamiatku máme dokonca aj v jaskyni. Jej existencia je už takmer jedno storočie známa. Žiaľ, z nepochopiteľných dôvodov sme sa však oveľa viac sústreďovali na to, aby sa jej prisúdila funkcia falzifikátu, než aby sme bližšie skúmali skutočné pozadie jej existencie.

Tabuľka 1. Charakter písomných pamiatok

Table 1. Character of written artefacts

Pamiatky písomníctva	legendy a povesti	Maurova legenda	11. storočie
		bitka pri rieke Slaná (Belo IV.)	13. storočie
Stredoveké listiny	darovacie a iné listiny	nitriansky biskup Jakub	13. storočie
		Belo IV.	
		Štefan V.	
		Ostrihomská kapitula	
Rukopisy neúradnej povahy	kódexy	Rukopisný kódex dominikánskeho mnícha Pietra Ranzana	15. storočie
Iné písané pamiatky	jaskyne	Nápis na stene od vojakov J. Jiskru z Brandýsa	15. storočie

Dnes už teda vieme o existencii viacerých pamiatok, ktoré naznačujú, ako sa záujem o jaskyne prejavoval či skôr formoval v 11. – 15. storočí. Popri Maurovej legende je to aj povesť, ktorá súvisí s útekem Bela IV. po prehratej bitke pri rieke Slaná. Zmienky o nich v niektorých stredovekých listinách objasňujú zase iné okolnosti vtedajšieho záujmu. Patrí sem aj rukopisný kódex, v ktorom sa nachádza ďalšia, na vtedajšiu dobu skutočne zaujímavá zmienka o jaskyni. A potom je tu pamiatka na stene jaskyne, ktorá doteraz spôsobovala nejednu polemiku okolo svojho pôvodu. Stačilo nám, že vypovedá o historicky preukázaných skutočnostiach, ale už nás nezaujímalo, ako by jej charakter mohol súvisieť i s dobou jej vzniku (tabuľka 1).

## PAMIATKY PÍSOMNÍCTVA

Najstaršou pamiatkou písomníctva u nás, ktorá naznačuje istú súvislosť s jaskyňami na Slovensku, je Maurova legenda. Vznikla nepochybne v tretej štvrtine 11. storočia. Jej najstaršia zachovaná, ale neúplná verzia o svätom Svoradovi – Ondrejovi a svätom Benediktovi je v záhrebskom breviári<sup>2</sup> z rokov 1273 – 1294, ktorý je uložený v Univerzitnej knižnici v Záhrebe.

V legende sa žiadna jaskyňa priamo nespomína. V súvislosti so Svoradom, ktorý vstúpil v zoborskom kláštore do benediktínskej rehole, vyplýva skôr z kontextu opisovaných udalostí. Svorad, ktorý zomrel okolo roku 1031, tu prijal rehoľné meno Ondrej a zoborský opát Filip mu povolil viesť pustovnícky život. Rehoľník – pustovník, ktorý patril do kláštornej komunity, nemohol viesť život úplne samostatne podľa svojich predstáv. Svoj materský kláštor na Zobore musel pravidelne navštevovať, a preto sa predpokladá, že pustovníčil v nevelkej jaskyni, vzdalenej asi pol hodiny chôdze od kláštora. Ide o lokalitu na západnom výbežku nižšieho vrcholca Zobora, dnešnú Svoradovu jaskyňu, ktorá sa nachádza nad ponorným prameňom pitnej vody. Táto 30 m dlhá jaskyňa je miestom, kde mal kedysi v dávnej minulosti plynúť Svoradov život a živá tradícia ju dodnes spája s jeho pustovníčením (obr. 1).

Jeho žiak Benedikt, člen benediktínskeho konventu v Zoborskom kláštore, sa po čase stal Svoradovým pomocníkom. Po jeho smrti žil ako pustovník nejaký čas sám na tom istom mieste. Potom, asi so súhlasom svojho opáta, odišiel pustovníčiť na

<sup>2</sup> Breviár – liturgická kniha používaná v rímskokatolíckej cirkvi.



Obr. 1. Vchod do Svoradovej jaskyne. Foto: Z. Šimková, Archív SMOPaJ  
Fig. 1. Entrance of the Svorad's Cave. Photo: Z. Šimková, Archive SMOPaJ

odľahlejšie miesto do slovensko-moravského pohraničia. Podľa všetkého miestom jeho pustočenia sa mala stať jaskyňa na Skalke pri Trenčíne. Okolo roku 1034 ho tu v jeho jaskynnom príbytku prepadli zbojníci. Priviedli ho na breh Váhu, zaškrtli a zo strmej skaly, dnešnej Malej Skalky<sup>3</sup>, hodili jeho telo do vody.

Asi takto možno v kontexte jaskýň vnímať to, čo naznačuje a o čom hovorí Maurova legenda. Jej autor päťkostolský biskup Maurus (1000/1001 – okolo 1070) osobne poznal Benedikta a ten mu rozprával o asketickom živote Svorada. Jeho údaje možno tak vo všeobecnosti pokladať za hodnoverné.

Inou pamiatkou je povesť, ktorá súvisí s prehratou bitkou uhorského kráľa Bela IV. pri rieke Slaná v roku 1241. Spomína sa v nej jaskyňa v Zádielskej doline, ktorá mu mala počas úteku poslúžiť ako útočisko.<sup>4</sup> Aj napriek tomu, že povesť ako nevel'ký žáner prozaickej epiky spadá pod oblasť ľudovej slovesnosti, existuje predsa len niečo, čo naznačuje, že by z obsahovej stránky mohla mať reálny základ.

Bitka pri rieke Slaná bola ozbrojeným stretnutím medzi vojskom uhorského kráľa Bela IV. a mongolským vojskom Batuchána 11. apríla 1241 pri maďarskej obci Muhi, blízko priečhodov cez rieku. Skončila sa zdruvujúcou porážkou uhorských vojsk, pričom Belo IV. sa so sprievodom zachránil iba útekom. Trasa jeho úteku nie je známa, ale predpokladá sa, že utekal cez Turňu do Zádielskej doliny, aby tu v jaskyniach hľadal útočisko. Dôkazy o tom majú byť údajne v kronikách a legendách, i keď zatiaľ nevieme, v ktorých. V kronike Jána z Turca, ktorej ručne písaný originál uchováva Rehoľa piaristov v Nitre a ktorá prvýkrát vyšla tlačou roku 1488, je síce zmienka o bitke pri rieke Slaná, ale v súvislosti s útekom kráľa niet v nej bližších informácií<sup>5</sup> (obr. 2).

<sup>3</sup> Najstaršie pútnické miesto na Slovensku – Skalka sa nachádza na ceste z Trenčína do Nemšovej. Pozostáva z dvoch objektov: Malej a Veľkej Skalky.

<sup>4</sup> Dnešná 17 m dlhá Kráľovská jaskyňa v Zádielskej doline za Cukrovou homoľou.

<sup>5</sup> Je to najrozsiahlejšia kronika o histórii Uhorského kráľovstva. Napísal ju prvý známy laický spisovateľ v Uhorsku, Ján z Turca, ktorý pochádzal z dnešných Šípíc pri Leviciach.

O jaskyni, v ktorej Belo IV. hľadal po porážke pri rieke Slaná útočisko, sa už v roku 1786 zmienil J. M. Korabinský. Spomenul ju vo svojom lexikóne v hesle *Zádiel* (*Sadellő, Sadel*, s. 637), ale nie je známe, odkiaľ pochádzajú jeho údaje. Zároveň nemožno vylúčiť, že na vtedajšiu Belovu prítomnosť poukazujú aj niektoré miestne názvy. Okrem názvu jaskyne (*Kráľovská jaskyňa*) ide o pomenovanie Kráľovská studňa (Királykút) či Kráľovský stól (Király asztal), ale ani okolnosti ich pôvodu nie sú známe. Azda posledným argumentom, ktorý by mohol podporiť Belovu prítomnosť v týchto končinách roku 1241, je okrem častého návratu sem aj neskoršie povýšenie turnianskych a hrhovských rodín do šľachtického stavu (tabuľka 2).

### STREDOVEKÉ LISTINY

Zmienky o jaskyniach v kontexte stredovekých listín, ktoré pochádzajú z 13. storočia, sa našli v darovacích



Obr. 2. Belo IV. podľa Kroniky Jána z Turca z roku 1488

Fig. 2. Béla IV. after Johannes de Thurocz chronicle from 1488

Tabuľka 2. Legendy a povesti

Table 2. Legends and tales

11. – 13. storočie	Maurova legenda	1. polovica 11. storočia	Jaskynka pri Zobore (Svoradova jaskyňa)
			Jaskyňa na Skalke (Benediktova jaskyňa)
	Belo IV. – povest'	13. storočie (1241)	Kráľovská jaskyňa

listinách panovníkov Bela IV. a Štefana V. Inou kategóriou z tohto obdobia je prípad jaskyne na Skalke či zmienka, ktorá z obsahovej stránky poukazuje na ich existenciu v Demänovskej doline. Nemožno vylúčiť, že zmienky podobného charakteru by mohli obsahovať aj listiny vzťahujúce sa na 14. storočie. Súhrnne však zatiaľ predstavujú oblasť, ktorá sa ešte nedostala do zorného poľa našich bádateľov.

Najstaršia známa písomná zmienka, ktorá sa v stredovekých listinách dotýka jaskýň, súvisí s rokom 1224. Nachádza sa v zakladajúcej listine benediktínskeho opátstva na Skalke pri Trenčíne, ktorou nitriansky biskup Jakub založil tunajšie opátstvo. Listina je pre nás z obsahovej stránky významná tým, že poukazuje na udalosť, ktorá sa tu v súvislosti s Benediktovým pustovníctvom mala odohrať v prvej polovici 11. storočia. Svojou existenciou takto potvrdzuje, že to, o čom hovorila a na čo poukazovala Maurova legenda, má aj v kontexte prvopočiatkov záujmu o jaskyne



Obr. 3. Vchod do Benediktovej jaskyne. Foto: L. Kubičina, Archív SMOPaJ  
 Fig. 3. Entrance to the Benedict's Cave. Photo: L. Kubičina, Archive SMOPaJ

s jaskyňou, dnešnou Šarkanovou dierou. V prospech jeho názoru hovoria prírodné útvary, ktoré sa spomínajú v listine z roku 1253 a sú identifikovateľné v teréne. Ide o ľavostranný prítok Zlatého potoka (*Custresi – medius*) či potoky Lodina (*Logina*), Peklisko (*Iezuinecz*) a Biela voda (*Bela*). Navyše sám potok Biela voda vyvierá pod Šarkanovou dierou.

Mladší uhorský kráľ Štefan V. zase daroval v roku 1266 svojmu stúpenkovi Šankovi v Gemerskej župe pozemok na južnom brehu potoka Turiec. Ako jeden z hraničných bodov sa v darovacej listine uvádza bralo *rupes Munuhpest* na brehu potoka Turiec. Podľa Gy. Dénesa (1999) rozbor názvu *Munuhpest* ukázal, že ide o zložené slovo, kde prvá časť *munuh* v cirkevnej latinčine znamená monachus – mních. Druhá časť *pest* sa v staroslovanskom jazyku používala aj vo význame jaskyne. Označenie *rupes Munuhpest* na listine z roku 1266 možno teda spájať s bralom s Mnichovou jaskyňou, dnešnou Kamennou dierou, čo v roku 1974 potvrdila aj terénna obhliadka.

Posledným známym dokumentom v kontexte 13. storočia, ktorý poukazuje na existenciu jaskýň, je správa z obchádzky hraníc pozemkov magistra Andreja na juh od Palúdzky. Na podnet kráľa Ondreja III. ju prostredníctvom kanonika Martina, Jána z Liptova a zemanov, ktorých pozemky susedili s Palúdzkou, vykonala Ostrihomska kapitula. Zmienku o vrchu s dutinami a jaskyňami, v ktorom sú veľké a hlboké pukliny a podivuhodné pramene a ktorým sa tiahla hranica pozemkov, nemožno stotožňovať so žiadanou konkrétnou jaskyňou Demänovskej doliny. Treba ju však chápať tak, že

u nás svoj reálny základ.<sup>6</sup> Mali by sme ju preto skutočne chápať ako najstaršiu historickú udalosť, ktorá sa viaže na slovenské jaskyne (obr. 3).

Zmienky v darovacích listinách Bela IV. a Štefana V., mladšieho uhorského kráľa, zase súvisia so stanovením hraníc majetku, ktorý darovali svojim stúpencom. Vyplýva z nich, že aj jaskyne, ich vstupné otvory, patrili k terénnym prvkom, ktoré sa ako orientačné body použili pri vymedzovaní hranice darovaného majetku.

Roku 1253 Belo IV. daroval Vítkovi les v okolí dediny Hrušov. Vo vymedzení tohto územia na pravom brehu rieky Hornád sa v darovacej listine uvádza, že hranica vystupuje Hornádom k potoku Biela voda (*Bela*), ním pokračuje k lúke Dobrošovec (*Dobrozouecz*), odkiaľ smeruje ku skale zvanej Dupe (*petra Dupe*) a odtiaľ sa otáča do údolia. Analýzou metácie neskoršej obce Vítkovce, ktorá vznikla v spomínanom lese, dospel M. Števík v roku 2003 k názoru, že prírodný útvar *petra Dupe* nie je ničím iným, než skalným bralom

<sup>6</sup> Ide o tú časť listiny, kde sa uvádza, že zriadenie opátstva sa deje ...*k úcte Boha všemohúceho a blahoslaveného Benedíka mučeníka, v jaskyni, ktorá sa všeobecne Skalka menuje a v ktorej i krev tohože mučeníka vyliata do dnešného dňa na stenách jaskyne vidieť...*



Tabuľka 3. Stredoveké listiny  
Table 3. Medieval documents

13. storočie	Zakladajúca listina benediktínskeho kláštora na Skalke	1224 – Jaskyňa Skalka (Benediktova jaskyňa)
	Darovacia listina Bela IV.	1253 – Petra Dupe (Šarkanova diera)
	Darovacia listina mladšieho kráľa Štefana V.	1266 – Munuhpest (Kamenná diera)
	Listina Ostrihomskej kapituly	1299 – Demänovská dolina
14. storočie	???	???

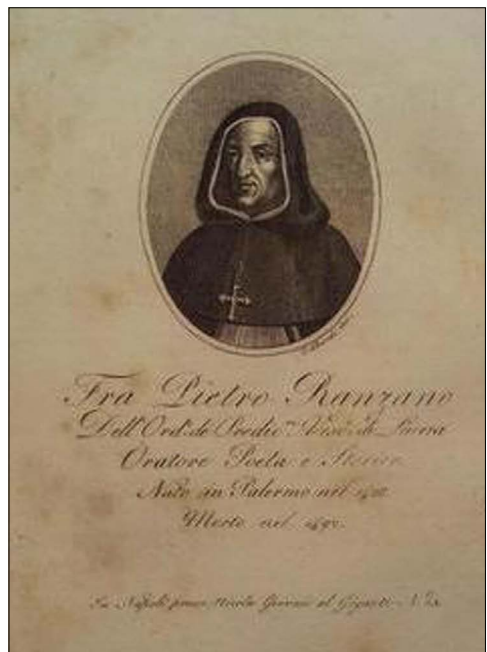
aj tu spomínaný vrch predstavoval prvok dostatočne známy, a preto ako orientačný bod i ľahko identifikovateľný v teréne (tabuľka 3).

Do akej miery mal podobný trend svoje pokračovanie aj počas 14. storočia, to je otázka, na ktorú nepoznáme odpoveď. Nemožno vylúčiť, že i v tomto období sa mohli vyskytnúť podobné prípady, ale nateraz nie sú k dispozícii relevantné údaje, z ktorých by vyplynulo, že to bolo naozaj tak. Podstata tohto problému však nespočíva v tom, že by sme 14. storočie mali považovať za obdobie, keď už takáto prax nemala opodstatnenie. Skôr naopak, ale popravde zatiaľ sa uvedeným problémom nikto u nás bližšie nezaoberal.

## RUKOPISY NEÚRADNEJ POVAHY

Ďalšia obsahovo významná zmienka o našich jaskyniach sa nachádza aj medzi rukopismi neúradnej povahy. Predstavujú kategóriu jedinečných objektov, kam patria najmä kódexy, čiže pergamenové rukopisné knihy. V konkrétnej forme ide o rukopisný kódex dominikánskeho mnícha, luzernského biskupa a humanistického historika Pietra Ranzana (1420 – 1492). V čase svojho pôsobenia na uhorskom kráľovskom dvore začal písať dejiny Uhorska, ktoré mali tvoriť súčasť jeho práce o dejinách sveta s názvom *Omnium temporum annales*. Náhle úmrtie kráľa Mateja roku 1490 spôsobilo, že sa vrátil späť do vlasti a vzal so sebou i svoje nedokončené dielo. Kódex, ktorý pozostáva zo 169 listov, je písaný humanistickou rotundou a prvý raz vyšiel tlačou až roku 1558 vo Viedni (obr. 4).

Dielo ako celok písané latinsky pozostáva z 37 indexov. Z nášho hľadiska je najzaujímavejší druhý index, prináša-



Obr. 4. Pietro Ranzano (1420 – 1492)

Fig. 4. Pietro Ranzano (1420 – 1492)

júci zemepisný opis Uhorska za čias kráľa Mateja. V ňom nachádzame zmienky aj o dvoch slovenských jaskyniach. V ich prípade sú to prvé informácie o nich, ktoré sa neskôr zásluhou citácií ďalších autorov objavovali v literatúre pomerne často. Kým prvou z nich je zmienka o pramennej dutine s jedovatými výparmi pri obci Rybáre (na území dnešných kúpeľov Sliač), druhá zmienka súvisí s dnešnou ľadovou jaskyňou na Dreveníku. Zmienka o tom, že blízko Spiša je puklina, v ktorej z kvapľov kvapkajúca voda v lete zamrzá, je prvým prípadom, keď jaskyňa nezaujala pisateľa len svojou existenciou, ale i vlastnosťou, ktorá sa v tých časoch považovala za jav značne neobvyklý (tabuľka 4).

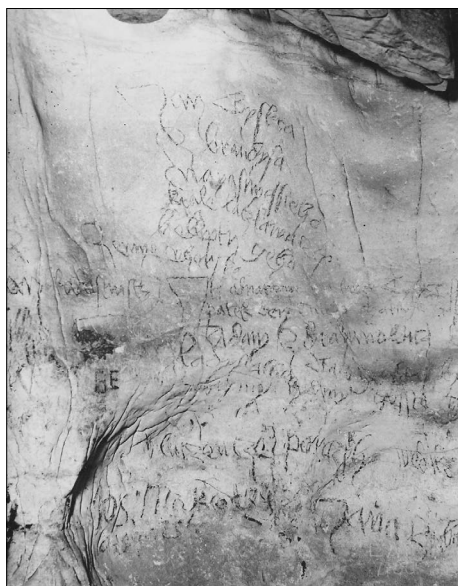
Tabuľka 4. Interiér jaskyne

Table 4. Cave interior

15. storočie	Záznam udalosti	1452 – Jasovská jaskyňa
	charakter jaskyne	1488 – 1490 Ľadová jaskyňa na Dreveníku

## INÉ PÍSANÉ PAMIATKY

Svojím spôsobom jedinečná písomná pamiatka, ktorá sa zachovala do dnešných čias, sa nachádza na stene siene v Jasovskej jaskyni. Aj ona poukazuje na vtedajší záujem o jaskyne, i keď trochu inak. Týka sa udalosti z roku 1451 – bitky pri Lučenci, v ktorej Ján Jiskra z Brandýsa so svojimi vojakmi porazil Jána Huňadyho. Nápis v jaskyni zanechali Jiskrovi vojaci, ktorí vo februári 1452 z bližšie neznámych dôvodov zavítali do Jasova a navštívili i jej priestory.



Obr. 5. Nápis z roku 1452 v Jasovskej jaskyni. Archív SMOPaJ

Fig. 5. Inscription from 1452 in the Jasovská Cave. Archive SMOPaJ

V intenciách záujmu o jaskyne nie je však až natoľko dôležitý obsah správy obsiahnutý v nápise. Jeho existencia jednoznačne dokumentuje vtedajšiu prítomnosť Jiskrových vojakov v jaskyni, čo v kontexte polovice 15. storočia predstavuje fenomén, aký u nás nemá žiadnu alternatívu. Motív ich návštevy nie je známy. Napriek niektorým okolnostiam, ktoré mohli súvisieť s tunajším kláštorom, návšteva jaskyne v polovici 15. storočia vo všeobecnosti nebola bežnou záležitosťou. Verejnosti nebola prístupná a dokonca ani k miestu, kde sa nachádza nápis, nebol ľahký prístup. Osadenstvo kláštora síce vedelo o jej existencii, ale asi ťažko predpokladať, že by tieto končiny z nejakých dôvodov vyhľadávalo aj okolité obyvateľstvo či osoby, ktoré vtedy príležitostne navštívili kláštor (tabuľka 4).

V slovenských podmienkach nemáme iný podobný prípad, z ktorého by mohlo vyplynúť, že sa o návštevu ktorejkoľvek

relatívne dostupnej jaskyne zaujímala v tých časoch verejnosť. Aj z tohto aspektu je nápis na stene Jasovskej jaskyne našou najstaršou pamiatkou. Jeho existencia v ťažko dostupnej sieni naznačuje, že určite nešlo o bežnú záležitosť. Ktovie, čo sledovali pisatelia zanechaním správy o víťazstve na stene jaskyne. Nápis asi nemožno chápať len ako chvíľkový rozmar. Jeho tunajšie umiestnenie malo určiť svoj význam. Možno malo ísť o názornú ukážku, ako túto udalosť vnímal sám Ján Jiskra z Brandýsa, prípadne ako ju vnímali tí jeho vojaci, ktorí v uvedenom čase navštívili priestory jaskyne. Nemožno vylúčiť ani to, že jeho pisatelia týmto svojím krokom sledovali úplne iné pohnútky. Nenapovedá tomu len poloha miesta nápisu. Určitú úlohu mohol v takomto prípade zohrať i jasovský kláštor. Patril totiž k hodnoverným miestam, ktoré vykonávali splnomocňovanie či inú činnosť považovanú za právoplatnú v oblasti uhorského svetského práva (obr. 5).

## FORMY ZÁUJMU

Z charakteru najstarších písomných pamiatok vyplýva, že záujem človeka o jaskyne sa vo vtedajších dobách prejavoval rôzne. Formoval sa síce v súlade s jeho potrebami, ale ani jedna z foriem nebola z časového či iného hľadiska ničím podmienená. Niektoré asi pretrvávali dlhšie, v iných prípadoch išlo pravdepodobne len o ojedinelú, resp. jednorazovú záležitosť. Nemožno vylúčiť, že existovali aj ďalšie formy záujmu, ale prípadné písomné pamiatky o nich nie sú zatiaľ známe. Rovnako nemuseli byť ani natoľko dôležité, aby sa im venovala pozornosť aj prostredníctvom písomného záznamu (tabuľka 5).

Prvou a pravdepodobne najstaršou formou bolo pustovníctvo, ktoré sa spája s jaskynkou pri Zobore (Svoradova jaskyňa) a s jaskyňou Skalka (Benediktova jaskyňa). V oboch prípadoch je jeho existencia asi len veľmi ťažko spochybniteľná, keďže sa ho nepriamo netýka len Maurova legenda. Súvisí s ním aj listina nitrianskeho biskupa Jakuba o zriadení benediktínskeho opátstva na Skalke. Práve existencia biskupovej listiny z roku 1224 je primárnym argumentom, ktorý hovorí v prospech pustovníctva, keďže sa odvoláva na udalosti, o ktorých sa zmieňuje Maurova legenda.

Jaskynné pustovníctvo, ktorého prvé prejavy sa týmto datujú do prvej polovice 11. storočia, je v našich podmienkach pravdepodobne preukázateľné aj v iných prípadoch. Na jeho možnú existenciu poukazujú názvy niektorých jaskýň (Mníchova diera v k. ú. Hrabušice, Mníchova diera pri Moldave nad Bodvou, Pustovnícka jaskyňa pri Valaskej a ďalšie). Pozadie vzniku týchto názvov nepoznáme a nepoznáme ani dobu, s ktorou by tu mohli súvisieť prípadné prejavy pustovníctva. Ani v prípade Mníchovej diery pri Hrabušiciach nevieme posúdiť, či v dávnej minulosti neexistovala súvislosť s kartuziánskym kláštorom, ktorý vznikol roku 1299 na Skale útočišťa na Kláštorisku. O nič lepšie nie sme na tom ani v prípade Mníchovej diery pri Moldave nad Bodvou. Jej poloha voči kláštoru premonštrátov v Jasove poukazuje na podobnú možnosť, ale do akej miery má naša úvaha opodstatnenie, to je otázka, na ktorú tiež nepoznáme odpoveď.

Malá driencanská jaskyňa by už na prvý pohľad mohla byť v tomto smere jednoduchším prípadom. Evokuje to jej starší názov Brožkova pustovňa, ktorý vznikol na podklade historického románu Valgatha. V roku 1861 ho napísal Ľudovít Kubáni (1830 – 1869), slovenský básnik a prozaik. Ide o príbeh spadajúci do obdobia Jána Jiskru z Brandýsa. Autor ho napísal na podklade povesti a za použitia historických reálií. To vedie k domnienke, že existencia pustovníctva v intenciách románu nemusí byť len výsledkom fabulácie jeho autora, ale mohla by vychádzať z reálnych situácií vtedajšej doby.

Tabuľka 5. Formy záujmu

Table 5. Forms of interest

Pustovníctvo	Jaskyňa – miesto dlhodobého pobytu pustovníka	Svoradova jaskyňa (jaskynka pri Zobore)	pustovník Svorad	11. storočie
		Benediktova jaskyňa (jaskyňa Skalka)	pustovník Benedikt	
	Impulz na založenie kláštora	Benediktova jaskyňa (jaskyňa Skalka)	zakladajúca listina benediktínskeho kláštora na Skalke	13. storočie
Útočisko	Kráľovská jaskyňa	Belo IV. – útočisko po prehratej bitke	13. storočie	
Orientačný bod pri určovaní hranice	Šarkanova diera (petra Dupe)	darovacia listina Bela IV. – skalné bralo s jaskyňou petra Dupe	13. storočie	
	Kamenná diera	darovacia listina mladšieho uhorského kráľa Štefana V. – bralo Munuhpest – hraničný bod na brehu potoka Turiec		
	Demänovská dolina	listina Ostrihomskej kapituly – vrch s dutinami a jaskyňami		
Návšteva jaskyne	Jasovská jaskyňa	vojaci J. Jiskru z Brandýsa – bitka pri Lučenci	15. storočie	
Charakteristická vlastnosť jaskyne	Ľadová jaskyňa na Dreveníku	Pietro Ranzano – puklina, kde kvapkajúca voda v lete mrzne		

Využitie jaskyne ako prechodného úkrytu v prípade Bela IV. treba považovať za ojedinelý prípad, ktorý v našich podmienkach asi nemá inú alternatívu. Niektoré naše jaskyne aj neskôr, v čase rôznych nepokojov, plnili krátkodobú útočiskovú funkciu, ale písomné zmienky o tom nie sú k dispozícii. Jedine pamiatky materiálnej kultúry, získané archeologickým výskumom vstupných častí, naznačujú, že príležitostne mohli slúžiť aj tomuto účelu. Podľa miestnych okolností mohol však tento fenomén nadobúdať aj úplne iné rozmery.

Na ďalšiu formu záujmu poukazujú zmienky o jaskyniach, ktoré sú uvedené v stredovekých listinách. Vo väčšine prípadov tu išlo o ich využitie pri stanovovaní hranice príslušného územia. Jaskyňa sa chápala ako významný, v teréne ľahko identifikovateľný prvok, vhodný pri riešení niektorých majetkových záležitostí. Z toho vyplýva, že muselo ísť o prvky známe, čo zase evokuje ďalšie súvislosti, aké v kontexte doby mohli vyplynúť z ich existencie. To, čo dnes poznáme z písomných pamiatok, určite nepredstavuje konečný stav. Skôr hovorí o tom, že tam, kde sa jaskyňa vnímala ako použiteľný prvok – vhodný orientačný bod, stalo sa tak v intenciách tých potrieb, v zmysle akých sa vyhotovovali príslušné listiny. Podľa nášho názoru existuje teda reálny priestor, aby sa prípadnou ďalšou bádateľskou činnosťou rozšírila časom aj jeho súčasná poznatková báza. Aby sa najmä v kontexte 14. storočia obohatila o údaje, ktoré by umožnili posudzovať uvedený fenomén oveľa komplexnejšie.

Nápis na stene v Jasovskej jaskyni zase poukazuje na existenciu inej dimenzie. Z hľadiska jeho obsahu by sme ho tiež mali považovať za ojedinelý prvok, pretože iných podobných pamiatok v kontexte jaskýň u nás niet. Na druhej strane však prítomnosť vojakov J. Jiskru v jaskyni svedčí o tom, že už v tých časoch, ak boli na to oprávnené dôvody, mohlo dochádzať k príležitostnej návšteve ich priestorov. Nemáme tu na mysli návštevníkov, ktorí sa grupovali z radov okolitého obyvateľstva. Skôr mohlo ísť o ľudí, pre ktorých takáto návšteva jaskyne predstavovala niečo výnimočné. Teda ľudí, ktorých záujem o jaskyne mohol neskôr nachádzať istú formu uplatnenia v počiatkoch ich prírodovedného poznávania.

K tomu napokon smeruje aj zmienka, akú zaradil do svojho rukopisného kódexu P. Ranzano. Tým, že poukázal na jav odpozorovaný v jaskyni, okrem jej samotnej existencie tiež naznačil, že išlo o už známy jav. Inak by sa údaje o jeho existencii nedostali k človeku, ktorý len pred krátkym časom začal pôsobiť ako vyslanec neapolského kráľa na uhorskom kráľovskom dvore. Evokuje to teda existenciu pamiatky, ktorá v bližšie neurčenom čase zaznamenala charakter uvedeného javu a musela byť k dispozícii zostavovateľovi rukopisného kódexu.

Z hľadiska záujmu o jaskyne však nemožno vynechať ani nasledujúci poznatok. Z polohy jednotlivých jaskýň, o ktorých sa zmiňujú písomné pamiatky, vyplýva, že išlo o fenomén, ktorý nemal lokálne dimenzie. Presnejšie, nemožno ho vnímať len z pohľadu jednotlivých lokalít. Ich celkové rozmiestnenie naznačuje, že jaskyne už vtedy predstavovali prvok, ktorý patril k vtedajšiemu životu, i keď len v intenciách, ktoré determinovali rôzne okolnosti. Azda tu niekde potom pramení aj neskoršia snaha človeka zameraná na ich bližšie poznávanie potom, ako sa po vynájdení kníhtlače zmienky o nich dostali do literatúry (obr. 6).



Obr. 6. Jaskyne na Slovensku z pohľadu najstarších písomných pamiatok  
Fig. 6. Caves in Slovakia from the viewpoint of the oldest written monuments

## ZÁVER

Existencia prípadných ďalších písomných pamiatok by určite plastickejšie mohla objasniť charakter a škálu záujmu človeka o jaskyne v období 11. – 15. storočia. Je to však úloha pre bádateľov v budúcnosti. Napriek tomu aj to, čo poznáme dnes, vytvára o tom oveľa realistickejšiu predstavu, než bola tá, keď sa rok 1299 považoval za akýsi

pomyselný rok nula. Znamená to, že jaskyne už vtedy predstavovali prvok, ktorý človek umne použil vždy, keď to vyplynulo z jeho potrieb, ako to naznačujú zmienky v nám známých písomných pamiatkach. V takýchto prípadoch nebolo dôležité ich bližšie poznanie. Potrebám vtedajšieho človeka plne postačovala ich fyzická existencia.

Až keď sa vplyvom vynálezu kníhtlače zmienky o jaskyniach stali súčasťou literatúry, vyprofilovala sa o nich časom ďalšia škála rozličných informácií. Vplyvom okolností sa obohacovala o dimenzie, v zmysle ktorých sa menila aj kvalita zmienok, aké dovtedy reflektovali na existenciu týchto prírodných zvláštností. Vznikol priestor pre ich poznávanie, aj keď spočiatku len v intenciách, v akých sa vtedy chápal a rozvíjalo ako celok. Naštartoval sa tým proces, ktorý postupne prerástol do foriem charakterizujúcich záujem o jaskyne dnes.

## LITERATÚRA

- BENICKÝ, V. 1952. Jaskyne Liptovského krasu. Pamiatky a múzeá, 1, 4, 9–18.
- BIELEK, K. 1893. Trenčianska Skalka za starodávna. In *Tovaryšstvo, Sborník literárnych prác*, I., Ružomberok, 123–127.
- DÉNES, Gy. 1999. Der mittelalterliche Munuhpest, der heutige Kőlyuk ist die erste schriftlich erwähnte Höhle in der Slowakei. *Slovenský kras*, 37, Liptovský Mikuláš, 19–24.
- DROPPA, A. 1955. Výskum Demänovských jaskýň. *Geografický časopis*, 7, 3–4, 133–163.
- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne – Krasové zjavy Demänovskej doliny. SAV, Bratislava, 289 s.
- GAÁL, Ľ. 1987. Kras Rimavskej kotliny. *Slovenský kras*, 25, Liptovský Mikuláš, 5–27.
- HOUDEK, I. 1954. Z minulosti slovenských jaskýň. *Príroda a spoločnosť*, 3, Martin, 215–223.
- HÚŠČAVA, A. 1933. Zpráva z XIII. storočia o jaskyniach v demänovskej doline. *Politika*, 3, 23–24, Bratislava, s. 275.
- HÚŠČAVA, A. 1959. Zpráva z 13. storočia o jaskyniach v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 2, Liptovský Mikuláš, s. 146.
- KORABINSKÝ, J. M. 1786. *Geographisch=Historisches und Produkten Lexikon von Ungarn*. Preßburg, 896 s.
2014. Kronika Jána z Turca, Johannes de Thurocz. *Chronica Hungarorum 1488*, Bratislava, 443–444.
- KUBÁNI, Ľ. 1965. Valgatha-Historická povesť z dejov uhorských XV. storočia. SNTL, Bratislava.
- LALKOVIČ, M. 1993. Príspevok k počiatkom záujmu o jaskyne na Slovensku. *Slovenský kras*, 31, Liptovský Mikuláš, 61–74.
- LALKOVIČ, M. 2004. Jaskyňa na Skalke – najstaršia písomná zmienka o jaskyniach na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*, 4, zborník referátov. Liptovský Mikuláš, 181–192.
- LALKOVIČ, M. 2006. Napis z roku 1452 – významná pamiatka z Jasovskej jaskyne. *Slovenský kras*, 44, Liptovský Mikuláš, 99–118.
- MARSINA, R. 1997. Legendy stredovekého Slovenska. Ideály stredovekého človeka očami cirkevných spisovateľov. Budmerice, 33–43.
- MAURUS 1964. Legenda o sv. Svoradovi a Benediktovi. In Mišianik (Ed.): *Antológia staršej slovenskej literatúry*. Bratislava, 75–79.
- PRIKRYL, Ľ. V. 1977. Príspevok k vývoju speleológie na Slovensku (Slovenské jaskyne na mapách). *Z dejín vied a techniky na Slovensku*, 8, Bratislava, 89–111.
- PRIKRYL, Ľ., V. 1985. *Dejiny speleológie na Slovensku*. Veda, Bratislava, 204 s.
- SCHÖNVISZKY, L. 1968. *A Kárpát-medence legrégebben ismert jégbarlangja*. Karszt és barlang, I–II, Budapest, 11–16.
- STÁREK, Ľ. 1852. S. Ondrej Svorad (Zoerard) a Benedik, ochrancovia biskupstva nitrianskeho. *Cyrill a Method, Katolícky Časopis pre Cirkev a Školu*, roč. I., č. 19, Banská Bystrica 15. mája 1852, 148–149.
- STÁREK, Ľ. 1852. S. Ondrej Svorad (Zoerard) a Benedik, ochrancovia biskupstva nitrianskeho. *Cyrill a Method, Katolícky Časopis pre Cirkev a Školu*, roč. I., č. 20, Banská Bystrica 22. mája 1852, 157–158.

- STÁREK, L. 1852. S. Ondrej Svorad (Zoerard) a Benedik, ochrancovia biskupstva nitrianskeho. Cyrill a Method, Katolícky Časopis pre Cirkev a Školu, roč. I., č. 21, Banská Bystrica 29. mája 1852, 163–165.
- ŠTEVÍK, M. 2003. Prírodno-geografické pomery a prírodné názvy na Spiši v písomných dokumentoch z 13. a 14. storočia. Terra Scepusiensis, Stav bádania o dejinách Spiša, Levoča – Wrocław, 103–112.

## THE OLDEST WRITTEN DOCUMENTS ABOUT THE CAVES IN SLOVAKIA, IN THE STATE OF CURRENT KNOWLEDGE

### S u m m a r y

Even before information about caves got into literature, mentions about them appeared in various contemporary documents. They are proofs that caves already at that time represented a category, which had a certain role in man's life. Nowadays they represent a unique category of written monuments that significantly moves frontiers of our knowledge. It is a category showing what caves meant for a man since the time when he was not reliant on them as for shelter or refuge in bad weather.

In the 20th century a general opinion was adopted that the oldest written mention about caves dates back to the end of the 13th century. It referred to the document of the Esztergom Chapter from 1299, however nobody contemplated that it could be completely different. A. Húščava as the first one pointed out at existence of this document in 1933. Later other authors also mentioned it but their interpretations were various. The knowledge on caves in this region had at the time of the Esztergom Chapter a little wider diapason. Its wideness is represented by known literature monuments including ones by now omitted.

Regarding these documents interest in caves was formed gradually. In the context of that time it was not so much about their cognition but it depended on many circumstances. It developed this way since the 11th century until the time of the invention of typography in the half of the 15th century. Later it continued with varying intensity and ends in 1549 when the first mentions of our caves appeared in literature thanks to Georg Wernher. The period between the 11th and 15th centuries is a period when existence of caves found certain application in the man's life in the context of dealing with some situations. Such may be the abstraction of the meaning what is delivered in the oldest written monuments. Differences in their character also show to dimensions, in which caves got into man's awareness.

The Mauro's legend is the oldest literature monument in our territory that indicates certain connection with caves in Slovakia. It originated in the third quarter of the 11th century. Another literature monument is a legend about escape of Bela IV after the lost battle near the Slaná River in 1241. Mentions about caves were found in the medieval document from 1224, by which Bishop of Nitra established the Benedictine Abbey in the Skalka near Trenčín. Others are included in the donation documents of Bella IV from 1253 and Štefan V from 1266, who donated their properties to their supporters. The document of the Esztergom Chapter from 1299 points out to existence of caves in the Demänovská Valley. It relates to a tour of pharmacist Andrej around property borders to the south of Palúdzka. In 1488 – 1490 P. Ranzano, a Dominican monk included an interesting mention of the ice cave in the Dreveník into his manuscript codex. The inscription on the wall of the Jasovská Cave from 1452 is related to modern interest as well.

According to the character of information that is included in these mentions we can differentiate several forms of primary demonstration of modern interest in caves. The first one is hermitism. According to the Mauro's legend, the Svorad's Cave in the Zobor Hill near Nitra and the Benedikt's Cave in the Skalka near Trenčín, should have served for these purposes. Caves as refuges represent another form of interest. The Royal Cave in the Zádielská Valley, in which Bela IV found a shelter after the lost battle near the Slaná River can serve as an example. Mentions of caves in medieval writings document that their existence belonged to important features in setting up the boundaries of given property. An inscription in the Jasovská Cave from 1452 is connected with visit by soldiers of Ján Jiskra from Brandýs. A mention in the manuscript codex by P. Ranzano is interesting by the first time taking notice of a characteristic property of the cave.

**Slovenský kras, ročník 54, číslo 1**  
**Acta Carsologica Slovaca**

<b>Rok vydania:</b>	september 2016
<b>Vydanie:</b>	prvé
<b>Evidenčné číslo:</b>	EV 3878/09
<b>Vydavateľ:</b>	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva a Štátna ochrany prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň, 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>	Tlačiareň RVPRINT, s. r. o. Uhorská Ves 84, 032 03 Liptovský Ján
<b>Náklad:</b>	400 výtlačkov
<b>Cena:</b>	Nepredajné
<b>Obálka:</b>	Važecká jaskyňa. Foto: P. Staník

**ISSN 0560-3137**