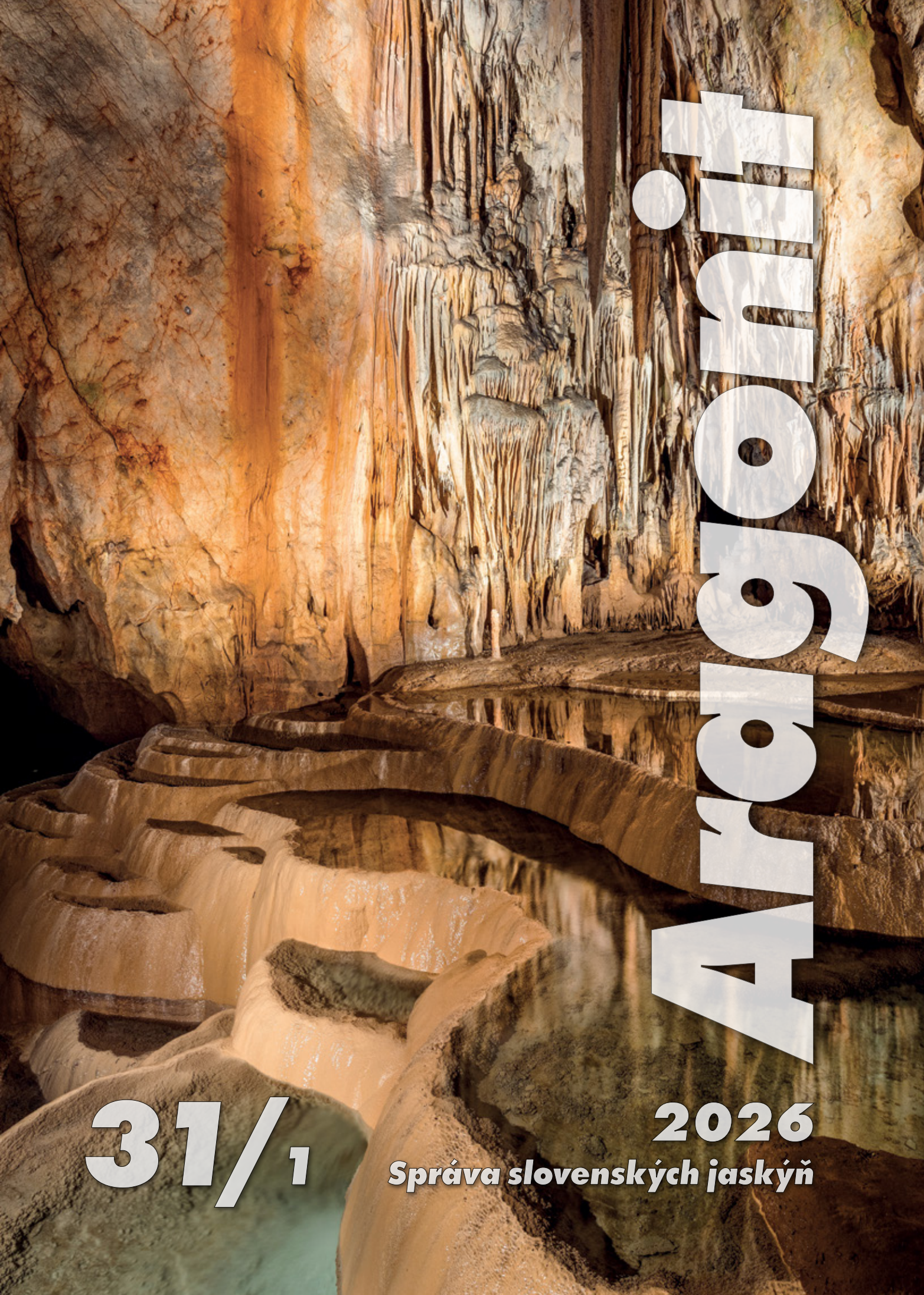


Aragonit

31/1

2026

Správa slovenských jaskýň

ARAGONIT

vedecký a odborný časopis Správy slovenských jaskýň

Časopis uverejňuje:

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

Vydavateľ: *Štátna ochrana prírody SR, Tajovského 28B, 974 01 Banská Bystrica*
IČO 17 058 520
Adresa redakcie: *Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; e-mail: pavel.bella@ssj.sk*
Editor: *doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.*
Výkonní redaktori: *Mgr. Miloš Melega, RNDr. Juraj Littva, PhD.*

Redakčná rada: *prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Ing. Peter Gažík, prof. dr hab. Michał Gradziński, Mgr. Dagmar Haviarová, PhD., prof. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., Ing. Ľubica Nudziková, prof. Mgr. Martin Sabol, PhD., RNDr. Ján Zelinka*

Časopis vychádza dvakrát ročne.
Evidenčné číslo: EV 3569/09
ISSN 1335-213X
https://www.ssj.sk/sk/casopis-aragonit

ARAGONIT

ročník 31, číslo 1 / september 2026

Recenzenti vedeckých príspevkov: *RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., PhDr. Vladimír Mitáš, PhD., doc. RNDr. Andrej Mock, PhD., Ing. Ján Obuch, PhD., prof. RNDr. Alexandra Šimonovičová, CSc.*

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

Redaktor: *Mgr. Bohuslav Kortman*
Jazyková korektúra: *Mgr. Ing. Monika Krasnocvetová*
Grafická úprava a sadzba: *Ing. Ján Kasák, Mgr. art. Jana Nováková*
Tlač: *Ekonoprint družstvo, Martin*

Obrázky na obálke:

(1) Domica, Rímske kúpele. Foto: P. Staník
(2) Domica, Sieň odvahy. Foto: P. Staník
(3) Domica, podzemné riečisko Styxu. Foto: P. Staník
(4) Domica, Klenotnica. Foto: P. Staník

OBSAH / CONTENTS

JASKYŇA DOMICA / DOMICA CAVE

M. Kudla, P. Bella: K histórii a storočnému jubileu Domice / On the history and centennial anniversary of Domica Cave ... 3

P. Bella: Viacúrovňová jaskyňa Domica v kontaktnej zóne Slovenského krasu na južnom okraji Západných Karpát / Multi-level Domica Cave in the contact zone of the Slovak Karst on the southern edge of the Western Carpathians ... 6

D. Haviarová, K. Mikulová: Hydrologické pomery jaskyne Domica v kontexte meraní a pozorovaní v sprístupnených častiach jaskyne / Hydrological conditions of Domica Cave in the context of the measurements and observations in the show parts of the cave ... 17

D. Haviarová, M. Kudla: Podzemná plavba v jaskyni Domica v kontexte historického vývoja a súčasného využívania / Underground boat trip in the Domica Cave in the context of historical development and current use ... 27

V. Papáč, M. Melega: Bezstavovce jaskyne Domica: storočie výskumu podzemnej biodiverzity / Invertebrates of Domica Cave: a century of research on subterranean biodiversity ... 36

Z. Višňovská, M. Uhrin: História poznávania fauny netopierov v jaskyni Domica / History of the study of bat fauna in Domica Cave ... 43

A. Nováková: Vzpomínky na Domicu – aneb výsledky studia mikroskopických hub v jeskyni Domica (2002–2020) / Memories of Domica – or the results of the study of microscopic fungi in the Domica Cave (2002–2020) ... 50

M. Soják: Jaskyňa Domica – „perla slovenského praveku" / Domica Cave – "the pearl of Slovak prehistory" ... 54

SPRÁVY / REPORTS

M. Kudla: Medzinárodný deň jaskýň a krasu / International Day of Caves and Karst ... 62

ABSTRAKTY / ABSTRACTS

16. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň", Liptovský Mikuláš 6. – 8. 10. 2026 / 16th Scientific Conference "Research, Utilization and Protection of Caves", Liptovský Mikuláš, October 6 – 8, 2026, Slovakia ... 63

K HISTÓRII A STOROČNÉMU JUBILEU DOMICE

História poznávania jaskyne Domica, počítajúca sa od jej objavenia, v októbri 2026 dovŕši 100 rokov. Jedinečná jaskyňa, ktorá sa vďaka svojim prírodným hodnotám a archeologickému bohatstvu stala symbolom podzemia Slovenského krasu a ktorú za storočie obdivovali milióny domácich aj zahraničných návštevníkov, dostala sa ihneď od svojho objavenia do hľadáčika jaskyniarov, vedcov aj tlače a vzbudila veľký záujem a pozornosť verejnosti. Zaujímavá história jaskyne je pomerne dobre zmapovaná a bolo o nej napísané už niekoľko publikácií. Najkomplexnejším dielom nielen o Domici, ale aj o celom slovensko-maďarskom cezhraničnom podzemí je publikácia Jaskynný systém Domica-Baradla z roku 2014 od popredných slovenských aj maďarských speleológov. Napriek tomu má história Domice ešte nemálo otáznikov a neprebádaných miest. Tento úvodný príspevok podáva základný prehľad a stručné predstavenie storočnej histórie Domice, poukazujúc aj na jej menej prebádané či neobjasnené oblasti.

Kras v juhozápadnej časti Silickej planiny a v okolí Smradľavého jazierka nikdy neunikal ľudskej pozornosti, prinajmenšom kvôli dobre známej Baradle, ktorej okolnosti vzniku sa stali predmetom úvah učencov už na začiatku 19. storočia. Do miestneho povedomia sa dostal aj niekdajší hostinec pri Smradľavom jazierku, ktorého hostinská s pomocou zbojníkov mala nejednému zámožnejšiemu návštevníkovi dopomôcť na „onen svet“ a ktorých kosti ležali v Čertovej diere. Už Ladislav Bartolomeides vo svojej monografii o Gemeri, ktorá mala doplniť prehľad o regiónoch Uhorska z pera Mateja Bela, venoval nemalú pozornosť Baradle a nechal ju zamerať. Aj na základe vyhotovenej mapy on aj ďalší bádatelia 19. storočia predpokladali existenciu neznámych jaskynných priestorov medzi Baradlou a Čertovou dierou.

Vo februári 1923 k príslušníkom Finančnej stráže v Hosúsove, v blízkosti „mladej“ štátnej hranice, nastupuje mladý Ján Majko (obr. 1). Počiatky jeho záujmu o jaskyne sa v literatúre spájajú najmä so správami v dobovej tlači o objave Demänovskej jaskyne slobody a so zakúpenou brožúrou Hovory geologické. Ústnym podaním od silického rodáka Zoltána Pástora cez Juraja Bártu až po Petra Holúbeka sa traduje, a aj logika veci tomu napovedá, že sa s jaskyňami stretal aj priamo v službe. Tie mali slúžiť pašerákom prekračujúcim novú štátnu hranicu ako úkryty na výmenu kontrabandu. Ďalší historický výskum by mohol priniesť zaujímavé poznatky o takomto využívaní jaskýň.

Pozoruhodné a možno aj symbolické je to, že podobne ako v prípade Jaskyne či Chrámu slobody v Demänovskej doline objaveného o päť rokov skôr, aj tu sa objavovania jaskyne zúčastnili skauti. Majko ako sprievodca dvoch pražských skautov, ktorých zaujímali okolité pamiatky a pozoruhodnosti, navštívil spolu s nimi Starú Domicu. Vtedy ešte bez prívlastku „Stará“. Jeden skaut čakal na povrchu a Majko s druhým skautom zostúpili do jaskyne asi 6 m po spráchnivenom strome. Na dne pri stene Majko odhalil miesto s prievanom. Po odvalení skaly našiel pokračovanie, ktoré ich priviedlo až nad priepasť hlbokú asi 10 m. Tu sa ich výprava skončila. Zdolať ju sa podarilo až 3. októbra 1926, keď Majka s kolegom Pochylým spustili na dno pomocou lana ich kolegovia z Finančnej stráže. Tak prenikli do útrob Domice a učinili jeden z najvýznamnejších jaskyniarskych objavov na území Slovenska.

Bezprostredne po prvotnom objave sa v duchu objaviteľského nadšenia naštartoval prieskum jaskyne. Úvahy o prekonaní riečiska Styxu medzi Domicou a Baradlou museli vzhľadom na nedostatočné vybavenie ustúpiť. Jaskyniarsky záujem sa tak preorientoval na prepojenie Domice s Čertovou dierou. Separátne ju skúmali Majko a jeho kolega Žák. Ten v Čertovej diere najprv postúpil ďalej ako Majko, ale prepojiť jaskyne sa nakoniec podarilo práve Majkovi v roku 1929. Hlavnou jaskyniarskou výzvou však stále zostávalo prepojenie Domice a Baradly. Už v novembri 1926 sa o to neúspešne pokúsili objaviteľ Jaskyne slobody Alois Král s Vojtechom Benickým. V roku 1930 to skúsil vojak Šustek, ktorý sa podieľal na prekopávaní vchodu jaskyne. V najvzdialenejšom dosiahnutom mieste zanechal nápis „Zdar Hosúsovským jaskyniam“, ku ktorému sa v nasledujúcom roku z Baradly dostal jej správca Huber Kessler, ale ďalej postúpiť nemohol. Úspešný prechod z Domice do Baradly učinil až Benický v septembri 1932.

V prvých rokoch jaskyňu spravovali útvary Slovenskej ligy, ktorá si dala za cieľ jaskyňu sprístupniť. V roku 1927, snáď najmä pre potreby sprístupnenia, zameral Domicu Josef Dania. Pomerne rýchlo sa však ukázalo, že táto úloha je nad ich finančné a organizačné možnosti, a tak stratili o jaskyňu záujem. Preto Slovenská liga ponúkla Domicu Družstvu demänovských jaskýň. Zistili však, že by Domicu pravdepodobne čakal osud Stanišovskej jaskyne, v ktorej už v 19. storočí sprevádzali miestni učitelia zemianske návštevy z početných kaštieľov. Túto objaviteľ Jaskyne slobody Král, už ako štátny konzervátor nechal v roku 1926 zatvoriť, aby sa zbavil prípadnej konkurencie. Družstvo demänovských jaskýň teda neprichádzalo do úvahy. Ponuku prevziať Domicu prijal Klub československých turistov (KČST) a v roku 1929 ju získal za 15 000 Kčs. Hoci išlo o organizáciu, ktorá mala na pomery vtedajšej doby prostriedky aj možnosti, sprístupňovanie Domice bolo aj pre ňu priveľké sústo a sotva by sa to podarilo bez získanej štátnej pomoci.

Obr. 1. Objaviteľ Domice Ján Majko (1900 – 1985) patrí medzi najvýznamnejšie osobnosti slovenského jaskyniarstva. Je tiež objaviteľom viacerých významných jaskýň, ako Milada, Matilda, Majkova jaskyňa (tak pomenovaná neskôr) či nových priestorov v jaskyniach, ako Silická či Malá ľadnica. Významne ovplyvnil vývoj a smerovanie súčasného slovenského jaskyniarstva. (Zbierka SMOPaJ)

Obr. 2. Eduard Paloncy so spolupracovníkmi pri zameriavaní Domice. (Zbierka SMOPaJ)

Obr. 3. Plavba na prehradenom Styxe v roku 1933. (Zbierka SMOPaJ)

Obr. 4. Chata Domica ako vstupný areál jaskyne. (Zbierka SMOPaJ)

Sprístupnenie jaskyne bolo podmienené vhodným prevádzkovým vchodom. Ten v apríli 1930 zameral a vytýčil Eduard Paloncy, čo je tiež pozoruhodná paralela s Jaskyňou slobody (obr. 2). Miesto budúceho vchodu určil v mieste, kde pred tisíckami rokov vstupovali do jaskyne jej pravekí obyvatelia. V decembri 1931 nastupuje do Domice jej správca a vedúci sprístupňovacích prác Vojtech Benický. Práve on na stránkach Krás Slovenska podrobne zaznamenal priebeh a okolnosti sprístupňovania Domice. Aj to, že vďaka týmto prácam si v ťažkých časoch privyrobili obyvatelia biedneho Hosúsova (terajšia Dlhá Ves). Prehliadkovú trasu budovali od konca, aby ju pri ďalších prácach čo najviac ušetrili. Na pozadí sprístupňovania jaskyne sa robili pokusy so zahataním riečiska Styxu, čo viedlo k stavbe prvého (obr. 3) a neskôr aj druhého plavebného kanála. Táto ikonická atrakcia Domice sa od počiatku svojho fungovania potýka so závažnými problémami vrátane ničivých povodní či, naopak, nedostatku vody. Aj o problémoch podzemnej plavby a povodniach sa dočítate v tomto čísle Aragonitu. Domica a ďalšie jaskyne v správe KČST dodnes nesú rukopis tejto organizácie. Ten okrem sprístupňovania jaskýň a vybudovania vstupných objektov obsahuje aj niektoré pochybné a problematické stavby a činnosti, ako plavebné kanály v Domici či betónové jazierka a deštrukčné stopy po umelom zaľadňovaní spodnej časti Belianskej jaskyne. Aj takto sa prejavoval konkurenčný boj s Družstvom demänovských jaskýň s ich Jaskyňou slobody a Fehérovou Dobšinskou ľadovou jaskyňou. Areál jaskyne Domica vrátane prístupovej cesty z Hosúsova sa postupne vybudoval v rokoch 1932 až 1935. Vtedy bola sprístupnená aj Panenská chodba. Ikonická chata, ktorej ruinu dnes zakrývajú stromy a kríky, ponúkala návštevníkom reštauráciu, bazár, poštu a od roku 1936 dokonca aj colný úrad (obr. 4). Nepriaznivú polohu Domice aspoň čiastočne kompenzovalo posilnenie možností dopravy z Košíc a Rožňavy.

Domica sa stala lákadlom nielen pre turistov, ale aj pre vedcov. Už v roku 1929 sa o jej faunu zaujímal Ústav všeobecnej biológie Lekárskej fakulty Univerzity Komenského. V medzivojnovom období sa o poodhaľovanie tajomstiev Domice zaslúžili najmä českí výskumníci, ktorí dosiahli mimoriadne pozoruhodné výsledky. Na pozadí sprístupňovacích prác v roku 1932 tu uskutočnil archeologický výskum Jaroslav Böhm sústredený na Sieň jedenástich plameňov. V podrobnejšom výskume jaskyne pokračoval na prelome rokov 1933 a 1934 (obr. 5). V tom čase KČST zriadil Krasovú komisiu pre vedecké spracovanie Domice. Jej predsedom sa stal známy geológ, profesor Univerzity Karlovej v Prahe Radim Kettner. V roku 1934 Ján Kašpar skúmal v Domici guánové minerály. V rokoch 1936 až 1938 prebiehal intenzívny výskum a detailné mapovanie jaskyne (obr. 6). Kettner skúmal jaskyňu aj za účasti mladého Zdeňka Rotha. V roku 1936 Kettner si vďaka výskumu Domice vyslúžil svetové prvenstvo opísaním guánovej korózie, ktorá spôsobuje deštrukciu stalagmitov a sintrových kôr, ako aj vznik guánových hrncov. Roth v roku 1937 objasnil postupný vývoj Domice. Pritom ako prvý na svete opísal stropné korytá a objasnil ich vytváranie podzemným vodným tokom, ktorý naplavené sedimenty pritlačili k skalnému stropu. V roku 1938 Kettner skúmal a ako jeden z prvých na svete opísal sintrové štíty, ktoré sú v Domici početne zastúpené. Ostatné typy sintrovej výzdoby, typické pre Domicu, opísal Roth (štúdiu spracoval v roku 1937, z dôvodu vojnových udalostí vyšla až v roku 1948). Vo vtedajšej tlači Kettner písal, že Domica je „eldorádom" prírodovedcov a že žiadna z vtedajších československých jaskýň neposkytovala toľko zaujímavých a pritom rozmanitých prírodovedných problémov ako Domica. Okrem všestranného výskumu jaskyne sa komisia zaslúžila o zriadenie expozície venovanej Domici v jej prevádzkovej budove. Českí geológovia pôsobili v Domici aj v povojnovom období do začiatku 50. rokov minulého storočia.

Prelomový november 1938 pripravil Slovensko aj KČST o dve sprístupnené jaskyne, z toho určite bolestnejšou stratou bola práve Domica. Spolu s Jasovskou jaskyňou sa v dôsledku prvej viedenskej arbitráže ocitla v maďarskom zábore až do oslobodenia v roku 1945. Toto pohnuté obdobie symbolicky ohraničujú Benického články v Krásach Slovenska. Prvý z roku 1938 *Stratili sme Domicu* a druhý z roku 1945 *Domica opäť naša*. O osude Domice počas týchto rokov vieme len málo. Ocitla sa pod patronátom správcu Baradly Huberta Kesslera a dočkala sa len minimálnej návštevnosti a prakticky žiadnej údržby. Pôsobenie maďarských výskumníkov a jaskyniarov v Domici v tomto období by si zaslúžilo hlbší historický výskum.

Ani vojna Domicu neobišla. Počas prechodu frontu slúžila ako stajňa a napájadlo pre kone, jej výbava aj okolie boli spustošené a len máločo pripomínalo *najkrajšiu jaskyňu Československa*, ako ju neskromne prezentovali propagačné materiály v tridsiatych rokoch minulého storočia (obr. 7). Podobne ako v prípade iných sprístupnených jaskýň, aj povojnovú obnovu Domice poznačilo časté striedanie spravujúcich organizácií. Z nich sa najviac vyznamenal Turista, n. p., ktorý sa zaslúžil o dobudovanie a sprevádzkovanie Druhej plavby i vyrazenie nového vchodu do Kvetnice, a Východoslovenské múzeum v Košiciach, ktoré dalo v rokoch 1967 až 1968 vybudovať protipovodňové poldre.

Zhoršenie problémov s povodňami súviselo so založením JRD Zlatý klas, keď sa v okolí Domice rozorali medze a pestovala sa kukurica, pričom sa oralo po spádnici zodpovedajúc možnostiam vtedajšej poľnohospodárskej techniky. Od päťdesiatych rokov prebiehal a stále prebieha zápas s povodňami v jaskyni, čo okrem vybudovania zmienených poldrov podmienilo aj postavenie vstupného objektu jaskyne v roku 1974 na vyvýšenom betónovom monolite (na tomto mieste je od roku 2004 umiestnený pamätný kameň vyhlásenia Národného parku Slovenský kras). Mimo zásahu povodní sa vybudoval aj súčasný vstupný areál jaskyne, ktorý slúži od roku 1984. Jeho súčasťou je protipovodňová bariéra okolo vchodu (terajší východ prehliadkovej trasy). Okrem povodní, sprevádzaných zvýšenou vodnou eróziou pôdy, dochádzalo aj k znečisťovaniu podzemných vôd v jaskyni. Preto bolo v roku 1972 na vodozbernom území ponorných vodných tokov Domice vyhlásené jej ochranné pásmo. Na tomto príklade sa u nás deklarovali základné princípy a kritériá vymedzovania ochranných pásiem jaskýň v kontaktnom krase s alogénnymi vodnými tokmi.

Po vojne sa obnovil aj jaskyniarsky a bádateľský záujem. V roku 1950 Domicu navštívili účastníci prvého Jaskyniarskeho týždňa. Významné poznatky o archeológii Domice priniesli výskumy Juraja Bártu v rokoch 1956 a 1963 i súborná publikácia od Jána Lichardusa.

Obr. 5. Z archeologického výskumu Domice, ktorý viedol Jaroslav Böhm. (Zbierka SMOPaJ)

Obr. 6. Zdeněk Roth a Radim Kettner počas výskumu Domice, ktorého súčasťou bolo aj detailné mapovanie. (Zbierka SMOPaJ)

V päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch jaskyňu skúmal a s využitím Paloncyho bodov zameral Anton Droppa. Jej novú mapu uverejnil vo svojej knižnej publikácii o Domici z roku 1960. Novšiu mapu dotvoril v spolupráci s Alfonzom Chovanom o štyri roky neskôr. Problematiku vývoja jaskyne detailnejšie podal v štúdii, ktorá vyšla v Československom krase v roku 1972. Vývojovými úrovňami Domice sa zaoberal Jozef Jakál vo svojej knižnej monografii o krase Silickej planiny z roku 1975. V nasledujúcich štúdiách poukázal na jej význam v rámci krasovej geomorfológie Západných Karpát.

Obr. 7. Plagát z tridsiatych rokov, ktorý prezentuje Domicu ako najväčšiu a najkrajšiu československú jaskyňu. (Zbierka SMOPaJ)

Po prevzatí Domice Správou slovenských jaskýň v roku 1970 bola v nasledujúcom roku prerážkou medzi Suchou a Panenskou chodbou zokruhovaná trasa Veľkého okruhu. Vítaným bolo zriadenie malého pohraničného styku, keď návštevníci Domice aj Baradly mohli navštíviť aj sprístupnenú časť tohto rozsiahleho systému na druhej strane hranice.

Domica nepatrí medzi naše najnavštevovanejšie jaskyne. Svoju daň si vybrala nepriaznivá poloha. Aj jedno z najväčších lákadiel, podzemná plavba, funguje len občasne (už od jej vybudovania). Ak pri Belianskej jaskyni bola ako turistické zázemie vybudovaná dnes samostatná obec Tatranská Kotlina a Jaskyňa slobody dala prvý impulz pre rozvoj dnes až premršteného turizmu v Demänovskej doline, Domica sa nikdy nestala miestom, okolo ktorého by sa zhromaždili doplnkové turistické služby. Takmer do konca dvadsiateho storočia bol vstupný objekt Domice pod úpätím Silickej planiny celkom osamotený. Na prelome storočí pribudol oproti Domici podivný, dnes chátrajúci areál v bezútešnom stave. Odvtedy akoby v okolí Domice zastal čas. Hoci pribudol inovovaný náučný chodník (pôvodný náučný chodník s názvom Domica a okolie bol otvorený v roku 1986), čoraz väčšie nároky turistov tu len sotva nájdu uspokojenie. To však nepochybne nachádzajú speleológovia a jaskyniari, ktorí poodhaľujú tajomstvá Domice a určite aj množstvo návštevníkov, ktorí obdivujú jej krásy. Od decembra 1995 je Domica súčasťou svetového prírodného dedičstva (v rámci cezhraničnej lokality Jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu).

V poslednom štvrťstoročí výskum jaskyne napredoval, najmä v réžii Správy slovenských jaskýň a spolupracujúcich domácich i zahraničných vedeckých ústavov (Prírodovedecká fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Archeologický ústav Slovenskej akadémie vied, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Slovenské národné múzeum v Bratislave, Slovenská speleologická spoločnosť, Spoločnosť pre ochranu netopierov na Slovensku, Geologický ústav Akadémie vied Českej republiky, Ústav pôdnej biológie Akadémie vied Českej republiky, Geologický ústav Poľskej akadémie vied, Geologický ústav Jagelovskej univerzity v Krakove, Vroclavská univerzita vo Vroclavi), za čo im patrí veľká vďaka. Výsledkom je množstvo vedeckých a odborných publikácií o Domici. V oblasti starostlivosti a ochrany celého jaskynného systému Domica-Baradla dlhodobo spolupracujeme so Správou Národného parku Aggtelek so sídlom v Jósvafő. Čerstvým a významným jaskyniarskym úspechom sú objavy priponorových úsekov Domice a jej prepojenie s Líščou dierou.

Domica ako súčasť nášho prírodného a kultúrneho dedičstva je naďalej veľmi zaujímavým objektom výskumu a náučnou lokalitou ochrany prírody. Za posledných 100 rokov poodhalila svoje očarujúce tajomstvá, ďalšie sú výzvou pre mladších výskumníkov a prieskumníkov. Jej potenciál pre rozvoj turizmu poskytuje možnosti, ktoré neboli zatiaľ naplnené.

Miroslav Kudla, Pavel Bella

VIACÚROVŇOVÁ JASKYŇA DOMICA V KONTAKTNEJ ZÓNE SLOVENSKÉHO KRASU NA JUŽNOM OKRAJI ZÁPADNÝCH KARPÁT

Pavel Bella

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk
Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

P. Bella: Multi-level Domica Cave in the contact zone of the Slovak Karst on the southern edge of the Western Carpathians

Abstract: The Domica Cave is part of the cross-border Slovak-Hungarian Domica-Baradla cave system (Slovak and Aggtelek karsts), which is more than 32 km long. It consists of several evolution levels formed in relation to the incision phases of the Jósva River valley. The upper level of the cave (338 to 341 m a. s. l., 12 – 18 m above the current underground riverbed) comprises the Suchá chodba Passage, the Dóm mystérií Chamber, the upper parts of the Majkov dóm and Gotický dóm chambers, the Klenotnica Hall and the Slepá chodba Passage. The fluvial passages of the upper and lower levels are characterised by ceiling channels formed by erosion of the cave roof due to the aggradation of allochthonous gravels entering cave systems through the ponors of allogenic streams in the contact zone of the Slovak Karst. The lower level (335 to 314 m a. s. l.) consists of the Panenská chodba Passage and the riverbed crossing the state border into the Baradla Cave. This is the longest and most extensive part of the Domica-Baradla cave system. Cosmogenic nuclide dating (^{10}Be and ^{26}Al) of the burial ages of allochthonous quartz gravel in the Domica Cave shows that the upper level of the cave system originated in or before the Middle Pliocene, and the lower level in the Early Pleistocene. Low denudation rates (0.3 – 0.6 m.Ma^{-1}) correspond with the slowdown or interruption of tectonic uplift of the area and the long-term stabilisation of the erosion base during the formation of these cave levels. Their origin was linked to the formation of large pediments, remnants of which are preserved on both sides of the Jósva River valley (Hungary). These pediments probably correspond to the foothill (Middle Pliocene) and river-side (Late Pliocene – Early Pleistocene) levels within the denudation chronology of the Western Carpathians. The Domica Cave is also of worldwide significance, having been the site of two notable studies. In 1936, Radim Kettner first described guano corrosion pots there, and in 1937, Zdeněk Roth first explained how ceiling channels were formed due to the aggradation of underground riverbeds.

Keywords: karst geomorphology, contact karst, speleogenesis, cave level, ceiling channel, guano corrosion pot

ÚVOD

Jaskyňa Domica je súčasťou cezhraničného slovensko-maďarského jaskynného systému Domica-Baradla, ktorého celková dĺžka presahuje 32 km (približne jedna tretina pripadá na územie Slovenska; obr. 1 a 2). V rámci slovensko-maďarskej lokality *Jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu* je tento výnimočný jaskynný systém od decembra 1995 zaradený do svetového prírodného dedičstva. Okrem unikátnych archeologických nálezov, bohatého výskytu sintrových štítov a bubnov, ako aj vzácnej jaskynnej fauny je jaskyňa Domica významná i z geomorfologického hľadiska. Jej horizontálne chodby sú spolu s jaskyňou Baradla typickým príkladom „ideálnej" horizontálnej jaskyne vytvorenej pozdĺž vodnej hladiny (Ford, 1977, 1989, 2000b; Ford a Williams, 1989, 2007). Jaskynný systém zahrňuje chodby od ponorov v závere slepých dolín na juhozápadnom okraji Slovenského a Aggteleckého krasu až po vyvieračku vo vrecovitej doline pri Jósvafő v doline Jósvy. V Domici, ako v prvej jaskyni na svete, Roth (1937) opísal a vysvetlil vytváranie stropných korýt (Bosák a Bella, 2013, 2015; pozri tiež De Waele a Gutiérrez, 2022). Jaskynné úrovne so stropnými korytami odrážajú podmienky a procesy speleogenézy v okrajovej kontaktnej zóne planinového krasu na južnom okraji Západných Karpát.

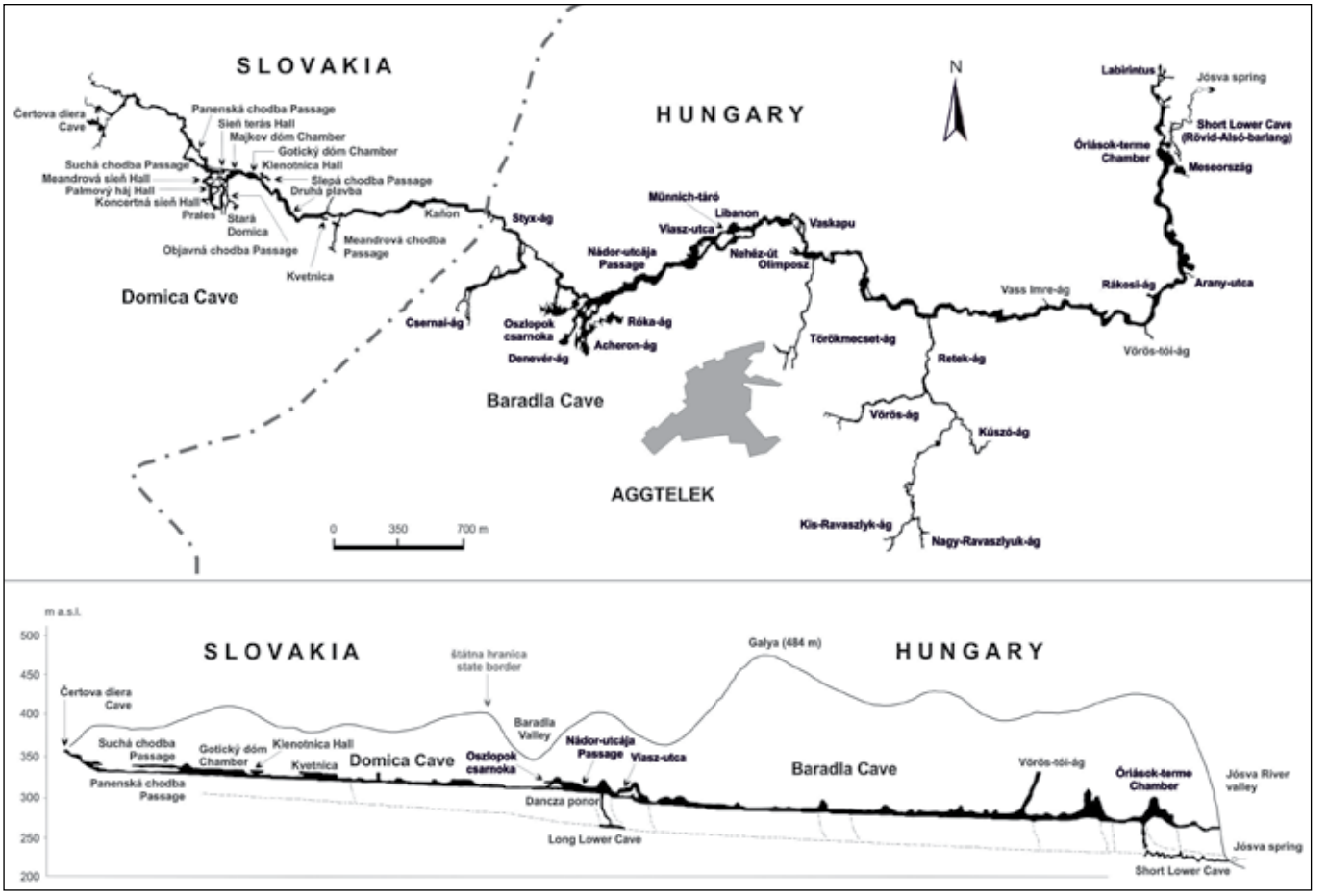
Tento príspevok, spracovaný k 100. výročiu objavenia jaskyne Domica, podáva prehľad základných poznatkov o jej morfológii a vývoji ako súčasti rozsiahleho jaskynného systému Domica-Baradla v súvislosti s vývojom okolitého územia na južnom okraji Západných Karpát. Obe jaskyne boli speleologicky prepojené v roku 1932 (prekonaním sifónovitého úseku), šesť rokov po objavení jaskyne Domica. Od konca 90. rokov minulého storočia sa v jaskyni Domica viacerými metódami (rádioizotopové datovanie, paleomagnetizmus a magnetostratigrafia, kozmogénne nuklidy) datovali autochtónne i alochtónne sedimenty (Pruner et al., 1999a, b, 2000; Bella et al., 2014a, b, 2019), vykonali doplňujúce geologicko-geomorfologické pozorovania a merania (Bella a Holúbek, 2001; Gaál, 2008; Gaál a Vlček, 2011; Čeklovský et al., 2022; Hochmuth, 2026), ako aj 3D skenovanie a mapovanie podzemných priestorov (Hochmuth, 2014, 2015a, b, 2016, 2020, 2024a, b, c; Gallay et al., 2015, 2016; Danko a Šupinský, 2022; Šupinský et al., 2022). Výsledky umožnili presnejšie rekonštruovať vývoj jaskyne Domica v kontexte novších výskumov v jaskyni Baradla i okolitom povrchovom krase (Bosák et al., 2003, 2004; Bella a Móga, 2014; Gaál, 2014; Gyuricza a Gaál, 2014; Bella et al., 2016, 2020; Gruber et al., 2022).

KONTAKTNÁ ZÓNA PLANINOVÉHO KRASU NA JUŽNOM OKRAJI SLOVENSKÉHO RUDOHORIA

Jaskyňa Domica na juhozápadnom okraji Silickej planiny Slovenského krasu, v katastri obce Kečovo, je vytvorená v kontaktnej zóne planinového krasu atakovanej alochtónnymi vodami z priľahlej časti Bodvianskej pahorkatiny (obr. 3). Predmetnú časť Silickej planiny budujú najmä strednotriasové wettersteinské vápence, v ktorých je vytvorená aj jaskyňa Domica (Mello, 2004; Gaál a Vlček, 2011; Gaál, 2014).

Jaskynný systém Domica-Baradla sa z tektonického hľadiska nachádza v najjužnejšej, tzv. domickej kryhe silického príkrovu (Gaál, 2008), pôvodne označenej ako kečovská antiklinála (Bystrický, 1964; Mello et al., 1997; Mello, 2004). Južné krídlo tejto antiklinály predstavuje vlastnú domickú kryhu, kým severné rameno kečovskú kryhu (Gaál, 2008; Gaál a Vlček, 2011). Obe kryhy sú oddelené od seba násunovou líniou, ktorá prebieha v smere východ-západ dolinou Kečovského potoka a Peňažnou dolinou pri Dlhej Vsi. Vápence domickej kryhy v okolí Domice ležia približne monoklinálne, ukláňajú sa 30° – 35° na juh alebo mierne na juhozápad. Smer vrstiev je zhruba východ-západ (Gaál, 2014). Vytváranie jaskyne Domica usmernili najmä šikmé dislokácie smeru ZSZ-VJV, spravidla sprevádzané tektonickými brekciami. Značný vplyv mali aj zlomy s menšími posunmi smeru SV-JZ. Väčšie dómy a siene sa vytvorili na križovaniach zlomov a dislokácií. V úzkej bočnej Meandrovej chodbe sa prejavujú najmä severo-južné zlomy, v ďalších úsekoch hlavného riečiska najmä východo-západné zlomy (Gaál a Vlček, 2011).

Priľahlú gemerskú časť Bodvianskej pahorkatiny pokrývajú vrchnomiocénno-pliocénne štrky poltárskeho súvrstvia (Vass et al., 1989; Gaál, 2008, 2014). Jej značná časť je už denudovaná, pri Aggteleku sa zachovali iba niekoľko metrov hrubé zvyšky. Pozdĺž doliny Slanej pôvodná hrúbka súvrstvia mohla byť hrubá až 190 m (Gaál, 2008, 2014). Podložie poltárskeho súvrstvia na slovenskom



Obr. 1. Jaskynný systém Domica-Baradla (podľa Kesslera, 1938 a Gaála, 2008); z podkladov meraní Paloncyho (1931), Droppu a Chovana (1964 in Droppa, 1972), Országa et al. (1990) a ďalších.
Fig. 1. The Domica-Baradla cave system (according to Kessler, 1938 and Gaál, 2008); based on measurements by Paloncy (1931), Droppa and Chovan (1964 in Droppa, 1972), Ország et al. (1990) and others.

území tvoria prevažne poklesnuté kryhy mezozoických vápencov. Alochtónne občasné potôčiky stekajú z Bodvianskej pahorkatiny do okrajovej časti Silickej planiny, kde vytvorili podzemnú drenáž jaskyne Domica. Na maďarskom území nadväzuje Aggtelecká pahorkatina, v ktorej severnej a východnej časti sú vodozberné oblasti jaskyne Baradla a jaskyne Béke-barlang. Drenáž jaskynného systému Domica-Baradla, ako aj jaskyne Béke-barlang smeruje do doliny Jósvy pri Jósvafő. Podľa maďarskej stratigrafickej nomenklatúry (Gyalog, 1996) poltárskemu súvrstviu zodpovedá boršodské súvrstvie. Južnejšie, v okolí obce Trizs, sú v jeho podloží prachovce sečenských vrstiev, pri obci Imola pravdepodobne aj íly, piesky a štrky edelénskeho súvrstvia (Szentpétery a Less, 2006).

Juhozápadný okraj Silickej planiny a priľahlá časť Aggteleckého krasu pozdĺž gemerskej časti Bodvianskej pahorkatiny a Aggteleckej pahorkatiny predstavujú kontaktný kras s horizontálnym stykom a influkciou povrchových vôd do podzemia, plytkým piezometrickým povrchom podzemných vôd a vysokou priepustnosťou v pokročilom stupni skrasovatenia (podľa typológie Gamsa, 1994).

Obr. 2. Riečisko Styxu na štátnej hranici. Foto: P. Bella
Fig. 2. The Styx riverbed on the state border. Photo: P. Bella

Obr. 3. Záver slepej doliny Domického potoka s vchodom do jaskyne Domica. Foto: P. Bella
Fig. 3. The end of the blind valley of the Domický potok Brook with the entrance to the Domica Cave. Photo: P. Bella

HLAVNÉ MORFOLOGICKÉ SEGMENTY JASKYNE

Úrovňové chodby. V jaskyni Domica výrazne dominujú mierne sklonené úrovňové chodby, v miestach križovania tektonických porúch sú rozšírené do sení a dómov. Hlavnú časť systému tvorí chodba mierne klesajúca od ponorov v Hančinej/Kečovskom údolí (348 m n. m.), pod Čertovou dierou (339 m n. m.) a pod Líščou dierou (346 m n. m.) až po štátnu hranicu (312 m n. m.), ktorá sa viackrát lomí podľa výraznejších zlomov sv.-jz., sz.-jv., v.-z. a s.-j. smeru (Droppa, 1961, 1972; Gaál a Vlček, 2011; Gaál, 2014; obr. 1). Na hlavnú drenážnu chodbu sa z pravej strany riečiska pripájajú bočné prítokové chodby od ponoru Domického potoka a Demikovho ponoru (Meandrová chodba). Na kontakte nekrasového a krasového územia (Bodvianskej pahorkatiny a Silickej planiny) táto povrchovo-podzemná drenáž predstavuje asymetrickú perovitú hydrografickú sieť. Na hlavné podzemné riečisko Styxu ústia pravostranné alochtónne občasné prítoky vedúce cez slepé doliny, ponory a bočné vtokové jaskynné chodby.

Jedným zo základných morfogenetických znakov v úrovňových chodbách, sieňach i dómoch sú stropné korytá, ktoré poukazujú na paragenetický vývoj, resp. fázu vývoja jaskyne (obr. 4). Podľa tvaru a polohy stropu Roth (1937) vyčlenil priestory s vyššou (Suchá chodba – Slepá chodba, Veľká a Malá kvetnica) a nižšou stropnou úrovňou (Panenská chodba, chodba Druhej plavby). Roth (1940) načrtol vývojový vzťah Domice k jaskyni Baradla, v ktorej sa chodby vyskytujú takisto vo viacerých výškových polohách (Cholnoky, 1930; Kessler, 1938). Smerom po toku Styxu sa vertikálny rozdiel medzi úrovňovými chodbami zväčšuje (Roth, 1940).

Droppa (1972) a Jakál (1975) opisujú v jaskyni Domica dve vývojové úrovne vo výške 338 m a 326 m n. m. Vrchná úroveň zahŕňa Suchú chodbu, Sieň odvahy, Dóm indických pagod, Sieň terás, Dóm mystérií, horné časti Majkovho a Gotického dómu, Klenotnicu a Slepú chodbu (obr. 5). Jej pokračovanie je známe nad Druhou plavbou v hornej časti Kvetnice. Podľa Droppu (1972) ďalej pokračuje hornými časťami Kaskádovej siene a chodby Styxu vedúcej k štátnej hranici. Roth (1940) odlišne uvádza, že chodba s najvyšším stropným korytom za Kvetnicou smeruje „von z planiny". Tejto úrovni by mohol prislúchať krátky úsek chodby na okraji Vysokej siene, asi 15 m nad podlahou Meandrovej chodby ústiacej do terajšieho riečiska Styxu (Bella a Holúbek, 2001). V jaskyni Baradla sa podľa Rotha (1940) vyššie stropné koryto nevyskytuje. Preto usúdil, že v čase vytvárania vrchnej vývojovej úrovne obe jaskyne asi neboli prepojené. Droppa (1972) k vrchnej vývojovej úrovni priradil aj strop spodnej časti jaskyne Čertova diera. Geofyzikálne merania však poukazujú, že neznáme pokračovanie Suchej chodby smeruje na severozápad do priestoru Zrúteného dómu medzi Čertovou dierou a prítokovou chodbou z Nebezpečného dómu (Géczy a Kucharič, 1998). Z podzemných priestorov vytvorených Domickým potokom do vrchnej úrovne patrí Vstupná chodba, ako aj Prales, Koncertná sieň, Palmový háj a Meandrová sieň (smerom do Dómu indických pagod).

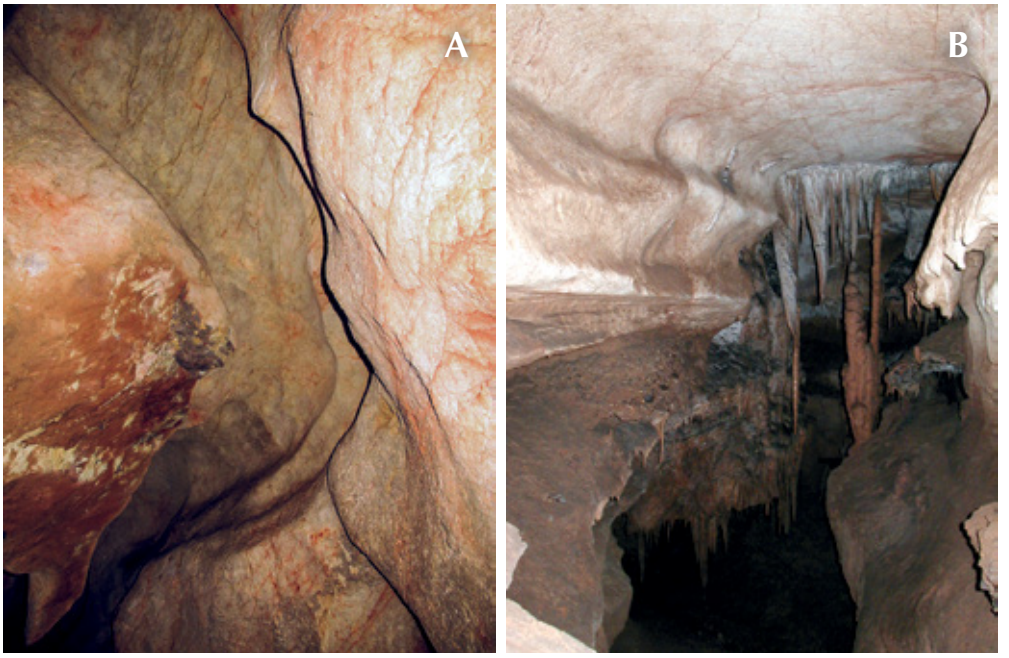
Spodnú úroveň tvorí chodba vedúca od ponorov pri Smradľavom jazierku cez Panenskú chodbu, dolné časti Prvej i Druhej plavby a chodby Styxu až po štátnu hranicu (obr. 6). Pozdĺž Domického potoka tejto úrovni zodpovedá Objavná chodba. Táto úroveň sa tiahne hlavnou časťou jaskynného systému na maďarskom území až k vyvieračkám v Jósvafő v doline Jósvy (povodie Bodvy). Predstavuje hlavnú vývojovú úroveň jaskynného systému Domica-Baradla.

Vody Styxu sa za Druhou plavbou v jaskyni Domica postupne strácajú do nižších polôh. Tečúce spodnejšími, zväčša neznámymi priestormi sa na povrch dostávajú stálou vyvieračkou pri Jósvafő. Vo výverovej časti jaskynného systému sa 18 m pod hlavnou úrovňou zistili nízke, zväčša sifónovité chodby s aktívnym vodným tokom (zmieňuje sa o nich už Kessler, 1938). Tvoria Krátku spodnú jaskyňu (Rövid-Alsó-barlang), prístupnú cez vyrazenú stôlňu, preskúmanú v dĺžke 127 m (Szilágyi, 1982 in Ország et al., 1989). Horizontálne epifreatické úseky prerušujú freatické kolená (sifóny), ich vertikálne rozpätie osciluje vo výške 220 až 230 m n. m. (Ford, 2000b). Preto by sa vzhľadom na terajší nevyrovnaný, kolenovitý pozdĺžny profil nemala Krátka spodná jaskyňa považovať za jaskynnú úroveň (dlhodobý vývoj speje k vytvoreniu jaskynnej úrovne). Pod hlavnou úrovňovou chodbou aggteleckej časti Baradly sa v hĺbke 40 m predpokladá Dlhá spodná jaskyňa, z ktorej je známy len niekoľkometrový úsek pod podzemným ponorom Dancza (Gaál, 2008; obr. 1).

Dvojúrovňové úseky jaskyne. Vysoké úseky jaskyne Domica (Majkov dóm – Gotický dóm – Dóm Plitvických jazierok, časť Druhej plavby pri Kvetnici, úsek za Kaskádovou sieňou smerom k štátnej hranici) podľa Droppu (1972) zahrňujú dve vývojové úrovne. Stropné koryto je zväčša okolo 15 m nad podlahou chodby alebo dómu (Bella a Móga, 2014; Gallay et al., 2016, obr. 7 a 8). Pod stropným korytom sa po stranách vytvorili strmé paragenetické žľaby. Na ich vývoj podľa Palmera (2011) vplývajú najmä záplavové vody vystupujúce a zostupujúce pozdĺž kontaktu medzi skalnou stenou a sedimentmi. Na viacfázový vývoj Gotického dómu, od vytvorenia stropného koryta po zahĺbenie podzemného riečiska do skalného podložia a následnú fluviálnu agradáciu, poukázal aj Roth (1937).

Strmé klesajúce až studňovité chodby. Z ponorov na konci slepých úvalinovitých dolín voda preniká nadol a vytvorila krátke strmé klesajúce až studňovité chodby s prenížením zväčša 10 až 22 m (Bella, 1995, 2001), na ktoré po desiatkach metrov nadväzujú bočné prítokové chodby ústiace na hlavné jaskynné riečisko. Vody Demikovho ponoru (340 m n. m.) sa asi po 30 m dostávajú na južný okraj Meandrovej chodby s podlahou vo výške 318 m n. m. (Bella a Holúbek, 2001). Podobne spádová krivka chodby Domického potoka (Kokyta) náhle stúpa v blízkosti ponoru, kde medzi prítokovým sifónom a vyššie ležiacim ponorom je výškový rozdiel 10 m pri horizontálnej vzdialenosti 16 m (Mann et al., 1949). Ponor za Smradľavým jazierkom leží vo výške 346 m n. m., nadväzujúce riečisko Styxu vo vzdialenosti 35 m je asi 10 m nižšie (Droppa, 1950, 1972). Od ponoru pod Čertovou dierou do Hegedüsovej chodby podzemné priestory klesajú 6 m (Hochmuth, 2026).

Podobný spád mali aj bývalé ponorné vodné toky. Staršie ponory sú vo vyšších častiach svahov. Zodpovedajú im fragmenty starších jaskýň – Čertova diera (375 m n. m.), Líščia diera (374 m n. m.) a Stará Domica (353 m n. m.). Medzi vchodom



Obr. 4. Stropné koryto, Gotický dóm (A) a Meandrová chodba (B), Domica. Foto: P. Bella
Fig. 4. Ceiling channel, Gotický dóm Chamber (A) and Meandrová chodba Passage (B), Domica Cave. Photo: P. Bella

Obr. 5. Chodba vrchnej vývojovej úrovne s pozdĺžnymi predeľujúcimi skalnými výbežkami (*banquettes*), Suchá chodba, Domica. Foto: P. Bella (A), P. Staník (B)
Fig. 5. Passage of the upper evolution level with longitudinal dividing rock protrusions (*banquettes*), Suchá chodba Passage, Domica Cave. Photo: P. Bella (A), P. Staník (B)

do jaskyne Čertova diera a jej spodným dómom, začleneným do vrchnej vývojovej úrovne, je preníženie 25 m (Droppa, 1950, 1972). Jaskyňa Stará Domica klesá od vchodu do hĺbky 15 m. Z jej najnižšieho miesta vedie na riečisko Domického potoka strmá chodba, ktorá na vzdialenosť 15 m klesá až 13 m (Mann et al., 1949). Vo výškovom rozpätí medzi Starou Domicou a terajším ponorom Domického potoka boli ďalšie ponory, na ktoré nadväzovali vtokové chodby. Chodbu so stropným korytom vedúcu od Pralesu do Dómu indických pagod Roth (1937) zaradil do najstaršej drenáže Domice (spolu so Suchou chodbou). Z konca slepej doliny Domického potoka do podzemia vedie aj mladšia vtoková vetva prechádzajúca Chodbou J. Kašpara (Roth, 1937), ktorá pri Japonskej chyži naprieč prehĺbila dno chodby od Pralesa do Dómu indických pagod (pozri tiež Kašpar, 1936). Táto vtoková chodba sa začína tesne pod povrchovou Koreňovou sieňou (pozri Hochmuth, 2024a), cez Japonskú chyžu smeruje k Samsonovým stĺpom. V závislosti od zahlbovania chodby vrchnej úrovne a neskoršieho vytvorenia chodby spodnej úrovne sa vtokové chodby z doliny Domického potoka postupne presúvali v smere spádu riečiska Styxu od Dómu indických pagod po Vstupnú chodbu (pozri Roth, 1937; Mann et al., 1949).

VÝVOJ JASKYNNÝCH ÚROVNÍ

Jaskyňa Domica i celý jaskynný systém Domica-Baradla je typovou lokalitou viacúrovňového vývoja jaskynných chodieb s parageneticky stropnými korytami v kontaktnom krase s asymetrickými vtokovými vetvami a výrazným splavovaním fluviálnych sedimentov do podzemia. Z geomorfologického hľadiska jaskyňa Domica nastoľuje otázky „opačného" vývoja jaskynných úrovní či existencie najspodnejšej úrovne pokrytej agradáciou fluviálnych sedimentov. Terajšia morfológia chodieb a dómov, ktoré prislúchajú jednotlivým jaskynným úrovniam, je odrazom striedania eróznych a akumulačných fáz ich vývoja.

Normálny vs. opačný vývoj jaskynných úrovní. Roth (1937) podľa výškovej polohy jaskynných chodieb a rôzneho zloženia a pozície nánosov vyčlenil v rámci vývoja jaskyne tri erózne obdobia a štyri akumulačné obdobia. Najskôr sa vytvorili horné chodby vrátane Suchej chodby a Klenotnice. Mladšie sú nižšie situované priestory tiahnuce sa cez Panenskú chodbu, dolné časti chodby Prvej a Druhej plavby vedúcej až k štátnej hranici. Vo vzťahu k postupnosti vývoja jaskynných horizontálnych chodieb Roth (1937) píše, že vodné toky (pritekajúce zo Suchej chodby do Siene odvahy) „si našli otvory, ktorými medzi stenou a nánosom prúdili do novotvoriacej sa Panenskej chodby". Ďalej uvádza, že vodný tok, resp. voda za vysokého stavu našla cestu zo Siene terás do Panenskej chodby, ako aj z Dómu mystérií cez Posvätnú chodbu do Panenskej chodby. Čo sa týka vývoja Gotického dómu, poznamenáva, že najstaršia je jeho horná časť so stropným korytom. Následne sa podzemné riečisko postupne zahlbovalo až do skalného podložia a navýšilo fluviálnou agradáciou. V nadväznosti na Rotha (1937) postupné zahlbovanie podzemného toku Domického potoka vrátane vytvárania stropných korýt dokladovali detailným geomorfologickým mapovaním Mann et al. (1949).

Droppa (1961) uvádza dve vývojové úrovne s relatívnym preníženim 10 až 14 m. Pripúšťa, že prvotné obdobie vytvárania jaskyne patrí do pliocénu. V nadväznosti na výsledky geologického vrtu v Panenskej chodbe z roku 1964 Droppa (1972) vyčlenil tri

Obr. 6. Hlavná chodba spodnej jaskynnej úrovne, Domica. Foto: P. Staník
Fig. 6. Main passage of the lower evolution level, Domica Cave. Photo: P. Staník

vývojové úrovne s relatívnym prenížením 18 až 12 m. Počas vytvárania každej úrovne sa vystriedali fázy erózie a akumulácie. Predpokladá, že vek jaskyne nemôže byť starší ako vek okolitej pliocénnej hlinito-štrkovej formácie, ktorú Vass et al. (1989) označujú ako poltárske súvrstvie a zaraďujú do pontu. Jaskynné priestory sa začali vytvárať až v období formovania terajšej hydrografickej siete.

Jakál (1975) opisuje strednú úroveň s občasným tokom Styxu ako aktívnu, za najstaršiu považuje najspodnejšiu úroveň vyplnenú štrkmi poltárskeho súvrstvia. Podľa Jakála (1983) jaskynné úrovne v Domici svedčia o ich obrátenom vývoji úrovní v dôsledku vyzdvihovania územia počas pliocénu a jeho poklesávania v kvartéri. Staršie úrovne ležia nižšie, mladšie úrovne sa vytvárajú vyššie, resp. sa viažu na staré predpleistocénne úrovne. Obrátený vývoj jaskynných úrovní Jakál (1975, 1983) dáva do súvisu s predpokladmi Lukniša (1962) o poklesávaní územia Slovenského krasu počas kvartéru a Skřivánka (1966) o obrátenom vývoji podzemného krasu Plešivskej planiny. Liška (1990) dáva najspodnejšiu úroveň (pod aktívnou úrovňou) do súvisu s pliocénnym krasovatením, v dôsledku poklesávania okrajovej časti Silickej planiny bola zanesená sedimentmi.

Veky pochovania alochtónnych kremitých štrkov datované pomocou kozmogénnych nuklidov ^{10}Be a ^{26}Al potvrdzujú, že spodná vývojová úroveň je mladšia ako vrchná úroveň. Do Panenskej chodby boli štrky z povrchu splavené pred 1,92 ± 0,25 mil. rokov, do chodby medzi Sieňou terás a Dómom mystérií pred 3,48 ± 0,78 mil. rokov a do Suchej chodby pred 2,94 ± 0,50 mil. rokov (Bella et al., 2014a, b, 2019).

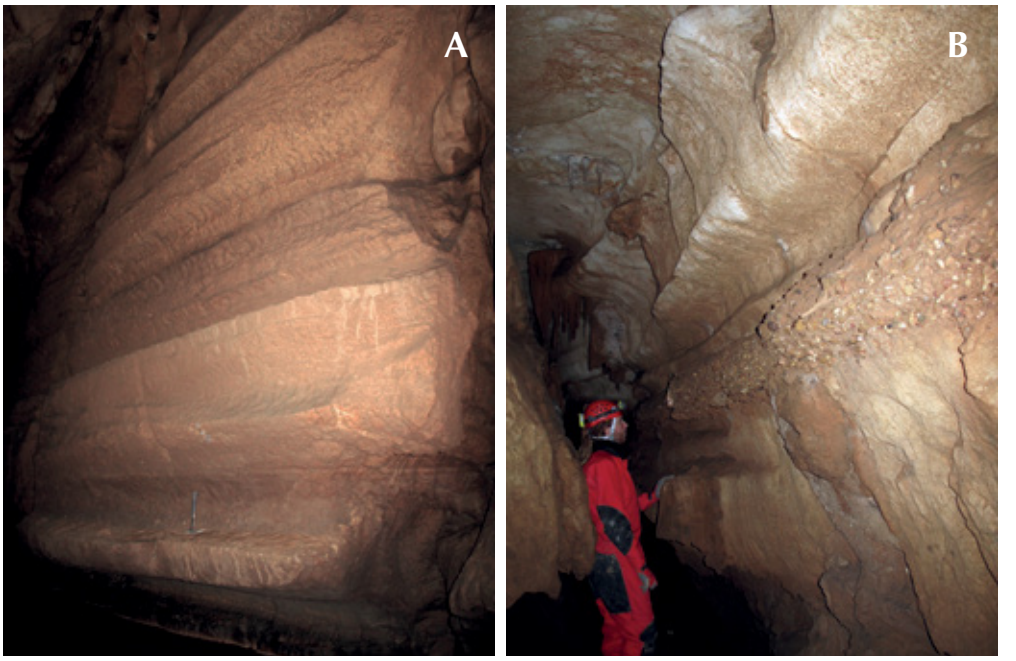
Počas dlhodobého formovania jaskynných úrovní sa striedali akumulačné a erózne fázy vývoja (Roth, 1937). Na viacerých miestach pozorovať pozdĺžne predeľujúce skalné výbežky (fr. *banquettes* – Renault, 1958, 1968; Choppy, 2008) súvisiace s povrchom bývalej sedimentárnej výplne chodby, ktorú neskôr odstránila tečúca voda (obr. 5). Miestami sa na nich zachovali fluviálne sedimenty. Pozdĺžne riečiskové zárezy (bočné korytá) majú rovnaký sklon, ako je gradient spádu vodného toku (pozri Lauritzen a Lundberg, 2000). Ich veľkosť a tvar závisia od množstva vody, rýchlosti jej prúdenia a dĺžky časového obdobia pôsobenia laterálnej erózie (Slabe, 1995, 1996). V jaskyni Baradla pozdĺžne riečiskové zárezy skúmal Jakucs (1971, 1977, 2000), ich vytváranie dáva do súvisu so zmenami prietoku vody v závislosti od kapacity ponorov, resp. s klimatickými zmenami.

V úseku jaskyne Domica západne od Majkovho dómu, kde vrchná a spodná vývojová úroveň prebiehajú vedľa seba, sú medzi nimi viaceré prepojenia (z Dómu mystérií, Siene terás i Siene odvahy). Odvádzanie vody zo „starej cesty" do novej chodby sa dialo po etapách, postupne proti smeru toku (Roth, 1937). Voda si našla otvory medzi skalnou stenou a nánosmi a prúdila do novotvoriacej sa Panenskej chodby. Na šikmých stropoch a stenách sa v týchto miestach vytvorili strmé odbočujúce stropné korytá, ktoré sa smerom nadol spájajú i vetvia (medzi nimi vznikajú nadol zašpicatené skalné výbežky – visiaky, resp. pendanty). Vcelku sa stropné kanály nadol spájajú do jednoduchšej sústavy a klesajú smerom k terajšej Panenskej chodbe (Roth, 1937). Stropné pendanty sú aj na šikmej stene v Sieni terás, medzi ktorými stropné kanály strmo klesajú na sever a spájajú sa do jedného meandrujúceho stropného koryta (v jeho vrchnej časti sa miestami zachovali alochtónne štrky). Odspodu nahor má tento úsek jaskyne charakter paragenetického kaňonu (pozri Lauritzen a Lauritsen, 1995), ktorý zasahuje až za Panenskú chodbu (obr. 7). Tá je podstatne nižšia a „pretína" kaňonovitú bočnú vetvu v úrovni terajšieho riečiska Styxu. Preto

Obr. 7. Meandrujúce stropné koryto v parageneticke kaňovitej chodbe, severný okraj Siene terás, Domica. Foto: P. Bella
Fig. 7. Meandering ceiling channel in the paragenetic canyon-like passage, the northern edge of the Sieň terás Hall, Domica Cave. Photo: P. Bella

voda, ktorá prúdila meandrujúcim stropným korytom, s primárnou drenážou Panenskej chodby priamo nesúvisela. Až po vyplavovaní štrkovej agradácie sa drenáž znížila do úrovne Panenskej chodby. V čase fázovitého vyplavovania štrkov (dokladovaného zvyškami šikmých sintrových kôr) a dotvárania drenáže Panenskej chodby sa invázne vody z vrchnej vývojovej úrovne miestami dostávali do formujúcej sa spodnej úrovne. Tieto spojnice, ktoré Roth (1937) opisuje ako „šikmé nálevky", hydrograficky pripomínajú *soutirages* (Jeannin et al., 2000; Häuselmann et al., 2003), resp. *undercaptures* (Worthington, 2005; Ford a Williams, 2007), ústiace do nižšie položenej drenážnej chodby vytvorenej po znížení eróznej bázy. V miestach, kde sa odbočujúce drenážne kanály vytvárali na kontakte so sedimentárnou výplňou, vznikali postranné šikmé stropné korytá, resp. klesajúce paragenetické kanály.

Vývoj spodnej jaskynnej úrovne v pozdĺžnom profile. Chodba spodnej vývojovej úrovne má agradovanú podlahu, ktorú tvoria alochtónne fluviálne sedimenty. Na základe vrtu v Panenskej chodbe, ktorý dosiahol skalný horizont v hĺbke 16 m od terajšieho koryta Styxu (Rak a Ingr, 1964), Droppa (1972) i Jakál (1975) predpokladajú



Obr. 8. Bočné korytá, Kaňon (A), visuté bočné koryto s alochtónnym štrkom, Meandrová chodba (B), Domica. Foto: P. Bella
Fig. 8. Side channels, Kaňon Passage (A), hanging side channel with allochthonous gravel, Meandrová chodba Passage (B), Domica Cave. Photo: P. Bella

Obr. 9. Skrátené riečisko Styxu pod podrezaným meandrom, Kaňon, Domica. Foto: P. Bella
Fig. 9. The shortened Styx riverbed below an undercut meander, Kaňon Passage, Domica Cave. Photo: P. Bella

najspodnejšiu úroveň vo výške 318 m n. m. Droppa (1972) uvádza, že po zahĺbení Panenskej chodby až na skalný horizont nastalo jej striedavé zanášanie štrkmi a hlinami až po povalu, neskôr sa čiastočne erodovala do terajšej podoby.

Hrúbka sedimentov pod súčasným riečiskom v úseku Panenská chodba – Gotický dóm však nie je rovnaká. V Gotickom dóme hrúbka hliny dosahuje 6 m a skalné dno má tvar koryta (podľa V. Benického in Roth, 1937). Geofyzikálne merania v Panenskej chodbe poukázali, že hrúbka sedimentov v riečisku Styxu kolíše od 2 až 3 m do 20 m (vykonané firmou GeoGold Kárpátia Kft. v rokoch 2018 a 2019 – Bella et al., 2020). V úseku od prístaviska Druhej plavby po ústie Meandrovej chodby sa hrúbka podlahových sedimentov v smere toku Styxu náhle zmenšuje zo 7 m na 2 m (GeoGold Kárpátia Kft., 2020). Nerovnaká hrúbka fluviálnych sedimentov poukazuje na nerovné (členité) skalné podložie, ktoré môže zodpovedať spodným častiam pôvodných freatických slučiek alebo tektonickým rozhraniam. Terajšie agradované riečisko Styxu je pravdepodobne výsledkom vyrovnania slučkových kanálov odspodu nahor parageneticko eróziou stropu kanálov zanášaných sedimentmi. Miestami sa pod ním môžu vyskytovať aj fragmenty starších, sedimentmi vyplnených freatických dutín. Vzdialenosť medzi predpokladanými freatickými slučkami je od 10 m do 60 m, s vertikálnymi amplitúdami až do 20 m (Bella et al., 2020). V dôsledku pokračujúcej aluviácie paragenetický vývoj stropných častí jaskynných chodieb postupuje smerom nahor, až kým sa nedosiahne piezometrický povrch (pozri Pasini, 1967, 1975; ako aj Ford, 1965, 2000a; Ford a Ewers, 1978; Farrant a Smart, 2011). Na základe údajov z geofyzikálnych meraní možno usudzovať, že hlavná chodba s agradovaným riečiskom Styxu v jaskyni Domica, mierne sklonená v smere jeho toku, asi vznikla z bývalej freatickej slučkovej jaskyne alebo jaskyne, ktorá zahrňovala freatické slučky i horizontálne úseky vytvorené pozdĺž vodnej hladiny (Bella et al., 2020 *sensu* Ford, 1977, 1988, 2000a; Ford a Ewers, 1978; Ford a Williams, 1989, 2007). Miestami sa po úplnom vyplnení sifónov sedimentmi vytvorili medzi hornými okrajmi freatických kolien prepájacie chodby – *bypass passages*, *tubes en raccord* (Ford, 1965, 2000a; Renault, 1968; Ford a Ewers, 1978), napr. prepojenie jaskýň Domica a Baradla, znížené úseky medzi Sieňou terás a Majkovým dómom. Pomalšie prúdenie vody pred sifónmi viedlo k výraznejšej agradácii fluviálnych sedimentov.

V čase, keď mierne sklonené riečisko už bolo sformované, v hlavnej drenážnej chodbe i prítokových chodbách sa striedali akumulačné a erózne fázy vývoja. Pritom vznikali pozdĺžne zárezy typu bočných korýt na stenách chodieb, napr. v úsekoch Prvej i Druhej plavby, v úseku za Druhou plavbou smerom k štátnej hranici, ako aj v Panenskej chodbe a bočnej Meandrovej chodbe (obr. 8). V bočných korytách prúdiaca voda vytvorila korózne asymetrické vyhĺbeniny (angl. *scallops*, *transverse flutes*), ktoré indikujú smer jej prúdenia (pozri Bretz, 1942; Coleman, 1949; Curl, 1966, 1974; Bögli, 1984; Slabe, 1995, 1996; Lauritzen a Lundberg, 2000; Lundberg, 2005; Murphy, 2019 a ďalší). V Domici sa pozorujú prevažne v chodbách spodnej jaskynnej úrovne (napr. v Kaňone pred štátnou hranicou a bočnej Meandrovej chodbe). Na vrchnej jaskynnej úrovni sa vytvorili v Kašparovej chodbe (Bella a Móga, 2014).

V hlavnej chodbe pred štátnou hranicou, najmä v úseku meračských bodov č. 73 a 76 v pláne od A. Droppu a A. Chovana z roku 1964 (in Droppa, 1972), sa v jej ohyboch podrezali susedné meandre, čím sa pôvodne kľukaté podzemné riečisko Styxu napriamilo a skrátilo. Úseky podrezaných meandrov majú rovný strop (obr. 9), na protiľahlej strane (po pravej i ľavej strane skráteného a mierne zahĺbeného riečiska) zostali pôvodné meandrovité ohyby úrovňovej chodby. Zarezané meandrové bočné korytá sa vytvárajú vodným tokom, ktorý meandruje v nespevnenej výplni dna (podlahy) širokej chodby a na nárazovom brehu sa zarezáva do skalnej steny (White, 1988). Asymetrické priečne profily so strmou podrezanou stenou na nárazovom brehu a terasovitou plochou na protiľahlej strane sa vzťahujú na jaskynné úseky s meandrami vrezanými do jaskynných stien (*ingrow meanders*). Tie vznikajú, keď podzemný vodný tok laterálne eroduje a pritom sa pomaly zarezáva aj nadol (Jennings, 1970). Zahĺbenie riečiska je dôsledkom zníženia eróznej bázy v mieste, kde vodný tok odteká. Môže odrážať počiatok opätovného tektonického zdvihu územia. Meandre sa vyskytujú aj v jaskyni Baradla a niektorých ďalších jaskyniach Aggteleckého krasu (Jakucs, 1953, 1971; Dénes, 1971; Szunyogh a Kisbán, 2004 a ďalší).

Nerovnosti spádu riečiska na spodnej jaskynnej úrovni. Na súčasnom riečisku Styxu sa miestami vyskytujú nerovnosti akumulačného pôvodu – sintrové kaskády (Kettner, 1933; Roth, 1937 a ďalší). V Majkovom dóme je riečisko Domického potoka 3 m nižšie ako riečisko Styxu nad sintrovými hrádzami Rímskych kúpeľov. Tie sa začali vytvárať v mieste nerovnosti na sútoku, ktorá sa navýšila tvorbou sintrových kaskád, resp. stupňovitých hrádzí „za veľmi slabého vodného stavu“ (Roth, 1937). Keďže Styx na prítokovej strane ukladal jemnozrnné naplaveniny, spádová krivka jeho riečiska sa v tomto úseku dostala do vyššej polohy (Mann et al., 1949).

V čase objavenia Domice sintrové hrádze už nedorastali, pretože vody Styxu sa vodopádom strácali do jamy vytvorenej odplavením jemnozrnných sedimentov popod najspodnejšie sintrové hrádze (Roth, 1937; zobrazené na pláne jaskyne od E. Paloncyho z roku 1931, ako aj od R. Kettnera a Z. Rotha z roku 1937). Neskôr bolo riečisko Styxu odklonené na juhozápad do terajšej podoby, aby sa občasné vody opäť prelievali cez Rímske kúpele (zmena zachytená v pláne jaskyne A. Droppu a A. Chovana z roku 1964; porovnanie pôvodného a terajšieho stavu – pozri Šupinský et al., 2022). Pri veľkých záplavách kaskády Rímskych kúpeľov zboku zahradzujú vody Domického potoka a vzniká občasné jazero. Pri normálnych stavoch vody odtekali popod Rímske kúpele. Vzdutím vodnej hladiny po vybudovaní Prvej plavby sa prirodzené podmienky narušili (Roth, 1937), hradené jazero zasahuje aj pred Rímske kúpele.

Vznik nánosového stupňa pred Plitvickými jazierkami (medzi Prvou a Druhou plavbou) predurčilo bariérovité nakopenie skalných balvanov zrútených do riečiska Styxu (Roth, 1937), podobne aj v Kaskádovej sieni za Druhou plavbou smerom k štátnej hranici.

Obr. 10. Pedimenty po stranách doliny Jósvy. Foto: P. Bella
Fig. 10. Pediments on the sides of the Jósva River valley. Photo: P. Bella

ZÁKLADNÁ GEOCHRONOLÓGIA JASKYNE

Predpoklady o veku jaskyne Domica sa dotvárali v závislosti od pokračujúcich výskumov a spresňovali najmä po datovaní jaskynných sedimentov. Podľa Kašpara (1936) sa Domica vytvorila pred pleistocénom. Na základe nálezu kostí jaskynného medveďa *(Ursus spelaeus)* v Suchej chodbe v nánosoch štrku najstaršieho akumulačného obdobia Roth (1937) jej prisúdil pleistocénny vek. Podľa Petránka a Poubu (1951) hlavné erózne štádiá jej vytvárania pravdepodobne spadajú do posledných medziľadových dôb s väčšími prietokmi podzemných vodných tokov ako v súčasnosti. Keďže morfológia terénu na juhozápadnom okraji Silickej planiny a priľahlej časti Bodvianskej pahorkatiny korešponduje s terajšou i predpokladanou bývalou hydrografickou sieťou na povrchu i v podzemí, vek Domice sa začal dávať aj do súvisu s vývojom okolitého územia. Droppa (1972) usúdil, že Domica nemôže byť staršia ako „pliocénna hlinito-štrková formácia". Jakál (1975, 1983), Gaál (2008), ako aj Gyuricza a Gaál (2014) uvádzajú, že Domica, resp. jaskynný systém Domica-Baradla sa vytváral v neskorom pliocéne a následne v skorom až strednom pleistocéne. Hochmuth (1998) zaradil Domicu medzi predkvartérne jaskyne. Na základe polôh riečnych terás v Rimavskej kotline Gaál (2008) predpokladal vznik hlavného riečiska Domice i celého jaskynného systému v glaciáli mindel (elster), Gyuricza a Gaál (2014) v glaciáli günz (kromer). Gaál (1997) do obdobia vytvárania Domice radí aj vytváranie staršej vývojovej úrovne Ardovskej jaskyne.

Geochronologickú rekonštrukciu vývoja jaskyne Domica spresnilo najmä datovanie veku pochovania alochtónnych kremitých štrkov pomocou kozmogénnych nuklidov ^{10}Be a ^{26}Al (Bella et al., 2014a,b, 2019). Poukazuje, že vrchná jaskynná úroveň bola vytvorená v strednom pliocéne (zankl/piačenz), prípadne v skoršom období (zankl), kým spodná vývojová úroveň v staršom období skorého pleistocénu (gelas). Mladšie akumulačné fázy (neskorý kaláber – ém) v Suchej chodbe sú zdokumentované na základe magnetostratigrafie jemnozrnných sedimentov a rádioizotopového datovania sintrových kôr (Pruner et al., 1999a, b, 2000; Bella et al., 2019).

Fázy vývoja jaskynných úrovní v súvislosti s datovaním sedimentov. Roth (1937) poukázal na erózne a akumulačné fázy vývoja chodieb, sení a dómov, ktoré výškovou polohou zodpovedajú hlavným úsekom jaskyne vytvoreným Domickým potokom a Styxom v rámci vrchnej i spodnej vývojovej úrovne. Výskyt stropných korýt v rámci jaskynných úrovní dáva do súvisu s fázami ich parageneticкého vývoja v dôsledku agradácie podzemných riečisk (antigravitačná erózia, zarezávanie odspodu nahor). Výškové kontúry 3D povrchu Dómu mystérií a Gotického dómu premietané do horizontálnej roviny takisto naznačujú vzostupnú (antigravitačnú) migráciu meandrov stropného koryta, t. j. nadmorská výška vrstevníc sa zvyšuje v smere posunu meandra (Gallay et al., 2016). Postupnej agradácii podzemného riečiska na vrchnej jaskynnej úrovni zodpovedajú aj rozdielne veky pochovania alochtónnych štrkov – starší vek (3,48 ± 0,78 mil. rokov) prislúchajúci štrku z nižšej polohy v chodbe medzi Sieňou terás a Dómom mystérií, mladší vek (2,94 ± 0,50 mil. rokov) prislúchajúci štrku z bočného koryta v Suchej chodbe (pozri Bella et al., 2014a, b, 2019). Tieto štrky prislúchajú *„prvému obdobiu akumulácie A"* podľa Rotha (1937). Ich postupným ukladaním bol podzemný vodný tok nakoniec pritlačený až k povale, do ktorej vyhĺbil stropné koryto.

Po vyplavení časti nánosov alochtónnych štrkov sa laterálnou eróziou vodného toku (koróziou i obrusovaním transportovanými sedimentmi) na okrajoch zníženého agradovaného riečiska do odhalených (sedimentmi nechránených) častí skalných stien vyhĺbili pozdĺžne bočné zárezy typu bočných korýt (obr. 5). V Suchej chodbe Roth (1937) píše o „slabšom bočnom rozširovaní chodby po vytvorení stropného koryta". Odnos týchto štrkov Roth (1937) radí do *„erózneho štádia a) po prvej akumulácii"*. Dve erózne obdobia sú na stene oddelené pozdĺžnym skalným lištovitým výčnelkom, na ktorom sa miestami zachovali stmelené zvyšky štrku. Imbrikácia okruhliakov indikuje smer bývalého vodného toku do Siene odvahy (Bella, 2000). V Suchej chodbe sa ďalej v dvoch výškových polohách zachovali visuté sintrové kôry, ktoré poukazujú na povrchy bývalých fluviálnych sedimentov. Svedčia o etapovitom zahlbovaní agradovaného podzemného riečiska. Staršia generácia zvislých sintrových útvarov súvisiacich s vrchnou visutou kôrou je skorodovaná prúdiacou vodou (Roth, 1937; Bella, 2000). Vrchná visutá sintrová kôra, asi 1,5 m nad podlahou strednej časti Suchej chodby (obr. 5B), vykazuje normálnu paleomagnetickú polaritu (Pruner et al., 1999b, 2000). Vzhľadom na vek pochovania alochtónneho štrku 2,94 ± 0,50 mil. rokov, zachovaného na neďalekom bočnom koryte (Bella et al., 2019), by mohla prislúchať až epoche Gauss.

Pri rekonštrukcii vývoja jaskyne Domica Roth (1937) následne vyčleňuje *„akumulačné obdobie B starej hliny"*, do ktorého patrí aj uloženie jemnozrnných (hlinitých) sedimentov zachovaných v západnej časti Suchej chodby. Zárez chodníka prehliadkovej trasy a vykopaná sonda na okraji sieňovitého rozšírenia chodby dokladujú, že ich akumulácia presahuje hrúbku 2,5 m. Rádioizotopové datovanie sintrových kôr a magnetostratigrafia sedimentov poukazujú, že sa uložili koncom skorého a v strednom pleistocéne. Vek sintrových kôr vo vrchnej časti profilu je ~130, 173 a 199 tisíc rokov (Bella et al., 2019). V magnetostratigrafii nižšej časti profilu sa zistila geomagnetická hranica Brunhes/Matuyama (773 tisíc rokov), exkurzia Kamikatsura (~900 tisíc rokov), exkurzia Santa Rosa (~932 tisíc rokov) a subchron Jaramillo (~1,001 až 1,069 mil. rokov).

Vek pochovania alochtónnych štrkov v Panenskej chodbe (1,92 ± 0,25 mil. rokov) prislúcha agradácii podzemného riečiska na spodnej jaskynnej úrovni (Bella et al., 2019). Zodpovedá *„akumulačnému obdobiu C"* podľa Rotha (1937). Pozdĺžne zárezy na stenách (bočné korytá) i vyskyt visutých sintrových kôr vytvorených na bývalých sedimentoch svedčia aj o eróznych a akumulačných fázach vývoja spodnej jaskynnej úrovne. V porovnaní s vrchnou jaskynnou úrovňou pozdĺžne riečiskové zárezy na spodnej úrovni sú prevažne menšie, avšak početnejšie (zoradené nad sebou). Takisto zodpovedajú fázam prerušovanej agradácie alebo prerušovaného odnosu štrkov.

JASKYNNÉ ÚROVNE VO VZŤAHU K VÝVOJU POVRCHOVÉHO RELIÉFU

Podľa Mógu (1999) v ponte, resp. neskorom miocéne z pokrytého krasu juhozápadnej časti Silickej planiny (medzi Plešivcom a Dlhou Vsou) povrchové vodné toky tiekli do Slanej ako jej ľavostranné prítoky. Od vytvorenia Dlhoveského okrajového polja (slepej doliny) povrchové vody odtekajú pozdĺž styku krasového a nekrasového územia severozápadným smerom do Ardovskej jaskyne (povodie Ardovského potoka). V závislosti od zahlbovania doliny Jósvy vznikala drenáž Baradly a Domice vrátane prívodných pravostranných slepých dolín od Dlhej Vsi až po Jósvafő. Hydrologické rozvodie medzi povodím Ardovského potoka a povodím odvodňovaným

vyvieračkou pri Jósvafő vedie cez plochý chrbát južne až juhovýchodne od Dlhej Vsi.

Hochmuth (1998) predpokladá, že Domicu v predkvartérnom období, v porovnaní s terajším Styxom, vytváral mohutnejší paleotok. Zmieňuje sa o paleotoku Slanej, ktorý mohol v priestore Domice meniť smer na východ. Droppa (1972) však v Domici nezistil štrky podobného petrografického zloženia ako v riečisku Slanej. Rovnako Jakál (1975) nepredpokladal, že by sa na vytváraní jaskyne Domica podlieľali vody Slanej. Na hlavnú drenážnu chodbu Domice nadväzujú a pripájajú sa bočné prítokové chodby, ktoré sú na povrchu pokračovaním slepých dolín s bývalými i terajšími ponormi (pozri Droppa, 1972); potvrdené geofyzikálnym meraním (Géczy a Kucharič, 1997) i novším speleologickým prieskumom (Bella a Holúbek, 2001; Hochmuth, 2015b, 2016, 2024b).

Obr. 11. Deštrukcia stalagmitov guánovou koróziou (A) a guánový hrniec (B), Palmový háj, Domica. Foto: P. Bella
Fig. 11. Destruction of stalagmites by guano corrosion (A) and a guano corrosion pot (B), Palmový háj Hall, Domica Cave. Photo: P. Bella

Jaskynné úrovne systému Domica-Baradla sa vytvárali počas dlhodobo stabilizovanej eróznej bázy v doline Jósvy (Droppa, 1961, 1972; Jakucs, 1975, 1984; Ford a Zambo, 1997; Ford, 2000b a ďalší), keď sa po jej stranách formovali výrazné pedimenty. Ich zvyšky vo výške 250 až 275 m a 300 až 320 m n. m. sa zachovali najmä pri obciach Szinpetri a Szin (Bella et al., 2016). Morfologicky sa prejavujú ako svahové plošinky mierne sklonené dovnútra doliny (obr. 10). Láng (1955) ich považuje za pliocénne. Mierne vertikálne rozčlenenie pedimentov a jaskynných úrovní mohli lokálne spôsobiť neskoršie tektonické pohyby. Súbežne s pedimentmi a jaskynnými úrovňami sa vo vzťahu k stabilizovanej eróznej báze pravdepodobne vytváralo aj paleopolje pri obci Jósvafő (Bella et al., 2016). V nadväznosti na denudačnú chronológiu Západných Karpát (Mazúr, 1963; Lukniš, 1964; Minár et al., 2004; Zuchiewicz, 2011 a ďalší) možno tieto pedimenty korelovať s podhorskou rovňou (stredný pliocén) a poriečnou rovňou (neskorý pliocén – skorý pleistocén) (Bella et al., 2019). Zodpovedajú tomu aj datované veky pochovania, t. j. splavenia kremitých štrkov z povrchu do chodieb oboch vývojových úrovní jaskynného systému Domica-Baradla.

GUÁNOVÁ KORÓZIA A JEJ DÔSLEDKY

Domica je známa nielen jaskynnými úrovňami so stropnými korytami, ale aj početnými guánovými hrncami a ďalšími prejavmi guánovej korózie viažucimi sa na výskyt netopierieho trusu (obr. 11). Už počas prvotného geologicko-geomorfologického výskumu jaskyne ich skúmal a opísal Kettner (1936, 1948). Poukázal na viac ako 150 guánových hrncov, ako aj na stalagmity „rozhlodané" v dôsledku guánovej korózie, resp. na trosky stalagmitov vyčnievajúcich z guána. V Domici sa miestami nahromadili kužeľovité kopy netopierieho guána vysoké do 1,2 m, s priemerom základne 3 až 4,5 m. Najväčšia guánová kopa v Palmovom háji mala základňu 8 × 4 m a výšku 1,3 m (Kettner, 1948). Datovanie guána metódou AMS ^{14}C z jej spodku preukázalo, že sa začala vytvárať pred 1055 ± 30 rokmi (Krištůfek et al., 2008). Guánová kopa v Pralese sa začala tvoriť pred 625 ± 26 až 915 ± 30 rokmi, čo dokladujú dve datované vzorky najspodnejšieho guána (Audra et al., 2019). Guánové hrnce majú priemer zväčša do 0,3 až 0,4 m, najväčší guánový hrniec je v Pralese s priemerom skoro 0,5 m a hĺbkou takmer 1 m (Kettner, 1948).

Voda presakujúca cez guáno sa obohacuje o amónne soli, najmä fosfáty a sulfáty. Následne reaguje s podložnými karbonátmi, pričom vznikajú sírany a fosforečnany kalcia. Guánová korózia rozrušuje najmä stalagmity a podlahové sintrové kôry, vytvára v nich rôzne veľké priehlbiny – guánové hrnce. Na základe veku guána uloženého v guánových hrncoch (415 ± 20 až 1320 ± 20 rokov; datovanie metódou AMS ^{14}C) a ich hĺbky (18 až 42 cm) sa určila rýchlosť korózie 0,23 až 0,65 mm/rok (Sala et al., 2023).

Guánové minerály (sadrovec, kolofán, brushit a novovytvorený kalcit) vznikajú nielen v bezprostrednom podloží guána, ale aj na „dráhach", ktorými roztoky odtekajú z guánových hrncov (Kašpar, 1934, 1940). Domica bola prvou známou lokalitou v bývalom Československu s výskytom brushitu (Koděra a Nelišerová, 1986). Kettner (1948) uvádza, že Jan Kašpar zistil v Domici brushit ako nový minerál pre Slovensko. Neskoršie výskumy sa zamerali najmä na novovzniknuté minerálne fázy vrátane rôznych fosfátov (napr. hydroxyapatit, ardealit, brushit, taranakit) a sadrovca (Cílek, 1999; Moravanský a Orvošová, 2008; Audra et al., 2019).

Jedinečnosť prvých výskumov guánovej korózie i samotnej jaskyne Domice deklaroval prof. Radim Kettner už v článku z roku 1936, v ktorom píše: *Marně jsem pátral ve světové literatuře speleologické o údajích podobných zjevů, a proto myslím, že „guanové hrnce", vzniklí rozhlodáním (korosí) stalagmitů, byly námi v Domici vůbec po prvé konstatovány*. Rovnako v štúdii z roku 1948 podotýka, že mu neboli známe žiadne iné jaskyne na svete s opísanou koróziu vápencového podložia pod guánom. Guánovú koróziu si R. Kettner všimol v Domici už v roku 1932 (in Kettner, 1948, str. 48).

ZÁVER

Jaskyňa Domica už od začiatku 30. rokov minulého storočia púta pozornosť geológov a geomorfológov, ktorí postupne odhaľujú zákonitosti jej vzniku a vývoja, ako aj záznamy vývoja prírody v južnej časti Slovenského krasu, ktoré sa zachovali v jej podzemí:

1. Domica je známa úrovňovými chodbami so stropnými korytami (*ceiling channels*), ktorých vývoj objasnil Zdeněk Roth už v roku 1937. Doteraz sa vo svete nezistilo skoršie vysvetlenie parageneticкého pôvodu stropných korýt. Neskôr Bretz (1942) opísal meandre v strope jaskyne Endless Caverns vo Virgínii (USA), ktoré sa vrezali v dôsledku agradácie podzemného riečiska až po strop (*incised meanders in cave ceiling*). Stropné rúrovité kanály (*ceiling tube-like channels*), vytvorené na priesečníku pukliny a vrstvovej plochy, opísal už Malott (1932) v jaskyni pri Wesley Chapel v Indiane (USA) ako primitívne jaskyne – pozostatky prvotného freatického drenážneho systému. Domnieval sa, že väčšie jaskynné priestory pod polrúrovitými kanálmi vznikli neskôr vo vadóznych podmienkach.
2. Výskyt stropných korýt v jaskyni Domica v dvoch výškových polohách (Roth, 1937, Gallay et al., 2016) korešponduje s vyčlenením

vrchnej a spodnej jaskynnej úrovne (Droppa, 1972), ktorých vývoj zahrňoval aj parageneticku modeláciu stropu. Drenážne chodby vývojových úrovní sa intenzívne zanášali alochtónnymi štrkmi, ktoré boli splavované do podzemia z poltárskeho súvrstvia pokrývajúceho priľahlú pahorkatinu. Fluviálny transport týchto štrkov bol sťažený v dôsledku obmedzeného odtoku vôd Styxu do jaskyne Baradla cez spojovací sifón (na terajšom maďarskom území; k tomuto sifónu siaha plán Hosúsovských jaskýň od E. Paloncyho z roku 1931). Pred spojovacím sifónom do hlavnej drenážnej chodby ústi prítoková Černajská chodba (Csernai-ág) s výrazným stropným korytom, meandrami a bočnými korytami. Podzemná drenáž a odtokové pomery z jaskyne Domica do jaskyne Baradla v čase formovania vrchnej vývojovej úrovne nie sú presnejšie známe.

3. Jaskynný systém Domica-Baradla je typickým príkladom vývoja jaskynných úrovní („ideálne horizontálnych" podľa Forda, 1977, 1989, 2000b; Forda a Williamsa, 1989, 2007) v kontaktnom krase s horizontálnym stykom a jednostrannou influkciou povrchových alochtónnych vôd do podzemia. Tie sa do hlavnej drenážnej chodby dostávajú viacerými vtokovými vetvami od konca slepých dolín, ktoré sa končia na litologickom rozhraní krasu s priľahlou nekrasovou pahorkatinou.
4. Domica je prvou jaskyňou na Slovensku, ako aj v celých Karpatoch, v ktorej sa hlavná geochronológia rekonštruovala na základe veku pochovania alochtónnych kremitých štrkov datovaného pomocou kozmogénnych nuklidov ^{10}Be a ^{26}Al. Do vrchnej vývojovej úrovne boli štrky splavené pred 3,48 ± 0,78 mil. a 2,94 ± 0,50 mil. rokov, do spodnej úrovne pred 1,92 ± 0,25 mil. rokov (Bella et al., 2014a, b, 2019). Tým sa do značnej miery ujasnili a spresnili doterajšie úsudky o predpokladanom veku jaskyne, resp. celého jaskynného systému Domica-Baradla. V rámci jaskynných úrovní Domice sa preukázal ich vývoj odvrchu nadol (vrchná úroveň je staršia ako spodná úroveň). V rámci každej jaskynnej úrovne sa striedali erózne a akumulačné fázy jej vývoja, na čo poukázal už Roth (1937). Ďalšie datovania veku pochovania alochtónnych kremitých štrkov sme vykonali v Aggteleckom krase (Bella et al., 2026).
5. Vývojové úrovne jaskynného systému Domica-Baradla sa dávajú do súvisu s vytváraním pedimentov vo výške 250 až 275 m n. m. po stranách doliny Jósvy (pravostranný prítok Bodvy), ktoré možno korelovať s podhorskou rovňou (stredný pliocén) a poriečnou rovňou (neskorý pliocén – skorý pleistocén) (Bella et al., 2019). Po poklese eróznej bázy sa pod hlavnou jaskynnou úrovňou začala formovať nižšie položená podzemná drenáž (Krátka spodná jaskyňa pri Jósvafő), do ktorej sa postupne proti prúdu strácajú vody tečúce vyššie položenou úrovňovou chodbou. V nadväznosti na pokračujúcu spätnú eróziu Roth (1937) predpokladá v Domici odvádzanie vody proti smeru toku Styxu zo staršej drenážnej chodby vedúcej od Suchej chodby do nižšie položenej Panenskej chodby, t. j. z vrchnej do spodnej vývojovej úrovne.
6. Jaskynné úrovne systému Domica-Baradla sa vytvárali počas dlhodobo stabilizovanej eróznej bázy v doline Jósvy (Droppa, 1961, 1972; Jakucs, 1975, 1984; Ford, 2000b a ďalší), keď sa po jej oboch stranách formovali výrazné pedimenty vo výške 250 až 275 m n. m. Ich zvyšky sa zachovali najmä pri obciach Szinpetri a Szin. Morfologicky sa prejavujú ako svahové plošinky mierne sklonené dovnútra doliny. Láng (1955) ich považuje za pliocénne. V tom čase sa pravdepodobne vytváralo aj paleopolje pri obci Jósvafő (Bella et al., 2016). V nadväznosti na denudačnú chronológiu Západných Karpát (Mazúr, 1963; Lukniš, 1964; Minár et al., 2004; Zuchiewicz, 2011 a ďalší) možno tieto pedimenty korelovať s podhorskou rovňou (stredný pliocén) a poriečnou rovňou (neskorý pliocén – skorý pleistocén) (Bella et al., 2019). Zodpovedajú tomu aj datované veky pochovania, t. j. splavenia kremitých štrkov z povrchu do chodieb oboch vývojových úrovní jaskynného systému Domica-Baradla.
7. Z výskumov Vedeckej krasovej komisie pre vedecké spracovanie Domice, ktorú zriadil Klub československých turistov a viedol prof. Radim Kettner, vyšli veľmi dôležité výsledky a poznatky o speleogenéze a minerálnych výplniach jaskýň. Nielenže presiahli regionálny rámec Slovenského krasu, ale výrazne zasiahli do vtedajšieho celosvetového geovedného výskumu jaskýň. Okrem prvotného opisu a objasnenia vytvárania stropných korýt (Z. Roth) je Domica celosvetovo významná aj prvotným opisom guánových hrncov. R. Kettner ich opísal a zaviedol tento termín v roku 1936. Z dôvodu vojnových udalostí jeho vedecká štúdia o guánovej korózii v jaskyni Domica vyšla až v roku 1948, hoci bola spracovaná už v roku 1937. Domica patrí aj medzi prvé jaskyne na svete, kde boli opísané sintrové štíty. Predmetný článok R. Kettnera vyšiel v roku 1938 (prvý známy opis sintrových štítov je z roku 1931 z americkej jaskyne Grand Caverns).

Príspevok bol spracovaný v rámci vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0323/24.

LITERATÚRA

Audra, P. – De Waele, J. – Bentaleb, I. – Chroňáková, A. – Krištůfek, V. – D'Angeli, I. M. – Carbone, C. – Madonia, G. – Vattano, M. – Scopelliti, G. – Cailhol, D. – Vanara, N. –Temovski, M. – Bigot, J.-Y. – Nobécourt, J.-C. – Galli, E. – Rull, F. – Sanz-Arranz, A. 2019. Guano-related phosphate-rich minerals in European caves. International Journal of Speleology, 48, 1, 75–105. https://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.48.1.2252

Bella, P. 1995. Ku genéze ponorných fluviokrasových jaskýň alogénnych území Západných Karpát. In Hochmuth, Z. (Ed.): Reliéf a integrovaný výskum krajiny. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Prešov 26. – 27. 10. 1995. UPJŠ, Prešov, 7–18.

Bella, P. 2000. Problematika vývojových úrovní jaskyne Domica. Aragonit, 5, 3–6.

Bella, P. 2001. Geomorfologické pomery okolia jaskyne Domica. Aragonit, 6, 5–11.

Bella, P. – Bosák, P. 2013. Stropná erózia v jaskyniach: počiatky skúmania a Zdeněk Roth ako autor konceptu. Aragonit, 18, 2, 84–86.

Bella, P. – Bosák, P. 2015. Ceiling erosion in caves: early studies and Zdeněk Roth as author of the concept. Acta Carsologica, 44, 1, 139–144. https://dx.doi.org/10.3986/ac.v44i1.768

Bella, P. – Braucher, R. – Holec, J. – Veselský, M. 2014a. Datovanie pochovania kremitého štrku na vrchnej vývojovej úrovni jaskyne Domica pomocou kozmogénnych nuklidov. Slovenský kras, 52, 1, 15–24.

Bella, P. – Braucher, R. – Holec, J. – Veselský, M. – Pruner, P. – Bosák, P. 2014b. Geochronology of the Domica–Baradla cave system (Slovakia, Hungary) based on cave sediment dating. In Bučová, J. – Puškelová, Ľ. (Eds.): Environmental, Sedimentary & Structural Evolution of the Western Carpathians. Abstract Book, 9th ESSEWECA Conference (November 5 – 7, 2014, Smolenice, Slovakia). Geophysical Institute, Geological Institute, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 7–8.

Bella, P. – Bosák, P. – Braucher, R. – Pruner, P. – Hercman, H. – Minár, J. – Veselský, M. – Holec, J. – Léanni, L. 2019. Multi-level Domica–Baradla cave system (Slovakia, Hungary): Middle Pliocene–Pleistocene evolution and implications for the denudation chronology of the Western Carpathians. Geomorphology, 327, 62–79. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.002

Bella, P. – Gaál, Ľ. – Balázs, I. – Jákfalvi, S. – Gruber, P. 2020. Geophysical measurements used in reconstruction of the development of levelled passages in the Domica-Baradla Cave System (Slovakia, Hungary) – preliminary results. Aragonit, 25, 1, 57–58.

Bella, P. – Holúbek, P. 2001. Meandrová chodba v jaskyni Domica. Aragonit, 6, 11–15.

Bella, P. – Móga, J. 2014. Morfológia jaskynného systému. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 73–93.

Bella, P. – Šujan, M. – Braucher, R. – Gruber, P. – Gaál, Ľ. – Vitovič, L. – Aherwar, K. – Bosák, P. 2026. Geochronológia jaskynného systému Domica-Baradla: pridané datovanie pochovania alochtónnych štrkov pomocou kozmogénnych nuklidov z Aggteleckého krasu. Aragonit, 31, 1, 64–66.

Bella, P. – Veselský, M. – Gaál, Ľ. – Minár, J. 2016. Jósvafő paleo-polje: morphology and relation to the landform evolution of Aggtelek Karst and Jósva River valley, Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie, 60, 3, 219–235. http://doi.org/10.1127/zfg/2016/0212

Bosák, P. – Móga, J. – Kadlec, J. – Pruner, P. – Chadima, M. 2003. Előzetes beszámoló a Baradla-barlangban végzett paleomágneses vizsgálatokról. Karsztfejlődés, 8, 297–307.

Bosák, P. – Hercman, H. – Kadlec, J. – Móga, J. – Pruner, P. 2004. Paleomagnetic and U-series dating of cave sediments in Baradla Cave, Hungary. Acta Carsologica, 33, 2, 218–238.

Bögli, A. 1984. Fliebfazetten – ein karsthydrographisch wichtiges Merkzeichen des Fliebverhaltens von Karstwasser. Die Höhle, 35, 3–4, 119–126.
Bretz, J. H. 1942. Vadose and phreatic features of limestone caverns. Journal of Geology, 50, 6, 675–811. https://doi.org/10.1086/625074
Bystrický, J. 1964. Slovenský kras. Stratigrafia a Dasycladaceae mezozoika Slovenského krasu. Ústredný ústav geologický, Bratislava, 203 s.
Cílek, V. 1999. Mineralogické výzkumy v jeskyni Domica. Aragonit, 4, 9–11.
Coleman, J. C. 1949. An indicator of water flow in caves. Proceedings of the University of Bristol Speleological Society, 6, 1, 57–67.
Curl, R. L. 1966. Scallops and flutes. The Transactions of the Cave Research Group of Great Britain, 7, 2, 121–160.
Curl, R. L. 1974. Deducing flow velocity in cave conduit from scallops. The NSS Bulletin, 36, 2, 1–5.
Čeklovský, T. – Orvošová, M. – Biroň, A. – Tóth, C. – Soják, M. – Šupinský, J. 2022. Nálezy fauny mamutej stepi z novoobjavených častí jaskyne Domica – Kľúčová dierka (Slovenský kras): interdisciplinárny prístup výskumu. Slovenský kras, 60, 1, 19–50.
Danko, S. – Šupinský, J. 2022. New Discoveries in Domica-Čertova diera, Slovak Karst National Park. Bulletin of the Slovak Speleological Society issued for the purpose of the 18th International Congress of Speleology – UIS, Savoie 2022, 49–51.
De Waele, J. – Gutiérrez, F. 2022. Cave Geomorphology. In Karst Hydrogeology, Geomorphology and Caves. Wiley, 574–653. https://doi.org/10.1002/9781119605379.ch9
Dénes, B. 1971. A barlangi meander képződése. Karszt és Barlang, 1971/II, 75–80.
Droppa, A. 1950. Jaskyňa Čertova diera. Krásy Slovenska, 27, 5–8, 150–153.
Droppa, A. 1961. Domica-Baradla, jaskyne predhistorického človeka. Šport, Bratislava, 151 s.
Droppa, A. 1972. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. Československý kras, 22, 65–72.
Ford, D. C. 1977. Genetic Classification of Solution Cave System. In Ford, T. D. (Ed.): Proceedings of the 7th International Congress of Speleology (Sheffield, 10 – 17 September 1977), 189–192.
Farrant, A. R. – Smart, P. L. 2011. Role of sediment in speleogenesis; sedimentation and paragenesis. Geomorphology, 134, 1–2, 79–93. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.06.006
Ford, D. C. 1965. The origin of limestone caverns: a model from the central Mendips Hills, England. Bulletin of the National Speleological Society, 27, 4, 109–132.
Ford, D. C. 1977. Genetic Classification of Solution Cave System. In Ford, T. D. (Ed.): Proceedings of the 7th International Congress of Speleology (Sheffield, 10 – 17 September 1977), 189–192.
Ford, D. C. 1988. Characteristics of Dissolutional Cave Systems in Carbonate Rocks. In James, N. P. – Choquette, P. W. (Eds.): Paleokarst. Springer, New York, NY, 25–57. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3748-8_2
Ford, D. C. 2000a. Speleogenesis Under Unconfined Settings. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, 319–324.
Ford, D. C. 2000b. Caves Branch, Belize, and the Baradla-Domica System, Hungary and Slovakia. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, 391–396.
Ford, D. C. – Ewers, R. O. 1978. The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. Canadian Journal of Earth Sciences, 15, 1783–1798. https://doi.org/10.1139/e78-186
Ford, D. C. – Williams, P. W. 1989. Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman, London, 601 s. https://doi.org/10.1007/978-94-011-7778-8
Ford, D. C. – Williams, P. W. 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Wiley, Chichester, 562 s. https://doi.org/10.1002/9781118684986
Ford, D. C. – Zambo, L. 1997. U series dating of phases of speleothem deposition and erosion in Baradla Cave, Aggtelek National Park, Hungary. In Jeannin, P.-Y. (Ed.): Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, 1, La Chaux-de-Fonds, 44.
Gaál, Ľ. 1997. Prehľad geomorfologického vývoja územia. In Mello, J. (Ed.) – Elečko, M. – Pristaš, J. – Reichwalder, P. – Snopko, L. – Vass, D. – Vozárová, A. – Gaál, Ľ. – Hanzel, V. – Hók, J. – Kováč, P. – Slavkay, M. – Steiner, A.: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. GS SR, Bratislava, 157–162.
Gaál, Ľ. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš –Knižné centrum, Žilina, 168 s.
Gaál, Ľ. 2014. Tektonické pomery. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 45–60.
Gaál, Ľ. – Vlček, L. 2011. Tektonická stavba jaskyne Domica (Slovenský kras). Aragonit, 16, 1–2, 3–11.
Gallay, M. – Kaňuk, J. – Hochmuth, Z. – Hofierka, J. – Meneely, J. – Sedlák, V. 2015. Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia. International Journal of Speleology, 44, 3, 277–291. http://doi.org/10.5038/1827-806X.44.3.6
Gallay, M. – Hochmuth, Z. – Kaňuk, J. – Hofierka, J. 2016. Geomorphometric analysis of cave ceiling channels mapped with 3-D terrestrial laser scanning. Hydrology and Earth System Sciences, 20, 5, 1827–1849. http://doi.org/10.5194/hess-20-1827-2016
Gams, I. 1994. Types of contact karst. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 17, 1, 37–46.
GeoGold Kárpátia Kft., 2018. Geofizikai vizsgálatok. In Természetvédelmi felmérések, vizsgálatok és mérések elvégzése SKHU/1601/1.1/035 azonosító számú projekt keretében (Az Interreg V-A Szlovákia-Magyarország Együttműködési Program keretében támogatott projekt), Jelentés, II. Ütem, 5–15.
GeoGold Kárpátia Kft., 2019. Geofizikai vizsgálatok a Baradla-barlang kijelölt szakaszain VESZ geofizikai módszerrel. Jelentés, Kutatás-fejlesztési szerződés 211-420/2018, 22 s.
GeoGold Kárpátia Kft., 2020. Geofyzikálny výskum v jaskyni Domica. Správa, Program cezhraničnej spolupráce Slovensko-Maďarsko, Rozvoj liečebného turizmu v jaskyniach svetového dedičstva Aggtelekského a Slovenského krasu (reg. č. SKHU 1601/1.1/035), 6 s.
Géczy, J. – Kucharič, Ľ. 1997. Geofyzikálny prieskum ponornej oblasti jaskyne Domica. Aragonit, 2, 8–10.
Géczy, J. – Kucharič, Ľ. 1998. Geofyzikálny prieskum jaskyne Domica (okolie Čertovej diery – Suchá chodba). Aragonit, 3, 12–13.
Gruber, P. – Szunyogh, G. – Telbisz, T. 2022. The Caves of Aggtelek Karst, Szalonna Karst and Rudabánya Mountains. In Veress, M. – Leél-Őssy, S. (Eds.): Cave and Karst Systems of Hungary. Cave and Karst Systems of the World. Springer, Cham, 275–301. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92960-2_10
Gyalog, L. (Ed.) 1996. A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, 187, 172 s.
Gyuricza, G. – Gaál, Ľ. 2014. Vznik a vývoj jaskynného systému. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 95–116.
Häuselmann, P. – Jeannin, P. Y. – Monbaron, M. 2003. Role of the epiphreatic zone and soutirages in conduit morphogenesis: the Bärenschacht example (BE, Switzerland). Zeitschrift für Geomorphologie, NF, 42, 2, 171–190.
Hochmuth, Z. 1998. Predkvartérne jaskynné systémy na Slovensku a ich vzťah k zarovnaným povrchom. Prírodné vedy, 29, Folia geographica, 1, 127–144.
Hochmuth, Z. 2014. Mapovanie prepojenia Čertovej diery a Domice. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 45, 3, 18–23.
Hochmuth, Z. 2015a. Jaskyňa Líščia diera alias Lúpežnícka diera pri Domici. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 46, 2, 20–23.
Hochmuth, Z. 2015b. Prieskum a mapovanie chodieb „Za Nebezpečným dómom" v systéme Domice. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 46, 4, 10–13.
Hochmuth, Z. 2016. Mapovanie Domice – Čertovej diery prináša výsledky – objav Klimentovej siene. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 47, 3, 26–29.
Hochmuth, Z. 2020. Kečovská chodba – objav severného prítoku v Domici. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 51, 4, 14–17.
Hochmuth, Z. 2024a. Koreňová sieň: 10 rokov v Domici. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 55, 2, 34–36.
Hochmuth, Z. 2024b. Cez ponor do Čertovej diery. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 55, 3, 7–15.
Hochmuth, Z. 2024c. Kankulove chodby v Domici. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 55, 4, 15–19.
Hochmuth, Z. 2026. Príspevok k prolongácii systému Domica-Baradla v rokoch 2024 – 2026. Slovenský kras, 62 (2024), 1–2, 92–95.
Cholnoky, J. 1930. Az Aggteleki cseppkőbarlang története. Magyar Földrajzi Évkönyv, 157–169.
Choppy, J. 2008. Pourquoi se creusent les grottes? Karstologia-Mémoires, 16, 206 s.
Jakál, J. 1975. Kras Silickej planiny. Osveta, Martin, 152 s.
Jakál, J. 1983. Krasový reliéf a jeho odraz v geomorfologickom obraze Západných Karpát. Geografický časopis, 35, 2, 160–183.
Jakucs, L. 1953. A Bekebarlang felfedezese. Müvelt Nép Könyvkiadó, Budapest, 144 s.
Jakucs, L. 1971. A karsztok morfogenetikája. Akadémia Kiadó, Budapest, 310 s.
Jakucs, L. 1975. Aggteleki karsztvidék. Sport Kiadó, Budapest, 404 s.
Jakucs, L. 1977. Morphogenetics of karst regions: variants of karst evolution. Akadémiai Kiadó, Budapest, 284 s.

Jakucs, L. 1984. Az aggteleki Baradla-Domica barlangrendszer. In Kordos, L. (Ed.): Magyarország barlangjai. Gondolat Kiadó, Budapest, 88–109.

Jakucs, L. 2000. A hordalékeróziós barlangfolyosók öblösségének kérdése. Karsztfejlődés, 3, 223–241.

Jeannin, P. Y. – Bitterli, T. – Häuselmann, P. 2000. Genesis of a large cave system: the case study of the North of Lake Thun system (Canton Bern, Switzerland). In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, 338–347.

Jennings, J. N. 1970. Ingrow meander and meander cave. The Australian Geographer, 11, 3, 401–402.

Kašpar, J. 1934. Genese guánových minerálů z jeskyně Domica. Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky, 10, 3–4, 104–111.

Kašpar, J. 1936. Domica minulá, přítomná a budoucí. Časopis turistů, 48, 8, 187–190.

Kašpar, J. 1940. O chemickém složení brushitu z Jihokarpatského krasu. Věstník Geologického ústavu pro Čechy a Moravu, 16, 2–3, 55–63.

Kessler, H. 1938. Az aggteleki barlangrendszer hidrográfiája. Földrajzi Közlemények, 66, 1–3, 1–30.

Kettner, R. 1933. Domica, perla slovenských jeskyň. Věda přírodní, 14, 6, 161–166.

Kettner, R. 1936. Domica a netopýři. Časopis turistů, 48, 183–185.

Kettner, R. 1938. Sintrové bubny a štíty v jeskyni Domici. Věda přírodní, 19, 134–136.

Kettner, R. 1948. O netopýřím guanu a guanových korosích v jeskyni Domici. Sborník Státního geologického ústavu, 15, 41–64.

Kettner, R. – Roth, Z. 1937. Domica, plán 1 : 100. Mapový archív SMOPaJ, ev. č. 09711/1. https://www.slovakiana.sk/kulturne-objekty/cair-ko25h5o?content=CAIR_DIV_ IMAGES_1&contentDo=urn:nbn:sk:cair-do3f89g

Koděra, M. – Nelišerová, E. 1986. Kečovo. In Koděra, M. a kol.: Topografická mineralógia Slovenska, 1, A–Kl. Veda, Bratislava, 565–566.

Krištůfek, V. – Elhottová, D. – Kováč, Ľ. – Chroňáková, A. – Žák, K. – Světlík, I. 2008. Stáří kupy netopýřího guána v jeskyni Domica (NP Slovenský kras) a elektronová mikroskopie exkrementů netopýrů. Slovenský kras, 46, 1, 165–170.

Lauritzen, S.-E. – Lauritsen, A. 1995. Differential diagnosis of paragenetic and vadose canyons. Cave and Karst Science, 21, 2, 55–59.

Lauritzen, S.-E. – Lundberg, J. 2000. Solutional and erosional morphology. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, 408–426.

Láng, S. 1955. Geomorfológiai tanulmányok az Aggteleki karsztvidéken. Földrajzi Értesítő, 4, 1, 1–16.

Liška, M. 1990. Geomorfologické pomery CHKO Slovenský kras. Záverečná správa, ÚŠOP – Stredisko rozvoja ochrany prírody, Bratislava, 83 s.

Ložek, V. 1992. Slovenský kras ve světle kvartérní geologie. Slovenský kras, 30, 29–56.

Lukniš, M. 1962. Geomorfologický prehľad. In Fusán, O. – Bystrický, J. – Čechovič, V. – Franko, O. – Hanáček, J. – Ilavský, J. – Kullman, E. – Kuthan, M. – Lukniš, M. – Regásek, F.: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, M – 34 – XXXIII, list Rimavská Sobota. Geofond, Bratislava, 81–88.

Lukniš, M. 1964. Pozostatky starších povrchov zarovnávania reliéfu v Československých Karpatoch. Geografický časopis, 16, 3, 289–298.

Lundberg, J. 2005. Karren. In Culver, D. C. – White, W. B. (Eds.): Encyclopedia of Caves. Elsevier Academic Press, Burlington – San Diego – London, 315–321.

Mallot, C. A. 1932. Lost River at Wesley Chapel Gulf, Orange County, Indiana. Proceedings of the Indiana Academy of Science, 41 (1931), 285–316.

Mann, K. – Pouba, Z. – Šantrůček, P. 1949. Nová speleologická studia v Domici. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 54, 2, 99–106.

Mazúr, E. 1963. Žilinská kotlina a priľahlé pohoria. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 188 s.

Mello, J. (Ed.) – Elečko, M. – Pristaš, J. – Reichwalder, P. – Snopko, L. – Vass, D. – Vozárová, A. – Gaál, Ľ. – Hanzel, V. – Hók, J.– Kováč, P. – Slavkay, M. – Steiner, A. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. GSSR, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 255 s.

Mello, J. 2004. Geologické prostredie jaskyne Domica a jej okolia. Aragonit 9, 3–8.

Minár, J. – Bizubová, M. – Gallay, M. 2004. General aspects of denudation chronology of the West Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 38, 5–22.

Moravanský, D. – Orvošová, M. 2008. Fosfátové minerály v slovenských jaskyniach. Slovenský kras, 46, 2, 353–360.

Móga, J. 1999. Reconstruction of the development history of karstic water networks on the southern part of the Gömör-Torna karst on the basis of ruined caves and landforms. Acta Carsologica, 28, 2, 159–174.

Murphy, P. J. 2019. Scallops. In White, W. B. – Culver, D. C. – Pipan, T. (Eds.): Encyclopedia of Caves (Third Edition). Academic Press, 889–895. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00106-0

Ország, G. – Vid, O. – Szilágyi, F. – Végh, Z. – Gyurica, G. 1989. Baradla-barlang 1 : 1000. Magyarország Barlangtérképei, 7, MKBT, Budapest.

Orvan, J. 1999. Podzemné vody Slovenského krasu. In Šmídt, J. (Ed.): Výskum a chrana prírody Slovenského krasu. Zborník referátov zo seminára k 25. výročiu vyhlásenia Chránenej krajinnej oblasti Slovenský kras (Hrádok pri Jelšave 23. – 25. 9. 1998). SAŽP – Centrum ochrany kultúrnej krajiny a prírodného dedičstva, Správa CHKO Slovenský kras, ZO SZOPK Makatanhan Oyate Moldava nad Bodvou. SAŽP, Banská Bystrica, 51–59.

Palmer, A. N. 2011. Distinction between epigenic and hypogenic maze caves. Geomorphology, 134, 1, 9–22. http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03.014

Paloncy, E. 1931. Hosúsovské jeskyně KČST u Plešivce na Slovensku, plán 1 : 2000. Mapový archív SMOPaJ, ev. č. 18660. https://www.slovakiana.sk/kulturne-objekty/cair-ko246u1?content=CAIR _DIV_IMAGES_1&contentDo=urn:nbn:sk:cair-do3f8a9

Pasini, G. 1967. Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell'erosione "antigravitativa". Le Grotte d'Italia, 4, 1, 75–90.

Pasini, G. 1975. Sull'importanza speleogenetica dell' "Erosione antigravitativa". Atti del Seminario Internazionale di Speleogenesi, Varenna (Como, Italy), 1972. Le Grotte d'Italia, 4, 4, 297–322.

Petránek, J. – Pouba, Z. 1951. Pokus o datování jeskyně Domice na základě studia tmavých zon v krápnicích a sintru. Sborník ústředního ústavu geologického, 8, 245–272.

Pruner, P. – Bosák, P. – Kadlec, J. – Venhodová, D. – Bella, P. 2000. Paleomagnetický výzkum sedimentárních výplní vybraných jeskyní na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): Výskum, ochrana a využívanie jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999. SSJ, Liptovský Mikuláš, 13–25.

Pruner, P. – Venhodová, D. – Kadlec, J. – Bosák, P. 1999a. Paleomagnetický výzkum sedimentárních výplní vybraných jeskyní na Slovensku. Etapová zpráva. GÚ AV ČR, Praha, 34 s. + prílohy

Pruner, P. – Venhodová, D. – Kadlec, J. – Bosák, P. 1999b. Paleomagnetický výzkum sedimentárních výplní vybraných jeskyní na Slovensku. Etapová zpráva č. 2. GÚ AV ČR, Praha, 62 s. + prílohy

Rak, R. – Ingr, M. 1964. Domica – jaskyňa – inžiniersko-geologický prieskum. Manuskript, Geologický prieskum, Žilina.

Renault, P. 1958. Éléments de spéléomorphologie karstique. Annales de Spéléologie, 13, 1–4, 23–48.

Renault, P. 1968. Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogenèse. Les facteurs sédimentologiques. Annales de Spéléologie, 23, 3, 529–596.

Roth, Z. 1937. Vývoj jeskyně Domice. Bratislava, 11, 129–163.

Roth, Z. 1940. Vývojový vztah jeskyně Baradel k jeskyni Domici v Jihoslovenském Krasu. Věstník Královské české společnosti nauk, třída matematicko-přírodovědecká, 1–9.

Sala, P. – Bella, P. – Postawa, T. – Wróblewski, W. – Gradziński, M. 2023. Corrosion of carbonate speleothems by bat guano. Sedimentary Geology, 454, 106454. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2023.106454

Skřivánek, F. 1966. Vývoj krasu Plešivecké planiny v Jihoslovenském krasu. Československý kras, 17, 42–58.

Slabe, T. 1995. Cave rocky relief and its speleogenetical significance. Zbirka ZRC, 10, Ljubljana, 128 s.

Slabe, T. 1996. Jamski skalni relief, ki ga dolbe vodni tok. Acta Carsologica, 25, 391–434.

Szentpétery, I. – Less, Gy. (Eds.) 2006. Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtana. Magyarország tájegységi térképsorozata. Magyarázó az Aggtelek–Rudabányai-hegység 1988-ban megjelent 1 : 25 000 méretarányú fedetlen földtani térképéhez. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 92 s.

Szilágyi, F. 1982. A Baradla Rövid-Alsó-barlangjának feltárása. Karszt és Barlang, 2, 65–70.

Szunyogh, G. – Kisbán, J. 2004. Béke-barlang. A Komlós-patak felszín alatti útja. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 140 s.

Šupinský, J. – Kaňuk, J. – Nováková, M. – Hochmuth, Z. 2022. LiDAR point clouds processing for large-scale cave mapping: a case study of the Majko dome in the Domica cave. Journal of Maps, 18, 2, 268–275. https://doi.org/10.1080/17445647.2022.2035270

Vass, D. – Kraus, I. – Elečko, M. 1989. Výplň Rožňavskej kotliny a údolia rieky Slaná pri Slavci. Mineralia Slovaca, 21, 1, 71–75.

White, W. B. 1988. Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford University Press, Oxford – New York, 464 s.

Worthington, S. R. H. 2005. Evolution of caves in response to base-level lowering. Cave and Karst Science, 32, 1, 3–12.

Zuchiewicz, W. 2011. Planation surfaces in the Polish Carpathians: myth or reality? Geographia Polonica, 84, 2, 155–178. http://doi.org/10.7163/GPol.2011.S2.12

HYDROLOGICKÉ POMERY JASKYNE DOMICA V KONTEXTE MERANÍ A POZOROVANÍ V SPRÍSTUPNENÝCH ČASTIACH JASKYNE

Dagmar Haviarová[1] – Katarína Mikulová[2]

[1] *Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; dagmar.haviarova@ssj.sk*
[2] *Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37; Katarina.Mikulova@shmu.sk*

D. Haviarová, K. Mikulová: Hydrological conditions of Domica Cave in the context of the measurements and observations in the show parts of the cave

Abstract: Domica Cave is characterized by specific hydrological conditions that have been the subject of research since 1994. The paper provides an overview of observations and hydrological measurements that were carried out in the show parts of Domica Cave. In the context of climatic conditions, it summarizes the activity of the underground stream Styx for the period of the last 25 years. No activity of the Styx throughout the year was recorded in the hydrological years 2007, 2008 and 2022. The greatest activity of the Styx was recorded in the hydrological year 2024, when the Styx was active for 333 days, followed by the hydrological years 2010 (297 days) and 2023 (291 days). For the period from 2001 to 2025, the largest proportion of days with active Styx was in April, March and May and the lowest in October, December and November. As of 2020, Styx activity increased slightly in January and August. Based on monitoring results of carried out by the Slovak Caves Administration, this paper analyzes and compares the regimes of the Styx and the Domický potok Brooks during the hydrological years 2016 to 2025. Average daily discharges are in the range 0–300 L·s^{-1} (Styx) and 0–283 L·s^{-1} (Domický potok); and more than 90 % of average daily discharges were below 1.5 L·s^{-1}. The average annual discharge of Styx varied between 0–5.6 L·s^{-1}, while for the Domický potok, this value is in the interval 0.42–3.55 L·s^{-1}. Compared to the Styx, the Domický potok reacts more quickly to precipitation, which is manifested by rapid changes in discharge. The increased and high discharges (the absolute maximum for the Domický potok from the 10-minute measurements exceeds 992 L·s^{-1}, and for Styx more than 602 L·s^{-1}) had a short time duration. An overview of the days for the period 2016–2025 when discharges in the cave exceeded the selected limits (50, 100, 200, 500 L·s^{-1}) based on values from 10-minute measurements and average daily discharges is included in the article. The largest hydrological event in the cave during this period, associated with partial flooding of the cave, was documented on July 18, 2021. In connection with the occurrence of extreme water conditions in underground streams, the article approaches the issue of flooding in the cave, linked to the partial flooding of Majkov dóm Chamber and Panenská chodba Passage, with an emphasis on its occurrence over the last 30 years.

Keywords: Domica Cave, underground stream, hydrological regimes, monitoring, discharge, flood

ÚVOD

Jaskyňa Domica patrí medzi lokality, ktorých neodmysliteľnou a dôležitou súčasťou je voda. Podzemné priestory jaskyne nadväzujú na povrchové geomorfologické a hydrologické javy na styku nekrasového územia Bodvianskej pahorkatiny a krasového územia Silickej planiny, na ktoré sa vzťahuje súčasná hydrografická sieť v povodiach podzemných tokov občasne pretekajúcich jaskyňou. Krasové územie Silickej planiny zaberá severnú a východnú časť povodia jaskyne tvorenú horninami strednotriasových jednotiek silicika (najmä wettersteinských vápencov, menej steinalmských vápencov, miestami prekrytých sedimentmi typu terra rosa). Nekrasové územie zaberá južnú a západnú časť územia tvorenú neogénnymi ílmi, pieskami a štrkmi poltárskeho súvrstvia prekrytými kvartérnymi deluviálnymi sedimentmi. Okrajové ponory nachádzajúce sa v kontaktnej zóne krasového a nekrasového územia sústredene prenášajú do podzemia na povrchu sa formujúce občasné toky. Tým výrazne ovplyvňujú hydrologické pomery jaskyne.

Hlavným podzemným tokom jaskyne, ako aj celého jaskynného systému Domica-Baradla je občasná riečka Styx, ktorá preteká takmer celým systémom v generálnom smere Z-V, na povrch vyviera v Maďarsku pri Jósvafö. Styx sa v sprístupnených častiach jaskyne Domica po prvýkrát objavuje v Panenskej chodbe, kam priteká v smere od Nebezpečného a Zrúteného dómu, t. j. od jeho hlavných ponorných zón (ponorná zóna v Hančinej, ponory pod Čertovou dierou a Líščou dierou). Pri vstupe do Majkovho dómu sú na jeho toku vytvorené unikátne Rímske kúpele, kaskádové jazierka predstavujúce sintrové misy s výškou 40 až 50 cm. V Majkovom dóme sa na Styx pripája jeho najväčší prítok, Domický potok, vstupujúci do podzemia cez ponor Domického potoka. Po sútoku Styxu s Domickým potokom pretekajú vody podzemného toku Styx priestormi umelo vytvorenej Prvej a Druhej plavby. Medzi plavbami vybudovanými priamo v koryte toku sa na Styxe nachádzajú kaskádové jazierka s miestnym označením „Plitvické jazierka" podobné kaskádovým jazierkam v Majkovom dóme. Menšie kaskádové jazierka sa nachádzajú aj za priestormi Druhej plavby. Za Druhou plavbou priberá Styx ešte občasný pravostranný prítok z Meandrovej chodby (od Demikovho ponoru), ktorý rovnako ako Domický potok pochádza z nekrasového územia (obr. 1). Drobné občasné krasové pravostranné prítoky Styxu sa na slovenskej strane jaskynného systému objavujú pred podzemnou hranicou s Maďarskom. Povodie jaskyne Domica po hrádzu Druhej plavby je rozdelené do troch hlavných čiastkových povodí (drenážnych území): povodia Styxu s rozlohou 2,26 km^2, povodia Domického potoka s plochou 1,38 km^2 a povodia Prvej a Druhej plavby s plochou 0,9 km^2, ktoré majú rozdielny význam z hľadiska doplňania krasového systému (Klaučo et al., 1998). Pre kompletnosť celého povodia jaskyne Domica treba spomenúť aj časť jej povodia za hrádzou Druhej plavby siahajúcou až po štátnu hranicu s Maďarskom. Povodie podzemného toku Styx zaberá zbernú oblasť slepej úvalinovej depresie Smradľavého jazierka s priľahlým ponorom pod Líščou dierou, zbernú oblasť závrtových ponorov pod Čertovou dierou, plošne najväčšiu zbernú oblasť z krasového územia západne od Kečova a svahov v okolí Červenej stráne gravitujúcich k ponorom v Kečovskom údolí (ponory v Hančinej) a plošne najmenšiu zalesnenú oblasť východne od Čertovej diery. Povodie Domického potoka tvoria dve čiastkové povodia; zberná oblasť veľkého a malého poldra priamo gravitujúce k centrálnej časti jaskyne a odvodňovanej väčšinou povrchovo do údolia slepej doliny Domického potoka zakončenej ponorom pri vchode do jaskyne. Povodie Prvej a Druhej plavby je plošne najmenším povodím jaskyne.

Príspevok prináša prehľad pozorovaní a hydrologických meraní, ktoré sa realizovali v sprístupnených častiach jaskyne Domica, respektíve v ich bezprostrednej blízkosti. V kontexte klimatických pomerov sumarizuje za obdobie posledných 25 rokov aktivitu podzemného toku Styx. Na základe výsledkov monitoringu realizovaného Správou slovenských jaskýň v Panenskej chodbe a ponore Domického potoka analyzuje režim podzemného toku Styx a Domického potoka počas obdobia hydrologických rokov 2016 až 2025. V súvislosti s výskytom extrémnych stavov vodnosti podzemných tokov približuje problematiku záplav v jaskyni s dôrazom na ich výskyt v období posledných tridsiatich rokov.

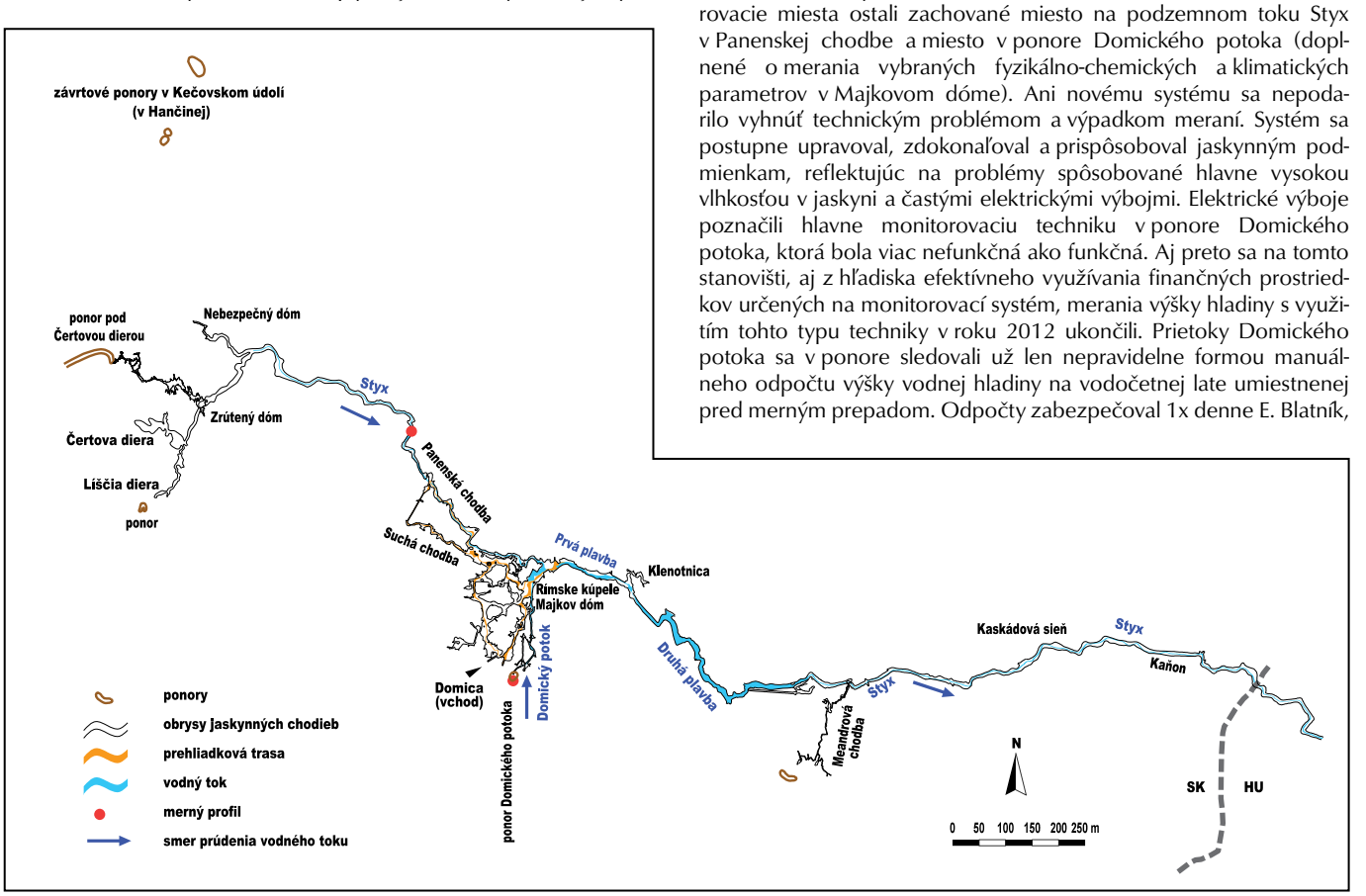
ZÁKLADNÝ PREHĽAD HYDROLOGICKÝCH MERANÍ V JASKYNI

Prvý hydrologický monitoring s kontinuálnymi meraniami bol realizovaný v jaskyni Domica ako súčasť podporného projektu 0364-B 5 „Monitoring prírodného prostredia v krasových oblastiach" pre projekt PHARE I – EC/HEA/ lOSI „Ochrana prírodných zdrojov v krase". Hlavný projekt organizačne zabezpečovala RNDr. V. Tereková, CSc. (Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica) a Ministerstvo životného prostredia SR, po stránke metodickej a výkonnej firma SKOV, s. r. o., Bratislava (Klaučo a Filová, 1996). Prostredníctvom projektu PHARE bola dodaná meracia technika pre monitoring klimatických parametrov, rádiologických charakteristík, monitoringu kvality jaskynného aerosólu a monitoringu kvality vôd. Pri pozorovaniach základných parametrov hydrochemického režimu a vodného stavu v jaskyni Domica boli využité datalogre typu BABUC talianskej firmy LSI, hĺbkové sondy talianskej firmy SILENA, meracie prístroje na mernú elektrickú vodivosť a teplotu vody nemeckej firmy WTW. Merania sa realizovali v rokoch 1994 a 1995 na pozorovacej stanici umiestnenej na podzemnom toku Styx nad Rímskymi kúpeľmi. V rámci projektovej úlohy sa sledovala dynamika transportu šírenia a akumulácie znečistenia v jaskynnom prostredí (Klaučo et al., 1998).

V roku 1996 boli pracovníkom Správy slovenských jaskýň p. g. M. Peškom vypracované základné tézy pre ďalší monitoring vôd v jaskyni Domica, ktorých cieľom bolo podrobnejšie charakterizovať hydrologický režim v jaskyni, špecifikovať zmeny prietočnosti podzemného toku Styx v profile nad Rímskymi kúpeľmi, lokalizovať a overiť miesta úniku vody z Prvej plavby. Samotný monitoring v súlade s nastavenými cieľmi realizovala pre Správu slovenských jaskýň v období rokov 1997 až 1998 opäť firma SKOV, s. r. o. Pre potreby hydrologického hodnotenia sa meracie zariadenie okrem podzemného toku Styx nad Rímskymi kúpeľmi umiestnilo aj na Domickom potoku v Majkovom dóme, na Prvej plavbe a na začiatku Druhej plavby (po poruche prístroja v roku 1997 sa toto stanovište zrušilo). Záznam kontinuálnych meraní výšky vodnej hladiny, teploty vody a mernej elektrickej vodivosti bol nastavený na 15 minút. V záverečnej správe z monitoringu sa uvádza, že hlavným faktorom ovplyvňujúcim vodný režim jaskyne sú prívalové vody Domického potoka. Podzemný tok Styx ako hlavný zdroj vôd v jaskyni v minulosti nie je v súčasnosti prakticky aktívny, jeho občasné aktivovanie prietokov spôsobujú len extrémne alebo dlhodobé zrážky (Klaučo et al., 1998).

Po roku 1998 začala hydrologický monitoring v jaskyni Domica zabezpečovať Správa slovenských jaskýň vlastnými zamestnancami úseku ochrany jaskýň (do roku 2002 prebiehali práce pod vedením M. Pešku, od roku 2002 zabezpečovala hydrologický monitoring v jaskyni D. Haviarová). Monitorovací proces bol poznačený výpadkami meraní spôsobenými hlavne elektrickými výbojmi počas búrok a častými technickými poruchami na monitorovacích zariadeniach. V roku 1999 sa demontovali prístroje na miestach predchádzajúcich meraní, ktorých výber sa ukázal ako nie najvhodnejší. Vybudovali sa nové merné profily (kombinácia Thomsonovho a Ponceletovho priepadu) v ponore Domického potoka a na podzemnom toku Styx v Panenskej chodbe (Peško, 2003). Na merania sa používala technika rovnakého typu ako do roku 1999 (BABUC f. LSI, hĺbkové sondy f. Silena). Interval meraní sa upravil z 15 na 20 minút. Monitorovacia technika sa priebežne servisovala alebo vymieňala za novšie zariadenia, ktoré Správa slovenských jaskýň získala v roku 2002 na základe technickej spolupráce od Japonskej agentúry pre medzinárodnú spoluprácu (JICA) (Gažík et al., 2009). Keďže technické problémy s meraniami aj na tejto technike pretrvávali, v roku 2005 dočasne nahradili pôvodné zariadenia nové automatické stanice slovenského výrobcu Mars 4i určené na monitorovanie výšky vodnej hladiny a jej teploty (Haviarová a Gruber, 2006; Haviarová, 2009).

Koncom roku 2006 prešiel monitorovací systém v jaskyni modernizáciou. Nahradila ho monitorovacia technika v rámci nového „Integrovaného monitorovacieho systému jaskýň", ktorého dodávateľom bola slovenská firma MicroStep-MIS, spol. s r. o., Bratislava. Systém určený súčasne aj na mikroklimatický monitoring jaskyne výrobca zhotovil a nainštaloval podľa požiadaviek Správy slovenských jaskýň počas projektu realizovaného zo štrukturálnych fondov EÚ (Gažík et al., 2009). Jednou z hlavných zmien v doterajšom monitoringu bolo zosieťovanie systému a on-line prenos dát priamo z jaskyne do databázy v Liptovskom Mikuláši. Upravil sa aj interval merania na všetkých zariadeniach na 10 minút. Ako hlavné monitorovacie miesta ostali zachované miesto na podzemnom toku Styx v Panenskej chodbe a miesto v ponore Domického potoka (doplnené o merania vybraných fyzikálno-chemických a klimatických parametrov v Majkovom dóme). Ani novému systému sa nepodarilo vyhnúť technickým problémom a výpadkom meraní. Systém sa postupne upravoval, zdokonaľoval a prispôsoboval jaskynným podmienkam, reflektujúc na problémy spôsobované hlavne vysokou vlhkosťou v jaskyni a častými elektrickými výbojmi. Elektrické výboje poznačili hlavne monitorovaciu techniku v ponore Domického potoka, ktorá bola viac nefunkčná ako funkčná. Aj preto sa na tomto stanovišti, aj z hľadiska efektívneho využívania finančných prostriedkov určených na monitorovací systém, merania výšky hladiny s využitím tohto typu techniky v roku 2012 ukončili. Prietoky Domického potoka sa v ponore sledovali už len nepravidelne formou manuálneho odpočtu výšky vodnej hladiny na vodočetnej late umiestnenej pred merným prepadom. Odpočty zabezpečoval 1x denne E. Blatník,



Obr. 1. Pôdorys jaskyne Domica upravený P. Gažíkom z mapového podkladu A. Droppu a A. Chovana (1964).
Fig. 1. Ground plan of the Domica Cave modified by P. Gažík from the base map of A. Droppa and A. Chovan (1964).

dlhoročný sprievodca jaskyne. Takýto typ meraní vzhľadom na režim Domického potoka nebol vôbec vyhovujúci. Problematické boli aj samotné merné profily, na ktorých sa merania realizovali. Malá výška prepadov neumožňovala získavať korektné údaje pri vysokých vodných stavoch. V prípade profilu v Panenskej chodbe sa ako problematické javilo aj jeho samotné umiestnenie a technické vyhotovenie, ktorého dôsledkom bolo stále častejšie podmývanie profilu pri veľkých vodách spojené s jeho podtekaním. V roku 2013 došlo vplyvom veľkých prietokov k tak rozsiahlemu poškodeniu sedimentov v mieste osadenia merného profilu, že bolo nutné uvažovať o jeho celkovej rekonštrukcii. Rekonštrukcia sa vykonala v októbri 2014. Nový profil v Panenskej chodbe sa posunul bližšie k uzáveru do Čertovej diery na vhodnejšie miesto (užší profil chodby, pevnejšie podložie). Zároveň sa merný priepad nadimenzoval na väčší prietok (maximálna výška prepadového lúča 75 cm zodpovedajúca maximálnemu prietoku 602 $l \cdot s^{-1}$) (Haviarová a Gavurník, 2021). K novému mernému profilu bolo zavedené aj pôvodné monitorovacie zariadenie firmy MicroStep-MIS, v rámci ktorého sa zaznamenávala výška hladiny na prepade, merná elektrická vodivosť a teplota vody a vybrané klimatické parametre. Vo februári 2016 nahradila pôvodné meracie zariadenie pre účely monitorovania vodného stavu autonómna hĺbková sonda Mars 4i s vlastným batériovým zdrojom napájania. Benefitom tejto zmeny bola nižšia poruchovosť monitorovacieho systému, získanie údajov o výške hladiny na prepade s podstatne menšími výpadkami dát, ktorej sme dali prednosť pred stratou možnosti on-line sledovania hydrologickej situácie v jaskyni a potrebou manuálneho pravidelného odčítavania zariadenia. Rovnaký typ sondy bol osadený už vo februári 2015 aj na mernom profile v ústí odvodňovacej štôlne v ponore Domického potoka. V júni 2015 sa na tomto mieste zrekonštruoval aj samotný merný profil. Pôvodná výška profilu sa navýšila o 50 cm (Haviarová a Gavurník, 2021). Takto upravený systém monitorovacích zariadení pracuje v sprístupnenej časti jaskyne dodnes.

Z ďalších meraní, ktoré sa realizujú v nesprístupnených častiach jaskyne Domica, treba spomenúť aj merania výšky hladiny pri stavidle Druhej plavby, s ktorými sa začalo pokusne v roku 2013 počas rozširovania integrovaného monitorovacieho systému v jaskyni Domica. Od roku 2014 vo vybraných nesprístupnených častiach jaskynného systému realizujú hydrologické merania aj členovia Speleoklubu Univerzity P. J. Šafárika pod vedením Z. Hochmutha (Hochmuth a Gessert, 2016; Ujlakiová, 2021).

ZÁKLADNÁ ANALÝZA ZRÁŽKOVÝCH A TEPLOTNÝCH POMEROV ŠIRŠIEHO OKOLIA JASKYNE

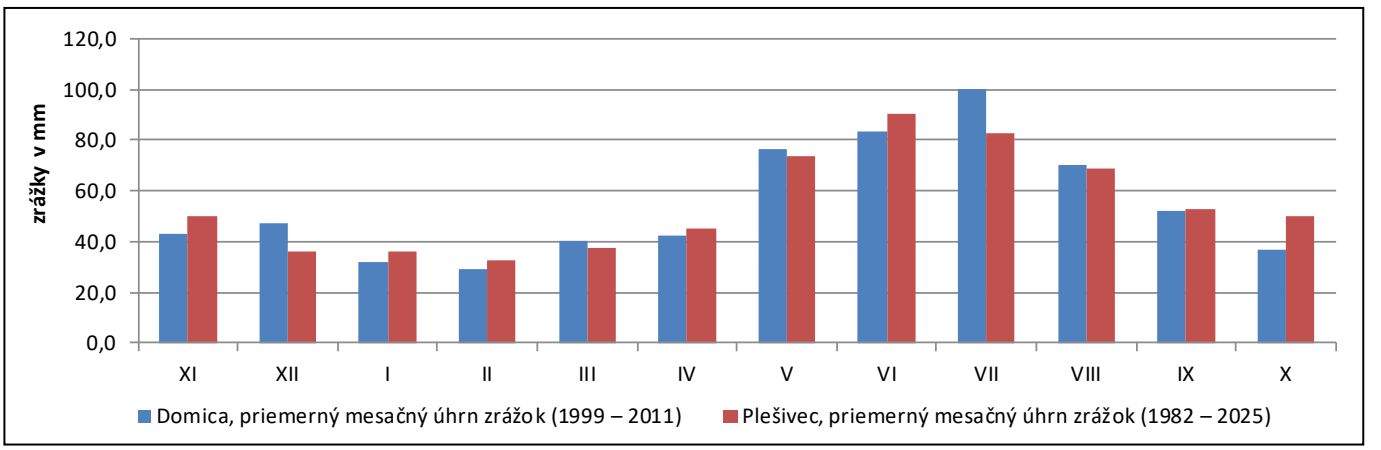
Podľa Atlasu krajiny Slovenskej republiky zasahuje územie v okolí jaskyne Domica do teplého, mierne vlhkého okrsku s chladnou zimou, s teplotou v januári do -3,0 °C, počtom letných dní nad 50 (Lapin et al., 2002). Klimatické pomery územia patria medzi hlavné faktory podmieňujúce aktivitu podzemných tokov v jaskyni. Pre ilustráciu a lepšiu predstavu o území z pohľadu klimatických pomerov sme spracovali dlhodobejšie rady dát denných zrážkových úhrnov a teplôt, ako dvoch najdôležitejších meteorologických premenných ovplyvňujúcich miestne hydrologické pomery. Pre tento účel sme použili dáta poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ). V rámci siete SHMÚ je najbližšou zrážkomernou stanicou s dlhodobým radom meraní zrážkomerná stanica Plešivec (číslo stanice 52200, 217 m n. m., vzdušná vzdialenosť medzi jaskyňou a stanicou cca 9,2 km) a klimatologická stanica Silica (číslo stanice 55180, 526 m n. m., vzdušná vzdialenosť medzi jaskyňou a stanicou cca 9,4 km). Priamo z účelovej zrážkomernej stanice v Domici (339 m n. m.), ktorá bola v roku 1999 zriadená pri areáli jaskyne na základe spolupráce Správy slovenských jaskýň a SHMÚ v Košiciach, boli k dispozícii dáta za obdobie rokov 1999 až 2011 (v roku 2011 sa merania na stanici ukončili). Podľa týchto údajov bol priemerný ročný zrážkový úhrn na Domici 652 mm, za rovnaké obdobie v Plešivci 702 mm a na Silici 740 mm. Korelačné koeficienty prepočítané pre stanicu Domica a zvyšné dve stanice z radov denných úhrnov zrážok mali vyššiu hodnotu v prípade dvojice Domica/Plešivec (r = 0,8), preto sme pri analýze časovo dlhších radov použili dáta zo zrážkomernej stanice Plešivec.

Podľa priemerných mesačných úhrnov zrážok na stanici Domica za obdobie rokov 1999 až 2011 bol najvyšší zrážkový úhrn naviazaný na mesiace júl (100,1 mm), nasledovaný júnom (83,5 mm) a májom (76,4 mm). Mesiacmi s najnižším zrážkovým úhrnom boli mesiace február (29,3 mm) a január (32,0 mm). Rovnaké rozloženie zrážok z časového hľadiska bolo aj pri zrážkomernej stanici Plešivec za obdobie 1999 až 2011, ako aj obdobie 1982 až 2025 (obr. 2).

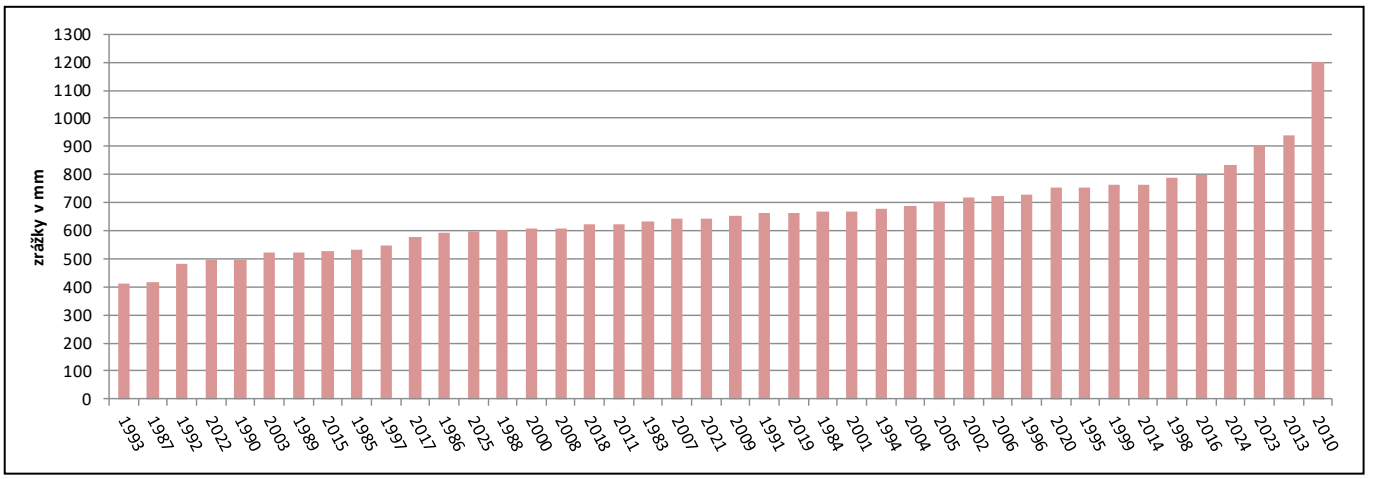
V rámci ročných zrážkových úhrnov na stanici Plešivec za obdobie rokov 1982 až 2025 bol neparametrickým štatistickým testom Mann-Kendalla na hladine významnosti α = 5 % po očistení od extrémneho roku 2010 potvrdený štatisticky významný rastúci trend mierneho nárastu ročných zrážkových úhrnov. Čo sa týka mesiacov, najväčší nárast zrážok je evidovaný v mesiacoch jún a júl, po roku 2000 je vidieť nárast zrážok aj v mesiaci január. Z hľadiska významnosti však nejde o štatisticky významný trend v prípade žiadneho z uvedených mesiacov. Tento trend koreluje s klimatickými štúdiami na Slovensku za obdobie 1981 až 2013 (Zeleňáková et al., 2013). Zrážkovo najstabilnejšími v období rokov 1982 až 2025 na stanici Plešivec sú mesiace marec a apríl. Maximálne denné zrážkové úhrny za obdobie hydrologických rokov 1982 až 2005 sa pohybovali od 19,7 mm do 68,9 mm pre jednotlivé roky s lineárnym trendom nárastu (štatisticky nevýznamným) týchto hodnôt, s najväčším výskytom v mesiacoch jún, júl a august. Absolútne najvyšší úhrn zrážok v dennom meradle predstavoval 68,9 mm a bol dosiahnutý 23. 6. 2023.

Medzi zrážkovo najsuchšie hydrologické roky tohto obdobia patria roky 1993, 1987 a 1992. V 21. storočí to boli roky 2022, 2003, 2015, 2017 a 2025. K zrážkovo najaktívnejším patrili roky 2010, 2013, 2023, 2024, 2016 a 1998 (obr. 3).

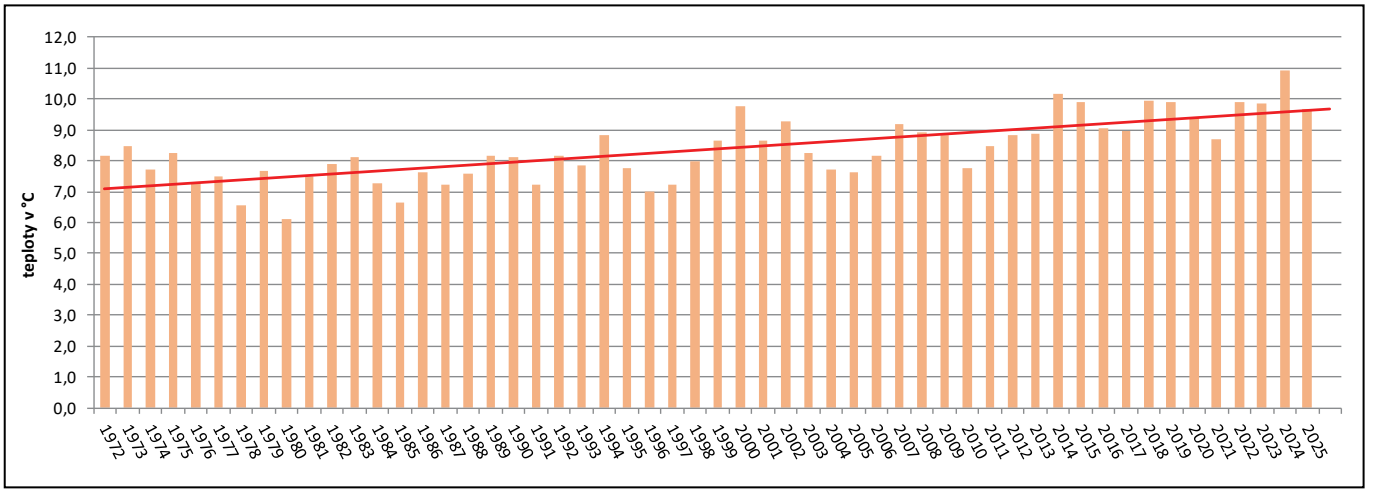
Pri hodnotení teplotných pomerov územia vychádzame z dát najbližšej klimatologickej stanice, ktorou je stanica Silica. Priemerná ročná teplota vzduchu pre obdobie 1975 až 2025 na tejto stanici predstavuje hodnotu 8,37 °C, pričom za obdobie 1975 až 1990 to bolo 7,47 °C, obdobie 1991 až 2010 8,25 °C a obdobie rokov 2011 až 2025 9,5 °C. Lineárny trend nárastu teploty na stanici Silica za celé sledované obdobie (1972 až 2025) je zrejmý z obr. 4. Štatisticky vysoko významný rastúci trend bol potvrdený aj Mann-Kendallovým testom na hladine významnosti α = 5 %.



Obr. 2. Priemerné mesačné úhrny zrážok v staniciach Domica a Plešivec.
Fig. 2. Average monthly precipitation totals at the Domica and Plešivec gauging stations.



Obr. 3. Ročné úhrny zrážok v stanici Plešivec v hydrologických rokoch 1983 – 2025 (zoradené vzostupne).
Fig. 3. The annual precipitation totals at the Plešivec gauging station in the hydrological years 1983–2025 (sorted in ascending order).



Obr. 4. Priemerné ročné teploty vzduchu v rokoch 1972 až 2025, klimatologická stanica Silica.
Fig. 4. Average annual air temperatures at the Silica climatological station, 1972–2025.

Najvyššie priemerné mesačné teploty na stanici Silica sú od roku 1975 až do súčasnosti v mesiacoch júl (18,9 °C), august (18,4 °C) a jún (17,3 °C), najnižšie v mesiacoch január (-2,9 °C), december (-1,7 °C) a február (-1,0 °C).

ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA HYDROLOGICKÉHO REŽIMU PODZEMNÉHO TOKU STYX A DOMICKÉHO POTOKA

Opis hydrologického režimu podzemného toku Styx a Domického potoka v jaskyni Domica bol súčasťou viacerých prác, napr. Peško (1996, 2003), Klaučo a Filová (1996), Klaučo et al. (1998, 1999), Haviarová (2004), Haviarová a Gruber (2006), Gruber a Haviarová (2014), Hochmuth a Gessert (2016), Ujlakiová (2021), Haviarová a Gavurník (2021).

V tomto príspevku v rámci opisu hydrologického režimu a aktivity podzemného toku Styx sme analyzovali staršie dáta z monitoringu podzemnej riečky Styx v Panenskej chodbe od roku 2001. Keďže sa merania do roku 2016 realizovali na podzemnom toku Styx v podmienkach iného merného profilu (s menšou prepadovou výškou, s častým podtekaním profilu vzhľadom na jeho osadenie v sedimentoch, ktoré sa postupne narušovali a vyplavovali, s čím boli spojené nie vždy korektné rady údajov), ako aj za vyššej poruchovosti meracej techniky spojenej s častými výpadkami záznamov z meraní, zvolili sme na základe dostupných dát na účely dlhodobejšieho posúdenia jeho aktivity formu jednoduchej analýzy počtu dní, keď bol jeho prietok väčší ako nula.

Pre podrobnejšiu charakteristiku režimu podzemného toku Styx a Domického potoka v nadväznosti na prácu Haviarovej a Gavurníka (2021) sme spracovali a analyzovali výsledky meraní realizovaných Správou slovenských jaskýň v jaskyni Domica v období hydrologických rokov 2016 až 2025. V uvedenom období sa podarilo stabilizovať monitorovací systém na meracích profiloch obidvoch tokov, čím sa významne minimalizovali výpadky meraných údajov. Výsledkom bolo získanie kontinuálnych časových radov vhodných na ďalšie analytické spracovanie. Zdrojové údaje tvorili záznamy z 10-minútových meraní výšky hladín na merných profiloch, ktoré boli prepočítané na hodnoty prietokov. Získané dáta boli ďalej štatisticky spracované s dôrazom na interpretáciu denných, mesačných a ročných charakteristík prietokového režimu. V prípade maximálnych prietokov bol z okamžitých 10-minútových hodnôt, ako aj z priemerných denných prietokov spracovaný tabuľkový prehľad extrémnych udalostí s uvedením konkrétnych dátumov ich výskytu. Za hraničné hodnoty boli zvolené prietoky 500, 200, 100 a 50 $l \cdot s^{-1}$.

ANALÝZA DLHODOBÉHO RADU AKTIVITY PRIETOKOV PODZEMNÉHO TOKU STYX (2001 – 2025)

Podzemný tok Styx v sprístupnených častiach jaskyne Domica má z hľadiska svojej aktivity občasný charakter. Obdobie posledných 25 rokov je obdobím, v ktorom sme pozorovali rôzne stupne jeho aktivity (tab. 1). Zaznamenali sme hydrologicky suché, ako aj hydrologicky vodné roky.

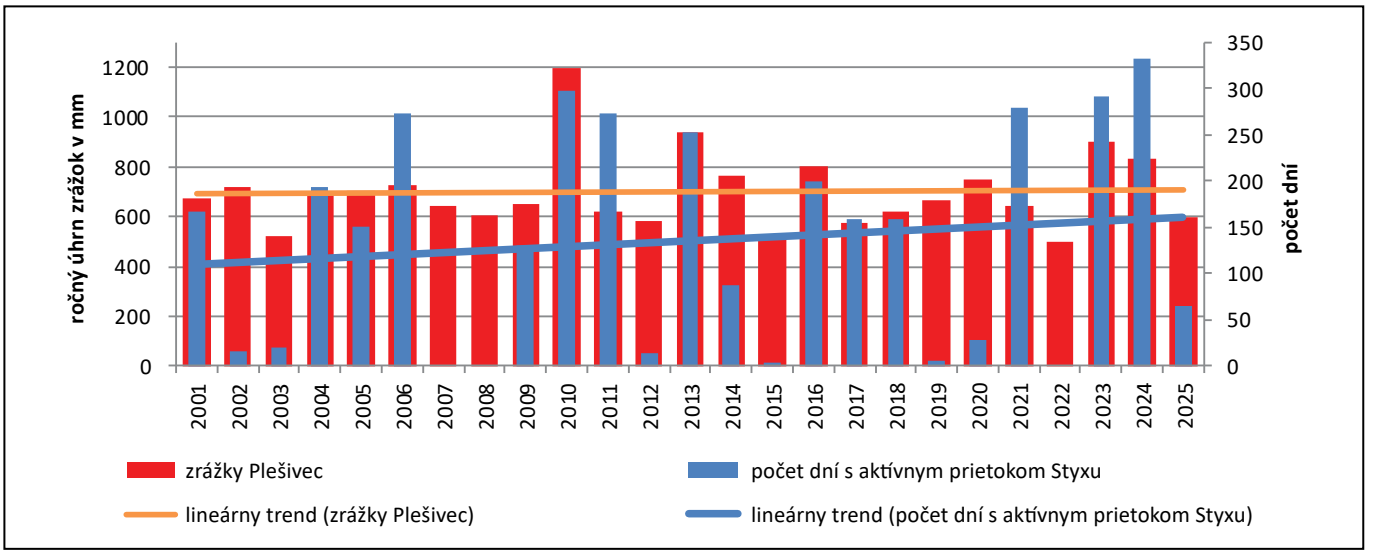
Počet dní v roku, keď tiekol Styx v sprístupnenej časti jaskyne bez ohľadu na jeho veľkosť, sa v rámci obdobia 2001 až 2025 pohyboval od 0 do 333 s priemernou hodnotou 135 dní. Nulová aktivita podzemného toku Styx bola počas celého roka zaznamenaná v hydrologických rokoch 2007, 2008 a 2022. Podľa prepočtu štandardizovaného zrážkového indexu (SPI) (McKee et al., 1993; Fendeková et al., 2010) pre zrážkomernú stanicu Plešivec so zvoleným 30-ročným refe-

Tab. 1. Počet dní s aktívnym podzemným tokom Styx na mernom profile v Panenskej chodbe (hydrologické roky 2001 – 2025).
Tab. 1. Number of days with active underground stream Styx at the monitoring profile in the Panenská chodba Passage (hydrological years 2001–2025).

Styx	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	spolu
2025	0	0	0	0	8	30	27	0	0	0	0	0	65
2024	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	29	0	333
2023	0	0	18	28	31	30	31	30	31	31	30	31	291
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	2	31	28	31	30	31	30	31	31	30	4	279
2020	2	10	0	5	7	0	0	0	0	0	0	4	28
2019	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
2018	0	0	0	27	31	30	31	30	9	0	0	0	158
2017	2	0	0	25	31	26	29	30	15	0	0	0	158
2016	*	*	*	29	31	30	31	30	14	7	0	2	174+?
2015	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2014	0	0	0	15	31	22	14	5	0	0	0	0	87
2013	0	0	9	27	31	30	31	30	31	31	30	2	252
2012	0	0	0	5	2	0	0	3	3	0	0	0	13
2011	30	31	31	28	31	30	31	30	31	1	0	0	274
2010	0	3	22	28	31	30	31	30	31	31	30	30	297
2009	0	0	11	14	26	30	31	*	0	0	0	0	112+?
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	9	31	30	31	30	31	30	31	30	20	0	273
2005	0	0	0	4	17	30	31	30	24	0	5	9	150
2004	0	0	5	18	27	30	31	30	31	22	0	0	194
2003	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19
2002	0	0	4	0	0	0	0	0	6	5	0	0	15
2001	0	0	5	28	30	30	31	30	14	0	0	0	168

Vysvetlivky: * chýbajúce údaje
Explanations: * missing data

renčným obdobím (1983 – 2013) boli tieto roky z hľadiska meteorologického sucha zaradené ako roky mierne suché (2022), resp. blízke normálu (k suchu) (2007, 2008). K rokom slabej vodnosti môžeme zaradiť aj roky, v ktorých aktivita podzemného toku Styx počas roka neprekročila jeden mesiac, respektíve bola na úrovni do 10 % z hľadiska možnej ročnej aktivity. Išlo o hydrologické roky 2002, 2003, 2012, 2015, 2019, 2020. Vodnejšie hydrologické roky s počtom dní väčším ako 100 % priemeru boli roky 2001, 2004, 2005, 2006, 2010, 2011, 2013, 2016, 2017, 2018, 2021, 2023, 2024. Z toho ako najvodnejšie z pohľadu celkového počtu dní počas roka s aktívnym Styxom (nad 150 %) boli hydrologické roky 2006, 2010, 2011, 2013, 2021, 2023 a 2024. Najväčšia aktivita podzemného toku Styx bola zaznamenaná v hydrologickom roku 2024, keď bol aktívny 333 dní, následne v hydrologických rokoch 2010 (297 dní) a 2023 (291 dní). Podľa SPI boli tieto roky charakterizované ako vlhké (2010 – extrémne vlhký, 2023 – veľmi vlhký). Najväčší podiel dní s aktívnym prietokom tohto podzemného toku za obdobie 2001 až 2025 bol v mesiacoch apríl, marec a máj. Naopak, najnižší v mesiacoch október, december a november. Od roku 2020 sa mierne zvyšuje aktivita podzemného toku Styx v januári a auguste. Výsledky trendovej spojnice spadnutých zrážok v období hydrologických rokov 2001 až 2025 v stanici Plešivec nepreukázali ich klesajúci trend (obr. 5, v grafe nie sú pre neúplnosť dát uvedené zrážky za rok 2012). V prípade aktivity podzemného toku Styx vychádzajúcej len z počtu dní s prietokom väčším ako nula (bez ohľadu na jeho exaktnú hodnotu) je od roku 2001 naznačený skôr stúpajúci trend tejto hydrologickej charakteristiky (obr. 5).



Obr. 5. Počet dní s aktívnym podzemným tokom Styx na mernom profile v Panenskej chodbe (hydrologické roky 2001 – 2025) v závislosti od zrážok.
Fig. 5. Number of days with active underground stream Styx at the monitoring profile in the Panenská chodba Passage (hydrological years 2001–2025) as a function of precipitation.

Tab. 2. Priemerné mesačné prietoky podzemného toku Styx na mernom profile v Panenskej chodbe (hydrologické roky 2016 – 2025).
Tab. 2. The average monthly discharge of the underground stream Styx at the monitoring profile in the Panenská chodba Passage (hydrological years 2016–2025).

	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
2016	*	*	*	13,85	4,36	1,29	0,7	0,22	0,01	0,15	0	0,04
2017	0,12	0	0	7,87	1,46	0,11	8,42	0,6	0,04	0	0	0
2018	0	0	0	2,14	3,82	4,67	0,93	0,34	0,01	0	0	0
2019	0	0	0	0,81	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	*	0	*	*	0	0	0	0	0	0	0,15
2021	0	0,35	0,38	9,12	1,58	0,84	1,58	1,15	12,93	0,81	0,17	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
2023	0	0	7,51	1,19	0,34	1,26	2,12	17,35	4,92	11,31	1,70	1,09
2024	8,80	15,34	10,94	8,30	5,86	5,40	2,89	6,08	3,07	0,45	0,12	0,00
2025	0	0	0	0	0,32	0,69	0,29	0	0	0	0	0
priemer	**0,99**	**1,96**	**2,09**	**4,81**	**1,97**	**1,43**	**1,69**	**2,57**	**2,10**	**1,27**	**0,20**	**0,13**

Vysvetlivky: * nehodnotené, nekompletné zdrojové údaje
Explanations: * not assessed, incomplete basic data

REŽIM PODZEMNÉHO TOKU STYX A DOMICKÉHO POTOKA PODĽA VÝSLEDKOV MERANÍ 2016 – 2025

Styx

Aktivitu podzemného toku Styx ovplyvňuje predovšetkým zrážková činnosť v okolí jaskyne, ako aj charakter prívodných ciest na povrchu a v podzemí. Kým v minulosti predstavoval Styx dominantný zdroj vôd v jaskyni Domica, v súčasnosti je jeho aktivita výrazne redukovaná. Tok sa stáva aktívnym hlavne počas období dlhodobých zrážok, krátkodobejších extrémnych zrážkových udalostí, v zimných mesiacoch v čase zamrznutej pôdy a výraznejších zrážok, prípadne v období intenzívneho topenia snehovej pokrývky. Dĺžka trvania aktívneho prúdenia podzemného toku Styx je podmienená najmä celkovou mierou nasýtenia okolitého horninového prostredia vodou. Práve zvodnenie krasového masívu významne ovplyvňuje reakciu toku na jednotlivé zrážkové udalosti, charakter formovania prietokových vĺn, ale hlavne následný proces vyprázdňovania krasového systému. V porovnaní s Domickým potokom vykazuje Styx spravidla pomalší nástup prietokových vĺn, ktoré sa vyznačujú dlhším obdobím doznievania. Prietokové vlny najvýznamnejších hydrologických udalostí zaznamenaných v období rokov 2016 až 2021 vrátane ich detailnej charakteristiky boli publikované v práci Haviarovej a Gavurníka (2021).

Za obdobie hydrologických rokov 2016 až 2025 sa priemerný denný prietok podzemného toku Styx v Panenskej chodbe pohyboval v rozmedzí od 0 do 300 $l \cdot s^{-1}$, pričom viac ako 90 % zaznamenaných priemerných denných prietokov neprekročilo hodnotu 1,5 $l \cdot s^{-1}$. Podzemný tok Styx bol aktívny hlavne v období mesiacov február až jún, nasledujú mesiace júl a august. Najnižšia aktivita bola v mesiacoch november, október a december (tab. 1). Zaujímavosťou je potvrdenie pretrvávajúceho najvyššieho priemerného mesačného prietoku v mesiaci február (tab. 2), keďže v dlhodobom rozdelení odtoku počas roka na Slovensku patria medzi najvodnejšie mesiace skôr jarné mesiace (zväčša apríl). Podľa Haviarovej a Gavurníka (2021) môžeme príčinu hľadať hlavne v stále slabšej až chýbajúcej snehovej pokrývke počas zimných mesiacov v povodí jaskyne, v prípade výskytu snehu v decembri a januári jeho skoršom topení spôsobenom častokrát príchodom krátkodobých, ale výrazných teplých frontov. Pokiaľ pri náhlom oteplení dôjde k odtopeniu snehovej pokrývky, ktorá pri zamrznutom povrchu stečie cez ponory do podzemia, nevytvoria sa podmienky na prirodzenú retenciu podzemných vôd, čo v kombinácii so suchou jarou môže spôsobiť slabú aktivitu a nižšie prietoky podzemného toku v nasledujúcom období.

Najvyššie prietoky z okamžitých 10-minútových meraní aj priemerných denných hodnôt boli viazané predovšetkým na intenzívne zrážkové udalosti v mesiacoch máj až august. Zvýšené prietoky sa vyskytovali aj počas ďalších mesiacov roka. Ich výskyt bol nepravidelný ako odpoveď na klimatické pomery v povodí. Počas niektorých rokov sa zvýšené prietoky vyskytovali aj niekoľkokrát do roka. Ich trvanie bolo krátke, väčšinou kulminovali v priebehu niekoľkých hodín. Absolútne maximum bolo dosiahnuté 18. 7. 2021, keď maximálna výška vodnej hladiny v mieste prepadu dosiahla úroveň 1632 mm.

Tab. 3. Prehľad dní za obdobie 2016 – 2025, keď prietok podzemného toku Styx na mernom profile v Panenskej chodbe na základe hodnôt z 10-minútových meraní a priemerných denných hodnôt prekračoval zvolenú hranicu Q.
Tab. 3. The view of days with selected discharges of the underground stream Styx at the monitoring profile in the Panenská chodba Passage during the time period 2016–2025 based on the 10-minutes monitoring data and the average daily data.

Q ($l \cdot s^{-1}$) z 10-minútových meraní	Styx (Panenská chodba)	Celkový počet dní
> 500 $l \cdot s^{-1}$	7.5.2017, 18.7.2021, 9.6.2023, 23.6.–24.6.2023, 5.8.–6.8.2023, 23.6.2024	8
> 200 $l \cdot s^{-1}$	7.5.2017, 8.2.2021, 18.7.2021, 19.1.2023, 9.6.2023, 23.6.–24.6.2023, 5.8.–6.8.2023, 5.11.2023, 13.12.2023, 23.6.2024, 23.–24.7.2024	14
> 100 $l \cdot s^{-1}$	10.2.2016, 15.2.2016, 19.–20.2.2016, 7.5.2017, 7.3.2018, 1.4.2018, 4.2.2021, 8.2.2021, 18.–19.7.2021, 17.1.–19.1.2023, 9.6.2023, 23.6.–25.6.2023, 5.8.–6.8.2023, 5.11.2023, 11.11.2023,17.11.2023, 2.12.2023, 13.12.2023, 23.6.2024, 23.–24.7.2024	28
> 50 $l \cdot s^{-1}$	10.–11.2.2016, 15.2.2016, 19.–20.2.2016, 3.–4.5.2017, 7.–8.5.2017, 2.2.2018, 7.3.2018, 1.4.2018, 3.2.2019, 30.12.2021, 4.2.2021, 8.–9.2.2021, 18.–19.7.2021, 17.1.–19.1.2023, 9.6.–10.6.2023, 23.6.–24.6.2023, 5.8.–6.8.2023, 27.10.2023, 5.11.2023, 11.–12.11.2023, 17.11.2023, 2.–3.12.2023, 13.12.2023, 1.1.2024, 7.1.2024, 18.1.2024, 23.6.2024, 23.–24.7.2024	42
Q ($l \cdot s^{-1}$) z priemerných denných hodnôt	**Styx (Panenská chodba)**	**Celkový počet dní**
> 300 $l \cdot s^{-1}$		0
> 200 $l \cdot s^{-1}$	18.7.2021	1
> 100 $l \cdot s^{-1}$	7.5.2017, 18.7.2021, 24.6.2023, 6.8.2023, 13.12.2024, 23.6.2024	6
> 50 $l \cdot s^{-1}$	10.2.2016, 15.2.2016, 19.–20.2.2016, 7.5.2017, 8.2.2021, 18.7.2021, 18.–19.1.2023, 9.6.2023, 23.6–24.6., 6.8.2023, 13.12.2024, 23.6.2024, 24.7.2024	16

Čo sa týka 10-minútových meraní, prekročila hodnota prietoku na podzemnom toku Styx počas celého obdobia 2016 až 2025 500 l·s^{-1} len počas 8 dní, ktoré sa vyskytovali v rokoch 2017, 2021, 2023 a 2024 (tab. 3). Hodnota prietoku vyššia ako 200 l·s^{-1} bola dosiahnutá celkovo 14-krát. V prípade takéhoto vodného stavu dochádza zväčša k nežiaducemu zatopeniu časti Majkovho dómu. Najvyššia priemerná denná hodnota prietoku 299,9 l·s^{-1} bola dosiahnutá 18. 7. 2021, keď vplyvom lokálnej búrky došlo k zatopeniu časti jaskyne. Priemerné denné prietoky presiahli na mernom profile hodnotu 100 l·s^{-1} počas celého obdobia 2016 až 2025 len počas 6 dní (tab. 3).

V sledovanom období bol september jediným mesiacom, počas ktorého nebol v rámci 10-minútových záznamov dokumentovaný prietok presahujúci hodnotu 50 l·s^{-1}. Priemerný ročný prietok podzemného toku Styx za obdobie 2016 až 2025 sa pohyboval v rozpätí od 0 do 5,6 l·s^{-1}, priemerná hodnota ročného prietoku dosiahla 1,8 l·s^{-1}. Rovnaká hodnota priemerného ročného prietoku podzemného toku Styx (1,77 l·s^{-1}) bola stanovená aj na základe meraní vodných stavov v rokoch 1997 a 1998 (Klaučo et al., 1998).

Domický potok

Režim Domického potoka výrazne ovplyvňujú hydrotechnické zariadenia (veľký a malý polder) postavené v jeho povodí v rokoch 1967 – 1968. Kanalizačný systém poldrov vyústený do ponoru Domického potoka nachádzajúci sa v závere slepej doliny Domického potoka priamo pred jaskyňou umožňuje bezbariérový prechod koncentrovaných dažďových vôd cez ďalšie antropogénne dielo, ktorým je odvodňovacia štôlňa, do podzemia jaskyne. Aj preto Domický potok v porovnaní so Styxom reaguje rýchlejšie na zrážky, čo sa prejavuje rýchlymi zmenami prietokov, ktoré sa v čase maxima pohybujú aj v niekoľkých stovkách l·s^{-1}.

Za obdobie hydrologických rokov 2016 až 2025 sa priemerný denný prietok Domického potoka pohyboval v rozmedzí od 0 do 283 l·s^{-1}, pričom aj v tomto prípade viac ako 90 % zaznamenaných priemerných denných prietokov neprekročilo hodnotu 1,5 l·s^{-1}. Hodnota priemerného ročného prietoku sa pohybovala od 0,42 do 3,55 l·s^{-1}. Za celé obdobie rokov 2016 až 2025 predstavoval priemerný ročný prietok hodnotu 1,81 l·s^{-1}. Klaučo et al. (1998) uvádza hodnotu priemerného ročného prietoku Domického potoka na úrovni 3,82 l·s^{-1}. Domický potok bol aktívny takmer po celú dobu meraní s výnimkou rokov 2024 a 2025, keď sa na ňom začali častejšie objavovať nulové prietoky. Najvyššie priemerné mesačné prietoky Domického potoka boli do roku 2021 spájané väčšinou s mesiacom február, od roku 2022 si toto prvenstvo delia mesiace marec (2022), jún (2023), december (2024). Najnižšie mesačné prietoky sú naďalej spájané s mesiacom september a október. Výskyt extrémnych prietokov (z 10-minútových meraní aj z priemerných denných hodnôt) je zosumarizovaný v tab. 4.

Maximálna výška hladiny na prepade s hodnotou 1260 mm bola zaznamenaná 18. 7. 2021 a 5. 8. 2023. Predpokladáme, že ide o maximálnu možnú výšku, ktorá môže byť na prepade v ponore Domického potoka dosiahnutá vzhľadom na limity priepustov zaústených do ponoru. Kým 18. 7. 2021 trvala kulminácia takto vysokého stavu vyše troch hodín, 5. 8. 2023 to bolo len okolo hodiny. V rámci 10-minútových meraní prekročila hodnota prietoku na Domickom potoku počas celého obdobia 2016 až 2025 hranicu 500 l·s^{-1} celkovo počas 11 dní, ktoré sa vyskytovali v rokoch 2016, 2017, 2021, 2023 a 2024. Najkritickejším bol rok 2023, keď sa takto vysoké prietoky dostávali do jaskyne počas 4 samostatných hydrologických udalostí. Pomerne veľký rozdiel medzi počtom prietokov s objemom nad 50 l·s^{-1} pri 10-minútových záznamoch a priemerných denných hodnotách poukazuje na krátke trvanie zvýšených stavov a o to väčšiu dôležitosť detailného monitoringu v mikropovodí akým je Domický potok.

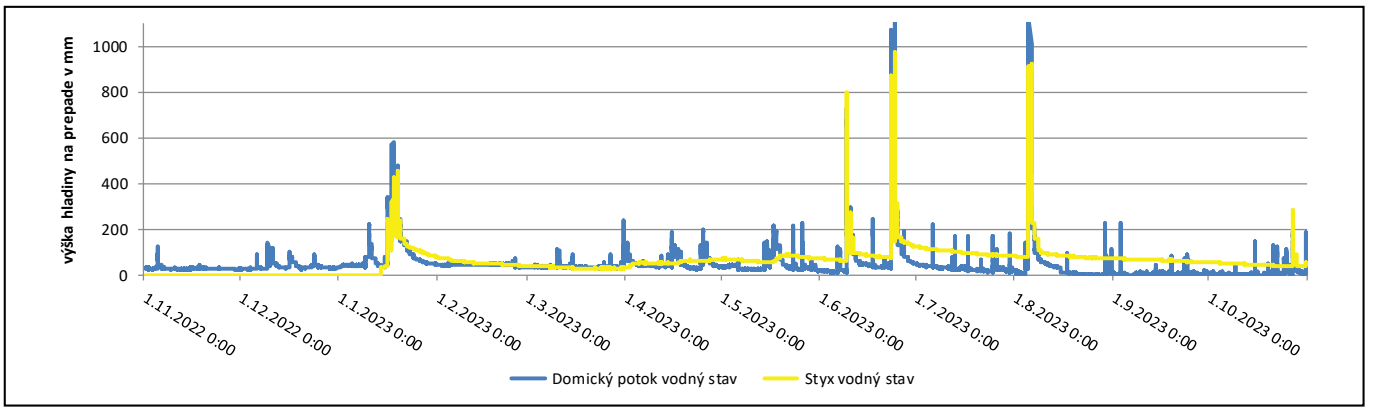
POROVNANIE REŽIMU PODZEMNÉHO TOKU STYXU A DOMICKÉHO POTOKA

Na podrobnejšie porovnanie režimu podzemného toku Styx a Domického potoka sme vybrali hydrologický rok 2023, keď podľa zrážkomernej stanice Plešivec spadlo v území počas roka 903,6 mm zrážok, čo predstavovalo tretí najvyšší zrážkový úhrn za obdobie 1983 až 2025. Začiatkom roka bola navyše saturácia horninového prostredia vo vodozbernej oblasti jaskyne „nadlepšená" poruchou na skupinovom vodovode Kečovo-Dlhá Ves.

Priemerná hodnota prietoku na podzemnom toku Styx v tomto roku bola 4,08 l·s^{-1}, medián predstavoval 1,3 l·s^{-1}. Styx bol počas roka aktívny 291 dní, od 14. 1. 2023 až do konca hydrologického roka, t. j. do 31. 10. 2023. V januári 2023 boli na stanici Plešivec podobne ako na veľkej časti Slovenska vysoké úhrny zrážok. S hodnotou 86,4 mm išlo o tretí najvyšší mesačný zrážkový úhrn v januári na tejto stanici od roku 1981. Ako reakcia na zrážkové udalosti v spojení s teplým januárom boli najvyššie prietoky podzemného toku Styx v tomto mesiaci v dňoch 17. až 19. 1. 2023 s maximom 19. 1. 2023, keď prietok dosiahol hodnotu 212 l·s^{-1}. Nasledovalo postupné ustálenie prietokov, ktorých priemerná denná hodnota sa pohybovala počas zvyšných dní januára od 2,9 do 22,6 l·s^{-1}, v nasledujúcich mesiacoch až do 9. 6. 2023 v rozpätí 0,2 až 3,5 l·s^{-1}. K výraznému nárastu prietoku došlo do konca hydrologického roka ešte 3-krát, 9. 6. 2023, 23. – 24. 6. 2023 a 6. 8. 2023, vždy ako reakcia na výrazné zrážkové

Tab. 4. Prehľad dní za obdobie 2016 – 2025, keď prietok Domického potoka na mernom profile v ponore na základe hodnôt z 10-minútových meraní a priemerných denných hodnôt prekračoval zvolenú hranicu Q.
Tab. 4. The view of days with selected discharges of the Domický potok Brook at the monitoring profile in the Panenská chodba Passage during the time period 2016–2025 based on the 10-minutes monitoring data and the average daily data.

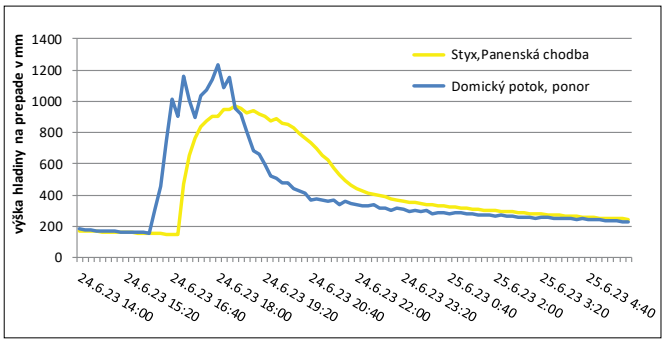
Q (l·s^{-1}) z 10-minútových meraní	Domický potok (ponor)	Celkový počet dní
> 500 l·s^{-1}	10.2.2016, 7.–8.5.2017, 18.7.2021, 9.6.2023, 23.–24.6.2023, 5.8.–6.8.2023, 5.11.2023, 23.6.2024	11
> 200 l·s^{-1}	10.2.2016, 15.2.2016, 19.2.2016, 5.2.2017, 7.–8.5.2017, 1.4.2018, 18.7.2021, 17.–19.1.2023, 9.6.2023, 23.–24.6.2023, 5.–6.8.2023, 5.11.2023, 11.11.2023, 13.12.2023, 23.6.2024	20
> 100 l·s^{-1}	10.–11.2.2016, 15.2.2016, 19.–20.2.2016, 13.7.2016, 22.8.2016, 5.–6.2.2017, 21.2.2017, 7.–8.5.2017, 1.4.2018, 2.6.2018, 4.2.2020, 8.2.2021, 22.2.2021, 18.7.2021, 31.7.2022, 16.–19.1.2023, 9.6.2023, 23.–24.6.2023, 5.–6.8.2023, 5.11.2023, 11.11.2023, 17.11.2023, 2.12.2023, 13.12.2023, 10.6.2024, 23.6.2024, 23.7.2024	36
> 50 l·s^{-1}	12.1.2016, 10.–11.2.2016, 15.2.2016, 19.–20.2.2016, 13.7.2016, 1.8.2016, 6.8.2016, 22.8.2016, 7.11.2016, 5.–7.2.2017, 19.2.2017, 21.–23.2.2017, 7.–8.5.2017, 8.7.2017, 2.–3.2.2018, 7.–9.3.2018, 31.3.–1.4.2018, 2.6.2018, 11.6.2018, 21.6.2018, 23.6.2019, 20.–21.7.2019, 4.2.2020, 27.6.2020, 1.9.2020, 30.12.2021, 8.–9.2.2021, 22.2.2021, 18.7.2021, 31.7.2022, 16.-19.1.2023, 9.–10.6.2023, 23.–25.6.2023, 5.–6.8.2023, 5.11.2023, 11.–12.11.2023, 17.11.2023, 2.12.2023, 13.12.2023, 1.1.2024, 7.1.2024, 2.4.2024, 10.6.2024, 22.6.2024, 21.7.2024, 23.–24.7.2024, 27.8.2024, 6.9.2025	70
Q (l·s^{-1}) z priemerných denných hodnôt	**Domický potok (ponor)**	**Celkový počet dní**
> 300 l·s^{-1}	18.7.2021	1
> 200 l·s^{-1}	18.7.2021, 6.8.2023	2
> 100 l·s^{-1}	10.2.2016, 7.–8.5.2017, 18.7.2021,18.1.2023, 24.6.2023, 6.8.2023, 5.11.2023, 13.12.2023, 23.6.2024	10
> 50 l·s^{-1}	10.–11.2.2016, 15.2.2016, 19.–20.2.2016, 5.–6.2.2017, 7.–8.5.2017, 1.4.2018, 8.2.2021, 18.7.2021, 17.–19.1.2023, 9.6.2023, 23.–24.6.2023, 5.–6.8.2023, 5.11.2023, 17.11.2023, 13.12.2023, 23.6.2024	24



Obr. 6. Priebeh vodných stavov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2023 (10-minútové hodnoty).
Fig. 6. The plot of the stream stage of the underground stream Styx (Panenská chodba Passage) and Domický potok Brook in the hydrological year 2023 (10-minutes values).

udalosti. Menší nárast bol zaznamenaný ešte 27. 10. 2023. Absolútne maximum prietoku na podzemnom toku Styx bolo namerané 24. 6. 2023, keď výška na prepade dosiahla 972 mm (nad úrovňou prepadu, max. výška prepadu zodpovedá prietoku 602 $l \cdot s^{-1}$). Nárast hladiny na prepade z pôvodných 150 mm na 972 mm trval 1 hodinu 40 minút, následný pokles na túto hodnotu 48 hodín. Dňa 6. 8. 2023 dosiahla v čase kulminácie výška na prepade 923 mm s nárastom hladiny z pôvodných 80 mm za 2,5 hodiny a poklesom na pôvodnú výšku až za 16 dní.

Pri Domickom potoku predstavoval priemerný ročný prietok za hydrologický rok 2023 hodnotu 3,56 $l \cdot s^{-1}$, medián 0,4 $l \cdot s^{-1}$. Domický potok tiekol počas celého roka, t. j. 365 dní. Prvé vyššie prietoky sa objavili na Domickom potoku rovnako už v januári. Dňa 10. 1. 2023, keď Styx ešte netiekol, bolo zaznamenané prvé zvýšenie prietoku Domického potoka s maximom 32 $l \cdot s^{-1}$. Ďalšie vyššie prietoky boli v období 16. až 20. 1. 2023 s maximom 18. 1. 2023 (378 $l \cdot s^{-1}$), keď podľa zrážkomernej stanice v Plešivci spadlo v tento deň 22,3 mm zrážok v nadväznosti na zrážky z predchádzajúcich dní so začiatkom 15. 1. 2023. Na podzemnom toku Styx sme sledovali posun začiatku vyšších prietokov o takmer 24 hodín. Podobne ako pri podzemnom toku Styx boli na Domickom potoku zaznamenané všetky tri výrazné zvýšenia prietokov 9. 6. 2023, 23. – 24. 6. 2023, 6. 8. 2023 s absolútnym maximom výšky hladiny na prepade 1260 mm (nad úrovňou prepadu zodpovedajúcemu prietoku 992 $l \cdot s^{-1}$) z 5. 8. 2023. Zvýšenie prietoku 5. 8. 2023 z hodnôt pod hranicou 1 $l \cdot s^{-1}$ na kulminačné maximum nastalo po necelých troch hodinách, s následným vrátením sa na pôvodné hodnoty po 5 dňoch. Pri zrážkovej udalosti 23. 6. 2023 s denným úhrnom zrážok 68,9 mm a pokračujúcimi zrážkami aj v ďalších dňoch sa na Domickom potoku objavili dve výrazné kulminácie prietoku. Prvý ešte 23. 6. 2023 s maximálnou výškou na prepade 1073 mm, druhý 24. 6. 2023 s maximálnou výškou na prepade 1231 mm. Kulminácia prietokov v obidvoch prípadoch nastala po cca 2 hodinách od začiatku hydrologickej udalosti. Na Domickom potoku bolo počas roka zaznamenaných, tak ako to ukazuje obr. 6, podstatne viac hydrologických udalostí spojených so zvýšením prietoku ako dôsledok zrážkovej činnosti v povodí jaskyne, ktoré neboli na podzemnom toku Styx dokumentované vôbec alebo sa prejavili len nevýrazným zvýšením existujúceho prietoku.



Obr. 7. Priebeh povodňovej situácie v jaskyni zdokumentovanej 24. 6. 2023 na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku, hodnoty z 10-minútových meraní.
Fig. 7. The course of the flood situation recorded on 24 June 2023 in the Domica Cave on the underground stream Styx (Panenská chodba Passage) and Domický potok Brook 10-minutes monitoring data.

Podobne to platí aj pre celé obdobie rokov 2016 až 2025. Na Domickom potoku sa objavuje podstatne viac extrémnejších prejavov hydrologických udalostí ako na podzemnom toku Styx. Domický potok, na rozdiel od podzemného toku Styx, reaguje oveľa citlivejšie na zrážky. Každá zrážková udalosť sa v ponore Domického potoka prejaví nárastom prietoku, kým na podzemnom toku Styx prejav takéhoto klimatického javu nemusí byť vôbec registrovaný. V čase extrémnych hydrologických udalostí sú prietoky obidvoch tokov ovplyvňované a limitované charakterom prívodných ciest. Prietoky v čase kulminácie na Domickom potoku zvyknú byť vyššie, rovnako nárast a pokles prietokov po dosiahnutí kulminácie prebieha rýchlejšie na Domickom potoku (obr. 7).

Z hľadiska aktivity podzemných tokov je vyššia aktivita na strane Domického potoka. Styx počas suchších rokov nemusí byť aktívny vôbec.

POVODNE AKO DÔSLEDOK EXTRÉMNEHO REŽIMU PODZEMNÝCH TOKOV V JASKYNI

V rámci hodnotenia režimu podzemných tokov a hydrologických pomerov jaskyne je potrebné samostatne spomenúť povodne, respektíve záplavy v jaskyni ako dôsledok extrémnych hydrologických udalostí, ktoré boli aj stále sú spájané s touto lokalitou.

Povodeň je definovaná ako prírodný jav, pri ktorom voda dočasne zaplaví zvyčajne nezaplavené územie (zákon č. 7/2010 Z. z.). Za povodňový stav v jaskyni Domica pre účely tohto príspevku považujeme situácie, keď vplyvom vysokých vodných stavov dochádzalo k vyliatiu vody z koryta Styxu a Domického potoka a zaplaveniu časti prehliadkovej trasy jaskyne (väčšinou časti Majkovho dómu, prístaviska Prvej plavby alebo časti Panenskej chodby). S povodňovými stavmi je spájané riziko nepriaznivých následkov na prírodnom a kultúrnom dedičstve jaskyne (poškodenie sintrovej výzdoby, archeologických nálezov a pod.), ako aj riziko materiálnych škôd na jej technickom vybavení, prípadne riziko hospodárskych škôd ako dôsledok zatvorenia jaskyne z dôvodu odstraňovania následkov záplavy.

Vznik opakovaných povodní v jaskyni je dôsledkom viacerých faktorov vrátane charakteru jej vodozbernej oblasti ovplyvňujúcej hydrologické pomery lokality (styk krasového a nekrasového územia, existencia ponorov predstavujúcich bezbariérový prestup povrchových vôd do podzemia, konfigurácia terénu – sklonitosť a dĺžka svahov, vysoká náchylnosť časti územia na vodnú eróziu, nepriaznivé fyzikálne vlastnosti pôdy a charakter vegetačného krytu znižujúce retenčnú schopnosť krajiny a pod.), spôsobu sprístupnenia jaskyne a ďalších technických zásahov v jej okolí (umiestnenie pôvodného vchodu jaskyne na dno slepej doliny Domického potoka ukončenej ponorom, vybudovanie chodníkov a s tým spojené narušenie pôvodných odtokových ciest v jaskyni, prehradenie koryta Styxu na plavbu, čím sa v podzemí vytvorila umelá bariéra prirodzeného odtoku a akumulácie vôd, a pod.), klimatických pomerov územia (oblasť s intenzívnymi 15-minútovými zrážkami, klimatické zmeny).

Povodne boli s jaskyňou Domica spájané od počiatku jej sprístupnenia v roku 1932. Existuje o nich viacero záznamov v archívnych dokumentoch, novinách a časopisoch. Zintenzívnenie povodní v jaskyni nastalo po roku 1951, keď sa zmenil spôsob obrábania pôdy na blízkych svahoch. Kolektivizácia a zavedenie veľkovýroby v poľnohospodárstve (založenie JRD Zlatý klas v Hosúsove, dnešná Dlhá Ves, obhospodarujúce pozemky v okolí jaskyne) spôsobili scelenie pozemkov, ktoré strácali schopnosť zadržiavať zrážky väčšieho rozsahu. V kombinácii s nesprávnym systémom využívania poľnohospodárskej ornej pôdy (orba po spádnici) vrátane pestovania plodín náchylných na eróziu a výskytom 15-minútových prívalových dažďov s intenzitou 150 l/s/ha (Linkeš, 1984; Martiniová, 1985) v tomto území bývala jaskyňa Domica po tomto roku pravidelne zaplavovaná.

Prvé veľké dokumentované záplavy jaskyne boli 11. – 12. 6. 1954 (Lalkovič, 1996) a 5. 8. 1955 (Jakál a Krippel, 1977; Martiniová, 1985). Záplavu z augusta 1955 dnes pripomína aj tabuľa umiestnená pri súčasnom východe z jaskyne vo výške, do ktorej počas búrky vystúpila prívalová voda. Povodne s veľkými škodami boli v jaskyni aj v roku 1963 (9. 6. 1963, 11. 6. 1963, 12. 6 1963).[1] Ďalšie záplavy sú uvádzané napr. aj z 31. 5. 1964 (Jakál a Krippel, 1977; Martiniová, 1985) a júna 1974[2]. V roku 1977 bola jaskyňa zaplavená niekoľkokrát, pričom hneď prvá záplava z 9. 4. 1977 spôsobila v jaskyni značné materiálne škody (Erdős, 1977; Martiniová, 1985).[3] Ďalšie veľké povodne postihli jaskyňu 7. 6. 1981 (Lalkovič, 1996) a 29. 7. 1983 (Rozložník, 1989).

Technické protipovodňové opatrenia, ktoré sa v jaskyni postupne zrealizovali (vybudovanie hrádze medzi Čertovou dierou a Panenskou chodbou v roku 1958, vybudovanie dvoch vodozberných protizáplavových nádrží – veľkého a malého poldra spolu so sedimentačnými nádržami a kanálmi zaústenými do ponoru Domického potoka v rokoch 1967 a 1968, prebudovanie vstupného objektu jaskyne – premiestnenie vchodu do jaskyne z dna ponornej zóny na vyvýšené miesto, vybudovanie protipovodňového valu v rokoch 1981 až 1984), čiastočne znížili riziko záplav. Vodozádržný systém veľkého a malého poldra prvé roky po svojom vybudovaní pomerne dobre plnil svoju funkciu. Keďže sa ale na protipovodňových zariadeniach priebežne nevykonávala takmer žiadna údržba, poldre sa postupne zaniesli sedimentmi, zarástli vegetáciou, a tak postupne strácali svoju vodozádržnú funkciu. V takomto stave sú aj v súčasnosti.

STAV POVODNÍ V JASKYNI PO ROKU 1995

Periodické záplavy sprístupnených častí jaskyne (časti Majkovho dómu a Panenskej chodby) ako dôsledok prívalových vôd spôsobujúcich vyliatie podzemného toku Styx a Domického potoka z ich koryta, sa vyskytujú v jaskyni aj v období posledných tridsiatich rokov. Rozsah materiálnych škôd počas týchto povodní je výrazne menší, ako boli škody spôsobené povodňami v 50. až 80. rokoch minulého storočia. Na základe zápisov v Denníku jaskyne, dokumentujúcich jej zaplavenie, sme po jednotlivých kalendárnych rokoch spracovali sumárny prehľad týchto udalostí (tab. 5).

Celkovo počas 17 rokov sa v tomto období objavilo zaplavenie časti jaskyne, ktoré svojím rozsahom malo dosah na jej prevádzku (obmedzenie alebo úplné uzavretie prevádzky). Viac ako dve záplavy počas roka boli spojené s rokmi 1999, 2006, 2010, 2013 a 2023. Najviac periodických záplav bolo dokumentovaných v roku 2023. Podľa výsledkov hydrologických meraní v jaskyni a dokumentovaných veľkostí prietokov podzemného toku Styx aj Domického potoka a ich odtečeného objemu predpokladáme, že k zatopeniu častí jaskyne muselo dôjsť aj začiatkom mája 2017 (takýto stav nie je uvedený v záznamoch Denníka jaskyne).

Povodne sa v minulosti vyskytovali v jaskyni hlavne na jar v čase topenia snehu a v lete pri búrkach s veľkou intenzitou zrážok alebo z trvalého dažďa pri prechode frontálnych systémov. Boli spájané hlavne s mesiacmi jún, júl a marec. V dôsledku postupných zmien klímy sa v posledných rokoch stretávame v jaskyni s povodňovými stavmi takmer počas celého roka vrátane zimných mesiacov, keď sa prívalové vody formujú aj ako dôsledok dažďových zrážok spadnutých na zamrznutý povrch vytvárajúci povrchový odtok do ponorných zón. Výnimkou z pohľadu výskytu povodní v jaskyni je mesiac september, počas ktorého za obdobie posledných tridsiatich rokov nebola podľa dostupných zdrojov zaznamenaná žiadna povodňová aktivita. Rovnako klesá v jaskyni Domica počet marcových povodní, ktoré boli v minulosti spájané s topením snehu. Nežiadúcim klimatickým fenoménom posledných rokov sa stávajú bleskové búrky sprevádzané prívalovým dažďom. Výsledkom takejto búrky bola aj najväčšia dokumentovaná povodeň v jaskyni za posledné roky z 18. 7. 2021 (Haviarová a Gavurník, 2021). Vzhľadom na veľké množstvo spadnutých zrážok, limitujúcu kapacitu ponoru Domického potoka, ktorá bola navyše znížená v dôsledku čiastočného upchatia odtokových ciest, sa v čase povodne pred ponorom Domického potoka a vstupným areálom jaskyne vytvorilo pomerne rozsiahle jazero miestami s hĺbkou do 3 metrov, ktoré zasahovalo do štátnej cesty smerom na Kečovo a Dlhú Ves. Počas povodne boli zatopené priestory Panenskej chodby spolu s celým priestorom Majkovho dómu, kde voda vystúpila nad úroveň zábradlia na prehliadkovej trase.

Tab. 5. Prehľad povodňových udalostí v jaskyni Domica s dosahom na prevádzku (podľa zápisov z Denníka jaskyne).
Tab. 5. An overview of flooding events in the Domica Cave with operational impacts (according to entries from the Cave Diary).

1995	3.6.1995, 13.6.1995
1996	17.3.1996, 8.7.1996
1998	2.10.1998
1999	4.3.1999, 10.7.1999, 15.7.1999
2001	27.3.2001
2002	16.7.2002
2004	22.6.2004
2006	20.3.2006, 21.3.2006, 31.5.2006, 3.6.2006, 24.6.2006
2009	22.1.2009
2010	23.2.2010, 15.4.2010, 16.5.2010, 24.12.2010
2011	18.3.2011
2012	28.6.2012
2013	3.2.2013, 31.3.2013, 25.6.2013
2016	10.2.2016, 15.2.2016
2021	18.7.2021
2023	17.1.2023, 9.6.2023, 25.6.2023, 5.–6.8.2023, 5.11.2023, 12.11.2023, 13.12.2023
2024	23.6.2024, 24.7.2024

ZÁVER

Hydrologické pomery a režim podzemných vôd v jaskyni Domica vyvolaný prírodnými a umelými činiteľmi predstavuje dynamický proces prejavujúci sa zmenami v prúdení a veľkosti prietokov jej podzemných tokov. Kľúčovú úlohu v tomto systéme zohráva podzemná riečka Styx, ktorej aktivita odráža zmeny klimatických pomerov v povodí a zároveň predstavuje významný indikátor hydrologickej dynamiky nielen v sprístupnených častiach jaskyne, ale aj v rámci celého jaskynného systému Domica-Baradla. Nemenej významný pri hodnotení hydrologických pomerov v sprístupnených častiach jaskyne je Domický potok ako hlavný prítok podzemného toku Styx v Majkovom dóme s odlišnou dynamikou a hydrologickým režimom.

Vývoj hydrologického monitoringu od polovice 90. rokov minulého storočia v sprístupnených častiach jaskyne umožnil postupné spresňovanie poznatkov o režime podzemného toku Styx a Domického potoka. Napriek technickým problémom a výpadkom meraní v skorších obdobiach sa po modernizácii monitorovacích systémov podarilo od roku 2016 zabezpečiť kvalitné kontinuálne časové rady dát, ktoré vytvorili predpoklady na podrobnejšie hodnotenie hydrologických procesov v jaskyni.

[1] *Domica v generálke, Zora Gemera, roč. 13, č. 24, z 22. 6. 1963.*

[2] *Archív SSJ, Správa o záplave v jaskyni Domica z 27. 6. 1974, F. Bernardovič.*

[3] *Domica uzavretá, Ľud, roč. 30/77-152, č. 86, z 13. 4. 1977.*
Voda v jaskyni, Práca, roč. 32/153-178, č. 168, z 19. 7. 1977.

Analýza klimatických údajov za obdobie rokov 1982 – 2025 zo zrážkomernej stanice Plešivec nepreukázala z dlhodobého hľadiska klesajúci trend zrážok, ktorý by mohol výraznejšie negatívne ovplyvňovať hydrologické pomery jaskyne. Skôr potvrdila ich mierny nárast a časovú zmenu v distribúcii počas roka. Zjavný je aj nárast teploty vzduchu, ktorá môže ovplyvňovať vodnú bilanciu územia prostredníctvom zvýšenej evapotranspirácie a zmien v sezónnom rozložení odtoku.

Vyhodnotenie aktivity podzemného toku Styx za obdobie hydrologických rokov 2001 – 2025 potvrdilo jeho výrazne občasný charakter. Počet dní s aktívnym prietokom sa medzi jednotlivými hydrologickými rokmi výrazne líšil, od úplnej neaktivity v rokoch 2007, 2008 a 2022 až po rekordných 333 dní v hydrologickom roku 2024. Medzi najvodnejšie roky z pohľadu aktivity podzemného toku Styx patrili roky 2006, 2010, 2011, 2013, 2021, 2023 a 2024. Naopak, roky 2002, 2003, 2012, 2015, 2019 a 2020 možno charakterizovať ako obdobia veľmi nízkej aktivity toku. Najčastejší výskyt prietokov bol zaznamenaný v jarných mesiacoch marec až máj, zatiaľ čo minimálna aktivita pripadala na jesenné obdobie (október až december). Charakteristickým znakom podzemného toku Styx je pomalšia reakcia na zrážkové udalosti a dlhšie doznievanie prietokových vĺn, ktoré odrážajú významnú retenčnú schopnosť krasového systému. V období rokov 2016 – 2025 sa priemerný ročný prietok podzemného toku Styx v Panenskej chodbe pohyboval od 0 do 5,6 $l \cdot s^{-1}$. Extrémne prietoky nad 500 $l \cdot s^{-1}$ v rámci 10-minútových meraní boli počas tohto obdobia zaznamenané iba počas ôsmich dní, pričom absolútne maximum bolo dosiahnuté 18. júla 2021 počas intenzívnej búrkovej udalosti.

Domický potok predstavuje hydrologicky aktívnejší aj dynamickejší systém v jaskyni. Počas obdobia 2016 – 2025 bol aktívny takmer nepretržite, jeho priemerný ročný prietok sa pohyboval od 0,42 do 3,55 $l \cdot s^{-1}$. Napriek relatívne podobným priemerným hodnotám ročných prietokov sa jeho režim výrazne odlišuje od podzemného toku Styx. Domický potok reaguje na zrážkové udalosti podstatne rýchlejšie. Nárast prietokov nastupuje často v priebehu niekoľkých hodín od začiatku zrážok, kulminačné stavy sú spravidla skôr a sú vyššie ako na Styxe. Výsledky monitoringu potvrdzujú, že podzemný tok Styx reprezentuje najmä stav nasýtenia krasového masívu podzemnou vodou, zatiaľ čo Domický potok je hlavne bezprostredným indikátorom aktuálnych zrážkovo-odtokových procesov v povodí. Vysoká dynamika prietokových vĺn a väčšinou krátke trvanie kulminácií zároveň poukazujú na význam kontinuálneho hydrologického monitoringu v jaskyni s krátkym intervalom merania.

Osobitným prejavom hydrologického režimu jaskyne Domica sú povodňové situácie predstavujúce dôsledok extrémnych zrážkovo-odtokových udalostí v povodí jaskyne. Ich vznik môže byť spojený so zatopením sprístupnených častí jaskyne v Majkovom dóme a Panenskej chodbe. Povodne sprevádzajú jaskyňu prakticky od začiatku jej sprístupnenia v roku 1932 až po súčasnosť. Najvyššia frekvencia povodňových udalostí po roku 1995 bola evidovaná v rokoch 1999, 2006, 2010, 2013 a najmä 2023. Mimoriadne významnou udalosťou bola povodeň z 18. júla 2021.

Pokračovanie monitoringu a ďalšie prehlbovanie poznatkov o vzťahoch medzi klimatickými faktormi, povrchovým odtokom a podzemnou cirkuláciou vôd v sprístupnených častiach jaskyne v spojení s hydrologickými meraniami a pozorovaniami v ďalších častiach jaskynného systému je nevyhnutné pre správne hodnotenie a sledovanie budúceho vývoja hydrologického režimu tejto významnej krasovej lokality a medzinárodne významnej podzemnej mokrade.

Poďakovanie

V článku boli vo veľkej miere zosumarizované výsledky vlastných meraní prebiehajúcich na lokalite od roku 2002. Naša vďaka preto patrí všetkým kolegom ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň, ktorí sa podieľali na asistencii pri tomto monitoringu. Menovite J. Zelinkovi, P. Staníkovi a E. Blatníkovi. Naše poďakovanie patrí rovnako správcovi jaskyne Domica O. Lörinczovi a ďalším zamestnancom jaskyne za ústretovosť pri realizácii monitorovacích prác a dokumentácii hydrologických udalostí v jaskyni, ktoré mohli byť využité pri tvorbe tohto príspevku. Za spracovanie mapového podkladu do článku ďakujeme P. Gažíkovi.

LITERATÚRA

Droppa, A. – Chovan, A. 1964. Mapa jaskyne Domica v mierke 1: 1000. Geografický ústav SAV. Archív Správy slovenských jaskýň.

Erdős, M. 1977. Veľké záplavy v jaskyni Domica. Spravodaj SSS, 8, 4, 34.

Fendeková, M. – Ženišová, Z. – Demeterová, B. – Fendek, M. – Flaková, R. – Gavurník, J. – Krčmář, D. – Macura, V. – Némethy, P. – Slivová, V. 2010. Hydrogeologické sucho. Eds. Fendeková, M., Ženišová, Z., Bratislava, Slovenská asociácia hydrogeológov, 190 s.

Gažík, P. – Haviarová, D. – Zelinka, J. 2009. Integrovaný monitorovací systém jaskýň. Aragonit, 14, 2, 109–112.

Gruber, P. – Haviarová, D. 2014. Voda v krase – Podzemné vody. In Gaal, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 185–210.

Haviarová, D. 2004. Predbežné výsledky hydrologického monitoringu v Jasovskej jaskyni, Gombaseckej jaskyni a jaskyni Domica. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 95–103.

Haviarová, D. 2009. Prehľad hydrologického a hydrochemického výskumu a monitoringu na Správe slovenských jaskýň v rokoch 1999 – 2009. Aragonit, 14, 2, 100–103.

Haviarová, D. – Gavurník, J. 2021. Základné zhodnotenie výsledkov monitoringu hydrologického režimu v jaskyni Domica za obdobie 2016 – 2021. Aragonit, 26, 2, 51–63.

Haviarová, D. – Gruber, P. 2006. Najnovšie výsledky monitorovania vodnej zložky podzemnej mokrade Domica-Baradla. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 5. vedeckej konferencie. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 136–143.

Hochmuth, Z. – Gessert, A. 2016. Povodne v Domici a hydraulický pulz. Spravodaj SSS, 47, 3, 30–32.

Jakál, J. – Krippel, E. 1977. Príčiny záplav jaskyne Domica a návrh opatrení. Štúdia vypracovaná pre SSJ, Geografický ústav SAV Bratislava. 12 s.

Klaučo, S. – Filová, J. – Kőrner, O. – Pokorná, A. 1998. Hydrologický monitoring jaskyne Domica. Záverečná správa. SKOV s. r. o., Bratislava, 20 s.

Klaučo, S. – Filová, J. – Peško, M. 1999. Hydrologický monitoring v jaskyni Domica v rokoch 1997 – 1998. Aragonit, 4, 11–14.

Klaučo, S. – Filová, J. 1996. Hydrologický a hydrochemický monitoring jaskyne Domica. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne. Výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov z odborného seminára. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 80–82.

Lalkovič, M. 1996. Jaskyňa Domica v prehľade svojej histórie. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov. Liptovský Mikuláš, 99–106.

Lapin, M. – Faško, P. – Melo, M. – Šťastný, P. – Tomlain, J. 2002. Klimatické oblasti. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 95.

Linkeš, V. 1984. Expertízny posudok a návrh riešenia eróznej situácie a ochrany CHPV jaskyňa Domica pred záplavami z okolitých poľnohospodárskych pôd. Výskumný ústav pôdoznalectva a výživy rastlín, Banská Bystrica, 12 s.

Martiniová, D. 1985. Zaplavovanie jaskyne Domica. Chránené územia Slovenska, 4, 85–87.

McKee, T. B. – Doesken, N. J. – Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Preprints of the 8th Conference on applied Climatology, Anaheim, California, 179–184.

Peško, M. 1996. Hydrologické pomery jaskyne Domica. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 77–79.

Peško, M. 2003. Výsledky hydrologického monitoringu jaskyne Domica v rokoch 1999 – 2001. Aragonit, 8, 15–17.

Rozložník, M. 1989. Osobitný režim ochrany CHPV Jaskyňa Domica, Ústredie štátnej ochrany prírody Liptovský Mikuláš, Správa Chránenej krajinnej oblasti Slovenský kras, Brzotín, 54 s. + prílohy.

Ujlakiová, D. 2021. Modelovanie povodňových udalostí v lokalite Domica na základe hydrologického monitoringu v jaskyni. Diplomová práca. Košice, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 76 s.

Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami.

Zeleňáková, M. – Vido, J. – Portela, M. M. – Purcz, P. – Blištán, P. – Hlavatá, H. – Hluštík, P. 2017. Precipitation trends over Slovakia in the period 1981–2013, Water, 9, 12, 922. https://doi.org/10.3390/w9120922

PODZEMNÁ PLAVBA V JASKYNI DOMICA V KONTEXTE HISTORICKÉHO VÝVOJA A SÚČASNÉHO VYUŽÍVANIA

Dagmar Haviarová – Miroslav Kudla

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

D. Haviarová, M. Kudla: Underground boat trip in the Domica Cave in the context of historical development and current use

Abstract: Domica Cave is the only accessible cave in Slovakia where the unique underground boat trip is currently operated. The underground boat trip has been connected to Domica Cave since its first opening. The First Boat Trip (Prvá plavba), provisionally built in 1932 on the underground river Styx between the Roman Spa (Rímske kúpele) and Plitvice Lakes (Plitvické jazierka), was approximately 150 m long. The Second Boat Trip / Diamond Trip (Druhá plavba/Diamantová plavba), built in 1933, opened up a part of the cave between Plitvice Lakes and Kvetnica Hall. The functionality of the underground boat trips became more important in the early 1950s, when the number of visitors to the caves increased manifold. The construction of the underground boat trips in the cave was not based on professional documentation and detailed knowledge of the area's hydrological conditions, leading to several operational problems after their completion. The main factors causing problems with their operation were seasonal water shortages during underground boat trips and recurring flooding in the cave. The article provides information on the history of the creation and operation of the First and Second boat trips. It describes solutions to the problem of water shortages during underground boat trips, including the construction of a dam in the Panenská chodba Passage in 1958. After a profound reconstruction of the cave equipment, both boat trips operated between 1958 and 1963. The devastating floods of 1963 significantly damaged the cave, including the channel of the Second Boat Trip, which has not been used since. The article discusses in more detail the proposals for the reconstruction of the Second Boat Trip after 1963 and the issue of cleaning the boat trip channels from sediments deposited during the floods. In the case of the First Boat Trip, the article also summarizes its operation since 1994. According to archival data, the years with the longest operating periods of the underground boat trip include 1999, 2000, 2010, 2013, and 2016. On the contrary, in 2002, 2003, 2007, 2008, 2012, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021, 2022, 2025, the underground boat trip in the cave was not operated at all.

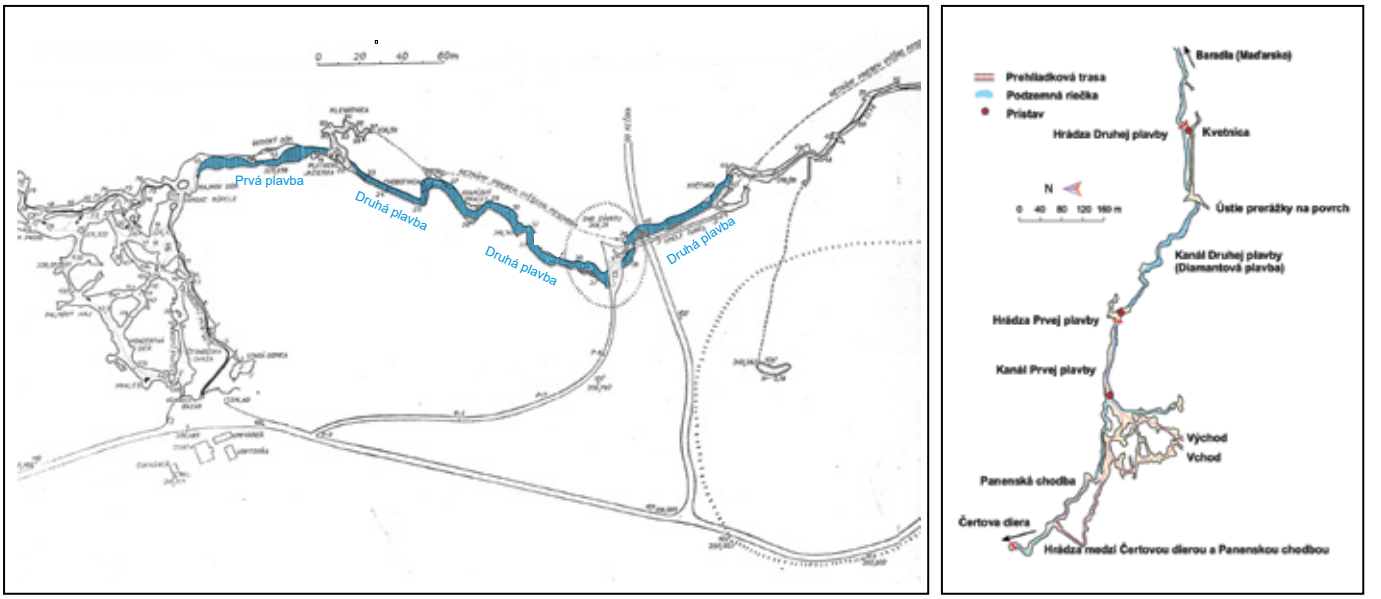
Keywords: Domica Cave, underground boat trip, Styx, history, operation and problems of boat trip

ÚVOD

Jaskyňa Domica je jedinou sprístupnenou jaskyňou na Slovensku, kde sa v súčasnosti prevádzkuje podzemná plavba. Na upravenom podzemnom riečisku Styxu sa v prípade priaznivých hydrologických pomerov plavia člny prevážajúce návštevníkov jaskyne, ktorí z vodnej hladiny pozorujú krásy podzemia.

Plavba je s jaskyňou Domica spojená už od čias jej prvého sprístupnenia. Vybudovanie Prvej a neskôr Druhej plavby (obr. 1) súviselo so snahou zatraktívniť jaskyňu pre jej budúcich návštevníkov. Tento krok však nebol postavený na odborných podkladoch a podrobných znalostiach hydrologických pomerov územia, čo viedlo po jej vybudovaní k viacerým prevádzkovým problémom. Jedným z hlavných faktorov spôsobujúcich problémy fungovania podzemnej plavby bol charakter režimu prietokov podzemného toku Styx a Domického potoka. Na jednej strane nedostatok vody na plavbe spôsobený nízkou až nulovou aktivitou podzemných tokov, na strane druhej pravidelne sa opakujúce záplavy spôsobujúce v jaskyni okrem materiálnych škôd aj zanášanie plavieb splavenými sedimentmi z jej vodozbernej oblasti.

Cieľom tohto príspevku je poskytnúť prehľad o budovaní a využívaní podzemnej plavby v kontexte prevádzky jaskyne, s dôrazom na problémy a pokusy o ich riešenie, ktoré tento proces sprevádzali v minulosti a dnes. Okrem historických faktov príspevok sumarizuje a hodnotí prevádzku Prvej plavby v období posledných rokov.



Obr. 1. Výrezy mapy jaskyne Domica s lokalizáciou Prvej a Druhej plavby podľa A. Droppu a A. Chovana (1964).
Fig. 1. Part of the Domica Cave map with location of the First and Second boat trip according to A. Droppa and A. Chovan (1964).

Z HISTÓRIE VZNIKU PRVEJ PLAVBY (1932 – 1938)

Vznik Prvej plavby v jaskyni Domica je spojený s jej sprístupnením. Dňa 7. januára 1932 sa pod hlavičkou Klubu československých turistov a pod vedením jaskyniara Vojtecha Benického začali v Domici sprístupňovacie práce. Počas obdobia piatich mesiacov sa na základe meraní Eduarda Paloncyho vyrazil nový vchod do jaskyne, upravili sa niektoré priestory a vybudovali prehliadkové chodníky. Pôvodne sa počítalo so zriadením prehliadkového chodníka popri brehoch Styxu, od Rímskych kúpeľov až po Plitvické jazierka (Paloncy, 1932, 1933). Na návrh Alojza Lutonského[1] sa táto časť jaskyne sprístupnila formou podzemnej plavby (Benický, 1932; Lalkovič, 1996, 2014). V tejto súvislosti prebehli najskôr prvé pokusy s prehradením podzemného riečiska Styxu. Hrádza vybudovaná z dosák a hliny v priestore nad Plitvickými jazerami mala vzduť hladinu a zadržiavať vodu tak, aby sa dalo po riečke Styx plaviť na člne (obr. 2). Samotnú stavbu hrádze sprevádzali problémy, keďže veľké množstvo materiálu bolo potrebné transportovať cez rozblatené riečisko. Napriek náročným prácam sa nakoniec podarilo hrádzu úspešne dokončiť. Voda pred vybudovanou hrádzou stúpla až do výšky 170 cm, čo postačovalo na splavenie aj kriticky plytkých miest. Dňa 1. júla 1932 bola jaskyňa prvýkrát uvedená do prevádzky vrátane elektrického osvetlenia a podzemnej plavby (Janák, 1932). Plavba sa realizovala na drevených člnoch po Styxe medzi Rímskymi kúpeľmi a Plitvickými jazierkami v dĺžke približne 150 m. Provizórna drevená hrádza začala postupne pod náporom občasných veľkých vôd Styxu prepúšťať vodu, čo viedlo k jej nahradeniu betónovou hrádzou, ktorá bola predchodcom súčasného objektu dobudovaného začiatkom sedemdesiatych rokov.[2]

Problematický hydrologický režim Styxu sa v jaskyni Domica začal prejavovať už krátko po vybudovaní a uvedení podzemnej plavby do prevádzky. Sezónny nedostatok vody sa priebežne striedal s problémami, ktoré so sebou prinášali opakujúce sa povodne.

Už v letnej sezóne 1933, v dôsledku sucha, nebolo možné Prvú plavbu využívať. Loďky určené na plavbu zostali na suchu. Návštevníci jaskyne museli chodiť do Klenotnice, ktorá sa nachádzala za Prvou plavbou, po vysypaných chodníkoch. Až jesenné dažde umožnili opätovné spustenie plavby 15. novembra 1933 (Benický, 1932; Lalkovič, 2014). Ako dlho plavba fungovala po tomto dátume, nevieme. Roky 1933 a 1934 boli suchšie, čo mohlo výrazne zasiahnuť do prevádzky plavby. Väčšie vody a tým aj lepšie podmienky na plavbu prišli až na jar 1935.[3]

Dňa 2. marca 1937 bol v jaskyni zaznamenaný najvyšší stav vody od jej objavenia, Styx vystúpil do výšky 120 cm nad chodníky a priestory v hlavnom smere na niekoľko hodín premenil na jazero.[4] Na základe týchto historických opisov môžeme predpokladať, že v tomto období a prichádzajúcej letnej sezóne 1937 plavba v Domici fungovala.

Podľa správy z novín *Novosti* zo 4. novembra 1937 mala byť vodná cesta v Domici podľa uznesenia Ústredného zastupiteľstva Klubu československých turistov označená menom prezidenta osloboditeľa T. G. Masaryka. Dostupné historické zdroje však takéto označenie plavby neuvádzajú.[5]

STAVBA DRUHEJ PLAVBY A JEJ PREVÁDZKA DO ROKU 1938

V roku 1933 bola medzi Plitvickými jazierkami a Kvetnicou provizórne vytvorená aj Druhá plavba. Podľa nádhernej trblietavej výzdoby, ktorá je typická pre túto časť jaskyne, dostala názov Diamantová. Realizácia plavby sa javila ako jednoduchší a pre

Obr. 2. Stavba provizórnej hrádze Prvej plavby v roku 1932. Foto: V. Benický, Archív ochrany prírody a jaskyniarstva
Fig. 2. Construction of the provisional dam of the First Boat Trip in 1932. Photo: V. Benický, Nature Conservation and Speleology Archive

návštevníkov atraktívnejší variant sprístupnenia tejto časti jaskyne. V porovnaní s betónovými chodníkmi išlo zároveň aj o podstatne lacnejší variant. Práce na výstavbe plavby viedol skúsený jaskyniar Alojz Lutonský. Plavebný kanál pôvodne v dĺžke asi 500 m budovalo 25 robotníkov z neďalekého Kečova. Pre účely Druhej plavby bolo potrebné na Styxe vybudovať ďalšiu hrádzu, ktorá by umožnila zvýšiť jeho plytkú hladinu a vytvorila vhodné podmienky na plavbu. Hoci sa pri výstavbe hrádze použil zvyšný materiál z budovania prvej hrádze, ktorý sa v jaskyni už nachádzal, jeho transport po riečisku predstavoval veľkú výzvu. Napriek náročnej doprave bola hrádza hrubá okolo 2 m úspešne vybudovaná asi o 100 m bližšie ako je súčasná hrádza Druhej plavby. V priestore pred Kvetnicou sú v stene vyhĺbené otvory, kde bola pravdepodobne hrádza kotvená. V. Benický v *Krásach Slovenska* z roku 1935 píše, že priehrada bola postavená za niekoľko dní. Následne sa tesnila. Voda v nej sa postupne zvyšovala, až sa spád vyrovnal na celej jej dĺžke. Avšak po niekoľkých dňoch voda hlinu v provizórnej hrádzi vymyla a odtiekla do Maďarska. V zime 1933 sa znova uskutočnil pokus o sfunkčnenie plavby a jej hrádze. Na betonáž hrádze nosiči na pleciach nanosili 30 m^3 piesku, kamene a ďalší potrebný materiál. Dopravená bola aj 5 m dlhá koľajnica na vystuženie priehrady. Vybetónovaná priehrada, bohužiaľ, ani teraz nemala dlhú trvácnosť. Netrvalo ani týždeň a prívalové vody ju opäť zničili (Janák, 1932; Benický, 1935; Kašpar, 1936).

Informácií o Druhej plavbe a jej prevádzke v období rokov 1933 až 1938 je pomerne málo. Môžeme len predpokladať, že vzhľadom na problémy s poškodenou hrádzou plavba nefungovala vôbec alebo len veľmi obmedzene.

Jedným z mála článkov venovaných Druhej plavbe z tohto obdobia je text v novinách *Slovenský východ* z 3. marca 1935, z ktorého sa dozvedáme, že zima 1934/1935 v regióne Gemera vrátane oblasti okolo jaskyne Domica bola neobvykle štedrá. V tomto regióne bola dokonca štedrejšia ako v niektorých vyšších polohách. V predchádzajúcich rokoch tu neboli výdatné zrážky ani dostatok snehu. Problémy nastali počas oteplenia, kedy povodne spôsobené topením snehu ohrozovali bezpečnosť niektorých gemerských dedín. V Domici vody z topiaceho sa snehu naplnili jazerá a vyrovnali dlhodobý pokles podzemných vôd, ktorý trval už druhý rok. Voda naplnila vyschnuté korytá Styxu, malý potôčik sa v Diamantovej plavbe premenil na veľké jazero, v ktorom sa mohlo člnkovať. Diamantová plavba sa tak na jar 1935 ukázala v plnej kráse, podobne ako dva roky predtým.[6]

STAV A PREVÁDZKA PODZEMNÝCH PLAVIEB V OBDOBÍ ROKOV 1938 AŽ 1958

V roku 1938 v dôsledku Viedenskej arbitráže sa jaskyňa až do konca 2. svetovej vojny stala súčasťou maďarského územia. V čase maďarskej správy (1938 až 1945) bol názov jaskyne Domica odstránený, jaskyňa bola označená ako kečovský vchod do Baradly. Počas vojnového obdobia neboli v Domici realizované žiadne investície ani

[1] *Archív ochrany prírody a jaskyniarstva (Archív OPaJ), fond (f.) Lutonský Alojz, List Klubu československých turistov v Prahe Alojzovi Lutonskému, č. 3405/32 z 1. marca 1932.*

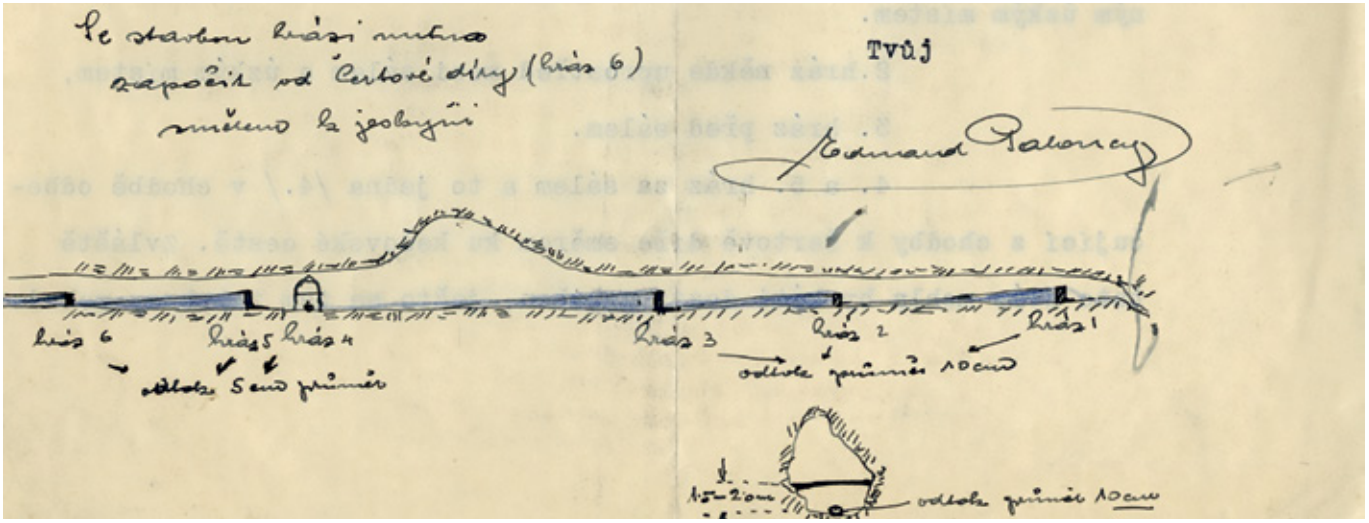
[2] *Archív OPaJ, f. Podzemné krasové javy (PKJ), k. 238 Domica, č. nepriradené, Korešpondencia E. Paloncyho a V. Benického, 1935.*
Archív OPaJ, f. Podzemné krasové javy (PKJ), k. 238 Domica, č. 1114, 1107.

[3] *Domica 1935, Slovenský východ, roč. 17, č. 53, str. 4, z 3. 3. 1935.*

[4] *Čo nového v Domici, Šafárikov kraj, roč. 6, č. 16, str. 3, z 17. 4. 1937.*

[5] *Temer 9 000 ľudí navštívilo Domicu, Novosti, roč. 1937, str. 2, č. 170, z 4. 11. 1937.*

[6] *Domica 1935, Slovenský východ, roč. 17, č. 53, str. 4, z 3. 3. 1935.*



Obr. 3. Náčrt systému hrádzí v Panenskej chodbe od E. Paloncyho. Archív ochrany prírody a jaskyniarstva
Fig. 3. Sketch of the dam system in the Panenská chodba Passage by E. Paloncy. Nature Conservation and Speleology Archive

systematické udržiavacie práce. Podzemná plavba na člnoch nebola v tomto období obnovená. V čase prechodu frontu bola budova jaskyne dlhodobo obsadená vojenskými jednotkami, podzemné priestory slúžili ako úkryt pre vojakov a ustajnenie koní. V jaskyni vojaci vyšliapali chodník až do Hlavného dómu (dnešný Majkov dóm) k Prvej plavbe, kde chodili napájať kone (Lutonský, 1946; Lalkovič, 2014).

Po skončení vojny sa pristúpilo k obnovným prácam a ďalším úpravám poškodených častí jaskyne. Pre verejnosť bola jaskyňa opätovne sprístupnená v auguste 1946. Vo februári 1948 dosahovala hladina podzemnej riečky Styx dostatočnú úroveň na prevádzkovanie Prvej plavby, ktorá bola v tomto roku opätovne obnovená a sprístupnená.[7] V roku 1948 sa pre osobitné návštevy upravila aj Druhá plavba (Lalkovič, 1996).

Počas 11. a 12. júna 1954 vplyvom prietrže mračien bola jaskyňa zaplavená; hladina vody na úseku Prvej plavby vystúpila približne o 60 cm. Podľa opisu ide o jednu z dovtedy najväčších povodní v jaskyni, ktorá mala za následok rozsiahle materiálne škody v podzemí. Poškodená bola aj technická infraštruktúra Prvej a Druhej plavby, najmä elektrické vedenia a rozvodné skrine, ktoré boli zasiahnuté prívalovou vodou (Lalkovič, 1996, 2014).

Podzemná plavba v jaskyni Domica sa stala postupne veľkým lákadlom pre návštevníkov z celého Československa aj zahraničia. Návštevnosť jaskyne postupne rástla, na čo musela reflektovať aj jej prevádzka. K zlepšeniu prevádzky Prvej plavby prispeli dva nové člny s elektrickým pohonom, ktoré začali prepravovať návštevníkov v roku 1956. V roku 1957 navštívilo Domicu už približne 70 000 návštevníkov, čo poukazuje na rastúci význam lokality z hľadiska cestovného ruchu. V reakcii na zvýšený záujem návštevníkov sa začali prípravy na opätovné sprístupnenie Diamantovej plavby.[8] V tom čase už jaskyňu Domica spravoval Turista, n. p. Bratislava, ktorý ju prevzal do správy od Slovakoturu v Šafárikove v roku 1954. V Domici v priestore Druhej plavby nechal vyraziť prístupovú štôlňu na povrch, na riečisku v zúženom priestore za Kvetnicou nechal vybudovať súčasný objekt železobetónovej hrádze pôvodne s hlavným priepustným otvorom s rozmermi 60 x 60 cm, čím vznikol plavebný kanál s dĺžkou približne 630 m. Zároveň bola upravená hrádza Prvej plavby. Na obidvoch koncoch Druhej plavby boli vybudované prístaviská. Sprístupnením Druhej plavby sa prevádzkový okruh rozšíril o 712 m (Lalkovič, 2014). Diamantová plavba bola sprístupnená 10. mája 1958, dĺžka prehliadky tejto časti jaskyne trvala približne 45 minút.[9] S cieľom optimalizovať pohyb návštevníkov a skrátiť návratovú trasu slúžila prerážka z konca Druhej plavby na povrch v čase fungovania Druhej plavby ako východ pre návštevníkov na povrch. Celková dĺžka prehliadky vrátane oboch plavieb a výstupu novým východom na povrch trvala aj dve a pol hodiny.[10] Prevádzku plavieb zabezpečovali štyri elektromotorové člny s kapacitou 20 osôb na jeden čln; počas letnej sezóny bol ich počet zvýšený o ďalšie dva.[11]

RIEŠENIA PROBLÉMU NEDOSTATKU VODY NA PODZEMNÝCH PLAVBÁCH

Od prvého sprístupnenia jaskyne v roku 1932 a začiatku prevádzky plavby bola táto pravidelne konfrontovaná s nedostatkom vody, ktorý pociťovala počas hlavnej sezóny. Správca jaskyne V. Benický konzultoval tento problém s meračom a banským inžinierom z Ostravy E. Paloncym, pričom časť ich vzájomnej korešpondencie sa zachovala dodnes. E. Paloncy, ktorý jaskyňu zmapoval a veľmi dobre poznal, navrhol vo svojom liste zo 6. júna 1935 prvé regulačné opatrenia priamo na podzemnom toku Styx. Benickému odporučil vybudovanie sústavy hrádzí v zúženej časti na konci Panenskej chodby, v mieste jej ústia do Čertovej diery, ktorej sprístupnenie sa v tom čase neplánovalo. Navrhované hrádze s výškou 1,5 až 2 m mali byť situované v najužších profiloch chodby (obr. 3). Odporúčaný systém fungovania bol založený na postupnom zadržiavaní vody počas prívalových zrážok. Najskôr by sa naplnila hrádza nachádzajúca sa k Čertovej diere najbližšie, následne by voda pretekala cez jej okraje a zapĺňala ďalšie hrádze v smere toku. Po odznení zvýšených prietokov by takto vzniknuté akumulačné priestory zadržiavali tisíce kubických metrov vody, ktorú by bolo možné postupne využívať na dopĺňanie vody pre plavby v období sucha.[12] Paloncyho návrh však nakoniec nebol v jaskyni realizovaný.

Táto problematika sa začala znova vážnejšie riešiť až o viac ako dve desaťročia neskôr. Dôvodom bola aj rastúca návštevnosť jaskyne a plánovaná rekonštrukcia a znovuotvorenie Diamantovej plavby pre návštevníkov jaskyne. Na základe zápisnice z 30. 4. 1957 sa dozvedáme o stretnutí odborno-vedeckej komisie a komisionálnej obhliadke v jaskyni Domica zvolanej Turistom, n. p. Bratislava na účely preverenia nového návrhu E. Paloncyho. Paloncy na základe sledovania pomerov vodného režimu na lokalite navrhol vybudovanie dvoch vodných nádrží v nesprístupnených častiach jaskyne, ktoré by zabezpečili dostatok vody pre Prvú a Druhú plavbu. Prvá hrádza mala byť postavená rovnako ako pri prvom návrhu z roku 1935 na konci Panenskej chodby v jej nesprístupnených častiach, kde mala zachytávať vody pritekajúce od Čertovej diery. Postavením betónovej hrádze sa predpokladalo zaplavenie priestorov v dĺžke približne 480 m. Navrhlo sa vybudovanie druhej priehrady za pôvodnou hrádzou Druhej plavby

[7] *Pekná návšteva v Jaskyni Domica, Pravda, roč. 1948, č. 31, str. 6, z 7. 2. 1948.*

[8] *Ďalšie krásy Domice, Ľud, roč. 10, č. 227, str. 1, z 22. 9. 1957.*

[9] *Diamantová plavba v Domici, Ľud, roč. 11, č. 102, str. 3, z 30. 4. 1958.*

[10] *V klenotnici podzemných krás, Pravda, roč. 39, č. 163, str. 6, z 14. 6. 1958.*

[11] *Sprístupňujú krásy Domice, Ľud, roč. 11, č. 135, str. 2, z 7. 7. 1958.*

[12] *Archív OPaJ, f. PKJ, k. 238 Domica, č. nepriradené, Korešpondencia E. Paloncyho a V. Benického, 1935.*

asi 100 m nižšie smerom na Baradlu. Podzemná nádrž mala byť zásobovaná vodami zo zbernej oblasti východne od cesty do Kečova. Takto sformulovaný návrh bol predložený Poradnému zboru pre veci jaskýň a krasových javov pri Povereníctve školstva a kultúry na schválenie.[13]

Hrádza v Panenskej chodbe (obr. 4) bola postavená v roku 1958, čím vznikla vodná nádrž s objemom približne 40 000 m³. Bola zapustená do jaskynných stien do hĺbky približne 30 cm, čo sa neskôr ukázalo ako nedostatočné. V telese hrádze bola umiestnená vstupná rúra s priemerom 60 cm používaná na kontrolu zaplavených častí a zároveň slúžiaca ako priepust pre splachovanie nánosov. Ďalšie 2 rúry s priemerom 25 cm slúžili na reguláciu odtoku pre zásobovanie Prvej a Druhej plavby. Hrádza v Panenskej chodbe mala okrem zásobovania vodou obidvoch plavieb plniť aj protizáplavovú funkciu. Hrádza pod Druhou plavbou mala umožniť získavanie úžitkovej vody pre jaskyňu a po vybudovaní filtračnej stanice aj pitnej vody, ktorá sa dovtedy musela dovážať z Dlhej Vsi alebo Kečova. Dovtedajší zdroj úžitkovej vody predstavovala studňa vzdialená od jaskyne približne 600 m, ktorá však zabezpečovala zásobovanie jaskyne počas roka len v obmedzenom období.[14] Táto nádrž na rozdiel od tej v Panenskej chodbe vybudovaná nebola.

Vybudovanie hrádze v Panenskej chodbe sa spočiatku javilo ako efektívne riešenie problému nedostatku vody v Prvej plavbe a po spustení Diamantovej plavby v máji 1958 aj v Druhej plavbe. Problémy s povodňami a nedostatkom vody v jaskyni sa čiastočne zmiernili. Tento stav bol však len dočasný. Absencia podrobného geologického prieskumu a realizácia stavby na priepustnom podloží spôsobili postupné presakovanie vody v hrádzi. Voda si našla svoje cestičky a hrádza začala postupne vodu prepúšťať. Počas povodne na jar a v júni 1963 ju veľká voda definitívne vyradila z prevádzky.[15] Začiatkom roka 1964 vykonal Geologický prieskum, n. p. Žilina v Panenskej chodbe v mieste prelomenej hrádze geologický vrt na účely realizácie inžiniersko-geologického prieskumu na jej sanáciu. Pod nánosmi Styxu bola vrtom navŕtaná nová jaskynná úroveň. Tým sa dá čiastočne vysvetliť aj presakovanie vody do podložia, t. j. do priestorov toho času zanesených sedimentmi (Peško, 1996). Sanácia hrádze sa po výsledkoch geologického prieskumu už neuskutočnila. V roku 2021 sa zdemontovali zvyšky potrubia a ventily z nefunkčnej hrádze (Iždinský a Staník, 2003). Samotná hrádza stojí v Panenskej chodbe dodnes.

SNAHY O SPRÍSTUPNENIE DRUHEJ PLAVBY PO ROKU 1963, PROBLÉMY JEJ ZANÁŠANIA A ČISTENIE

Dvojnásobná záplava jaskyne Domica v júni 1963 zanechala v jej podzemných priestoroch vrátane koryta podzemnej riečky Styx v Panenskej chodbe a kanálov Prvej aj Druhej plavby hrubé nánosy splaveného bahna. Následkom povodne bola plavba v jaskyni pre návštevníkov dlhodobo paralyzovaná, člnkovanie nebolo možné realizovať počas celého roka. Vtedajší prevádzkovateľ jaskyne, podnik Tatranské hotely, túto otázku obzvlášť neriešil. Napriek tomu, že na vstupnom do jaskyne ročne vybrali takmer pol milióna Kčs, na väčšiu údržbu jaskyne sa peniaze nenašli. Ešte v marci 1964 boli obidve plavby plné splavených sedimentov, bez akéhokoľvek systematického čistenia alebo inej sanácie.[16] V letnej sezóne 1964 bola schopná prevádzky aspoň Prvá plavba, zatiaľ čo Druhá zostávala naďalej nefunkčná.[17] Pre potreby obnovenia Diamantovej plavby a jej uvedenia do prevádzky mali Tatranské hotely už v roku 1965 zabezpečiť finančné prostriedky. Bohužiaľ, žiadne práce spojené s vyčistením

Obr. 4. Hrádza v Panenskej chodbe v smere od jaskyne Domica a jej dnešná podoba. Foto: D. Haviarová
Fig. 4. The dam in the Panenská chodba Passage in the direction from the Domica Cave and its current appearance. Photo: D. Haviarová

a obnovou Druhej plavby sa tu až do roku 1967 nevykonávali. Zlom nastal až po delimitácii správy jaskyne z Tatranských hotelov na Východoslovenské múzeum v Košiciach, ktoré iniciovalo systematickejší prístup k riešeniu vzniknutej situácie. V rámci plánovaných investícií boli navrhnuté protipovodňové opatrenia, najmä výstavba tzv. suchých poldrov pred vstupom do jaskyne, ktoré mali byť pôvodne vybudované do 31. 3. 1966.[18] Ich realizácia sa začala až v auguste 1967 pracovníkmi Geologického prieskumu, n. p. Spišská Nová Ves, závod Rožňava, dokončené boli v októbri 1968. Postavenie poldrov predstavovalo významný krok smerom k ochrane jaskyne pred povodňami, splavovaním sedimentov do podzemia a stabilizácii hydrologických pomerov jaskyne. Vybudovanie suchých poldrov bolo odrazovým mostíkom pre ďalšie úvahy o obnove a opätovnom sprístupnení Druhej plavby.

Ešte začiatkom roka 1967 sa začal pripravovať veľký investičný zámer komplexnej rekonštrukcie povrchového areálu aj podzemných častí jaskyne Domica, ktorý reflektoval nedostatky v oblasti ochrany prírody, bezpečnosti návštevníkov a rastúcich nárokov cestovného ruchu.[19] Navrhovaná a skutočne realizovaná bola aj úprava Prvej plavby spočívajúca v prebudovaní jej hrádze do súčasnej podoby a existujúceho priepustného otvoru a prepadu, ako aj telesa chodníka v Klenotnici.

V rámci rekonštrukcie podzemia sa objavil návrh nahradiť na úseku Druhej plavby prepravu návštevníkov v člnoch dopravou kolesovou (elektrickým turistickým vláčikom). Existujúce prístaviská pre člny mali nahradiť železobetónové plošiny vo výške 0,5 m nad hladinou vody. Dráha pre vláčik mala byť postavená nad vodnou hladinou, nosníky dráhy mali byť zabetónované do jaskynných stien, na ne mal byť osadený oceľový rám, ktorý by niesol železobetónovú konštrukciu. Pre potreby vybudovania tejto podzemnej vlakovej trate projektanti navrhli vo vyrazenom umelom vchode a prívodnom tuneli na povrch koľajovú dopravu opatrenú vrátkom na vyťahovanie a spúšťanie nákladných vozíkov na koľajniciach. Po sprevádzkovaní lokomotívnej dopravy na riečisku bývalej Druhej plavby malo byť dopravné zariadenie z umelo vyrazeného vchodu demontované a ten mal slúžiť ako núdzový bezpečnostný východ z jaskyne. Mimoriadne zaujímavý je návrh na predĺženie prípadnej trasy pre turistický vláčik ďaleko za hrádzu Druhej plavby, a to až za podzemnú hranicu do Maďarska.[20] Takéto technické riešenie sprístupnenia Druhej plavby sa nestretlo

[13] *Archív Správy slovenských jaskýň (SSJ), f. Domica, k. 14, č. nepriradené (Zápisnica z 30. 4. 1957 zo stretnutia za účelom preverenia návrhu E. Paloncyho na zriadenie vodných nádrží v Domici).*

[14] *Archív SSJ, f. Domica, k. 14, č. nepriradené (Zápisnica z 30. 4. 1957 zo stretnutia za účelom preverenia návrhu E. Paloncyho na zriadenie vodných nádrží v Domici).*

[15] *Ako nás privíta Domica?, Pravda, roč. 45, č. 91, str. 2, z 1. 4. 1964.*

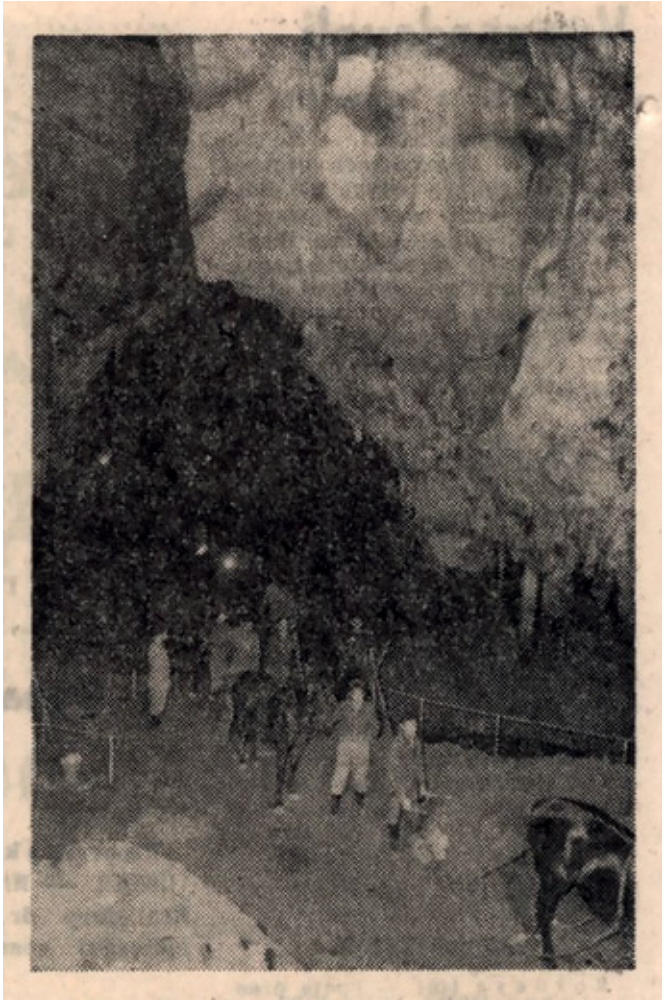
[16] *GRENDA, J. 1964. Domica kúzla zbavená, Východoslovenské Noviny, roč. 13, č. 6, z 20. 3. 1964.*

[17] *Veľa rečí, málo skutkov. Poznámka nielen na adresu Tatranských hotelov. Východoslovenské Noviny, roč. 13, č. 164, str. 2, z 10. 7. 1964.*

[18] *KEDER, Ľ. 1966. Rozvoj zahraničného cestovného ruchu, noviny Zora Gemera, roč. 16, č. 23, str. 3, z 10. 6. 1966.*

[19] *Archív SSJ, f. Domica, k. 14, č. nepriradené (Investičná úloha rekonštrukcia jaskyne Domica z 30. júna 1967).*

[20] *Archív SSJ, f. Domica, k. 14, č. nepriradené (Rekonštrukcia jaskyne Domica, investičná úloha).*
Domica do generálky, Východoslovenské noviny, roč. 16, č. 193, str. 1, z 12. 8. 1967.



Obr. 5. Čistenie koryta riečky Styx od splavených sedimentov a ich vyvážanie za pomoci koní.[24]
Fig. 5. Cleaning washed sediment off from the Styx riverbed and transporting them with the help of horses.[24]

Obr. 6. Stavidlo hrádze Druhej plavby (súčasný stav). Foto: P. Staník
Fig. 6. The sluice gate of the Second Boat Trip dam (present condition). Photo: P. Staník

s podporou zo strany viacerých kompetentných subjektov a bolo z ochranárskych, technických aj finančných dôvodov zamietnuté. Zhoda bola na nutnosti vyčistenia priestorov Druhej plavby a jej opätovného sprístupnenia za rešpektovania jej špecifických podmienok a zachovania pôvodného charakteru plavby.

V marci 1967 sa na Domici konala komisionálna prehliadka jaskyne v súvislosti s posúdením projektovej dokumentácie na obnovenie Druhej plavby a riešenia problémov zanášania jaskyne splaveninami. V tom čase sa v dôsledku záplavy v roku 1965, 1963 a v rokoch predošlých nachádzalo v plavbe množstvo sedimentov. Podľa jedného zo zápiskov sa tu za 15 rokov usadilo niekoľko stoviek až tisícok kubíkov ílovitého blata. Na základe objednávky Východoslovenského múzea vypracoval Geologický prieskum, n. p. Spišská Nová Ves, závod Rožňava vo februári 1967 dokumentáciu pod názvom *Štúdia na vyčistenie Druhej plavby v jaskyni Domica*, ktorej predmetom bolo vyčistenie Druhej plavby od nánosov hliny a humusu.[21] Riešenie bolo navrhované v štyroch alternatívach. Prvou bolo zrušenie Druhej plavby. Jej náhradou malo byť vybudovanie chodníkov pozdĺž celej trasy plavebného kanála. Druhá alternatíva počítala s vybudovaním dvoch betónových hrádzí slúžiacich ako sedimentačné nádrže pre usadzovanie kalov z Druhej plavby po ich rozvírení a splavení. Nádrže mali byť postavené za existujúcou betónovou hrádzou na Druhej plavbe smerom k maďarskej hranici. Tretia alternatíva vychádzala z čistenia Druhej plavby pomocou kalových čerpadiel za podmienky zabezpečenia dostatočného množstva vody (čistenie vykonávané v období max. prietoku Styxu). Rozrušené sedimenty mali byť prirodzene splavované po prúde do nižších častí. Ako posledná alternatíva bolo technicky náročné mechanické čistenie a transport pomocou banskej techniky (riešenie dopravy vyťaženého blata a sedimentov po riečisku Druhej plavby s následným vyvezením na povrch pomocou banských vozíkov, výklopníkov a hrablových dopravníkov). Ako najpriechodnejšie sa v rámci štúdie a oponentských posudkov javilo tretie alternatívne riešenie, ktoré kombinovalo technickú uskutočniteľnosť s relatívne nižšími zásahmi do jaskynného prostredia. K samotnému čisteniu plavby nakoniec ani na základe jednej z uvedených alternatív nedošlo.[22]

K čisteniu koryta Styxu sa pristúpilo až potom, ako boli na povrchu pred jaskyňou dobudované v roku 1968 ochranné hrádze (dva suché poldre) slúžiace na ochranu jaskyne pred záplavami a splavenými sedimentmi. Čistenie sa realizovalo od februára 1969 počas obdobia jeden a pol mesiaca formou ručnej ťažby a za pomoci koní, ktoré vyvážali ťažké vozíky bahna na povrch (obr. 5).[23] Odstránenie nánosov malo zlepšiť podmienky podzemnej plavby.[24]

Otázka sprevádzkovania a čistenia Druhej plavby sa znova otvorila potom, ako prešla jaskyňa Domica zo správy Speleologickej sekcie Východoslovenského múzea v Košiciach pod Správu slovenských jaskýň (1. január 1970). Podľa záznamu z roku 1971 z komisionálneho jednania pracovníkov Správy slovenských jaskýň na Domici o obnovení Druhej plavby, bola táto ešte stále výrazne zanesená bahnitými

[21] *Archív SSJ, f. Domica, k. 14, č. nepriradené (Štúdium na vyčistenie druhej plavby v jaskyni Domica, 1967).*

[22] *Archív OPaJ, f. PKJ, k. 238, č. nepriradené (Rekonštrukcia Domice, 8. 9. 1973).*

[23] *Východoslovenské noviny, roč. 18, č. 30, str. 2, z 5. 2. 1969. Vynovená jaskyňa, Práca, roč. 34, č. 39, z 15. 2. 1969.*

[24] *Východoslovenské noviny, roč. 18, č. 30, str. 2, z 5. 2. 1969.*

Obr. 7. Hrádza Prvej plavby z obidvoch strán. Foto: P. Staník
Fig. 7. Dam of the First Boat Trip from both sides. Photo: P. Staník

sedimentmi.[25] Aby mohla byť táto časť jaskyne sprístupnená, bolo potrebné problém s odstránením bahna definitívne doriešiť a vypracovať kompletné riešenie spočívajúce v jednorazovom vyčistení Druhej plavby v potrebnom profile, vybudovaní novej hrádze na konci Prvej a Druhej plavby a zabezpečení vody pre ich budúcu stabilnú prevádzku. Druhá plavba bola pôvodne ukončená železobetónovou hrádzou, výpustný otvor bol malého profilu, výškový rozdiel začiatku a konca plavby bol len 2 m. V dôsledku toho fungovala plavba ako sedimentačná nádrž, do ktorej pritekali najmä sezónne kalné vody s vysokým obsahom splavenín. V nadväznosti na predchádzajúce štúdie z konca 60. rokov boli aj v tomto období navrhnuté viaceré alternatívne spôsoby čistenia, ktoré vo veľkej miere kopírovali predchádzajúce návrhy. Jedným z riešení bolo postupné odplavovanie sedimentov počas období zvýšených prietokov, čo si vyžadovalo prestavbu existujúcich hrádzí na rozoberateľné konštrukcie podobné výpustným zariadeniam rybníkov. Návrh počítal s úpravou uzáverov hrádzí tak, aby podporovali prirodzený prietok vody a minimalizovali ďalšiu sedimentáciu. Súčasťou návrhu bolo aj vybudovanie doplnkovej manipulačnej hrádze vo vzdialenosti 300 až 500 m od existujúcej hrádze Druhej plavby smerom k štátnej hranici, ktorá by umožňovala reguláciu množstva odplavovaných sedimentov. Alternatívne sa uvažovalo o fyzickom odstraňovaní nánosov, či už ručným výkopom s následným transportom materiálu na povrch (s konským poťahom cez hlavný vchod alebo banskými vozíkmi po koľajniciach uložených po celej dĺžke Druhej plavby), alebo mechanizovaným rozrušovaním sedimentov s ich transportom vo forme suspenzie. Medzi technicky náročnejšie návrhy patrilo aj odstránenie rozrušeného materiálu prostredníctvom vŕtanej sondy, situovaného približne v polovici dĺžky Druhej plavby. Ponechanie Druhej plavby v prirodzenom stave po vyčistení malo svoju alternatívu vo vybudovaní betónového koryta v hlavnej osi plavby, ktoré by bolo jednoduchšie z hľadiska budúcej údržby a čistenia, no zároveň by znamenalo zásah do prirodzeného charakteru jaskynných priestorov.

Osobitnú pozornosť si vyžadovalo aj zabezpečenie dostatočného množstva vody pre prevádzku plavieb, najmä v letných mesiacoch. Navrhované riešenia zahŕňali technicky náročný variant prečerpávania vody z povrchového toku Kečovského potoka na najbližší kopec, odkiaľ by bola voda samospádom povrchovým alebo podpovrchovým potrubím privádzaná do systému suchých poldrov a odtiaľ následne do podzemia jaskyne.

V roku 1971 v rámci kompletnej rekonštrukcie elektrických rozvodov v jaskyni sa táto vykonala aj v tom čase neprevádzkovanej Druhej plavbe. Začiatkom 70. rokov minulého storočia sa v jaskyni podľa predchádzajúcich úvah vybudovali na obidvoch plavbách hrádze s drevenými posúvacími stavidlami, neskôr sa po viacročných skúsenostiach prebudovala hrádza na Prvej plavbe s osadením dvoch „šupátkových“ ventilov (Macko, 1996) (obr. 6, 7).

V rokoch 1973 a 1974 sa s nákladmi cca 1 milión Kčs pracovníkmi Geologického prieskumu Spišská Nová Ves a ďalšími brigádnikmi čistila Druhá plavba.[26] Napriek plánovanému spusteniu prevádzky Druhej plavby po ukončení prác v sezóne roku 1974 k sprístupneniu plavby pre verejnosť nedošlo (Macko, 1996).

Postavené poldre pred jaskyňou ako súčasť vodozadržiavacieho systému z roku 1968 chránili jaskyňu pomerne úspešne. Kritické boli roky 1977[27] a 1981[28], kedy sa jaskyňa nevyhla vážnym povodňovým udalostiam, ktoré okrem materiálnych škôd na zariadení v jaskyni opätovne priniesli do jaskyne vrátane plavby značné množstvo sedimentov. V rokoch 1981 až 1984 sa realizovala výstavba nového vstupného areálu jaskyne vrátane ochranného betónového monolitu, ktorá bola poslednou väčšou stavebnou aktivitou v rámci protipovodňových opatrení jaskyne (Lalkovič, 1996, 2014). Bohužiaľ, čistiace práce v Druhej plavbe po záplave z roku 1981 sa popri iných technických prácach v jaskyni už nerealizovali. Za hrádzou Druhej plavby však ešte aj dnes v dĺžke niekoľko desiatok metrov vidieť zničené koryto podzemnej riečky Styx a posledné zvyšky koľajovej dráhy, ktorá slúžila na vyvážanie hliny a kameniva z plavby pri jej staršom čistení (obr. 8).

Druhá plavba zostala trvalo mimo oficiálnej prehliadkovej trasy jaskyne.

STAV A PREVÁDZKA PLAVBY OD 90. ROKOV MINULÉHO STOROČIA PO SÚČASNOSŤ

V období 90. rokov minulého storočia až po súčasnosť prevádzali Prvú plavbu, podobne ako roky predchádzajúce, viaceré prevádzkové a environmentálne problémy. Kľúčovým bol nedostatok vody, keďže podzemný tok Styx spolu s Domickým potokom nedokázal zabezpečiť stabilný a dostatočný prítok vody do plavby potrebný pre jej kontinuálnu prevádzku. Významný problém ešte stále predstavovali aj epizodické prívalové vody, ktoré do priestorov plavby prinášali sedimenty, čím naďalej spôsobovali jej zanášanie a znižovanie plavebnej hĺbky. S uvedenými javmi úzko súvisí aj zhoršená kvalita vody v plavbe, ktorá býva často zakalená a znečistená. Negatívny vplyv na vodný režim Prvej plavby v tomto období má aj nedostatočná tesnosť plavby, ktorá spôsobuje postupné straty vody presakovaním do podložia.

V roku 1997 v priestoroch Prvej plavby firma SKOV, s. r. o. Bratislava v rámci hydrologického monitoringu uskutočnila prehliadky jej dna, ako aj dve stopovacie skúšky, ktoré mali overiť miesta úniku vody z jej priestorov. Na základe výsledkov prác sa predpokladalo,

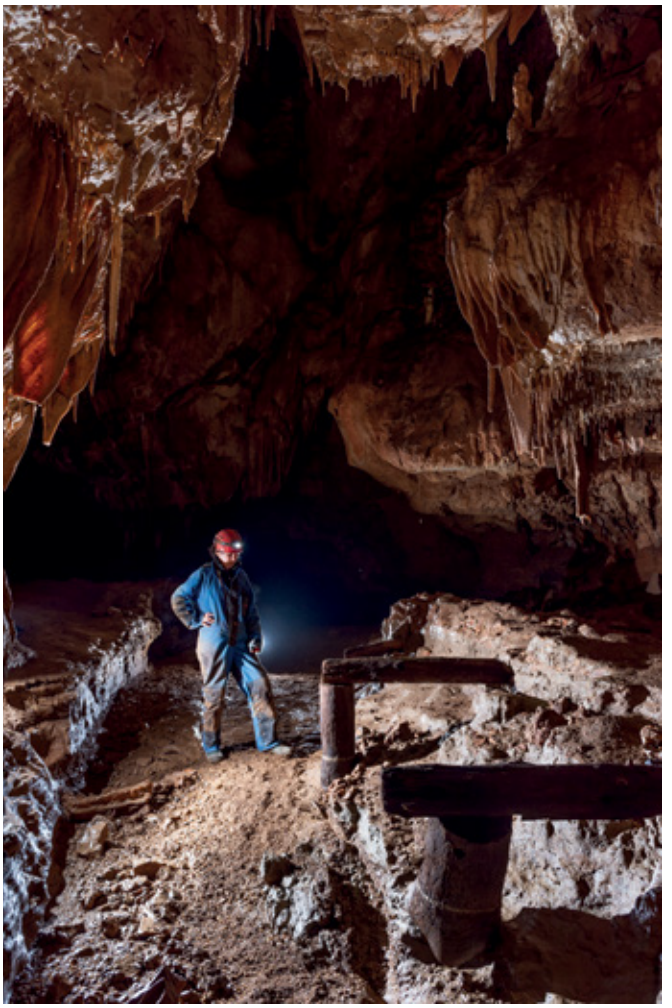
[25] *Archív OPaJ, f. PKJ, k. 238 Domica, č. nepriradené (Zápis z komisionálneho jednania v jaskyni Domica dňa 11. 6. 1971, 995/71).*

[26] *Pred novou turistickou sezónou, Domica sa parádi. Práca, roč. 28, č. 16, str. 6, z 19. 1. 1973.*

Poplavíme sa? Východoslovenské noviny, roč. 23, č. 26, str. 2, z 31. 1. 1974.

[27] *Voda vyčíňala. Práca, roč. 32, č. 86, str. 2, z 13. 4. 1977.*

[28] *Domica zatvorená. Ľud, roč. 34, č. 135, str. 1, z 10. 6. 1981.*



Obr. 8. Zvyšky koľajovej dráhy za Druhou plavbou, ktorá bola využitá pri čistení plavby. Foto: P. Staník
Fig. 8. Remnants of the track behind the Second Boat Trip, which was used during cleaning of the channel. Photo: P. Staník

že niektoré miesta únikov sa aj napriek mocnej vrstve dnových sedimentov nachádzajú pri dne koryta plavebného kanálu v priestoroch Gotického dómu (Klaučo et al., 1998). Zlepšenia vodného režimu plavby formou transportu vody z Kečovskej vyvieračky sa v rámci záverov úlohy realizovanej firmou SKOV, s. r. o. opísali ako ekonomicky neprijateľné a technicky náročné riešenie, ktoré by navyše vyžadovalo úvodnú vodohospodársku štúdiu riešiacu nielen transport vody, ale aj podrobnejšiu analýzu chemického zloženia týchto vôd a ich vplyv na potenciálny vznik zmiešavacej korózie negatívne pôsobiacej na jaskynnú výzdobu. Krátkodobé zlepšenie vodného režimu Prvej plavby vychádzalo z podpory v tom čase už prebiehajúceho prečerpávania vody z Druhej plavby. V januári 1997 bolo pracovníkmi Správy slovenských jaskýň zrealizované tesnenie stavidla a jeho okolia na Druhej plavbe práve z dôvodu, aby bola táto schopná čo najdlhšie zadržiavať vodu určenú na prečerpávanie do Prvej plavby.

V roku 1998 sa zo strany Správy slovenských jaskýň pristúpilo aj k tesneniu kritických úsekov Prvej plavby. Ako tesniaci materiál bol použitý bentonit, aplikovaný v miestach s najvyšším rizikom priesakov vôd do podložia.

V nadväznosti na tieto opatrenia bola v roku 1999 realizovaná inštalácia plastových hadíc na celom úseku Druhej plavby ako súčasť prečerpávacieho zariadenia, ktoré malo za úlohu stabilizovať vodný režim Prvej plavby. Tento vynovený systém umožňoval v prípade poklesu hladiny na Prvej plavbe pod kritickú úroveň automatické prečerpanie zachytenej vody z Druhej plavby do Prvej. Prečerpávanie vody medzi plavbami v prípade jej dostatočného množstva sa využíva dodnes. Predstavuje dôležitý prvok operatívneho riadenia vodného režimu plavby. Vďaka nemu sa počas suchých období aspoň sčasti predlžuje prevádzka plavby (v niektorých prípadoch aj o niekoľko týždňov).

V roku 2021 sa vykonalo opätovné pretesnenie stavidla hrádze Druhej plavby. Bohužiaľ, technické prevedenie prác zďaleka nezodpovedalo potrebám vyriešenia jeho tesnosti. Navyše povodeň v jaskyni z 18. 7. 2021 tento stav ešte zhoršila.

Keďže neexistuje samostatná evidencia o fungovaní plavby v jaskyni, jej prevádzku sme zosumarizovali na základe dostupných zápisov z Denníka jaskyne[29] v kombinácii s archivovanými záznamami o predaji vstupeniek. Výsledkom je prehľad prevádzky Prvej plavby za obdobie rokov 1993 až po súčasnosť (tab. 1). V základnej tabuľke je prehľadne uvedená prevádzka plavby po mesiacoch v rámci jednotlivých rokov (za mesiac s aktívnou prevádzkou sme považovali mesiac, v rámci ktorého bola plavba prevádzkovaná aspoň jeden deň). V prípade roku 2004 je vzhľadom k chýbajúcim informáciám údaj o trvaní plavby neúplný. Pri roku 2023 je dôležité uviesť, že prietoky Styxu a tým aj fungovanie plavby bolo sčasti ovplyvnené poruchou na skupinovom vodovode Kečovo-Dlhá Ves spojenou s vytekaním vody do voľnej krajiny a v prepojení cez ponor Izolátor aj s priamym dotovaním podzemného hydrologického systému jaskyne.

Zosumarizované údaje poukazujú na nepravidelnosť fungovania plavby v jaskyni. V rokoch 1994 až 2001 bola plavba v prevádzke každoročne, avšak od roku 2002 dochádzalo k častým prerušeniam prevádzky. V niektorých rokoch sa Prvá plavba neprevádzkovala vôbec (2002, 2003, 2007, 2008, 2012, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021, 2022, 2025). Do tohto obdobia spadajú aj roky pandémie COVID-19 (2020, 2021, 2022), počas ktorých bola jaskyňa buď úplne zatvorená, alebo fungovala v obmedzenom režime v dôsledku prijatých protipandemických opatrení. K rokom s najdlhšou prevádzkou plavby počas otvorenia jaskyne patria roky 1999, 2000, 2010, 2013 a 2016. Plavba v jaskyni fungovala hlavne počas mesiacov máj až august. V niektorých rokoch bola spustená už počas mesiaca apríl, výnimočne v marci (1997, 1999, 2000, 2001, 2010, 2011, 2013), v jednom prípade dokonca vo februári (2000). Skoršie spustenie plavby je v súčasnosti ojedinelým javom. Skôr je tendencia prevádzky plavby v neskorších mesiacoch (hlavne september). V prípade, že by sme za hlavnú sezónu v jaskyni považovali obdobie mesiacov jún až august, v rámci posledných 33 rokov bol podiel zabezpečenia a fungovania plavby v tomto období 42 %.

DISKUSIA A ZÁVER

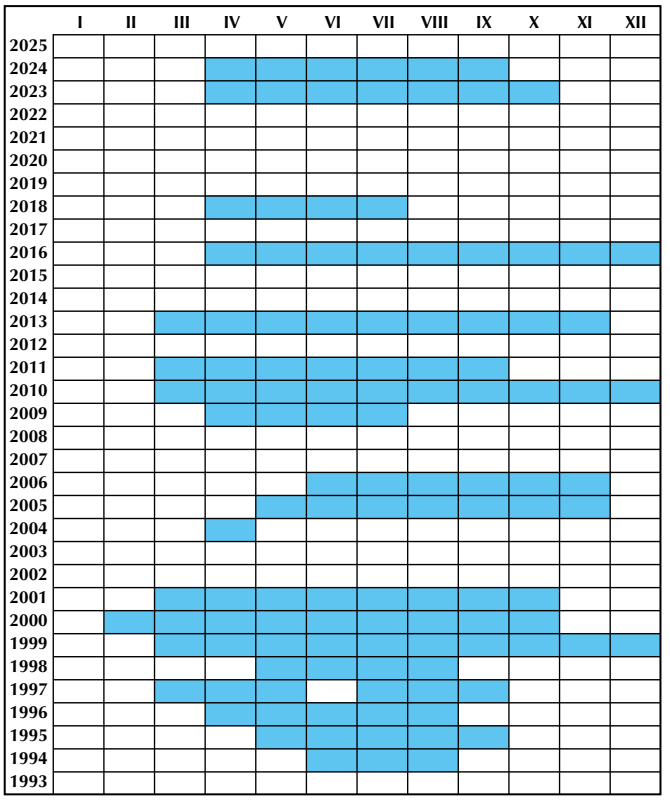
Prvý plavebný kanál podzemnej plavby v jaskyni Domica na riečke Styx v dĺžke asi 140 m bol vybudovaný na pozadí jej sprístupňovania v roku 1932. V nasledujúcom roku pribudlo prvé teleso hrádze druhého plavebného kanála, pôvodne v dĺžke približne 500 m. Po prevzatí jaskyne Turistom, n. p. v roku 1954 bola počas hĺbkovej rekonštrukcie vybavenia jaskyne prebudovaná hrádza Druhej plavby, čím vznikol plavebný kanál s dĺžkou asi 630 m. Hochmuth (2014) uvádza dĺžku Druhej plavby 632,05 m. Výstavba, ako aj predpokladaná prevádzka Druhej plavby si vyžadovali vyrazenie nového vchodu do priestoru Kvetnice. Podľa Šupinského et al. (2018) na základe výsledkov z laserového skenovania (pri vypustenom stave plavby) dosahuje Prvá plavba pri plnom vodnom stave do výšky chodníka objem 640 m^3 s maximálnou hĺbkou 1,9 m. Druhá plavba je síce dlhšia, vyznačuje sa ale užšími priestormi, jej objem vzhľadom na úroveň chodníka v prístavisku je 790 m^3 a maximálna hĺbka 2,45 m.

Kým prvý plavebný kanál umožňuje nepravidelnú plavbu v jaskyni dodnes (obr. 9), Druhá plavba fungovala pre návštevníkov len od roku 1958 do roku 1963. Vybudovanie plavby na podzemnom toku Styx v jaskyni Domica počas jej sprístupňovania možno s odstupom niekoľkých desaťročí hodnotiť ako nie celkom šťastné riešenie. Prevádzkové problémy, ktoré sa v súvislosti s plavbou (Prvou aj Druhou) postupne od spustenia jej prevádzky objavili, boli predovšetkým dôsledkom nepriaznivých hydrologických pomerov lokality, ktoré v čase jej výstavby neboli detailnejšie známe. Plavby v jaskyni mali zvýšiť atraktivitu jaskyne pre návštevníkov, a tým zabezpečiť jej vyššiu návštevnosť, najmä vzhľadom na nepriaznivú polohu jaskyne z hľadiska cestovného ruchu. Príroda však víťazila nad človekom, a tak napriek viacerým ďalším antropogénnym zásahom v jaskyni Druhá plavba fungovala len veľmi krátky čas a prevádzka Prvej plavby tiež nenapĺňala očakávania jej budovateľov.

[29] *Archív SSJ, f. Domica, k. 14, č. nepriradené (Denník jaskyne 1992 – 2019).*

Tab. 1. Prehľad prevádzkovania Prvej plavby v jaskyni Domica počas obdobia 1993 – 2025; A – základný (modrá farba – prevádzka plavby, biela farba – bez prevádzky), B – podrobnejší.
Tab. 1. Overview of the operation of the First Boat Trip in the Domica Cave during the period 1993–2025; A – basic (blue color – cruise operation, white color – no operation), B – more detailed.

A.



B.

rok	od	do	počet dní
2025	žiadna		0
2024	6.4.2024	7.9.2024	155
2023	29.4.2023	8.10.2023	163
2022	žiadna		0
2021	žiadna		0
2020	žiadna		0
2019	žiadna		0
2018	7.4.2018	25.7.2018	110
2017	žiadna		0
2016	20.4.2016	31.12.2016	255
2015	žiadna		0
2014	žiadna		0
2013	22.3.2013	15.11.2013	239
2012	žiadna		0
2011	11.3.2011	27.9.2011	201
2010	13.3.2010	30.12.2010	293
2009	17.4.2009	9.7.2009	84
2008	žiadna		0
2007	žiadna		0
2006	25.6.2006	15.11.2006	144
2005	3.5.2005	5.11.2005	187
2004	6.4.2004	?	
2003	žiadna		0
2002	žiadna		0
2001	3.3.2001	17.10.2001	229
2000	február	22.10.2000	236 + max. 28 dní
1999	4.3.1999	december	331 + max. 31 dní
1998	máj	august	61 + max. 62 dní
1997	marec	máj	30 + max. 62 dní
	júl	september	31 + max. 61 dní
1996	6.4.1996	16.8.1996	133
1995	máj	26.9.1995	118 + max 30 dní
1994	jún	2.8.1994	33 + max 30 dní
1993	žiadna		0

Obr. 9. Plavba návštevníkov jaskyne v priestoroch Prvej plavby. Foto: P. Staník
Fig. 9. Cave visitors boat trip in the First Boat Trip area. Photo: P. Staník

Analogická situácia bola aj v maďarskej Baradle, kde v roku 1935 H. Kessler poverený vedením a rekonštrukciou jaskyne realizoval viaceré technické zásahy vrátane výstavby hrádze pod Koncertnou sieňou, čím vytvoril jazero vhodné na člnkovanie. Aj v maďarskej časti systému sa však prejavili problémy spojené s nedostatkom vody a povodňami, čo negatívne ovplyvnilo prevádzku plavby. S cieľom zlepšiť podmienky plavby sa okrem opakovanej opravy hrádze realizovali v Baradle pokusy s úpravou samotného koryta Styxu, čo v konečnom dôsledku spôsobilo ešte väčšie škody. A tak aj napriek viacerým technickým zásahom vrátane odstránenia blata a ďalších sedimentov z plavby na začiatku 80. rokov 20. storočia plavba v jaskyni definitívne zanikla a jej niekdajšiu existenciu a funkčnosť pripomína už len čln ponechaný v prístave (Székely, 2014).

Na slovenskej strane, v jaskyni Domica, historické pramene potvrdzujú, že problémy s nedostatkom vody na plavbe, rovnako ako aj problémy spojené so záplavami sa v jaskyni objavili už bezprostredne po uvedení obidvoch plavieb do prevádzky. Mnohé technické návrhy a riešenia mali postupne priniesť zlepšenie hydrologickej situácie na lokalite. Avšak viaceré z nich sa vôbec nezrealizovali, iné nepriniesli očakávaný efekt. A tak aj po viac ako 90 rokoch jaskyňa čelí pretrvávajúcim problémom súvisiacim s nedostatkom vody a problematickou plavbou. Rovnako ako v minulosti prichádzajú aj dnes návštevníci do jaskyne Domica hlavne s cieľom previesť sa po bájnej riečke Styx. O to väčšie je ich sklamanie, keď namiesto vodnej hladiny v Prvej plavbe častokrát vidia len člnky posadené v sedimentoch (obr. 10).

Prevádzka Prvej plavby má aj v súčasnom období viacero úskalí. Keď si odmyslíme fakt, že ide o neprirodzený prvok jaskyne, ktorý by tu pri súčasných znalostiach jej hydrologických pomerov pravdepodobne už nikto nestaval, musíme sa postaviť pred otázku zachovania jej racionálnej prevádzky pri súčasných technických podmienkach. Napúšťanie Prvej plavby až do stavu dosiahnutia plavebnej výšky prebieha manuálnym uzatvorením priepustov na jej hrádzi. Rýchlosť napĺňania plavby závisí od veľkosti prietokov Styxu a Domického potoka. Pri nízkych prietokoch sa plavba vzhľadom na svoje limity tesnosti a s tým spojené priesaky nedokáže naplniť. Pri väčších

Obr. 10. Prístavisko Prvej plavby s člnmi v čase sucha. Foto: P. Staník
Fig. 10. The First Boat Trip wharf with boats during dry season. Photo: P. Staník

prietokoch sa naplní v priebehu niekoľkých dní, pri povodňových stavoch je to otázka niekoľkých hodín.

Naplnená plavba spolu s limitujúcim prietokom kanála pod chodníkom od Rímskych kúpeľov do plavby predstavuje riziko hlavne pre priestor Majkovho dómu, prístavisko Prvej plavby a jeho okolie v prípade prívalových zrážok a s tým spojeným zvýšením prietokov obidvoch podzemných tokov. Pri uzatvorenom stavidle na plavbe a jej plnom stave prívalová voda vstupujúca do podzemia preteká cez teleso hrádze, zároveň aj vplyvom vzdutej hladiny postupne zatápa už spomínaný priestor Majkovho dómu. Po opadnutí vody je nevyhnutné tieto priestory čistiť od nánosov sedimentov, čo si často vyžaduje aj krátkodobé zatvorenie jaskyne.

Podľa hodnotenia hydrologických pomerov v jaskyni Domica za obdobie 2016 – 2021 (Haviarová a Gavurník, 2021) pravdepodobnosť prevádzky plavby v jaskyni s blížiacimi sa letnými mesiacmi z hľadiska vhodných hydrologických pomerov klesá. Výsledky hydrologických meraní ukázali, že pre účely plavby sa nedá spoliehať na väčšie prietoky v mesiacoch marec a apríl, keďže tie sa podľa výsledkov monitoringu z posledných rokov vyskytujú skôr sporadicky. Ako dôležité z hľadiska naplnenia priestorov plavby a jej prevádzky ešte pred hlavnou sezónou sa javia už prípadné februárové vody pochádzajúce zo zimných zrážok pretekajúce jaskyňou. Ukazuje sa tiež, že bez zachytenia vôd počas povodňových stavov pri súčasnom technickom riešení plavby je jej prevádzka častokrát len ťažko realizovateľná, keďže priemerné prietoky podzemného toku Styx a Domického potoka dokážu len veľmi ťažko a obmedzene naakumulovať pre plavbu potrebné objemy vody.

Hydrologické pomery jaskyne v kombinácii s manuálnou reguláciou napúšťania a vypúšťania plavby, ktoré zabezpečuje jej personál, sú v súčasnosti kľúčovými faktormi ovplyvňujúcimi jej prevádzku. Hľadanie rovnováhy medzi zabezpečením dostatočného množstva kvalitatívne vyhovujúcej vody pre plavbu, minimalizáciou rizika zaplavenia Majkovho dómu a priľahlých priestorov, prílišného sedimentovania splavenín v plavebnom koryte plavby, ako aj uspokojenie dopytu návštevníkov po tejto atrakcii pri zachovaní efektivity prevádzky je mimoriadne náročné, vyžadujúce si častokrát kompromisné riešenia.

Neexistuje univerzálne riešenie, ktoré by pri súčasnom stave technických prvkov v jaskyni a na povrchu dokázalo garantovať dostatok „čistej“ nezakalenej vody pre plavbu. Situáciu navyše komplikujú prejavy klimatickej zmeny, najmä pokles množstva zimných zrážok a striedanie dlhších suchých období s krátkodobými, ale o to intenzívnymi zrážkami.

Možné technické opatrenia, ako napríklad rekonštrukcia poldrov, modernizácia stavidiel s automatizáciou regulácie vodného režimu, úprava prietokových kanálov pod chodníkom v Majkovom dóme, zvýšenie tesnosti plavby, by mohli prispieť k čiastočnému zlepšeniu podmienok prevádzky plavby. Ich realizácia je však podmienená dostupnosťou finančných zdrojov, bez ktorých zostávajú tieto riešenia len v podobe teoretických úvah.

V prípade Druhej plavby neexistuje v súčasnosti žiadne jednoduché, lacné a efektívne riešenie, na základe ktorého by bolo možné Druhú plavbu opäť prevádzkovať pre široké masy návštevníkov. Aj preto si táto žije svojím životom už niekoľko desiatok rokov. S výnimkou nevydarenej opravy stavidla hrádze v roku 2021, ktorá mala zamedziť jej prepúšťaniu, ostáva Druhá plavba z hľadiska prevádzky jaskyne Domica mimo hlavného záujmu. S obnovením jej plavby pre širokú verejnosť sa v súčasnej dobe nepočíta.

Poďakovanie

Za pripomienky k článku v rámci recenzného posudku ďakujeme Z. Hochmuthovi. Rovnako ďakujeme našim kolegom P. Staníkovi za vyhotovenie fotodokumentácie a poskytnutie fotografií k článku a J. Novákovej za úpravu mapových podkladov.

LITERATÚRA

Benický, V. 1932. Sprístupňovacie práce v Domici. Krásy Slovenska, 1932, 11, 2–3, 54–63.
Benický, V. 1935. Úprava druhej plavby v Domici. Krásy Slovenska, 14, 6, 125–128.
Haviarová, D. – Gavurník, J. 2021. Základné zhodnotenie výsledkov monitoringu hydrologického režimu, Aragonit, 26, 2, 51–63.
Hochmuth, Z. 2014. História mapovania a vytvorenie spojitého meračského ťahu ako podkladu pre reambulovanie mapy Domice. Slovenský kras, 52, 2, 173–190.
Iždinský, L. – Staník, P. 2003. Uzatváranie a čistenie jaskýň, Aragonit, 8, 41–42.
Janák, J. 1932. Domica stará – Domica dnešní. Krásy Slovenska, 11, 2–3, 63–68.
Kašpar, J. 1936. Domica minulá, přítomná a budoucí. Časopis turistů, 48, 8, 187–190.
Klaučo, S. – Filová, J – Körner, O. – Pokorná, A. 1998. Hydrologický monitoring jaskyne Domica. Záverečná správa. SKOV s.r.o., Bratislava, 20 s.
Lalkovič, M. 1996. Jaskyňa Domica v prehľade svojej histórie. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov. Liptovský Mikuláš, 99–106.
Lalkovič, M. 2014. Objav a poznávanie Domice. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica – Baradla. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 425–449.
Lutonský, A. 1946. Domica žaluje. Krásy Slovenska, 23, 6, 132–135.
Macko, M. 1996. Problémy prevádzky jaskyne Domica. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov z odborného seminára (Medzev, 18. – 20. 9. 1996). SSJ, Liptovský Mikuláš, 107–108.
Paloncy, E. 1932. Jak jsme měřili v Domici. Krásy Slovenska,11, 2–3, 48–53.
Paloncy, E. 1933. Měření jeskyně „Domice“. Krásy Slovenska, 12, 3–4, 65–69.
Peško, M. 1996. Hydrologické pomery jaskyne Domica. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov. Liptovský Mikuláš, 77–79.
Székely, K. 2014. Dejiny jaskyne Baradla. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica – Baradla. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 365–423.
Šupinský, J. – Hochmuth, Z. – Kaňuk, J. 2018. Integrácia dát z podzemného laserového skenovania pri mapovaní jaskýň. In Inspektor, T. – Horák, J. – Růžička, J. (Eds.): Zborník referátov sympózia "GIS Ostrava 2018, GIS pro podporu bezpečnosti a krizového řízení" v Ostrave 21. 3. 2018 – 23. 3. 2018, Vysoká škola baňská – Technická univerzita Ostrava. [online]. Dostupné na http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2018/sbornik/papers/gis20175a5bab654d7bc.pdf

BEZSTAVOVCE JASKYNE DOMICA: STOROČIE VÝSKUMU PODZEMNEJ BIODIVERZITY

Vladimír Papáč – Miloš Melega

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; vladimir.papac@ssj.sk; milos.melega@ssj.sk

V. Papáč, M. Melega: Invertebrates of Domica Cave: a century of research on subterranean biodiversity

Abstract: A century has passed since the discovery of the Domica Cave in 1926. During this time, biospeleological research at this site has undergone significant development. While it initially focused mainly on identifying species diversity, attention gradually shifted toward a deeper investigation of trophic relationships, guano microbiology, and biochemical processes. So far, 515 invertebrate taxa have been identified in the entire Domica-Baradla Cave System, 270 of which have been recorded in the Domica Cave. The terrestrial invertebrate community of the Domica Cave is characterized by a predominance of eurytopic and troglophilic species. Among the fauna occurring here are obligate cave-dwelling forms, as well as Western Carpathian endemics such as the millipede *Typhloiulus* sp., dipluran *Plusiocampa spelaea* and two species of springtails, *Pseudosinella aggtelekiensis* and *Pygmarrhopalites slovacicus*, which are so far known only from the Slovak Karst and Aggtelek Karst. The highest species diversity of aquatic cave fauna in Slovakia was also recorded here, with more than 20 species identified, including eight subterranean forms (e.g. *Niphargus aggtelekiensis*, *Bathynella natans*).

Keywords: biospeleology, cave fauna, Domica Cave, invertebrates, microbial processes, guano

ÚVOD

Jaskynný systém Domica-Baradla s celkovou dĺžkou viac ako 30 km predstavuje jedinečný podzemný komplex na slovensko-maďarskom pohraničí. Z biospeleologického hľadiska ide o lokalitu medzinárodného významu (Culver a Pipan, 2009). Od svojho objavenia sa jaskynný systém stal nielen speleologickým, archeologickým a geomorfologickým unikátom, ale aj mimoriadne cenným prírodným laboratóriom s možnosťou výskumu podzemných organizmov v ich prirodzenom prostredí. Ľahko prehliadnuteľné, no ekologicky veľmi významné skupiny predstavujú mikroorganizmy a bezstavovce, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu vo fungovaní jaskynných ekosystémov.

Priestory Domice sú charakteristické relatívne stabilnou mikroklímou, vysokou vlhkosťou, absenciou svetla a vzhľadom na ponorné toky a príležitostné záplavy aj dostatkom organickej hmoty. Tieto podmienky spolu s bohatým výskytom netopierov a ich trusu viedli k vzniku špecializovaných spoločenstiev bezstavovcov, zahŕňajúcich troglofilné a troglobiontné druhy, ako aj náhodne splavené alebo zavlečené povrchové druhy (trogloxény). Za posledných 100 rokov došlo k významnému posunu v metódach výskumu, taxonomickom poznaní aj v ochrane jaskynných biotopov. Zároveň sa menili aj vonkajšie vplyvy ako turistická prevádzka, klimatické zmeny či hydrologické zásahy, ktoré môžu ovplyvňovať krehkú rovnováhu podzemných spoločenstiev. Dnešný stav Domice teda nemožno chápať iba ako výsledok prirodzenej krasovej a hydrologickej dynamiky. Od objavu v roku 1926 bola jaskyňa opakovane technicky, prevádzkovo a manažérsky upravovaná. Tieto zásahy súviseli najmä so sprístupnením, bezpečnosťou návštevníkov, osvetlením, plavbou, ochranou pred prívalovými vodami, údržbou prevádzkových trás a reakciami na mimoriadne udalosti. Ich súhrn pravdepodobne zásadne spoluurčuje dnešné hydrologické, sedimentačné, mikroklimatické a biologické pomery sprístupnených častí Domice.

Cieľom tohto príspevku je zhrnúť hlavné etapy biospeleologického výskumu v jaskyni Domica (vrátane Čertovej diery a Líščej diery) a syntetizovať doterajšie poznatky o bezstavovcoch, ich ekologických väzbách, potravných vzťahoch a o význame mikroorganizmov v tomto podzemnom ekosystéme. Pri príležitosti 100. výročia objavenia Domice tak nadväzujeme na bohatú tradíciu biospeleologického výskumu a zároveň zdôrazňujeme význam dlhodobého monitoringu a ochrany tohto podzemného ekosystému.

OD OBJAVU K DNEŠNÉMU STAVU DOMICE

Domica je prepojený systém viacerých pôvodne samostatných častí: Čertova diera, Domica, Líščia diera a Stará Domica. Domica bola objavená cez vchod Stará Domica v roku 1926, spojenie s Čertovou dierou bolo potvrdené v roku 1929, spojenie s Baradlou v roku 1932 a spojenie s Líščou dierou sa podarilo jaskyniarom zo speleoklubu UPJŠ v roku 2026, čím Domica na slovenskej strane po zameraní presiahne dĺžku 10 km (Speleoklub UPJŠ, 2026). Domica nie je len turistický úsek, ale časť väčšieho drenážneho a ponorného systému z okolitých svahov. Kečovský potok napríklad na prvý pohľad systém obchádza, ale jeho vody sa cez skryté ponory dostávajú do spodných úrovní jaskynného systému Domica-Baradla a vyvierajú vo vyvieračke Jósva; systém je tým nepriamo ovplyvnený aj hydrologickým systémom jaskyne Milada (Gaál a Gruber, 2014).

Práve táto hydrologická a priestorová prepojenosť je dôležitá aj z biospeleologického hľadiska. Život v Domici neformujú len stabilné podzemné podmienky, ako sú tma, vysoká vlhkosť a relatívne vyrovnaná teplota, ale aj zmeny v jej povrchovom povodí pri transporte vody, sedimentov, organickej hmoty, mikroorganizmov a povrchových živočíchov do podzemia. Od objavu jaskyne sa jej priestory opakovane prispôsobovali, čo z biologického hľadiska vytváralo nové stanovištia, menilo existujúce mikrohabitaty a ovplyvňovalo priestorové rozloženie spoločenstiev v jednotlivých častiach jaskyne. Stav biospeleologických poznatkov je preto potrebné chápať ako výsledok prirodzenej krasovej dynamiky aj postupnej histórie technických, prevádzkových a manažérskych zásahov.

Po objave Domice nasledovalo začlenenie jaskyne do turistického a prevádzkového režimu. To zahŕňalo vybudovanie prehliadkovej trasy, premiestňovanie pôvodných sedimentov, zasypávanie prepadlín, odstraňovanie balvanov a prehlbovanie nízkych chodieb. Okolo riečiska sa vybudovali hrádze a cez vodu, hlavne okolo Rímskych kúpeľov a smerom k Čertovej diere proti prúdu, boli položené lavičky a zhotovených bolo niekoľko mostíkov. Následne prebiehala snaha o správu jaskyne rôznymi subjektmi, pričom v roku 1929 jaskyňu prevzal Klub československých turistov. V roku 1930 bol zameraný a následne prekopaný nový vchod do jaskyne a v roku 1932 sa začali práce na jej sprístupňovaní. Tie zahŕňali opäť premiestňovanie sedimentov a zasypávanie hlbokých strží či rozširovanie zúžených miest. Takto sa vytvorilo približne 1000 m prehliadkovej trasy. Pôvodne sa počítalo s tým, že sa od Rímskych kúpeľov dolu riečiskom zriadi prehliadkový chodník popri brehoch Styxu. Na návrh Alojza Lutonského sa riečisko Styxu napokon začalo upravovať pre podzemnú plavbu. Po skúškach s provizórnym zdvihnutím vody sa pristúpilo k postaveniu betónovej hrádze na konci Gotického dómu, čím sa v asi 200 m dlhej časti jaskyne od Rímskych kúpeľov po Plitvické jazierka zriadila prvá plavba (Benický, 1932). Jaskyňu uviedli do prevádzky v lete 1932, kedy sa tu prvýkrát rozsvietili elektrické reflektory. Medzitým sa pokračovalo aj v úprave prístaviska pre druhú plavbu a pracovalo sa na splavnosti druhej plavby. Keďže záujem o jaskyňu zo strany verejnosti prekonal všetky očakávania, v 30. rokoch sa ďalej rozvíjala

Obr. 1. Kôrovec rovnakonôžka *Mesoniscus graniger*, charakteristický druh terestrického prostredia v Domici, veľkosť tela 1,5 cm. Foto: V. Papáč
Fig. 1. The terrestrial isopod *Mesoniscus graniger*, a characteristic species of the terrestrial environment in Domica Cave, body length 1.5 cm. Photo: V. Papáč

Obr. 2. Kôrovec rôznonôžka *Niphargus aggtelekiensis*, charakteristický druh vodného prostredia v Domici, veľkosť tela 3 – 4 cm. Foto: Nicola Rahmé
Fig. 2. The amphipod *Niphargus aggtelekiensis*, a characteristic species of the aquatic environment in Domica Cave, body length 3–4 cm. Photo: Nicola Rahmé

infraštruktúra. Pred vstupom do jaskyne bola vybudovaná chata s reštauráciou a upravovali sa aj ďalšie časti jaskyne, v júni 1935 sa pre širšiu verejnosť sprístupnila Panenská chodba. V roku 1936 sa konali oslavy desiateho výročia objavu. Pri tejto príležitosti sa v Dóme indických pagod uskutočnila prvá jaskynná omša v ČSR a jaskyňu navštívilo približne 650 osôb. Bol to teda začiatok procesu, keď sa jaskyňa začala meniť na prevádzkovaný priestor, kde pribúdali vstupy, komunikácie, technické siete, organizovaná návštevnosť, osvetlenie, sprievodcovská prevádzka a úpravy povrchového areálu (Lalkovič, 2014).

Vojnové využitie vstupných častí Domice predstavuje jednu z najvýraznejších jednorazových antropogénnych epizód v histórii jaskyne. V závere druhej svetovej vojny bola správna budova Domice obsadená vojskom, v prízemí boli umiestnené kone, v ďalších miestnostiach sa nachádzali vojaci a poľný lazaret. Samotná jaskyňa slúžila ako úkryt pre vojsko a kone; v prvých podzemných priestoroch boli maštale a ďalej ubikácie mužstva. Po vojne boli Vstupná chodba a Prales výrazne znečistené, okrem konského trusu sa v troskách nachádzali polámané stalagmity a znečistená bola aj kvapľová výzdoba (Lalkovič, 2014).

Po druhej svetovej vojne, ale aj po katastrofálnych záplavách z rokov 1954, 1955 a 1957 nasledovala náročná rekonštrukcia sprístupnenej trasy (Lalkovič, 1996). Vznik záplav v jaskyni súvisel nielen s klimatickými pomermi, ale aj s nevhodným obrábaním pôdy (orba po spádnici), nevhodnou skladbou výsadby (prevaha kukurice a okopanín), nepriaznivou konfiguráciou terénu a nevyhovujúcim zložením pôd s vyšším podielom zložiek náchylných na eróziu (Haviarová a Gruber, 2014). V rámci rekonštrukcie sa uskutočnila obnova hrádzí, sprevádzkovala sa druhá plavba a v roku 1958 sa vyrazil nový východ z jaskyne, ktorý vyúsťoval z Kvetnice za druhou plavbou priamo na povrch. V povojnovom období sa ďalej realizovalo rozširovanie návštevného okruhu a v roku 1961 bola sprevádzkovaná druhá plavba. Druhá plavba sa tým stala súčasťou prevádzkovaného priestoru jaskyne, teda priestoru, ktorý musel byť prístupný, bezpečný, technicky obsluhovaný a udržiavaný. Hrádza druhej plavby totiž spôsobila vzdutie vodnej hladiny a zvýšenú sedimentáciu. Neskôr, v rokoch 1966 – 1969, sa v Majkovom dóme vytvorili nové vodné plochy a vybudovali sa nové kancelárie a prevádzkové miestnosti v prístavbe pri chate. V rokoch 1968 – 1969 bol v súvislosti s výstavbou odvodňovacích poldrov zameraný širší priestor Domice a následne sa vybudovali retenčné nádrže, tzv. suché poldre, ktoré mali chrániť jaskyňu pri náhlych prívaloch vôd. Výstavba suchých poldrov predstavuje dôležitý moment, keď sa manažment Domice začal zameriavať nielen na úpravy vnútri jaskyne, ale aj na reguláciu prítoku vôd a splachov z povrchového povodia. Poldre tlmili prívalové špičky, predlžovali čas zdržania povrchovej vody pred jej vstupom do ponorov a zachytávali časť sedimentov a splachov z bezprostredného povodia. V období svojej funkčnosti tak predstavovali antropogénnu úpravu prirodzenej povodňovej dynamiky ponorného systému, keďže menili časovanie, intenzitu a zloženie sedimentov a organickej hmoty do podzemia. V súčasnosti sú zanesené sedimentmi a plnia svoju úlohu iba čiastočne. V roku 1971 sa realizovalo umelé prerazenie medzi Suchou a Panenskou chodbou, do jaskyne bola umiestnená nová elektroinštalácia a vykonali sa úpravy v úseku druhej plavby. Dnešný vstupný objekt bol vybudovaný až v rokoch 1981 – 1984 ako súčasť úprav areálu po opakovaných povodňových udalostiach (Lalkovič, 2014).

Po roku 1990 sa ťažisko antropogénnych zásahov v Domici presúva od rozširovania návštevnej trasy a úpravy hydrologického režimu k údržbe, ochrane, monitoringu a stabilizácii prevádzky. Jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu boli zaradené do Zoznamu svetového prírodného dedičstva UNESCO v roku 1995 a v roku 2001 boli Domica a Baradla vyhlásené za ramsarské lokality ako medzinárodne významné podzemné mokrade. Pre ďalší výskum je preto potrebné rekonštruovať a brať do úvahy nielen prírodnú dynamiku ekosystému, ale aj spôsob využívania a údržby jaskyne.

ZOOLOGICKÉ VÝSKUMY BEZSTAVOVCOV OD OBJAVENIA DOMICE

Po objave jaskyne Domica v roku 1926 patril medzi prvých zoológov, ktorí ju navštívili, V. J. Staněk. Po návšteve v roku 1932 publikoval dve správy o faunistickom prieskume (Staněk, 1932a, 1932b), v ktorých zaznamenal podkovára južného (*Rhinolophus euryale*) a jeho parazitov, muchy z čeľade Nycteribiidae, evidované ako nové pre vtedajšie Československo. Zachytil aj prvé jedince vodných rôznonôžok, ktoré označil ako „*Niphargus*". Výrazným organizačným medzníkom bolo založenie Krasovej komisie v roku 1933 pod vedením geológa Radima Kettnera, ktorá mala ambíciu posunúť výskum Domice na systematickejšiu úroveň. Zoologickým výskumom bol poverený Jaroslav Štorkán z Univerzity Karlovej v Prahe. Štorkán navštívil Domicu a aj blízku Čertovu dieru v rokoch 1934 – 1935 a výsledky sa dostali do súhrnnej správy o činnosti komisie, ktorú publikoval Kettner (1936). Práve Štorkán tu po prvýkrát uviedol pod plným menom žižiavku *Mesoniscus graniger* a kôrovca *Niphargus aggtelekiensis*, ktoré boli objavené a opísané pre vedu na maďarskej strane v jaskyni Baradla (Frivaldszky, 1865; Dudich, 1932).

Pre výskum bezstavovcov Domice boli v prvých desaťročiach kľúčové najmä nálezy slepej depigmentovanej rovnakonôžky *Mesoniscus graniger*. Práve tento druh vyvolal opakovaný záujem autorov, napríklad Frankenbergera (1940), a stal sa impulzom na podrobnejšie štúdium fauny Domice v medzivojnovom aj povojnovom období. V rovnakom období sa do centra záujmu v Domici dostávajú aj ďalšie faunistické okruhy, najmä výskum pavúkov rodu *Porrhomma* (Miller a Kratochvíl, 1940) a dážďoviek (Černosvitov, 1935, 1937).

Po roku 1945 sa záujem o faunu Domice zvyšoval, avšak výskum sa sústreďoval iba na vybrané taxonomické skupiny, napríklad na dážďovky (Zajonc, 1961) alebo hydrobiologický výskum (Štěrba, 1955). Z roku 1975 pochádza správa o pôvode pijavíc v jaskynnom systéme Domica-Baradla, čo dokumentuje, že biologický výskum Domice sa v 70. rokoch 20. storočia už dotýkal aj otázok pôvodu a migrácie druhov v rámci celého spojeného systému (Košel, 1975). Viac informácií o bezstavovcoch priniesli až práce J. Gulička (1975, 1985). Išlo o viacročný komplexný výskum, no publikovaná bola zjavne iba časť výsledkov a autor sa sústredil najmä na prirodzené vstupy, teda Starú Domicu, Čertovu dieru a Líščiu dieru. Z vodného toku Styx v Domici bol publikovaný aj výskyt povrchových druhov vodných chrobákov *Hydroporus palustris*, *H. planus*, *Agabus guttatus* a *A. bipustulatus* (Košel, 1994). Preto sa do polovice 90. rokov javila Domica z pohľadu suchozemskej fauny ako pomerne slabo preskúmaná lokalita: do roku 1995 bolo z Domice a Čertovej diery známych spolu len 16 druhov suchozemských článkonožcov (Kováč et al., 2005).

Za najdôležitejší impulz moderných biospeleologických poznatkov sa považuje začiatok systematického biospeleologického výskumu od roku 1997, ktorý už v prvých rokoch ukázal, že dovtedajšie poznatky boli do veľkej miery dôsledkom nerovnomerného a metodicky nejednotného zberu faunistického materiálu. Intenzívnejší záujem sa prejavil už v práci o chvostoskokoch (Kováč, 1998). Po roku 2000 sa charakter výskumu výrazne posunul – od izolovaných nálezov k cielenejším inventarizáciám a ekologickým interpretáciám. Výrazne pribudli práce zamerané na kôrovce (Hudec, 2000; Mlejnek a Ducháč, 2001, 2003), stonožky (Országh, 2000), mnohonôžky (Mock et al., 2002), kosce (Stašiov et al., 2003), šťúrovky (Kováč et al., 2002) či roztoče pancierniky (Ľuptáčik, 2006). Prvý ucelenejší prehľad suchozemských bezstavovcov Domice bol publikovaný začiatkom nového milénia (Kováč et al., 2004, 2005). Autori tu tiež upozornili na potravné vzťahy, ako aj na možný vplyv sprístupnenia a prevádzky jaskyne a vplyv antropogénnej eutrofizácie jaskyne tokmi Styx a Domický potok. Vďaka cielenejšiemu vzorkovaniu rôznych mikrohabitatov, ako sú guáno, tlejúce drevo, náplavy, jemné sedimenty, priesaky vôd či sutiny pri vstupe, sa počet zaznamenaných článkonožcov v Domici zvýšil na viac ako 140 druhov. Tento prístup znamenal posun od sporadických zberov k ekologicky interpretovanému výskumu rôznych častí jaskyne, typov stanovíšť a štruktúry spoločenstiev.

BIODIVERZITA DOMICE

BEZSTAVOVCE

V rámci systému Domica-Baradla je z literatúry dosiaľ známych 101 druhov jednobunkovcov a 503 druhov bezstavovcov. Pre domickú časť sa uvádza 259 druhov suchozemských a vodných bezstavovcov; prekrytie druhov zistených na oboch stranách systému je zatiaľ len 58 druhov (Papáč et al., 2014; Salamon et al., 2014). Na základe najnovších poznatkov sa počet druhov rozšíril a aktuálne je z Domice známych už 270 druhov a minimálne dva druhy pribudli aj v Baradle (Dózsa-Farkas et al., 2019). Niektoré druhy v Domici môžeme zaradiť medzi západokarpatské endemity, teda taxóny obmedzené svojím výskytom na Západné Karpaty alebo len na niektoré ich orografické celky či krasové oblasti. Takéto vzácne druhy sú mimoriadne dôležité z pohľadu zachovania biodiverzity aj ochrany pôvodných krasových habitatov. Medzi ne patria obligátne jaskynné formy, konkrétne mnohonôžka *Typhloiulus* sp. a dva druhy chvostoskokov – *Pseudosinella aggtelekiensis* a *Pygmarrhopalites slovacicus*, ktoré sú zatiaľ známe iba z územia Slovenského a Aggteleckého krasu. Z hľadiska väzby na podzemie sa v Domici vyskytujú náhodné povrchové (trogloxénne) druhy, najmä v zónach kontaktu s povrchovým prostredím, troglofilné a eutroglofilné druhy, ktoré podzemie využívajú pravidelne, aj pravé jaskynné formy – troglobionty a stygobionty – viazané na stabilné suchozemské a vodné jaskynné prostredie.

Spoločenstvo suchozemských bezstavovcov Domice je charakteristické prevahou troglofilných druhov. Súvisí to s tým, že Domica patrí medzi eutrofizované jaskyne, do ktorých sa ponornými tokmi transportuje pôda a ďalší organický materiál; menší podiel predstavujú priesakové vody a lokálne aj iné zdroje, napríklad telá uhynutých živočíchov či trus netopierov (guáno). Podrobný zoologický výskum takýchto priestorov využíva kombináciu zemných pascí na rôznych stanovištiach, rozmiestňovanie návnad, extrakciu organického materiálu a priame zbery (Kováč et al., 2005).

Pri podrobnejšom pohľade na štruktúru spoločenstiev zistíme, že v Domici bolo doposiaľ zistených 17 druhov obrúčkavcov (Černosvitov, 1935, 1937; Zajonc, 1961; Pižl, 2008). Suchozemské dážďovky (Oligochaeta) predstavujú menej nápadnú, ale ekologicky významnú zložku jaskynnej fauny. Historické práce uvádzajú ich nálezy v Domici už krátko po objave jaskyne, čo naznačuje dlhodobú prítomnosť tejto skupiny v podzemnom prostredí. V eutrofizovanom jaskynnom systéme, akým je Domica, môžu vytvárať lokálne stabilné populácie druhy ako *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *Dendrodrilus rubidus*, *Eisenia fetida* a *Octolasion lacteum*.

Článkonožce (Arthropoda) predstavujú dominantnú a druhovo najbohatšiu zložku suchozemských bezstavovcov jaskyne Domica. Ich druhové zloženie odráža eutrofizovaný charakter jaskyne a pravidelný prísun organickej hmoty i organizmov z povrchu. Vytvárajú komplexné a funkčne diferencované spoločenstvo zahŕňajúce detritofágov, koprofágov, predátorov aj parazitické formy viazané na netopiere. Starobylé šťúrovky (Palpigradi) sú zastúpené druhom *Eukoenenia spelaea*. Ide o drobné, slepé a depigmentované živočíchy, ktoré v strednej Európe nachádzame iba v subteránnom prostredí (Kováč et al., 2002). Významnú predátorskú zložku jaskynnej fauny tvoria pavúky (Araneae). Prvé nálezy z Domice zbieral Štorkán (in Kettner, 1936), ale uvádza ich iba ako „*Porrhomma* sp." a „*Linyphia*". Neskôr zistené druhy ako *Nesticus cellulanus affinis* a *Centromerus cavernarum* sú adaptované na stabilnú jaskynnú mikroklímu a nízku dostupnosť svetla (Svatoň, 2000). Doplňujúce údaje o pavúkoch z Domice publikovali Kůrka a Dolejš (2013), pričom zistili 5 nových druhov v zbierkach Františka Millera z Národného múzea v Prahe. Celkovo tak je z Domice známych už 19 druhov pavúkov, ktoré zohrávajú úlohu regulátorov populácií drobných bezstavovcov, najmä chvostoskokov a roztočov. Z Domice bol doposiaľ známy iba jeden druh šťúrika (Pseudoscorpiones), avšak zo zbierok Millera sa podarilo určiť dva nové epigeické druhy *Dactylochelifer latreillii* a *Chernes similis* (Šťáhlavský a Dolejš, 2019).

Zo slovenských jaskýň sa prvýkrát spomínajú roztoče (Acari) práve v Domici, kde ich zbieral Štorkán (in Kettner, 1936). Doposiaľ sa v Domici podarilo zistiť viac ako 50 druhov. Niekoľko druhov z čeľade Rhagidiidae môžeme označiť za glaciálne relikty, teda pozostatky chladných období staršieho kvartéru, ktoré v strednej Európe obývajú prevažne jaskyne. Príkladom sú *Coccorhagidia pittardi* a *Robustocheles* cf. *hilli*. Druh panciernika *Pantelozetes cavaticus* bol opísaný podľa jedincov z Čertovej diery získaných extrakciou guána (Kunst, 1962). Typickým ektoparazitom netopierov je kliešť netopierí *Eschatocephalus* (*Ixodes*) *vespertilionis*, ale aj *Carios vespertilionis*, ktorého prvý nález na Slovensku pochádza práve z Domice (Rosický a Havlík, 1952).

Obr. 3. Mnohonôžka *Typhloiulus* sp., najväčší suchozemský jaskynný druh (troglobiont) na Slovensku a zároveň živočích s najväčším počtom nôh na Slovensku, veľkosť tela 3 cm. Foto: Ľ. Kováč a A. Mock
Fig. 3. The millipede *Typhloiulus* sp., the largest terrestrial cave species (troglobiont) in Slovakia and also the animal with the highest number of legs in Slovakia, body length 3 cm. Photo: Ľ. Kováč and A. Mock

Obr. 4. Chvostoskok *Pseudosinella aggtelekiensis*, endemický jaskynný druh pre územie Slovensko-aggteleckého krasu, veľkosť tela 2,5 mm. Foto: Ľ. Kováč
Fig. 4. The collembolan *Pseudosinella aggtelekiensis*, a cave endemic species of the Slovak–Aggtelek Karst, body length 2.5 mm. Photo: Ľ. Kováč

Medzi suchozemské kôrovce radíme rovnakonôžky (Isopoda). V monografii (Papáč et al., 2014) sa z Domice uvádza 15 druhov suchozemských rovnakonôžok. Neskoršia syntéza Rudy et al. (2021), založená na revidovanom materiáli J. Guličku a novších zberoch rôznych autorov, potvrdila väčšinu týchto druhov a uvádza aj dva nové druhy *Lepidoniscus minutus* a *Porcellio scaber* z Čertovej a Líščej diery. Vyskytujú sa najmä vo vstupných priestoroch, s výnimkou druhu *Mesoniscus graniger*, ktorý početne obýva aj hlbšie časti jaskyne. Tento subteránny druh bol už v roku 1865 opísaný z jaskyne Baradla (Frivaldszky, 1865). Podľa novších údajov žije *M. graniger* aj vo vlhkých humóznych pôdach, hlboko pod kameňmi alebo v skalných roklinách (Gulička, 1975; Mlejnek a Ducháč, 2001, 2003). Reevidovaný materiál zo zbierok Millera potvrdil už známe dva druhy rovnakonôžok z Domice (Dolejš a Tuf, 2018). Rôznorodé stanovištia v Domici poskytujú vhodné podmienky aj pre spoločenstvá viacnôžok, teda mnohonôžok (Diplopoda) a stonôžok (Chilopoda). Bohatšia je fauna mnohonôžok, ktoré sú zastúpené 17 druhmi a často dorastajú do väčších rozmerov. Príkladom je slepá jaskynná mnohonôžka z rodu *Typhloiulus* sp. S dĺžkou tela 26 mm a 147 pármi nôh je najväčším a najnohatejším suchozemským jaskynným živočíchom na Slovensku (Mock et al., 2002). Hlbšie v jaskyni sa vyskytuje aj ďalší drobný druh mnohonôžky – *Brachychaeteuma bradeae*. Rozšírený je v západnej Európe, no v jaskyniach Západných Karpát ho prvýkrát objavili práve v Domici (Kováč et al., 2004, 2005). Vo vchodoch Čertovej a Líščej diery sa našla aj vzácnejšia povrchová mnohonôžka *Melogona transsilvanica*, ktorá tu dosahuje severnú hranicu svojho rozšírenia v Karpatoch (Mock a Tajovský, 2002). Zo starších zbierok Millera z Domice sa podarilo autorom Kocourek a Dolejš (2016) zo zbierok Národného múzea v Prahe zistiť druh *Glomeris hexasticha*. Dolejš a Kocourek (2020) v druhej časti katalógu mnohonôžok z Millerovej zbierky uvádzajú z Domice ďalšie dva druhy: *Megaphyllum unilineatum* a *Megaphyllum projectum*, oba doložené historickým materiálom z augusta 1948, pričom posledný z menovaných druhov je novým taxónom pre faunu Domice.

Z Domice sa potvrdil aj výskyt juvenilného jedinca vidličiarky *Plusiocampa spelaea*, ktorá podľa doterajších poznatkov nemá troglomorfné znaky a radíme ju skôr k podpovrchovým biotopom. Doposiaľ bol tento druh zistený iba v šiestich jaskyniach a patrí medzi endemity Slovenského a Aggteleckého krasu, ako aj Drienčanského krasu v Revúckej vrchovine (Sendra et al., 2020).

Chvostoskoky (Collembola) majú vo všeobecnosti najvyššie kvantitatívne aj kvalitatívne zastúpenie spomedzi jaskynných článkonožcov; v Domici ich doteraz zaznamenali 68 druhov (Paclt, 1957; Nosek, 1975a, b; Kováč, 1998; Kováč et al., 2005; Papáč et al., 2014). Medzi najvýznamnejšie endemické druhy patrí *Pygmarrhopalites slovacicus*, ktorý bol prvýkrát opísaný z okolia guána v Domici (Nosek, 1975a), ako aj *Pseudosinella aggtelekiensis* a *Pygmarrhopalites aggtelekiensis* opísané pre vedu prvýkrát z Baradly (Stach, 1929). Mimoriadne frekventovaným druhom v rôznych mikrohabitatoch Domice je troglofilný druh *Heteromurus nitidus*, ktorý má širokú ekologickú valenciu a vo veľkej miere nahrádza troglobiontné druhy v sprístupnenej časti jaskyne (Kováč, 1998). Niektoré druhy ako *Ceratophysella bengtssoni*, *C. denticulata* a *Folsomia candida* kvantitatívne dominujú v prostredí guánových kôp.

Medzi hmyzom sú výrazné najmä chrobáky (Coleoptera). Druhy *Trechoblemus micros*, *Trechus austriacus* a drobčík *Quedius mesomelinus* patria v Domici medzi predátorov drobných bezstavovcov (Kováč et al., 2004). Z Baradly bol opísaný vzácny endemický chrobák, bystruška *Duvalius hungaricus hungaricus*, ktorý však v Domici nebol doposiaľ potvrdený (Kováč et al., 2005; Papáč et al., 2014). V jaskyni sa rozmnožuje aj niekoľko druhov dvojkrídlovcov (Diptera), napríklad *Triphleba antricola* a *Bradysia forficulata*, ktoré tu vytvárajú početné populácie, o čom svedčia početné larválne štádiá aj množstvo dospelých jedincov. Odlišným spôsobom života sa vyznačujú muchy z čeľade Nycteribiidae, parazitujúce na netopieroch. Prvýkrát sa pre územie Československa uvádzajú už v roku 1932 z Domice (Staněk, 1932a). V Domici a Čertovej diere ich podrobnejšie študovali Grulich a Povolný (1956), Krištofík (1982) a Krištofík a Danko (2012). Výskumom entomopatogénnych húb na muchách z čeľade Nycteribiidae sa zaoberala Samšiňáková (1960), pričom zistila špecializovaný druh huby *Stigmatomyces nycteribiidarum* na bezkrídlej muche *Penicillidia conspicua*. Na troch druhoch netopierov sa našli aj dva druhy blch, *Ischnopsyllus intermedius* a *Rhinolophopsylla unipectinata unipectinata* (Hůrka, 1963a, 1963b).

Po roku 2000 sa výrazne rozvinul aj pohľad na vodné biotopy. V rámci Slovenska má Domica osobitné postavenie, keďže patrí medzi najvýznamnejšie lokality podzemnej vodnej fauny; v jej vodných biotopoch bolo zistených viac ako 20 druhov vodných bezstavovcov (Hudec, 2000). Štěrba (1955) uvádza z Domice prevahu povrchových foriem pijavíc, lastúrnikov a kôrovcov *Gammarus fossarum* a *Synurella ambulans*, čo naznačuje prepojenie s povrchovými vodnými biotopmi. Z vodného hmyzu bol publikovaný aj výskyt povrchových druhov vodných chrobákov *Hydroporus palustris*, *H. planus*, *Agabus guttatus* a *A. bipustulatus* (Košel, 1994). Hudec

(2000) poukazuje na pestrejšie zastúpenie povrchových perloočiek (*Chydorus sphaericus*, *Alona rectangula*) a cyklopov (*Eudiaptomus gracilis*). Doložený tu však bol aj výskyt ôsmich špecializovaných subteránnych foriem – stygobiontov. Charakteristickým druhom je kôrovec *Niphargus aggtelekiensis*, ktorý je v niektorých úsekoch relatívne hojný a môže dosahovať mimoriadnu veľkosť. Len v Domici dorastajú samce do 3,5 cm, s telovými príveskami až do 5 cm, pričom v iných jaskyniach obe pohlavia dosahujú väčšinou len 2 – 3 cm aj s príveskami. Veľkosť jedincov v Domici zrejme súvisí s množstvom potravy zanášanej do jaskyne aj so špecifickými hydrologickými pomermi, ako sú pomalší prietok a tvorba akumulačných miest so stojatou vodou (Hudec a Mock, 2011). Medzi zriedkavejšie podzemné formy patrí aj hlbinovka *Bathynella natans* a veslonôžky *Acanthocyclops venustus*, *Diacyclops languidoides* či *Microcyclops rubellus* (Hudec, 2000). Na základe poznatkov z Baradly sa zistilo, že aj tam sa vyskytuje viac povrchových ako typicky jaskynných druhov vodnej fauny (Salamon et al., 2014).

POTRAVNÉ VZŤAHY A EKOFYZIOLÓGIA

Pre výskum a zachovanie druhov nie sú rozhodujúce len prírodné podmienky, ale aj tok organickej hmoty a energie. Ponorné toky pri vyšších zrážkach prinášajú do systému veľa organického materiálu; menší, ale stále dôležitý príspevok majú aj priesakové vody. Rozkladajúce sa drevo a guáno sú vhodným organickým materiálom, ktorý osídľujú kolónie mikroorganizmov a húb, na ktoré sa viažu mikrofytofágne roztoče a chvostoskoky, dážďovky, saprofágna žižiavka *Mesoniscus graniger* a larvy dvojkrídlovcov. Aktivitu dážďoviek a žižiavok na dreve a sedimentoch často dokazuje prítomný trus týchto živočíchov. Ako predátory tu vystupujú najmä roztoče, pavúky a chrobáky drobčíky z rodu *Quedius* či bystrušky z rodu *Trechus*. Domica sa vo viacerých prípadoch stala modelovou lokalitou pre štúdium potravných zdrojov v jaskyniach na Slovensku (Elhottová et al., 2003, 2004; Šustr et al., 2005, 2009; Nováková et al., 2005; Nováková, 2009; Smrž et al., 2015; Parimuchová et al., 2018).

Keďže jaskyne predstavujú extrémny biotop, dalo by sa očakávať, že spoločenstvá jaskynných živočíchov budú vykazovať nízku špecializáciu na potravu a budú konzumovať prakticky všetku dostupnú organickú hmotu. Prvotné práce o interakciách medzi faunou a mikrobiotou priniesli Elhottová et al. (2003) z Domice a Ardovskej jaskyne. Autori predpokladali, že rozdiely v zložení fauny môžu súvisieť s tým, aká mikroflóra sa v jaskyni nachádza a čo tvorí reálny zdroj potravy pre bezstavovce. Chemický rozbor sedimentov ukázal, že hlavným zdrojom organickej hmoty v oboch jaskyniach je netopierie guáno. Výsledky ďalšej práce (Elhottová et al., 2004) naznačili, že niektoré druhy selektujú organické zdroje bohaté na polynenasýtené mastné kyseliny (PUFA), ktoré sú dôležité pre ich rast a vývoj. Štúdia ukázala, že v jaskyniach Slovenského krasu sú hlavnými zdrojmi PUFA pre jaskynné bezstavovce najmä staré netopierie guáno, saprotrofné huby a lokálne aj riasy. Autori zároveň realizovali pokus, v ktorom rovnakonôžke *Mesoniscus graniger* ponúkali rôzne mikrobiálne kultúry a zistili, že najviac preferovanou potravou sú práve huby a riasy.

Krištůfek et al. (2005) skúmali 93 bakteriálnych kmeňov izolovaných z črevného obsahu alebo povrchu tela *Mesoniscus graniger* z jaskyne Domica a následne realizovali laboratórne potravné a reprodukčné testy s Enchytraeus crypticus. Kľúčovým druhom pre tento typ výskumu je práve slepá suchozemská rovnakonôžka *Mesoniscus graniger*, ktorá má v priestoroch Domice početný a frekventovaný výskyt. Ekofyziológia jedincov z Domice bola skúmaná aj v kontexte teploty a vlhkosti (Šustr et al., 2005), ako aj potravných preferencií (Šustr et al., 2009). Špecifické analýzy rezov tráviacej sústavy realizovali Smrž et al. (2015). Zisťovali, aký typ potravy sa nachádza v čreve *Mesoniscus graniger* z Domice, či je potrava spracovávaná aktivitou stien čreva a sekréciou a či sa ukladá glykogén, čo indikuje, že živočíchy z potravy skutočne získavajú energiu. Výsledky poukazujú na výber potravy v podobe jaskynných sedimentov a vybraných druhov rias.

Pozoruhodný je aj výskum Giurginca et al. (2015), ktorí skúmali, prečo a aké farebné spektrum emituje jaskynná rovnakonôžka *Mesoniscus graniger* z Domice a ďalších jaskýň pod UV svetlom. V teréne zdokumentovali, že pod normálnym svetlom je jedinec biely, no pod UV svetlom jasne modro žiari. Niektoré kutikulárne štruktúry, najmä tuberkuly, fluoreskujú intenzívnejšie ako zvyšok povrchu. Autori sa zamerali na kutikulu, pri ktorej sledovali, pri akej UV vlnovej dĺžke sa žiarenie objavuje, a pomocou röntgenfluorescenčnej spektroskopie analyzovali aj prvkové zloženie kutikuly, v ktorej zistili výrazný obsah vápnika. Neidentifikovali jednu látku spôsobujúcu žiarenie, ale skôr zmesi fluorescenčných skupín beta-karbolínov a kumarínov, teda alkaloidných derivátov známych aj zo svetielkujúcich škorpiónov.

Parimuchová et al. (2018) sa podrobnejšie zaoberali potravnou ekológiou chvostoskokov z Domice a Čertovej diery. Autori skúmali tráviace enzýmy u ôsmich druhov chvostoskokov, z ktorých päť pochádzalo z Domice a Čertovej diery, a testovali, či sa ich potravná stratégia mení podľa miery prispôsobenia životu v jaskyni. Merali aktivitu celulázy, trehalázy a chitináz a zistili, že tieto enzýmy sa vyskytovali u všetkých skúmaných druhov, no ich množstvo sa medzi druhmi výrazne líšilo. Ukázalo sa, že smerom od povrchových foriem k obligátnym jaskynným formám klesá význam celulázy a rastie význam chitináz, čo naznačuje posun od využívania rastlinného materiálu k potrave viac spojenej s hubami a mikrobiálnymi zdrojmi v jaskynnom prostredí.

GUÁNO AKO POTRAVNÝ ZDROJ A TISÍCROČNÝ ARCHÍV

V Domici sú známe viaceré veľké guánové kopy, avšak podrobnej analýze bola podrobená najmä kopa v Palmovom háji. Skúmaná bola diverzita archaeálnej komunity (16S rRNA) (Chroňáková et al., 2009a) aj mikrobiálna kolonizácia guána (Elhottová et al., 2006, 2007; Kahounová et al., 2010). Čerstvé guáno malo veľmi kyslú reakciu, približne pH 3,5, a bolo osídlené najmä mikromycétami; v starších častiach guánovej kopy sa pH zvyšovalo asi na 4,6 a menilo sa aj bakteriálne osídlenie. Na okrajoch guánových kôp, kde sa guáno miešalo s vápencovým podkladom a s exkrementami rovnakonôžky *Mesoniscus graniger*, stúpalo pH až k 6,8 a diverzita baktérií bola vyššia. Guáno je na okraji kopy intenzívne požierané rovnakonôžkou *Mesoniscus graniger*; miešaním guána so sintrom v tráviacom trakte dochádza k neutralizácii pôvodne kyslého prostredia. V publikovaných údajoch sa uvádza pH približne 5,37 na okraji kopy v exkrementoch *M. graniger*, kým na povrchu či vo vnútri kopy bolo pH 2,98 – 3,33. Ďalšie guánové depozity rôzneho veku mali pH v rozsahu 3,15 – 5,98 (Krištůfek et al., 2008; Chroňáková et al., 2009a, b).

Vo vrchnej vrstve guánového depozitu (0 – 5 cm) boli zaznamenané veľmi vysoké obsahy ťažkých kovov (mg/kg): 207 – 795 Cu, 167 – 1360 Zn, 0,81 – 11,8 Cd, 0,2 – 1,8 As, 2 – 48 Cr, 2 – 25 Pb a 0,3 – 0,5 Hg. Guáno obsahovalo až približne 30-násobne vyššie koncentrácie niektorých kovov v porovnaní s pôdou nad jaskyňou a koncentrácie rástli s vekom vrstiev; najmladšia vrstva 0 – 11 rokov < stredná približne 500 rokov < najstaršia 1055 rokov (Elhottová et al., 2008; Krištůfek et al., 2010). Datovanie a elektrónová mikroskopia exkrementov zároveň poukázali na veľký časový rozsah akumulácie guána a vytvorili podklad pre komplexný paleoekologický výskum zmien vegetácie v historických obdobiach, ktorý realizoval tím pôdnych mikrobiológov, zoológov, botanikov a paleoekológov (Beneš et al., 2009).

ZÁVER

Do konca 20. storočia boli poznatky o bezstavovcoch Domice fragmentárne; pre Domicu a Čertovu dieru bolo do polovice 90. rokov známych len 16 druhov suchozemských článkonožcov a celkovo približne 25 druhov bezstavovcov. Systematický výskum po roku 1997 a následné cielené práce po roku 2000 priniesli prudký nárast poznatkov – od inventarizácie druhov až po ekologickú interpretáciu potravných väzieb a fungovania jaskynného ekosystému. Z domickej časti je známych už 270 druhov bezstavovcov, zatiaľ čo z celého systému Domica-Baradla je známych už viac ako 515 druhov bezstavovcov a 101 druhov jednobunkovcov.

Domica je preto z biospeleologického hľadiska výnimočná nielen vysokou diverzitou bezstavovcov, ale aj intenzitou výskumných procesov, na základe ktorých podzemný ekosystém funguje, napr. nastavením trofického reťazca v podzemných ekosystémoch (od prísunu organickej hmoty, cez guáno a mikrobiotu až po detritofágov a predátorov). Za posledné desaťročia sa stala modelovým územím pre integrovaný výskum a posunula sa od zisťovania druhovej rozmanitosti k riešeniu potravných vzťahov, mikrobiológie guána a biochemických analýz. Do budúcnosti bude dôležité udržať dlhodobý monitoring a prepájať taxonomický výskum s ekologickou interpretáciou a ochranou tohto jedinečného podzemného ekosystému.

LITERATÚRA

Beneš, J. – Svitavská-Svobodová, H. – Novák, J. – Křováková, K. – Šantrůček, J. – Elhottová, D. – Kováč, Ľ. – Krištůfek, V. 2009. Reading the past from cave bat guano: Domica cave palaeoecological research (NP Slovak Karst). Abstract. Aragonit, 14, 2, 170.

Benický, V. 1932. Sprístupňovacie práce v Domici. Krásy Slovenska, 11, 54–63.

Culver, D. C. – Pipan, T. 2009. The biology of caves and other subterranean habitats. Oxford University Press, 254 s.

Černosvitov, L. 1935. Monografie československých dešťovek. Archiv pro přírodovědecký výzkum Čech, 19, 1, 1–86.

Černosvitov, L. 1937. Note sur les Oligochètes cavernicoles. Věstník Československé zoologické společnosti, 5, 125–133.

Dolejš, P. – Kocourek, P. 2020. Catalogue of the millipedes (Diplopoda) in Miller's collection (Department of Zoology, National Museum, Prague, Czechia), part 2. Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series, 189, 11–20.

Dolejš, P. – Tuf, I. H. 2018. Catalogue of the woodlice (Isopoda: Oniscidea) in Miller's collection in the Department of Zoology, National Museum, Prague. Acta Societatis Zoologicae Bohemicae, 82, 9–16.

Dózsa-Farkas, K. – Nagy, H. – Felföldi, T. 2019. Two new species of Fridericia (Annelida: Enchytraeidae) from Hungarian caves. European Journal of Taxonomy, 553, 1–18. https://doi.org/10.5852/ejt.2019.553

Dudich, E. 1932. Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle „Baradla" in Ungarn. Verlag Speläologisches Institut, Wien, 246 s.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Nováková, A. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2003. Domica a Ardovská jaskyňa – štúdium interakcií medzi faunou a mikroflórou. Aragonit, 8, 38–40.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Nováková, A. – Lukešová, A. – Tříska, J. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2004. Zdroje polynenasycených mastných kyselin v jeskyních Slovenského krasu. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. 4. vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, 5.–8. októbra 2003, Tále. Zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 155–161.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Lukešová, A. – Kováč, Ľ. 2006. Microbial colonization of bat guano in the Domica Cave. In Moldovan, O. T. (Ed.): Abstracts 18th International Symposium of Biospeleology, Cluj-Napoca, Romania, 74.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Chroňáková, A. – Cajthaml, T. – Lukešová, A. – Nováková, A. – Kováč, Ľ. 2007. Charakteristika a role mikroflóry netopýřího guana v ekologii jeskyně. In Pospíšek, M. – Gabriel, J. (Eds.): Mikroorganismy na prahu 21. století. Abstrakty. 24. kongres Československé společnosti mikrobiologické. Bulletin Československé společnosti mikrobiologické, 48, 72.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Chroňáková, A. – Lukešová, A. – Nováková, A. – Baldrian, P. – Šantrůček, J. – Esperschuetz, J. – Kováč, Ľ. 2008. A one-thousand-years old bat guano heap (NP Slovak Karst) – specific environment for microorganisms. In: Microbial diversity – sustaining the blue planet. Abstracts, 12th International Symposium on Microbial Ecology. Cairns, Australia, 1.

Frankenberger, Z. 1940. O jeskynním isopodu Mesoniscus graniger Friv. z Domice. Věstník Královské české společnosti nauk, 1939, 20, 1–12.

Frivaldszky, J. 1865. Adatok a magyarhoni barlangok faunájához. Mathematikai és Természettudományi Közlemények, 3, 17–53.

Gaál Ľ. – Gruber, P. 2014. Poloha. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 11–16.

Giurginca, A. – Šustr, V. – Tajovský, K. – Giurginca, M. – Matei, I. 2015. Spectroscopic parameters of the cuticle and ethanol extracts of the fluorescent cave isopod Mesoniscus graniger (Isopoda, Oniscidea). ZooKeys, 515, 111–125. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9395

Grulich, I. – Povolný, D. 1956. Příspěvek k chorologii muchulovitých (Nycteribiidae) se zvláštním zřetelem k jejich hostitelům v ČSR. Zoologické listy, 5, 97–111.

Gulička, J. 1975. Fauna slovenských jaskýň. Slovenský kras, 13, 37–85.

Gulička, J. 1985. Pôdna a jaskynná makrofauna krasových pohorí Západných Karpát (I). Slovenský kras, 23, 89–129.

Haviarová, D. – Gruber, P. 2014. Povrchové vody. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 161–184.

Hudec, I. 2000. Interakcie povrchových a podzemných vodných kôrovcov (Crustacea) v oblasti jaskyne Domica (Slovenský kras). In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): Fauna jaskýň – Cave fauna. Východoslovenské múzeum, Košice, 53–59.

Hudec, I. – Mock, A. 2011. Rozšírenie dvoch druhov rodu Niphargus (Crustacea, Amphipoda) na Slovensku. Slovenský kras, 49, 2, 153–160.

Hůrka, K. 1963a. Bat fleas (Aphaniptera, Ischnopsyllidae) of Czechoslovakia. Contribution to the distribution, morphology, bionomy, ecology and systematics, Part I. Subgenus Ischnopsyllus Westw. Acta Faunistica Entomologica Musei Nationalis Pragae, 9, 76, 57–120.

Hůrka, K. 1963b. Bat fleas (Aphaniptera, Ischnopsyllidae) of Czechoslovakia. II. Subgenus Hexactenopsylla Oud., genus Rhinolophopsylla Oud., subgenus Nycteridopsylla Oud., subgenus Dinycteropsylla Ioff. Acta Univ. Carolinae – Biologica, 1963, 1, 1–73.

Chroňáková, A. – Horák, A. – Elhottová, D. – Krištůfek, V. 2009a. Diverse archaeal community of a bat guano pile in Domica Cave (Slovak Karst, Slovakia). Folia Microbiologica, 54, 5, 436–446.

Chroňáková, A. – Baldrian, P. – Šimek, M. – Krištůfek, V. 2009b. Enzymatické aktivity mikrobiálních společenstev kupy netopýřího guána v jeskyni Domica (NP Slovenský kras). Aragonit, 14, 2, 171.

Kahounová, L. – Chroňáková, A. – Frouz, J. – Krištůfek, V. 2010. Využití metody CARD-FISH pro studium složení mikrobiálního společenstva. Phytopedon, 9, 6–12.

Kettner, R. 1936. Zpráva krasové komise Klubu čs. turistů. Krásy Slovenska, 15, 2, 14–16.

Kocourek, P. – Dolejš, P. 2016. Catalogue of millipedes (Diplopoda) in Miller's collection (Department of Zoology, National Museum, Prague, Czechia). Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series. Praha: Národní muzeum, 185, 1, 25–31.

Košel, V. 1975. O pôvode pijavíc konských (Hirudinea) v jaskynnom systéme Domica-Baradla. Slovenský kras, 13, 191–193.

Košel, V. 1994. Živočíšstvo jaskýň. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Slovenský kras – chránená krajinná oblasť – biosférická rezervácia. Osveta, Martin, 240–245.

Kováč, Ľ. 1998. Chvostoskoky (Hexapoda, Collembola) jaskyne Domica. Slovenský kras, 36, 159–165.

Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. – Palacios-Vargas, J. G. 2002. Distribution of Eukoenenia spelaea (Peyerimhoff, 1902) (Arachnida, Palpigradida) in the Western Carpathians with remarks on its biology and behaviour. In Tajovský, K. – Balík, V. – Pižl, V. (Eds.): Studies on soil fauna in Central Europe. ISB AS CR, České Budějovice, 93–99.

Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. – Košel, V. 2004. Terestrické článkonožce domického jaskynného systému a Ardovskej jaskyne (Slovenský kras) – mikrohabitaty a diverzita. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 4. Zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 138–144.

Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. – Košel, V. – Fenďa, P. – Svatoň, J. – Mašán, P. 2005. Terrestrial arthropods of the Domica Cave System and the Ardovská Cave (Slovak Karst) – principal microhabitats and diversity. In Tajovský, K. – Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I, 61–70.

Kováč, Ľ. – Elhottová, D. – Mock, A. – Nováková, A. – Krištůfek, V. – Chroňáková, A. – Lukešová, A. – Mulec, J. – Košel, V. – Papáč, V. – Ľuptáčik, P. – Uhrin, M. – Višňovská, Z. – Hudec, I. – Gaál, Ľ. – Bella, P. 2014. Jaskynná biota Slovenska. Speleologia Slovaca 5. Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 192 s.

Krištofík, J. 1982. Nálezy múch čeľade Nycteribiidae (Diptera) na území SSR. Biológia (Bratislava), 37, 191–197.

Krištofík, J. – Danko, Š. 2012. Arthropod ectoparasites (Acarina, Heteroptera, Diptera, Siphonaptera) of bats in Slovakia. Vespertilio, 16, 167–189.

Krištůfek, V. – Elhottová, D. – Šustr, V. – Lasák, R. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2005. Does the cellular fatty acid and enzyme content of cave bacterial affect the feeding preferences of Enchytraeus crypticus (Oligochaeta, Enchytraeidae)? In Tajovský, K. – Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. Institute of Soil Biology, Academy of Sciences, Czech Republic, České Budějovice, 71–75.

Krištůfek, V. – Elhottová, D. – Kováč, Ľ. – Chroňáková, A. – Žák, K. – Světlík, I. 2008. Stáří kupy netopýřího guana v jeskyni Domica (NP Slovenský kras) a elektronová mikroskopie exkrementů netopýrů. Slovenský kras (Acta Carsologica Slovaca), 46, 1, 163–170.

Krištůfek, V. – Chroňáková, A. – Mulec, J. 2010. The heavy metal content in bat guano heaps in karst caves. In Moškrič, A. – Trontelj, P. (Eds.): Abstract book. 20th International Conference on Subterranean Biology, Postojna, Slovenia, 101–102.

Kunst, M. 1962. Oribella cavatica n. sp., eine neue Moosmilbe aus dem Guano der Fledermäuse (Acarina: Oribatei). Acta Universitatis Carolinae – Biologica – Suppl., 1–6.

Kůrka, A. – Dolejš, P. 2013. Catalogue of spiders (Araneae) in Miller's collection (Department of Zoology, National Museum). Part X: Linyphiidae, genera A–M, from Czechia and Slovakia. Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series. Praha: Národní muzeum, 182, 1, 1–27.

Lalkovič, M. 1996. Jaskyňa Domica v prehľade svojej histórie. Sprístupnené jaskyne, výskum, ochrana a využívanie 1. Zborník referátov. Liptovský Mikuláš, 99–106.

Lalkovič, M. 2014. Objav a poznávanie Domice. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 425–449.

Lukešová, A. – Nováková, A. 2009. Interactions between the soil micro–flora and invertebrates in Slovak and Moravian caves. In Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. Institute of Soil Biology, Biology Centre, Academy of Sciences, Czech Republic, České Budějovice, 89–96.

Ľuptáčik, P. 2006. Rozšírenie troglofilných roztočov panciernikov (Acarina, Oribatida) na území Slovenska. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň 5. Zborník referátov. SSJ, Liptovský Mikuláš, 200–202.

Miller, F. – Kratochvíl, J. 1940. Ein Beitrag zur Revision der mitteleuropäischen Spinnenarten aus der Gattung Porrhomma E. Simm. Zool. Anz., 130, 161–190.

Mlejnek, R. – Ducháč, V. 2001. Mesoniscus graniger (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) v Západních Karpatech. Natura Carpatica, 42, 75–88.

Mlejnek, R. – Ducháč, V. 2003. Troglobiontní a endogenní výskyt druhu Mesoniscus graniger (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) na území Západních Karpat. Acta Mus. Reginaehradecensis, Ser. A, 29, 71–79.

Mock, A. – Kováč, Ľ. – Ľuptáčik, P. – Tajovský, K. 2002. Najväčší troglobiont slovenských jaskýň. Aragonit, 7, 32–34.

Mock, A. – Tajovský, K. 2002. Genus Melogona Cook, 1895 (Diplopoda: Chordeumatida: Chordeumatidae) in Slovakia. In Tajovský, K. – Balík, V. – Pižl, V. (Eds.): Studies on Soil Fauna in Central Europe. Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, 127–132.

Nosek, J. 1975a. Arrhopalites slovacicus, a new species of Collembola from the Domica Cave. Revue suisse de zoologie, 82, 599–602.

Nosek, J. 1975b. A contribution to the knowledge of the collembolan fauna in the Domica Cave (SE Slovakia). Věst. Českosl. spol. zool., 39, 220–223.

Nováková, A. 2009a. Pidoplitchkoviella terricola – an interesting fungus from the Domica Cave (Slovakia). International Journal of Speleology, 38, Bologna, 23–26. http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.38.1.3

Nováková, A. 2009b. Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review. International Journal of Speleology, 38, 1, 71–82. http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.38.1.8

Nováková, A. 2010. Cave microscopic fungi as food source for cave inhabiting springtails and some microfungal records. In Moškrič, A., Trontelj, P. (Eds.): Abstract book. 20th International Conference on Subterranean Biology, Postojna, Slovenia, 103–104.

Nováková, A. 2011. Cave saprotrophic micromycetes as food source for selected caves inhabiting springtails. In Tajovský, K. (Ed.): Abstract book, 11th Central European Workshop on Soil Zoology, Institute of Soil Biology, Biology Centre, Academy of Sciences, Czech Republic, České Budějovice, 35.

Nováková, A. 2014. Huby. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 259–266.

Nováková, A. 2015. Microscopic fungi of the Domica-Baradla cave system – results from several years studies. Aragonit, 20, 1, 69.

Nováková, A. – Kolařík, M. 2010. Chrysosporium speluncarum, a new species resembling Ajellomyces capsulatus, obtained from bat guano in caves of temperate Europe. Mycological Progress, 9, 253–260. https://doi.org/10.1007/s11557-009-0634-0

Nováková, A. – Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Lukešová, A. – Hill, P. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2005. Feeding sources of invertebrates in the Ardovná Cave and Domica Cave systems – preliminary results. In Tajovský, K. – Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. Institute of Soil Biology, Academy of Sciences Czech Republic, České Budějovice, 107–112.

Országh, I. 2000. Stonožky (Antennata, Chilopoda) niektorých jaskýň Slovenska. In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): Fauna jaskýň – Cave fauna. Východoslovenské múzeum, Košice, 129–140.

Paclt, J. 1957. Über die Collembolen-Fauna der slowakischen Höhlen. Beitr. Entomol., 7, 269–275.

Papáč, V. – Hudec, I. – Kováč, Ľ. – Ľuptáčik, P. – Mock, A. 2014. Bezstavovce. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 267–279.

Parimuchová, A. – Šustr, V. – Devetter, M. – Vošta, O. – Popa, I. – Kováč, Ľ. 2018. The activity of saccharolytic enzymes in Collembola is associated with species affinity for caves. International Journal of Speleology, 47, 2, 155–163. https://doi.org/10.5038/1827-806X.47.2.2150

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

Rosický, B. – Havlík, O. 1952. Nebezpečný parazit drůbeže, Argas persicus Oken v Československu. Zoologické a Entomologické Listy, 1, 81–84.

Rudy, J. – Papáč, V. – Mlejnek, R. – Mock, A. 2021. Terrestrial isopods (Oniscidea) in Slovak caves: species diversity and distribution along regional and geographical gradients. Acta Carpathica Occidentalis, 12, 12–42. https://doi.org/10.62317/aco.2021.002

Salamon, G. – Dányi, L. – Angyal, D. – Balázs, G. – Forró, L. 2014. A Baradla gerinctelen faunája. In Gruber, P. – Gaál, Ľ. (Eds.): A Baradla-Domica-barlangrendszer. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 279–306.

Samšňáková, A. 1960. Příspěvek k poznání entomofytních hub na muchulovitých (Nycteribiidae). Zoologické listy, Brno, 9, 2, 237–238.

Sendra A. – Antić D. – Barranco P. – Borko Š. – Christian E. – Delić T. – Fadrique F. – Faille A. – Galli L. – Gasparo F. – Georgiev D. – Giachino P.M. – Kováč L. – Lukić M. – Marcia P. – Miculinić K. – Nicolosi G. – Palero F. – Paragamian K. – Pérez T. – Polak S. – Prieto C.E. – Turbanov I. – Vailati D. – Reboleira A.S.P.S. 2020. Flourishing in subterranean ecosystems: Euro-Mediterranean Plusiocampinae and tachycampoids (Diplura, Campodeidae). European Journal of Taxonomy 591, 1–138. https://doi.org/10.5852/ejt.2020.591

Smrž, J. – Kováč, Ľ. – Mikeš, J. – Šustr, V. – Lukešová, A. – Tajovský, K. – Nováková, A. – Režňáková, P. 2015. Food sources of selected terrestrial cave arthropods. Subterranean Biology, 16, 37–46. https://doi.org/10.3897/subtbiol.16.8609

Speleoklub UPJŠ. 2026. https://speleoupjs.sk/clanok/liscia-diera

Stach, J. 1929. Verzeichnis der Apterygogenea Ungarns. Ann. Mus. Nat. Hung., 26, 269–312.

Staněk, V. J. 1932a. Nové přírůstky zoologických sbírek Národního Musea z Hosúsovských jeskýň na Slovensku. Časopis Národního musea, oddělení přírodovědné, 106, 55–59.

Staněk, V. J. 1932b. Zpráva zoologa V. J. Staňka o prohlídce jeskyně za fotografické spolupráce MUDr. W. Heinricha v lednu 1932. Časopis turistů, 44, 16–18.

Staňiov, S. – Mock, A. – Mlejnek, R. 2003. Nové nálezy koscov (Opiliones) v jaskyniach Slovenska. Slovenský kras, 41, 199–207.

Svatoň, J. 2000. Fauna pavúkov (Araneae) slovenských jaskýň. In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): Fauna jaskýň – Cave fauna. Východoslovenské múzeum, Košice, 157–170.

Šramková, K. 2005. Výskyt siníc a rias v niektorých sprístupnených jaskyniach na Slovensku. Aragonit, 10, 19–22.

Štáhlavský, F. – Dolejš, P. 2019. Catalogue of the pseudoscorpions (Pseudoscorpiones) in František Miller's collection (Department of Zoology, National Museum, Prague). Arachnologische Mitteilungen / Arachnology Letters 58, 18–22. https://doi.org/10.30963/aramit5807

Štěrba, O. 1955. Příspěvek k poznání korýšů některých krasových vod Slovenska. Spisy Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, 364, 1–6.

Šustr, V. – Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Lukešová, A. – Nováková, A. – Tajovský, K. – Tříska, J. 2005. Ecophysiology of cave isopod Mesoniscus graniger (Frivaldszky, 1865) (Crustacea: Isopoda). European Journal of Soil Biology, 41, 69–75. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.09.008

Šustr, V. – Lukešová, A. – Nováková, A. – Vošta, O. 2009. Potravní preference jeskynního stejnonožce Mesoniscus graniger (Isopoda, Oniscidea) v laboratorních testech. Slovenský kras (Acta Carsologica Slovaca), 47, 2, 275–281.

Zajonc, I. 1961. Dážďovky (Oligochaeta, Lumbricidae) jaskyne Domica. Slovenský kras, 3, 74–81.

HISTÓRIA POZNÁVANIA FAUNY NETOPIEROV V JASKYNI DOMICA

Zuzana Višňovská[1] – Marcel Uhrin[2]

[1] *Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; zuzana.visnovska@ssj.sk*
[2] *Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 040 01 Košice; marcel.uhrin@upjs.sk*

Z. Višňovská, M. Uhrin: History of the study of bat fauna in Domica Cave

Abstract: The Domica Cave is a part of more than 32 km long cross-border Domica-Baradla Cave System in the Aggtelek and Slovak Karst, which ranks among the most significant sites for bats in both Hungary and Slovakia. Until the beginning of the 20th century, only the Baradla Cave in Hungarian territory was known, where random observations of bats and later targeted research had been taking place since about the 18th century. The Domica Cave (Slovakia) began to be investigated from a chiropterological point of view much later, only after 1926 when its main underground spaces had been discovered. Nineteen bat species in the entire Domica-Baradla Cave System have been recorded to date. They are either the Mediterranean or thermophilic bat species (e.g. *Rhinolophus euryale*, *R. ferrumequinum*, *R. hipposideros*, *Miniopterus schreibersii*) or typical Central European species that are associated with forests around caves and mosaic-type habitats. The Mediterranean horseshoe bat (*Rhinolophus euryale*) is both the most numerous and the most valuable species at recent times there. From a zoogeographical perspective, this is a rare marginal population isolated from the main Mediterranean area of the species, which represents one of the northernmost boundary zones of its distribution in Europe. The latest research on *Rhinolophus euryale* in the Domica and Baradla caves has revealed remarkable ecological, behavioral and physiological adaptations of the species associated with surviving the winter period. The mentioned cave complex thus represents not only one of the most important wintering sites of this species in Central Europe, but also a unique natural laboratory allowing to study the population dynamics, social behavior, metabolic processes and ecological requirements of this important representative of bats of the Carpathian region. The long-term preservation of population *R. euryale* and several other species in the region in question is conditioned by the stability of the environment, especially a sufficient supply of food, the preservation of suitable hunting habitats and underground shelters used for wintering and reproduction including the long-term maintenance of suitable microclimatic and ecological conditions in the entire Domica-Baradla Cave System. This requires closer cross-border cooperation, coordinated management of the territory and the preservation of the ecological integrity of underground and surface habitats, which are essential for all phases of the life cycle of the bat species present.

Keywords: Domica-Baradla Cave System, *Rhinolophus euryale,* history of bat investigation

ÚVOD

Jaskynný systém Domica-Čertova diera-Stará Domica a aktuálne aj Líščia diera (spolu tzv. Domický systém) s celkovou dĺžkou minimálne 10 km predstavuje jednu z najvýznamnejších biospeleologických lokalít Slovenska (Gaál a Gruber, 2014; Kováč et al., 2014; Speleoklub UPJŠ, 2026). Z chiropterologického hľadiska predstavujú jeho jednotlivé časti významné úkryty netopierov, využívané v rôznych fázach ich životného cyklu (Uhrin et al., 2014). Vďaka tomu patrí jaskyňa Domica a s ňou súvisiacie priestory jaskýň Čertova diera, Stará Domica a Líščia diera k dlhodobo monitorovaným lokalitám (Vachold, 1955, 1956; Gaisler a Hanák, 1972, 1973; Uhrin et al., 1996, 2002, 2012, 2020; Bobáková, 2001, 2002, 2004; Miková et al., 2012, 2013 a mnohí ďalší). Spolu s jaskyňou Baradla v Maďarsku tvoria tieto jaskyne rozsiahly cezhraničný geneticky jednotný komplex s celkovou dĺžkou presahujúcou 32 km. Celý komplex patrí medzi najpočetnejšie podzemné úkryty netopierov na území Slovenska a Maďarska, pričom pravidelne poskytuje útočisko tisícom jedincov (Uhrin et al., 2014).

Do začiatkov 20. storočia sa všetka pozornosť bádateľov upriamovala iba na dovtedy známu jaskyňu Baradla na maďarskom území (napr. Méhely, 1900). Krátko po objave jaskyne Domica (od roku 1926) na slovenskej strane, medzi prvých zoológov, ktorí ju navštívili, patril V. J. Staněk. Pri faunistickom prieskume v roku 1932 potvrdil v tejto jaskyni výskyt podkovára južného (*Rhinolophus euryale*) a zameral sa na jeho ektoparazity, muchy z čeľade Nycteribiidae, medzi ktorými identifikoval aj niektoré nové druhy pre vtedajšie Československo (Staněk, 1932a, 1932b). Od toho obdobia, pre zistený početný výskyt netopierov a značné množstvo ich trusu (guána), sa jaskyňa Domica, viackrát aj spolu so susediacou, navzájom prepojenou jaskyňou Čertova diera, stala vhodnou a vyhľadávanou lokalitou nielen na štúdium ektoparazitov netopierov (Rosický, 1950; Jurík, 1955; Hůrka, 1963a, 1963b; Krištofík a Danko, 2012 a ďalší) a skúmanie afinity a potravných väzieb rôznych zástupcov mikroorganizmov a bezstavovcov na netopierie guáno (Elhottová et al., 2003, 2004, 2006; Nováková et al., 2005; Smrž et al., 2015 a ďalší), ale aj na analýzu veku, štruktúry a zloženia starých guánových kôp s presahom na paleoekológiu (napr. Krištůfek et al., 2008, 2010; Elhottová et al., 2008; Beneš et al., 2009; Svitavská-Svobodová, 2015), či dokonca na štúdium guánovej korózie, t. j. chemického pôsobenia rozkladajúceho sa guána na jaskynné sintrové útvary (Kettner, 1934, 1948 a iní).

V tomto príspevku prinášame stručný prehľad histórie poznávania fauny netopierov jaskyne Domica a zároveň sumarizujeme doterajšie poznatky z tejto lokality na základe publikovaných výsledkov výskumov a monitoringov realizovaných v období od roku 1926 po súčasnosť. Tam, kde si to kontext vyžaduje, dopĺňame údaje z ďalších častí jaskynného systému Domica-Baradla. Príspevok vychádza výlučne z doteraz známych publikovaných údajov a nezahŕňa originálne výsledky aktuálne prebiehajúceho chiropterologického výskumu v jaskyni Domica a ďalších častiach Domického systému, ktoré budú prezentované v samostatnom autorskom príspevku.

HISTÓRIA VÝSKUMU

Ucelený historický prehľad výskumu netopierov jaskynného systému Domica-Baradla vrátane podrobnej bibliografie poskytujú Uhrin et al. (1996, 2014). Prvé zmienky o netopieroch tohto územia, resp. aggteleckej vetvy jaskynného systému sa objavujú od konca 18. storočia. Spočiatku sú to skôr len všeobecné údaje o pozorovaniach netopierov v jaskyni Baradla, ako napríklad v prírodovednom opise Uhorska od Grossingera (1793), v ktorom sa autor zmieňuje o výskyte početných druhov netopierov v gemerských jaskyniach. Neskôr pribúdajú konkrétnejšie údaje opisujúce aj názvy niektorých druhov netopierov a ich veľmi početný až masový výskyt, často vo veľkých zoskupeniach (kolóniách) s množstvom nahromadeného guána v miestach ich výskytu (napr. Raisz, 1807; Bartholomaeides, 1808; Vass, 1831; Petényi, 1854; Méhely, 1900).

Po objave hlavných vnútorných priestorov jaskyne Domica v roku 1926 (pozn.: menší jaskynný priestor, neskôr objavný vchod do Domice, nazývaný dnes ako Stará Domica, bol známy oddávna) sa postupne začal biologický výskum aj slovenskej časti jaskynného systému. Veľkú pozornosť vzbudili informácie o veľkých množstvách

Obr. 1. Prehibernačné zoskupenie podkovára južného *(Rhinolophus euryale)* v priestore Prales (Domica). Foto: E. Maxinová
Fig. 1. Pre-hibernation aggregation of the Mediterranean horseshoe bat *(Rhinolophus euryale)* in the area of Prales (Domica Cave). Photo: E. Maxinová

Obr. 2. Ukážka zariadenia na monitorovanie netopierov. Foto: Z. Višňovská
Fig. 2. Example of bat monitoring equipment. Photo: Z. Višňovská

netopierov v objavenej jaskyni, ktoré priniesla napríklad aj dobová tlač (Anonymus, 1926 a iní), pričom vôbec jeden z prvých konkrétnejších údajov o výskyte netopierov uverejnil roku 1935 známy jaskyniar V. Benický (Benický, 1935). V novinách Šafárikov kraj z 5. januára 1935 píše o existencii kolónie podkovára južného (*Rhinolophus euryale*) v jaskyni Domica. Je zrejmé, že tieto populárne správy a rôzne iné údaje čerpali z predchádzajúcich výskumov, ktoré organizovali českí zoológovia, a ich výsledky boli medzičasom uverejňované v rôznom rozsahu (napr. Staněk, 1932a, 1932b; Štěpánek, 1938; Grulich, 1949; Šebek, 1955, 1956; Gaisler, 1956). S výnimkou špecializovaných správ Staněka (1932a, 1932b) tieto poznatky nepriamo uverejnil vo svojich správach Kettner (1932, 1934, 1936a, 1936b, 1948), ktorý sa ako geológ v tom období venoval výskumu mineralizácie jaskynného substrátu vplyvom guánovej korózie. Do spomínaného obdobia spadá aj prvá paleontologická správa zo slovenskej časti jaskynného systému (Hokr, 1946) o jaskynných medveďoch.

Rozmach faunistického výskumu v celej oblasti Slovenského krasu nastal až v povojnovom období a úzko súvisel najmä s parazitologickým výskumom netopierov (Grulich a Povolný, 1955, 1956; Hůrka, 1957, 1963a, 1963b; Mituch, 1964, 1965; Krištofík, 1982 a iní). Parazitologický výskum sa zintenzívnil aj v maďarskej časti systému, vďaka čomu sa tu preukázal aj výskyt toho času nových druhov netopierov (napr. *Plecotus austriacus* – Beron, 1965; Mészáros, 1971; Murai, 1976). Počas druhej polovice 20. storočia sa v jaskynnom systéme Domica-Baradla vo väčšom meradle praktizoval program krúžkovania netopierov, ktorého výsledky, okrem iného, pomohli objasniť vzťahy medzi populáciami druhov netopierov Slovenského krasu a severného Maďarska (napr. Topál, 1956, 1962; Hanák et al., 1962; Gaisler a Hanák, 1969); dlhodobé výsledky programu krúžkovania za obdobie rokov 1948 – 2000 zhrnuli Gaisler et al. (2003). V tom čase sa začal aj samostatný chiropterologický výskum v Domickom systéme. Postupne odtiaľ pribúdali údaje z pozorovaní a odchytov z letného a prechodného obdobia (napr. Horáček et al., 1979, 1995; Horáček a Červený, 1985), po roku 1950 sa viac pozornosti upriamilo aj na obdobie hibernácie (napr. Gaisler a Hanák, 1972, 1973; Gaisler, 1975). Popri českých výskumníkoch sa na tomto výskume čoraz viac podieľali slovenskí špecialisti, pričom výsledky postupne uverejňovali vo viacerých správach a zhrnutiach (Vachold, 1955, 1956, 2003; Uhrin, 1993a, 1996; Mošanský, 1981; Obuch, 1994 a ďalší). K hlbšiemu poznaniu vývoja fauny jaskynného systému v dlhšom časovom horizonte prispelo štúdium osteologického materiálu netopierov. Spracované a vyhodnotené boli recentné tanatocenózy v Domici a tiež subfosílne nálezy zo stratigrafických sond v Líščej diere a Starej Domici (Horáček, 1976; Obuch, 1994, 1995 a iní). Výskum potravnej ekológie sovy lesnej (*Strix aluco*), u ktorej netopiere tvoria vítanú zložku koristi, dlhodobo prebiehal napríklad v jaskyni Líščia diera a okolí jaskýň Domica a Stará Domica (Obuch, 2011, 2023).

Od počiatkov organizovaného a koordinovaného zimného sčítania netopierov na území Slovenska sa jaskyne domickej sústavy zaradili medzi hlavné monitorované lokality (Uhrin, 1993a, 1993b, 1994; Bobáková, 2001, 2002, 2004; Uhrin et al., 1996, 2002, 2010, 2012 a ďalší). Pravidelné zimné sčítanie netopierov v Domici a tiež v Čertovej diere, Líščej diere a Starej Domici prebieha, až na kratšie pauzy, zhruba od 90. rokov 20. storočia až do terajších čias, a to za účasti chiropterológov zo Spoločnosti pre ochranu netopierov na Slovensku (prevažne kolektív pod vedením M. Uhrina) v spolupráci so Štátnou ochranou prírody SR, Správou slovenských jaskýň (Z. Višňovská a kol.) a Správou Národného parku Slovenský kras (donedávna Š. Matis a kol.); príležitostne na ňom participujú aj ďalšie partnerské subjekty zo Slovenska, Českej republiky a Maďarska.

Nástupom 21. storočia sa vo výskumnej činnosti na lokalite dostáva do popredia systematický monitoring populácií a využívanie moderných výskumných postupov. K hlbšiemu poznaniu druhového zloženia, priestorovej distribúcie a sezónnej dynamiky spoločenstva netopierov v jaskyni Domica a priľahlých častiach jaskynného systému významne prispel systematický výskum L. Bobákovej realizovaný v rokoch 1999 – 2003 (Bobáková, 2001, 2002, 2004). Jej výskum pozostával z pravidelných vizuálnych kontrol na konštantnej monitorovanej trase v Domici vykonávaných približne v mesačných intervaloch počas uvedených rokov. Tieto kontroly boli dopĺňané príležitostnými prieskumami mimo hlavnej trasy vrátane Starej Domice, ako aj odchytmi netopierov do nárazových sietí (netting) pri vstupoch do jaskynného systému (Čertova diera a Líščia diera) v jesennom období. Výsledky potvrdili, že netopiere využívajú priestory Domice počas celého roka, pričom viac ako 95 % všetkých zaznamenaných jedincov tvoril podkovár južný (*Rhinolophus euryale*; obr. 1). Zároveň sa ukázalo, že početnosť tohto druhu v Domici kulminuje spravidla v dvoch obdobiach – na jar (apríl až máj) a na jeseň (október až november). Celková veľkosť miestnej populácie bola odhadnutá na minimálne 2000 až 2500 jedincov.

Výskum L. Bobákovej jednoznačne potvrdil mimoriadny význam jaskyne Domica ako celoročného úkrytu populácie podkovára južného (*Rhinolophus euryale*), ktorá tu predstavuje geograficky izolovanú populáciu na severnom okraji areálu rozšírenia druhu (Uhrin et al., 1996, 2012; Boldogh, 2007). Na získané poznatky nadviazali po roku 2010 viaceré špecializované výskumy zamerané na ekológiu, fyziológiu a etológiu tohto druhu (Miková et al., 2012, 2013; Andreas et al., 2013; Maliničová et al., 2017; Maxinová et al., 2017a,

2017b; Uhrin et al., 2020). Využitím moderných experimentálnych metód priniesli nové poznatky o potravnej ekológii miestnej populácie *R. euryale* počas letného aj zimného obdobia. V letnom období sa výskum zameral na analýzu potravy jedincov odchytených do nárazových sietí (netting) vo vchodoch do Čertovej diery a Líščej diery (Andreas et al., 2013). V zimnom období boli predmetom výskumu jedince počas hibernácie, pričom podrobné analýzy ich čerstvého trusu odoberaného pod kolóniami v jaskyniach Domica a Baradla umožnili sledovať zmeny črevnej mikroflóry (Maliničová et al., 2017), aktivitu tráviacich enzýmov (Maxinová et al., 2017b), ako aj zloženie a štruktúru samotného trusu podkovárov v priebehu hibernácie (Miková et al., 2013; Maxinová et al., 2017a). Výsledky týchto štúdií naznačujú existenciu mechanizmov, ktoré podkovárom južným umožňujú kompenzovať energetické straty počas hibernácie aj napriek opakovanému prerušovaniu strnulosti alebo presunom medzi zimoviskami (Miková et al., 2013). Vplyv mikroklimatických faktorov prostredia, konkrétne teploty a vlhkosti vzduchu v jaskyni i na povrchu, koncentrácie kyslíka a oxidu uhličitého a atmosférického tlaku, na aktivitu jedincov a dynamiku početnosti prehibernačnej kolónie *R. euryale* v priestore Prales jaskyne Domica (obr. 1) skúmali Uhrin et al. (2020). Na tento účel využili špeciálne stacionárne monitorovacie zariadenia skonštruované priamo pre tento typ výskumu (obr. 2). Následná analýza takto získaných snímok z referenčnej monitorovanej plochy ukázala, že v niektorých obdobiach sa na danom mieste vyskytoval vyšší počet jedincov, než naznačovali predchádzajúce odhady len na základe vizuálnych pozorovaní. Kombináciou tradičných monitorovacích postupov s modernými experimentálnymi metódami sa tak môže zvyšovať presnosť a preukaznosť výsledkov.

SÚČASNÝ STAV POZNANIA

Sumárny prehľad historických aj vlastných faunistických údajov o netopieroch slovenskej časti systému Domica-Baradla vrátane jaskyne Domica za predchádzajúce obdobia spracovali Uhrin et al. (1996, 2002, 2014).

Jaskyňa Domica tvorí súčasť rozsiahleho jaskynného systému Domica-Baradla, ktorý dlhodobo patrí medzi strategické podzemné úkryty netopierov, obzvlášť podkovárov (rod *Rhinolophus*), na území Slovenska a Maďarska a zároveň v širšom stredoeurópskom regióne (Uhrin et al., 2014). Zoogeograficky je lokalita situovaná v oblasti Slovenského a Aggteleckého krasu vyznačujúcej sa teplejším podnebím. Samotný Domický systém predstavuje jeden z najteplejších jaskynných systémov na území Slovenska, konkrétne v jaskyni Domica má teplota ovzdušia v priemere viac ako 10 °C (Gaál a Gruber, 2014; Kováč et al., 2014). Preto sa tu prirodzene vyskytujú niektoré mediteránne termofilné prvky chiropterofauny, dosahujúce na tomto území severné areálové hranice (*Rhinolophus euryale*, *Miniopterus schreibersii*). Fauna jaskynného systému je ďalej obohatená o zástupcov typických stredoeurópskych foriem viazaných na lesné formácie alebo charakteristických pre mozaikovitú krajinnú štruktúru okolia jaskynného systému. V celom jaskynnom systéme Domica-Baradla sa zaznamenala prítomnosť najmenej 19 druhov netopierov (Boldogh, 2006; Uhrin et al., 2014; Uhrin et al., 2020). Z tohto počtu bolo na slovenskej strane doteraz potvrdených 17 druhov (tab. 1); v maďarskej časti systému aj ďalšie dva druhy, *Pipistrellus pipistrellus* a *Nyctalus noctula*. Väčšina zistených druhov využíva jaskynný systém prevažne na hibernáciu, avšak *Rhinolophus euryale* obýva a *Miniopterus schreibersii* donedávna obýval podzemie systému aj v letnom období na účely reprodukcie a v prechodnom období ako úkryt a miesto vzájomnej komunikácie. Najmä v čase jesenných preletov (swarming) sú vchody jaskýň dôležitými miestami v sociálnej a reprodukčnej komunikácii netopierov (Bihari a Gombkötő, 1993).

V samotnej jaskyni Domica sa zaznamenala hibernácia minimálne šiestich druhov netopierov: *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus euryale*, *Myotis emarginatus*, *Myotis daubentonii* a *Myotis myotis/blythii* (Bobáková, 2002; Uhrin et al., 2002, 2014 a iní). Z hľadiska početnosti dominujú tri uvedené druhy rodu *Rhinolophus* (obr. 3), ktoré spoločne môžu tvoriť až viac ako 98 % všetkých netopierov zaznamenaných na lokalite (Bobáková, 2002, 2004). Podľa publikovaných údajov dosahuje komunita netopierov v jaskyni Domica celkovú početnosť najmenej 2000 až 2500 jedincov, pričom najvyššie počty sa pravidelne zaznamenávajú v jarnom a jesennom období (Bobáková, 2002, 2004; Uhrin et al., 2012, 2020).

Tab. 1. Prehľad druhov netopierov zaznamenaných v Domickom systéme a charakter ich výskytu.
Tab. 1. Overview of bat species recorded in the Domica Cave System and the nature of their occurrence.

Taxón / Taxa	**Charakter výskytu / Type of occurrence**
Rhinolophus hipposideros (André, 1797)	hibernácia, prechodný úkryt, swarming, osteologické nálezy
Rhinolophus ferrumequinum (Schreber, 1774)	hibernácia, prechodný úkryt, swarming, osteologické nálezy
Rhinolophus euryale Blasius, 1853	hibernácia, reprodukcia, prechodný úkryt, swarming, osteologické nálezy
Myotis myotis (Borkhausen, 1797)	hibernácia, prechodný úkryt, swarming, osteologické nálezy
Myotis blythii (Tomes, 1857)	hibernácia, prechodný úkryt, swarming
Myotis nattereri (Kuhl, 1817)	hibernácia, swarming
Myotis bechsteinii (Kuhl, 1817)	swarming, osteologické nálezy
Myotis daubentonii (Kuhl, 1817)	hibernácia, swarming
Myotis dasycneme (Boie, 1825)	hibernácia
Myotis mystacinus (Kuhl, 1817)	swarming
Myotis emarginatus (Geoffroy, 1806)	hibernácia, swarming
Vespertilio murinus Linnaeus, 1758	hibernácia
Eptesicus serotinus (Schreber, 1774)	hibernácia, swarming
Plecotus auritus (Linnaeus, 1758)	swarming
Plecotus austriacus (Fischer, 1829)	hibernácia, swarming
Barbastella barbastellus (Schreber, 1774)	hibernácia, swarming
Miniopterus schreibersii (Kuhl, 1817)	hibernácia, reprodukcia, prechodný úkryt, swarming, osteologické nálezy

Dlhodobo najvýznamnejším a v súčasnosti najpočetnejším druhom netopiera v jaskyni Domica a prakticky v celom jaskynnom systéme je **podkovár južný *(Rhinolophus euryale)***. Ide o termofilný jaskynný druh s centrom rozšírenia v oblasti Stredomoria, pričom územie južného Slovenska a severného Maďarska tvorí severný okraj tohto areálu (Uhrin et al., 2012; Garin a Goiti, 2020). Jaskynný systém Domica-Baradla predstavuje najpočetnejšie známe zimovisko *R. euryale* v strednej Európe (Uhrin et al., 2012). Na základe paralelných sčítaní a fotografickej dokumentácie sa celková početnosť miestnej populácie *R. euryale* v systéme Domica-Baradla odhaduje až na

Obr. 3. Podkovár (rod *Rhinolophus)* – typický zástupca netopierov v jaskyni Domica. Foto: P. Staník
Fig. 3. Horseshoe bat (genus *Rhinolophus)* – a typical representative of bats in the Domica Cave. Photo: P. Staník

približne 5000 jedincov (Boldogh, 2006, 2007; Uhrin et al., 2012, 2014). Je dokázané, že minimálne polovica z tohto počtu využíva v určitých fázach roka priestory samotnej jaskyne Domica. V publikovaných zdrojoch ako najvyššie známe maximum z Domice figuruje 2658 jedincov (Uhrin et al., 2012). Veľkosť tejto subpopulácie za ostatné tri desaťročia (Bobáková, 2002, 2004; Uhrin et al., 2002, 2020 a iní) sa zdá byť bez výraznejších poklesov a rapídnych zmien. Treba však podotknúť, že vzhľadom na rozsiahlosť jaskynného systému a špecifiká samotného druhu, exaktné stanovenie početnosti *R. euryale* na tejto lokalite a tým pádom aj hodnotenie populačných trendov druhu je značne komplikované (Uhrin et al., 2010) a vyžaduje si pri monitoringu špeciálne postupy.

Každopádne, výskyt druhu v jaskyni Domica má dlhodobý charakter, o čom svedčia hojné, miestami až hrubé akumulácie jeho trusu (guána) nachádzajúce sa vo viacerých častiach jaskyne, najmä na úseku Prales – Palmový háj – Sieň netopierov – Dóm indických pagod. Napriek tomu, že značná časť pôvodného guána bola v minulosti z jaskynného systému, najmä z Baradly a Čertovej diery, odťažená von, v Domici sa niektoré z pôvodných guánových kôp zachovali dodnes a sú naďalej dopĺňané čerstvým trusom (obr. 4). Za ostatné roky sa tieto biologické sedimenty stali predmetom multidisciplinárnych výskumov ako cenný paleoenvironmentálny archív (Krištůfek et al., 2008, 2009, 2010; Chroňáková et al., 2009a, 2009b; Beneš et al., 2009; Svitavská-Svobodová, 2009, 2015 a iní). Napríklad z peľových zŕn a zvyškov potravy v tomto truse rekonštruujú vegetáciu a potravné prostredie netopierov v priebehu posledných storočí. Význam týchto sedimentov dokladá ich vek. Pri sondáži v Domici realizovanej v roku 2006 najstaršie vrstvy 105 cm vysokej guánovej kopy v Palmovom háji boli pomocou rádiokarbónového datovania určené na približne 1055 ± 30 rokov BP, čo dokumentuje dlhodobú kontinuitu využívania jaskyne Domica druhom *R. euryale* (Krištůfek et al., 2008; Svitavská-Svobodová et al., 2015 a iní).

Na území Slovenska zostáva Domica jednou z posledných jaskynných lokalít, ktoré podkovár južný využíva ako celoročný úkryt. Doterajšie výskumy však preukázali výraznú priestorovú aj časovú dynamiku miestnej populácie. Údaje z krúžkovania a paralelných sčítaní potvrdzujú pravidelné presuny jedincov *R. euryale* medzi jednotlivými časťami jaskynného systému Domica-Baradla a ďalšími lokalitami v regióne (Uhrin et al., 2012; Gaisler et al., 2003 a iní). Reprodukčné kolónie sa vytvárajú striedavo v rôznych častiach systému alebo v okolitých umelých podzemných priestoroch a teplých budovách (napr. Boldogh, 2007; Uhrin et al., 2012), historicky boli detailnejšie zdokumentované napríklad v Líščej diere (Horáček et al., 1979, 1995) a ešte donedávna v Baradle (Topál, 1989), kde ju v súčasnosti využívajú počas leta už len solitárne samce (Uhrin et al., 2014). V Domici sa *R. euryale* vyskytuje vo všetkých častiach jaskyne, pričom najpočetnejšie známe zoskupenia vytvára spravidla v priestore Pod Japonskou čajovňou (na jar) a v Pralese (na jeseň). Koncom jesene a začiatkom zimného obdobia sa veľká agregácia podkovára južného preukázateľne nachádza v Domici, ktorá v tom čase plní funk-ciu významného prehibernačného úkrytu druhu (Uhrin et al., 2012, 2020). Zvyčajne je to od polovice októbra do začiatku decembra v priestore Prales, kde početnosť spomínanej agregácie môže dosahovať viac ako 2500 jedincov. Táto populácia sa vyznačuje relatívne vysokou aktivitou prejavujúcou sa častým prebúdzaním jedincov a ich preletmi medzi jednotlivými priestormi jaskyne, prípadne smerom do vonkajšieho prostredia (Uhrin et al., 1996; Bobáková 2001, 2002, 2004 a iní). Najnovšie zistenia Uhrina et al. (2020) naznačili, že intenzita tejto aktivity pravdepodobne nesúvisí s mikroklimatickými podmienkami, ktoré sú v sledovaných častiach jaskyne relatívne stabilné. Väčší význam sa pripisuje vnútorným biologickým faktorom a sociálnej pamäti kolónie. Naopak, samotná prítomnosť veľkého počtu netopierov môže ovplyvňovať mikroklímu jaskynného prostredia prostredníctvom ich respiračnej aktivity a rozkladu vyprodukovaných exkrementov. Približne koncom novembra sa toto zoskupenie rozpadá, pričom súčasne rastie početnosť zimnej agregácie v jaskyni Baradla, čo naznačuje, že značná časť netopierov po období prehibernácie v Domici následne zimuje v Baradle (Miková et al., 2013; Uhrin et al., 2014 a iní). Obe konkrétne miesta výskytu kolónií v rámci tohto systému sú od seba vzdialené približne tri kilometre.

Charakteristickým znakom populácie *R. euryale* v systéme Domica-Baradla je zoskupovanie sa do veľkopočetných zoskupení, tvorených spravidla stovkami až tisíckami jedincov. Pri vytváraní

Obr. 4. Guánová kopa v priestore Prales (Domica). Foto: P. Bella
Fig. 4. Bat guano heap in the area of Prales (Domica Cave). Photo: P. Bella

agregácií opakovane využívajú tie isté priestory. V jaskyni Baradla na maďarskom území, spravidla v časti Morea Hill (maďarsky „Moreahegy“), prebieha hromadná hibernácia populácie v agregáciách činiacich celkovo až okolo 4000 – 5000 jedincov (Uhrin et al., 2012; Maliničová et al., 2017; Maxinová et al., 2017a). V samotnej Domici sú takéto agregácie pozorované v určitých fázach roka najčastejšie v Pralese, susednom priestore nazývanom Pod Japonskou čajovňou a odtiaľ ďalej smerom do Dómu indických pagod, príležitostne aj v ďalších častiach jaskyne (Bobáková, 2001, 2002, 2004; Uhrin et al., 2002, 2014). Ďalším špecifikom je vysoká aktivita druhu počas samotnej hibernácie. Jedince sa opakovane prebúdzajú zo zimného spánku, menia polohu a niekedy sa presúvajú aj na väčšie vzdialenosti v rámci jaskynného systému. Každá fáza prebudenia a udržania bdelosti je pritom energeticky náročná a netopiere na túto aktivitu spotrebúvajú značnú časť telesných tukových zásob. Príčiny tohto správania nie sú dosiaľ úplne objasnené, avšak najnovšie výskumy populácie *R. euryale* v systéme Domica-Baradla naznačujú, že tieto prebúdzania neslúžia primárne na získavanie potravy (koristi), ale pravdepodobne súvisia s potrebou udržiavania metabolických procesov, regulácie vodnej bilancie a správnej funkcie tráviaceho traktu zimujúcich jedincov (Maxinová et al., 2017a). Pri výskume ich zimného trusu sa preukázalo, že podkováre južné produkujú exkrementy počas celého obdobia hibernácie, dokonca aj v čase, keď sú vonkajšie teploty pod bodom mrazu a hmyzia potrava je vonku prakticky nedostupná (Miková et al., 2013). Boli identifikované dva typy výkalov. Konzumné výkaly, typické najmä koncom jesene, obsahujú zvyšky koristi, predovšetkým fragmenty tiel motýľov, zatiaľ čo nekonzumné výkaly sú tvorené homogénnou hlienovitou hmotou bez rozpoznateľných zvyškov potravy. V jesennom a skorom zimnom období dominujú v potrave *R. euryale* motýle (Lepidoptera), pričom mimoriadny význam má listnatka neskorá (*Colotois pennaria*). Ide o jeden z mála druhov hmyzu dostupných toho času v širšom okolí jaskynného systému (Miková et al., 2013). Počas najchladnejšej fázy zimy začínajú netopiere produkovať prevažne nekonzumný trus (Miková et al., 2013; Maxinová et al., 2017a). Jeho analýza odhalila vysoký podiel anorganických zložiek, najmä ílov, fosfátov, kalcitu, kremenných častíc a kremičitých ihličiek, ktorých zloženie zodpovedá miestnym jaskynným sedimentom (Berényi Üveges et al., 2006; Maxinová et al., 2017a). Tento nález naznačuje, že podkováre južné počas zimných prebudení aktívne pijú vodu a pravdepodobne aj konzumujú jaskynné sedimenty. Takéto správanie môže súvisieť s dopĺňaním minerálnych látok, reguláciou metabolickej rovnováhy, elimináciou toxických látok alebo ochranou tráviaceho traktu pred atrofiou a tráviacimi ťažkosťami, prípadne s podporou pri vylučovaní, a týmto spôsobom tak prežiť fázu hibernácie, ktorá, ako je známe, predstavuje pre všetky druhy netopierov mierneho pásma kritické obdobie roka, resp. najzraniteľnejšiu fázu ich životného cyklu (Miková et al., 2013; Maxinová et al., 2017a a iní). V zimných výkaloch sa zároveň nachádzali stopy netopierích chlpov, ektoparazitov a zvyškov starších chitínových schránok koristi, čo naznačuje možnosť opätovného využívania alebo ďalšieho trávenia

skôr prijatej potravy (Miková et al., 2013). Do istej miery to potvrdzuje aj analýza tráviacich enzýmov vo výkaloch *R. euryale*, ktorá preukázala ich aktivitu počas celej zimy (Maxinová et al., 2017b). Aktivita chitináz zostávala relatívne stabilná, zatiaľ čo aktivita amyláz kulminovala koncom jesene a začiatkom zimy. Pretrvávanie tráviacej aktivity aj počas obdobia bez pravidelného príjmu potravy sa považuje za významnú adaptáciu tohto druhu umožňujúcu využitie energie z príležitostne získanej koristi, efektívnejšie spracovanie predtým prijatej potravy a zároveň podporu imunitných mechanizmov počas hibernácie (Maxinová et al., 2017b). Okrem toho, počas zimy dochádza u týchto netopierov k výrazným zmenám ich črevnej mikroflóry (Maliničová et al., 2017). Celkové počty kultivovateľných črevných baktérií sa počas hibernácie znižujú a po jej skončení sa vracajú na pôvodné hodnoty. Súčasne sa mení druhové zloženie črevných mikroorganizmov, pričom nízka telesná teplota zimujúcich netopierov umožňuje nadmerné množenie psychrotrofných patogénnych baktérií, napríklad z rodu *Pseudomonas*. Po obnovení normálnej telesnej teploty sú tieto „škodlivé" baktérie opäť potláčané bežnou črevnou mikroflórou. Výsledky Maliničovej et al. (2017) tak naznačujú, že hibernácia predstavuje obdobie zvýšeného rizika infekcií a výrazných fyziologických zmien organizmu.

Hlbšie poznanie jednotlivých aspektov života populácie podkovára južného v Domickom systéme je, okrem iného, dôležitým predpokladom aj na zabezpečenie vhodného manažmentu sprístupnenej jaskyne Domica. Jaskyňa je sprístupnená verejnosti od roku 1932 a v súčasnosti je otvorená celoročne s výnimkou dvojmesačnej zimnej uzávery. Súčasná prehliadková trasa vedie priestormi, ktoré tento druh intenzívne využíval už pred sprístupnením jaskyne a využíva ich dodnes. Viaceré jej úseky kopírujú dlhodobo využívané letové koridory podkovárov, obzvlášť v Panenskej chodbe, alebo prechádzajú miestami pravidelného vytvárania kolónií, predovšetkým na úseku medzi Pralesom a Dómom indických pagod (Bobáková, 2002, 2004; Uhrin et al., 1996, 2020). Prevádzka sprístupnených častí Domice, rovnako aj susednej jaskyne Baradla, tak predstavuje jeden z hlavných antropogénnych faktorov ovplyvňujúcich populáciu podkovára južného v celom podzemnom systéme. Na základe odporúčaní chiropterológov bol predčasom na vybraných úsekoch prehliadkového okruhu v Domici upravený rozsah a intenzita osvetlenia s cieľom zmierniť jeho vplyv na netopiere (Uhrin et al., 2002). V blízkosti kolónií môžu rušivý účinok vyvolávať nevhodne načasované alebo intenzívne turistické, výskumné, speleologické a ďalšie aktivity. Ďalšie riziko predstavujú technické konštrukcie (mreže, múry, hrádze, hate atď.) umiestnené v zúžených profiloch jaskynných chodieb vnútri systému, ktoré môžu vytvárať mechanické prekážky obmedzujúce voľný pohyb netopierov predovšetkým na frekventovaných letových koridoroch alebo počas hromadných presunov kolónií (napr. Bobáková, 2001). V jaskyni Domica je príkladom takéhoto kritického miesta objekt tzv. „trojrúry" na konci Panenskej chodby smerom do Čertovej diery, kde evidentne dochádza k obmedzovaniu prieletnosti jedincov (Bobáková, 2001; Z. Višňovská, unpubl.).

Podkovár malý *(Rhinolophus hipposideros)* je najčastejšie pozorovaným hibernujúcim druhom Domického systému, pričom výskyt, i keď málopočetný, sa tu potvrdil aj v letnom a prechodnom období. Celkovo možno lokalitu zaradiť k popredným zimoviskám tohto druhu v rámci Slovenska (Uhrin et al., 2002, 2014). Početnosť zimujúcich jedincov v priestoroch Domice dosahuje maximá väčšinou v rozmedzí 70 až 120 jedincov (Bobáková, 2002, 2004), v Starej Domici je to zvyčajne viac ako 30 jedincov a badať tu mierne vzostupný trend, zatiaľ čo v Čertovej diere presahuje aj 400 jedincov a signifikantne medziročne narastá (Uhrin et al., 2010). Populácia *R. hipposideros* využívajúca tento jaskynný systém obýva aj iné jaskyne v okolí, čo potvrdzujú napríklad nálezy krúžkovaných jedincov v jaskyni Milada (Uhrin et al., 1996). Všeobecne ide o najviac frekventovaný a dominantný druh netopiera v jaskyniach Slovenského krasu (Uhrin et al., 2010).

Podkovár veľký *(Rhinolophus ferrumequinum)* je termofilným druhom netopiera, ktorého prvé nálezy z Domického systému pochádzajú z 50. rokov 20. storočia (Vachold, 1955, 2003; Šebek, 1956). Druh pravidelne zimuje vo všetkých častiach systému, avšak priamo v Domici spravidla v menšom počte – známe sú tu maximá okolo 15 až 25 ex. (Bobáková 2002, 2004). Údaje z krúžkovania potvrdzujú, že v systéme hibernujú, resp. v minulosti hibernovali jedince z neďalekých reprodukčných kolónií, napríklad zo Silickej Jablonice (Gaisler et al., 2003).

Ďalším termofilným prvkom stredoeurópskej fauny, ktorý sa hlbšie v útrobách tohto jaskynného systému občasne vyskytuje v zimnom aj letnom období, je **netopier brvitý *(Myotis emarginatus)***. Početnosť druhu v období hibernácie však celkovo nie je vysoká. S výnimkou jaskyne Čertova diera, kde je mierne početnejší (Uhrin et al., 2010), inde v systéme sa zaznamenávajú iba ojedinelé zimujúce jedince. Zistený bol aj počas swarmingu v jesennom období (napr. Malá Baradla v Maďarsku). Ostatné druhy rodu *Myotis* sú v Domici pozorované iba zriedkavo až sporadicky. Ide napríklad o solitérne jedince **netopiera veľkého *(Myotis myotis)***, resp. veľmi podobného **netopiera ostrouchého *(Myotis blythii)***. Početnejšie zimujú v Čertovej diere. Alebo je to **netopier vodný *(Myotis daubentonii)***, ten je príležitostne registrovaný v zimnom i letnom období v slovenskej aj v maďarskej časti jaskynného systému (Uhrin et al., 2002, 2014). Celkovo patrí ku zriedkavejším hibernantom slovenských jaskýň, s častejšími nálezmi najmä vo východnejšej časti Slovenska (Kováč et al., 2014).

Nálezy ostatných druhov netopierov sú známe väčšinou len z okrajových zón jaskynného systému na slovenskej či maďarskej strane. V priestoroch jaskynných vchodov Starej Domice, Čertovej diery a Líščej diery sa v letnom období ako aj v prechodnom období počas preletov, tzv. swarmingu, alebo pri hľadaní prechodného zimného úkrytu evidujú občasné nálezy druhov ***Myotis bechsteinii***, ***Myotis nattereri***, ***Myotis mystacinus***, ***Myotis dasycneme***, ***Plecotus auritus***, ***Plecotus austriacus***, ***Barbastella barbastellus***, ***Eptesicus serotinus***, ***Vespertilio murinus***, výnimočne aj iných druhov (Uhrin et al., 2014). V tomto zmysle je pre netopiere na slovenskej strane systému obzvlášť významná jaskyňa Čertova diera. Tá bola ešte donedávna zimoviskom veľmi početnej kolónie **lietavca sťahovavého *(Miniopterus schreibersii)***, ktorej veľkosť kolísala údajne v rozmedzí 300 až 9000 jedincov (Vachold, 1956; Bobáková, 2002; Uhrin et al., 2002). Ide o typický jaskynný druh viazaný takmer výlučne na teplejšie podzemné úkryty a v Európe patrí medzi vzácne a kriticky ohrozené druhy. V posledných dekádach došlo k drastickému poklesu početnosti, až dokonca vymiznutiu kolónií druhu z viacerých stredoeurópskych lokalít vrátane lokalít tohto jaskynného systému (Baradla, Čertova diera, Líščia diera). V Čertovej diere sa kontinuálna existencia zimujúcej kolónie *M. schreibersii* naposledy zaznamenala do roku 1990 (Uhrin et al., 1997), v Baradle sa kolónie úplne vytratili ešte zhruba o 20 rokov skôr (Magyari, 1964); v ostatných desaťročiach sa tu zaregistrujú zväčša už len ojedinelé jedince (Uhrin et al., 2014). Príčiny tohto poklesu, resp. zániku kolónií možno prisúdiť najmä antropogénnemu tlaku, vyrušovaniu na úkrytoch a osádzaniu nevhodných uzáverov do jaskynných vchodov (Uhrin et al., 1997; Boldogh, 2006; Kováč et al., 2014 a iní). Domický systém spolu s jaskyňou Baradla boli obzvlášť do 60. rokov 20. storočia, ale aj neskôr, pod obrovským tlakom súvisiacim s výskumnou a speleologickou činnosťou či turistickou návštevnosťou. V tom období bežným javom bolo časté vyrušovanie netopierov rôznymi zvedavcami alebo bádateľmi, okrem iných paradoxne aj samotnými chiropterológmi a parazitológmi, či už na účely krúžkovania netopierov, výskumu ich parazitov alebo doplnenia jedincov do zbierok (in Topál, 1989; Bobáková, 2002; Gaisler et al., 2003 atď.). Používali sa neraz pri tom aj veľmi necitlivé výskumné praktiky, pomerne bežné ešte zhruba do polovice 20. storočia, ako napríklad masívne krúžkovanie zimujúcich jedincov, odchyty matiek s mláďatami v letnom období, zber jedincov netopierov na rôzne výskumy zhadzovaním tyčou či dokonca odstrelom brokovnicou, svietenie fakľami, neskôr karbidovými lampami a podobne (in Vachold, 2003 atď.), čo sa taktiež mohlo veľmi nepriaznivo odzrkadliť na stave populácie tohto veľmi citlivého a plachého druhu, ale aj niektorých iných druhov netopierov v regióne. Smutným faktom ostáva, že i napriek tomu, že mnohí upozorňovali na alarmujúce znižovanie početnosti a vysokú citlivosť *M. schreibersii* (napr. Hanák et al., 1962; Mošanský, 1981), rozsah výskumných aktivít sa neznížil. Neskôr, s rozvojom ochrany prírody a etických štandardov, sa od takýchto invazívnych a necitlivých praktík takmer úplne upustilo. Okrem toho, vstupná chodba jaskyne Čertova diera bola v minulosti uzatvorená oceľovým uzáverom, ktorý podľa všetkého nebol vôbec uspôsobený na hromadné prelety jedincov *Miniopterus schreibersii*, preto v 90. rokoch 20. storočia sa uzáver opravil tak, aby poskytoval možnosti preletu väčšiemu počtu netopierov. Z tých istých dôvodov sa v rokoch 1997 a 2001 uvoľnil priestor okolo vchodu do jaskyne vyrúbaním náletovej krovitej vegetácie (Uhrin et al., 2002). Spomínaný vchod do Čertovej diery slúži ako vletový či výletový

otvor aj pre jedince netopierov využívajúcich jaskyňu Domica, keďže jej hlavný vchod aj východ, tvoriace súčasť návštevnej trasy jaskyne, sú uzatvorené plnými uzávermi bez možnosti preletov netopierov. Aj tento prípad opätovne potvrdzuje, aké kľúčové vo vzťahu k zachovaniu a ochrane populácií netopierov v jaskyniach je vnímať a riešiť nielen samotný pobyt netopierov vnútri jaskynného biotopu, ale zároveň brať do úvahy aj celkový charakter vletových a výletových otvorov, resp. spoznávať, aké komunikačné trasy v podzemí netopiere využívajú smerom na povrch a dnu.

ZÁVER

Cezhraničný jaskynný systém Domica-Baradla predstavuje jednotný ekologický celok, ktorého faunu netopierov na slovenskej i maďarskej strane z hľadiska druhového zloženia možno považovať prakticky za identickú. Paralelné využívanie rôznych častí systému dokumentuje predovšetkým podkovár južný (*Rhinolophus euryale*), ktorý sa na lokalite vyskytuje prakticky celoročne a v súčasnosti predstavuje najpočetnejší a z ochranárskeho hľadiska aj najhodnotnejší druh jaskyne Domica i celého jaskynného systému. Ide o vzácnu marginálnu populáciu izolovanú od hlavného stredomorského areálu druhu, ktorá predstavuje jednu z najsevernejších zón jeho rozšírenia v Európe. Doterajší výskum *R. euryale* v systéme Domica-Baradla poodhalil pozoruhodné ekologické, behaviorálne a fyziologické adaptácie druhu spojené s prežívaním zimného obdobia a tiež zaujímavé schémy celoročného životného cyklu. Spomínaný jaskynný komplex tak možno považovať nielen za jeden z najdôležitejších podzemných úkrytov a zimovísk tohto druhu v strednej Európe, ale aj za unikátne prírodné laboratórium umožňujúce skúmať dynamiku populácií, sociálne správanie, metabolické procesy a ekologické nároky tohto významného zástupcu netopierov karpatského regiónu.

Dlhodobé udržanie vzácnej populácie *R. euryale*, ale aj populácií ďalších druhov netopierov v predmetnom regióne Slovenského a Aggteleckého krasu je podmienené stabilitou prostredia, predovšetkým dostatočnou ponukou potravy, zachovaním vhodných lovných biotopov a udržiavaním vhodných mikroklimatických a ekologických podmienok v podzemných úkrytoch využívaných na zimovanie a reprodukciu, medzi ktorými má systém Domica-Baradla strategické postavenie. To predpokladá užšiu cezhraničnú spoluprácu a koordinovaný manažment územia s cieľom zachovať ekologickú integritu podzemných i povrchových biotopov, ktoré sú nevyhnutné pre všetky fázy životného cyklu prítomných druhov netopierov.

LITERATÚRA

Anonymus 1926. Podzemní labyrint na Slovensku. Tajemné průchody z republiky do Maďarska. Pr. 3, Zpravodaj, 4.

Andreas, M. – Reitter, A. – Cepáková, E. – Uhrin, M. 2013. Body size as an important factor determining trophic niche partitioning in three syntopic rhinolophid bat species. Biologia, 68, 1, 170–175.

Bartholomaeides, L. 1806–1808. Inclyti superioris Ungariae comitates Gömöriensis notitia historico-geographico-statistica. Typis Josephi Caroli Mayer, Leutschoviae, 1–782.

Beneš, J. – Svitavská-Svobodová, H. – Novák, J. – Křováková, K. – Šantrůček, J. – Elhottová, D. – Kováč, Ľ. – Krištůfek, V. 2009. Reading the past from cave bat guano: Domica cave palaeoecological research (NP Slovak Karst). Aragonit, 14, 2, 170.

Benický, V. 1935. Niečo o netopieroch v Domici. Šafárikov kraj, 4, 1, Rožňava, 5.

Berényi Üveges, I. – Berényi Üveges, J. – Vid, G. 2006. Adalékok a Baradla-barlang fejlődésének elméletéhez üledékvizsgálatok alapján (Some data to the theory of evolution of the Baradla Cave by using sediment investigations). Karszt és Barlang, I-II, 33–40.

Beron, P. 1965. Contribution á l'étude des Acariens parasites des Chiroptéres en Hongrie (Spinturnicidae, Trombiculidae, Myobiidae et Acaridae). Vertebrata Hungarica, Budapest, 7, 1–2, 141–152.

Bihari, Z. – Gombkötő, P. 1993. Az Északi-középhegység denevérfaunisztikai felmérése. Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 18, 163–189.

Bobáková, L. 2001. Netopiere vybraných lokalít (Dobšinská ľadová jaskyňa, Harmanecká jaskyňa, Domica) vo vzťahu k ekologickým podmienkam a antropickým aktivitám. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 90 s.

Bobáková, L. 2002. Kvantitatívne a kvalitatívne zloženie chiropterofauny Domického jaskynného systému. In Urban P. (Ed.): Výskum a ochrana cicavcov na Slovensku V. Zborník referátov z konferencie (Zvolen, 12. – 13. 10. 2001), Štátna ochrana prírody, Centrum ochrany prírody a krajiny, Banská Bystrica, 89–102.

Bobáková, L. 2004. Chiropterologický výskum Dobšinskej ľadovej jaskyne a jaskyne Domica v roku 2003. Aragonit, 9, 40–43.

Boldogh, S. 2006. The bat fauna of the Aggtelek National Park and its surroundings (Hungary). Vespertilio, 9-10, 33–56.

Boldogh, S. 2007. Földalatti denevérszállások az Aggteleki-karszt és a Galyaság területén. In Boldogh, S. – Estók, P. (Eds.): Földalatti denevérszállások katasztere I. ANP Füzetek 3, Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 164–185.

Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.) 2014. Jaskynný systém Domica-Baradla, jaskyňa, ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 512 s.

Gaisler, J. – Hanák, V. 1969. Ergebnisse der zwanzigjährigen Beringung von Fledermäusen (Chiroptera) in der Tschechoslowakei: 1948–1969. Acta Scientarium Naturalium, Brno, 3, 5, 1–33.

Garin, I. – Goiti, U. 2020. Mediterranean horseshoe bat Rhinolophus euryale Blasius, 1853. In Hackländer, K. – Zachos, F. E. (Eds): Handbook of the mammals of Europe. Springer International Publishing, Cham, 1–25.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Nováková, A. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2003. Domica a Ardovská jaskyňa – štúdium interakcií medzi faunou a mikroflórou. Aragonit, 8, 38–40.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Nováková, A. – Lukešová, A. – Tříska, J. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2004. Zdroje polynenasycených mastných kyselin v jeskyních Slovenského krasu. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. 4. vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou (Tále, 5. – 8. októbra 2003). Zborník referátov, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 155–161.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Lukešová, A. – Kováč, Ľ. 2006. Microbial colonization of bat guano in the Domica Cave. In Moldovan, O. T. (Ed.): Abstracts 18th International Symposium of Biospeleology, Cluj-Napoca, Romania, 74.

Gaisler, J. 1956. Faunistický přehled československých netopýrů. Ochrana přírody, Praha, 11, 6, 161–169.

Gaisler, J. 1975. A quantitative study of some populations of bats in Czechoslovakia (Mammalia: Chiroptera). Acta Scientarium Naturalium, Brno, 9, 5, 1–44.

Gaisler, J. – Hanák, V. 1972. Netopýři podzemních prostorů v Československu. Sborník Západočeského muzea, Příroda, Plzeň, 7, 1–46.

Gaisler, J. – Hanák, V. 1973. Aperçu de chauves-souris des grottes Slovaques. Slovenský kras, 11, 73–84.

Gaisler, J. – Hanák, V. – Hanzal, V. – Jarský, V. 2003. Výsledky kroužkování netopýrů v České republice a na Slovensku, 1948–2000. Vespertilio, 7, 3–61.

Grossinger, J. B. 1793. Universa historia physica regni Hungariae secundum tria regna naturae digesta, Regni animalis. Pars II. Ornithologia, sive historia avium Hungariae. Sumptibus & Typis Simonis Petri Weber, Posonii et Comaromii.

Grulich, I. 1949. Příspěvek k poznání variability vrápence malého (Rhinolophus hipposideros Bechst.). Práce Moravskoslezské akademie věd přírodních, Brno, 21, 5, 1–60.

Grulich, I. – Povolný, D. 1955. Faunisticko-bionomický nástin muchulovitých (Nycteribiidae) na území ČSR. Zoologické a Entomologické Listy, 4, 2, 111–134.

Grulich, I. – Povolný, D. 1956. Příspěvek k chorologii muchulovitých (Nycteribiidae) se zvláštním zřetelem k jejich hostitelům v ČSR. Zoologické listy 5, 2, 97–110.

Hanák, V. – Gaisler, J. – Figala, J. 1962. Results of bat-banding in Czechoslovakia, 1948–1960. Acta Universitatis Carolinae – Biologica, Praha, 1, 9–87.

Hokr, Z. 1946. Příspěvek k poznání jeskynních medvědů z jeskyně Domica u Plešivce na Slovensku. Věstník Státního geologického ústavu republiky Československé, Praha, 21, 181–186.

Horáček, I. 1976. Přehled kvartérních netopýrů (Chiroptera) Československa. Lynx, Praha, 18, 35–58.

Horáček, I. – Červený, J. 1985. K výskytu druhů Rhinolophus ferrumequinum a Rhinolophus euryale na Slovensku. Lynx, Praha, 22, 15–17.

Horáček, I. – Zima, J. – Červený, J. 1979. Letní nálezy netopýrů na Slovensku (1966–1977). Lynx, Praha, 20, 75–98.

Horáček, I. – Hanák, V. – Zima, J. – Červený, J. 1995. K netopýří fauně Slovenska I. – Letní nálezy 1979–1992. Netopiere, Revúca, 1, 39–54.

Hůrka, K. 1957. Příspěvek k systematice, faunistice a bionomii netopýřích blech v ČSR. Československá parazitologie, 4, 145–166.

Hůrka, K. 1963a. Bat fleas (Aphaniptera, Ischnopsyllidae) of Czechoslovakia. Contribution to the Distribution, Morphology, Bionomy, Ecology and Systematics, Part I. Subgenus Ischnopsyllus Westw. Acta Faunistica Entomologica Musei Nationalis Pragae, 9, 76, 57–120.

Hůrka, K. 1963b. Bat fleas (Aphaniptera, Ischnopsyllidae) of Czechoslovakia. Part. II. Subgenus Hexactenopsylla Oud., genus Rhinolophopsylla Oud., subgenus Nycteridopsylla Oud., subgenus Dinycteropsylla Ioff. Acta Universitatis Carolinae – Biologica, 1–73.

Chroňáková, A. – Baldrian, P. – Šimek, M. – Krištůfek, V. 2009a. Enzymatické aktivity mikrobiálních společenstev kupy netopýřího guána v jeskyni Domica (NP Slovenský kras). Aragonit, 14, 2, 171.

Chroňáková, A. – Horák, A. – Elhottová, D. – Krištůfek, V. 2009b. Diverse archaeal community of a bat guano pile in Domica Cave (Slovak Karst, Slovakia). Folia Microbiologica, 54, 5, 436–446.
Juríc, M. 1955. Príspevok k poznaniu bĺch (Aphaniptera) ČSR. Sborník Vysoké Školy Zemědělské a Lesnické v Brně, Řada A, 2, 175–180.
Kettner, R. 1932. Zpráva zoologa V. J. Staňka o prohlídce jeskyně za fotografické spolupráce MUDr. W. Heinricha v lednu 1932. Časopis Turistů, Praha, 16–18, 21.
Kettner, R. 1934. O korosích stalagmitů způsobených netopýřím guanem v jeskyni Domica. Věstník státního geologického ústavu, Praha, 223.
Kettner, R. 1936a. Přehled dosavadní výzkumné činnosti Krasové komise KČST. Krásy Slovenska, Zvolen, 15, 5, 71–79.
Kettner, R. 1936b. Domica a netopýři. Časopis turistů, Praha, 48, 183–185.
Kettner, R. 1948. O netopýřím guanu a guanových korosích v jeskyni Domici. Sborník Státního geologického ústavu Československé republiky, Praha, 15, 41–64.
Kováč, Ľ. – Elhottová, D. – Mock, A. – Nováková, A. – Krištůfek, V. – Chroňáková, A. – Lukešová, A. – Mulec, J. – Košel, V. – Papáč, V. – Ľuptáčik, P. – Uhrin, M. – Višňovská, Z. – Hudec, I. – Gaál, Ľ. – Bella, P. 2014. Jaskynná biota Slovenska. Speleologia Slovaca 5. Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 192 s.
Krištofík, J. 1982. Nálezy múch čeľade Nycteribiidae (Diptera) na území SSR. Biológia, Bratislava, 37, 2, 191–197.
Krištofík, J. – Danko, Š. 2012. Arthropod ectoparasites (Acarina, Heteroptera, Diptera, Siphonaptera) of bats in Slovakia. Vespertilio, 16, 167–189.
Krištůfek, V. – Elhottová, D. – Kováč, Ľ. – Chroňáková, A. – Žák, K. – Světlík, I. 2008. Stáří kupy netopýřího guana v jeskyni Domica (NP Slovenský kras) a elektronová mikroskopie exkrementů netopýrů. Slovenský kras, 46, 1, 163–170.
Krištůfek, V. – Elhottová, D. – Chroňáková, A. – Nováková, A. 2009. Citlivost mikroorganizmů k difúzním látkám obsaženým v kupě netopýřího guána z jeskyně Domica (NP Slovenský kras). Aragonit 14, 2, 171.
Krištůfek, V. – Chroňáková, A. – Mulec, J. 2010. The heavy metal content in bat guano heaps in karst caves. In Moškrič, A. – Trontelj, P. (Eds.): Abstract book. 20th International Conference on Subterranean Biology, Postojna, Slovenia, 101–102.
Maliničová, L. – Hrehová, Ľ. – Maxinová, E. – Uhrin, M. – Pristaš, P. 2017. The dynamics of Mediterranean horseshoe bat (Rhinolophus euryale, Chiroptera) gut microflora during hibernation. Acta Chiropterologica, 19, 1, 211–218.
Maxinová, E. – Arrizabalaga-Escudero, A. – Arriolabengoa, M. – Aloria, K. – Zaldibar, B. – Boldogh, S. – Uhrin, M. – Goiti, U. – Aihartza, J. – Garin, I. 2017a. Faeces of Rhinolophus euryale (Chiroptera) from the winter season contain inorganic matter. Hystrix Italian Journal of Mammalogy, 28, 1, 98–103.
Maxinová, E. – Šustr, V. – Uhrin, M. 2017b. Digestive enzymes in Rhinolophus euryale (Rhinolophidae, Chiroptera) are active also during hibernation. European Journal of Ecology, 3, 1, 91–96.
Méhely, L. 1900. Magyarország denevéreinek monographiája. Monographia Chiropterorum Hungariae Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 372 s.
Mészáros, F. 1971. Vizsgálatok a hazai denevérek élősködő fonálférgein. Állattani Közlemények, 58, 78–86.
Miková, E. – Andreas, M. – Boldogh, S. – Dobrý, M. – Jehličková, V. – Löbbová, D. – Nađo, L. – Ševčík, M. – Uhrin, M. 2012. Rhinolophus euryale (Chiroptera: Rhinolophidae): the summary results of ecological research of cave dwelling bat. In Kováč, Ľ. – Uhrin, M. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. (Eds.): Abstract book, 21st International Conference on Subterranean Biology. Abstract book (2–7 September, 2012, Košice, Slovakia). Pavol Jozef Šafárik University, Košice, 71–72.
Miková, E. – Varcholová, K. – Boldogh, S. – Uhrin, M. 2013. Winter diet analysis in Rhinolophus euryale (Chiroptera). Central European Journal of Biology, Warszaw, 8, 9, 848–853.
Mituch, J. 1964. Beitrag zur Erkenntnis der Helminthenfauna von Fledermäusen der Familie Rhinolophidae in der Slowakei (ČSSR). Helminthologia, 5, 1-4, Košice, 33–48.
Mituch, J. 1965. Beitrag zur Erkenntnis der Helminthenfauna von Miniopterus schreibersii (Kuhl, 1819) in der Slowakei (ČSSR). Helminthologia, 6, 2, Košice, 109–119.
Mošanský, A. 1981. Teriofauna východného Slovenska a katalóg mammaliologických zbierok Východoslovenského múzea. I. (Insectivora, Chiroptera). Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach, Prírodné vedy, Košice, 21, 29–87.
Murai, É. 1976. Cestodes of bats in Hungary. Parasitologia Hungarica, 9, 41–62.
Nováková, A. – Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Lukešová, A. – Hill, P. – Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2005. Feeding sources of invertebrates in the Ardovská Cave and Domica Cave systems – preliminary results. In Tajovský, K. – Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. Institute of Soil Biology, Academy of Sciences Czech Republic, České Budějovice, 107–112.
Obuch, J. 1994. Types of the bat assemblages (Chiroptera) recorded in Slovakia. Folia zoologica, Brno, 43, 4, 393–410.
Obuch, J. 1995. Nové poznatky o výskyte netopierov v jaskynných tanatocenózach. Netopiere, Revúca, 1, 29–38.
Obuch, J. 2011. Spatial and temporal diversity of the diet of the tawny owl (Strix aluco). Slovak Raptor Journal, Bratislava, 5, 1–120.
Obuch, J. 2023. Potrava sovy obyčajnej (Strix aluco) v okolí jaskyne Domica. Slovenský kras, 61, 1, 49–53.
Petényi, J. S. 1854. Bihar vármegyének Sebes és Fekete Körös közti hegylánczolatain tett természettudományi utazásának rövid vázlata. Új Magyar Múzeum, 4, 2, 424–435.
Raisz, K. 1807. Topographische Beschreibung der im Gömörer Comitate bei dem Dorfe Aktelek befindlichen Höhle Baradla. In Bredetzky, S. (Ed.): Neue Beiträge zur Topographie und Statistik des Königreichs Ungarn, Wien, 241–307.
Rosický, B. 1950. Predbežný katalóg blch (Aphaniptera) z územia Slovenska. Prírodovedný Sborník Slovenskej Akadémie Vied a Umení, 5, 155–176.
Smrž, J. – Kováč, Ľ. – Mikeš, J. – Šustr, V. – Lukešová, A. – Tajovský, K. – Nováková, A. – Režňáková, P. 2015. Food sources of selected terrestrial cave arthropods. Subterranean Biology, 16, 37–46.
Speleoklub UPJŠ, 2026. https://speleoupjs.sk/clanok/liscia-diera
Staněk, V. J. 1932a. Nové přírůstky zoologických sbírek Národního Musea z Hosúsovských jeskyň na Slovensku. Časopis Národního Musea, Část Přírodovědná, Praha, 106, 55–59.
Staněk, V. J. 1932b. Zpráva zoologa V. J. Staňka o prohlídce jeskyně za fotografické spolupráce MUDr. W. Heinricha v lednu 1932. Časopis Turistů, 44, 1, 16–18.
Svitavská-Svobodová, H. 2009. Millennium bats environment of the Domica cave, pollen analysis of guano. Aragonit, 14, 2, 173.
Svitavská-Svobodová, H. – Andreas, M. – Krištůfek, V. – Beneš, J. – Novák, J. 2015. The thousand-year history of the Slovak Karst inferred from pollen in bat guano inside the Domica Cave (Slovakia). Folia Geobotanica, 50, 1, 49–61.
Šebek, Z. 1955. Zajímavosti o našich netopýrech vrápencích. Živa, 3, 5, Praha, 188–190.
Šebek, Z. 1956. Vrápenec velký (Rhinolophus ferrumequinum Schreb.) v Československu. Věstník Československé zoologické společnosti, Praha, 20, 4, 313–326.
Štěpánek, O. 1938. O netopýrech. Naší přírodou, Praha, 2, 1, 1–4.
Topál, G. 1956. The movement of bats in Hungary. Annales historico-naturales musei nationalis Hungarici, Budapest, 7, 477–489.
Topál, G. 1962. A magyarországi denevérek ivararánya. Vertebrata Hungarica, Budapest, 4, 141–163.
Topál, G. 1989. An overview of research on cave bats in Hungary. Karszt és Barlang, Special Issue, Budapest, 65–68.
Uhrin, M. 1993a. Poznámky k spoločenstvu netopierov (Chiroptera) zimovísk Slovenského krasu. Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach, Prírodné vedy, 34, 151–162.
Uhrin, M. 1993b. Sčítanie netopierov v Slovenskom krase. Chránené územia Slovenska, Banská Bystrica, 21, 68–69.
Uhrin, M. 1994. Príspevok k hibernácii podkovára južného (Rhinolophus euryale) a večernice malej (Pipistrellus pipistrellus) v Slovenskom krase. Lynx, Praha, 26, 17–20.
Uhrin, M. – Andreas, M. – Benda, P. – Reiter, A. 1996. K faune netopierov (Mammalia: Chiroptera) slovenskej časti jaskynného systému Domica-Baradla (CHKO BR Slovenský kras). In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 83–94.
Uhrin, M. – Lehotská, B. – Benda, P. – Lehotský, R. – Matis, Š. 1997. Rozšírenie netopierov na Slovensku, časť 3, Miniopterus schreibersii. Vespertilio, 2, 113–130.
Uhrin, M. – Bobáková, L. – Hapl, E. – Andreas, M. – Benda, P. – Obuch, J. – Reiter, A. 2002. Zimovanie netopierov v slovenskej časti jaskynného systému Domica-Baradla. Vespertilio, 6, 237–243.
Uhrin, M. – Benda, P. – Obuch, J. – Urban, P. 2010. Changes in abundance of hibernating bats in central Slovakia (1992–2009). Biologia, Bratislava, 65, 2, 349–361.
Uhrin, M. – Boldogh, S. – Bücs, S. – Paunović, M. – Miková, E. – Juhász, M. – Csősz, I. – Estók, P. – Fulín, M. – Gombköttő, P. – Jére, C. – Barti, L. – Karapandža, B. – Matis, Š. – Nagy, Z. L. – Szodoray-Parádi, F. – Benda, P. 2012. Revision of the occurrence of Rhinolophus euryale in the Carpathian region, Central Europe. Vespertilio 16, 289–328.
Uhrin, M. – Boldogh, S. – Salamon, G. 2014. Stavovce. In: Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla, jaskyňa, ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 307–322.
Uhrin, M. – Sabolíková, M. – Nađo, L. – Maxinová, E. 2020. Environmental variables do not explain the high size fluctuations in Rhinolophus euryale pre-hibernating aggregation. Biologia, 75, 1657–1665.
Vachold, J. 1955. Príspevok k otázke rozšírenia niektorých druhov netopierov (Chiroptera) na Slovensku. Biológia, Bratislava, 10, 2, 173–178.
Vachold, J. 1956. K otázke výskytu a rozšírenia netopierov (Chiroptera) na Slovensku. Biologické práce SAV, Bratislava, 2, 14, 1–68.
Vachold, J. 2003. Výskyt a rozšírenie netopierov na Slovensku s ekologickými dodatkami. Vespertilio, Praha – Revúca, 7, 185–233.
Vass, I. 1831. Az Agteleki barlang leírása, fekte területével, talprajzolatával és hosszába való átvágásával. Pest, 1–82.

VZPOMÍNKY NA DOMICU – ANEB VÝSLEDKY STUDIA MIKROSKOPICKÝCH HUB V JESKYNI DOMICA (2002–2020)

Alena Nováková

Krčínova 1090/6, 370 11 České Budějovice, Česká republika; ANmicrofungi@seznam.cz

A. Nováková: Memories of Domica – or the results of the study of microscopic fungi in the Domica Cave (2002–2020)

Abstract: Research on microscopic fungi in the Domica Cave included the study of the occurrence of microscopic fungi in the cave air and sediments, in vermiculations, in bat guano and on bat droppings, on the excrement of various animals (martens, earthworms, isopods, etc.), on skeletons and dead bodies of various animals, as well as on exhibited artifacts, on various organic materials washed up by water or garbage "forgotten" by visitors. Over the years, more than 200 species of microscopic fungi have been isolated from this cave, including the globally rare isolated species Pidoplitchkoviella terricola and Dimargaris bacillispora, the number of spores in the cave and outdoor air was evaluated, and experiments on the food preference of cave invertebrates were carried out in several areas of the cave. Domica Cave was one of the locations where Chrysosporium speluncarum was discovered and described on bat guano and bat droppings. In 2018–2020, research on microscopic fungi in the air of the area designated for planned speleotherapy stays was conducted.

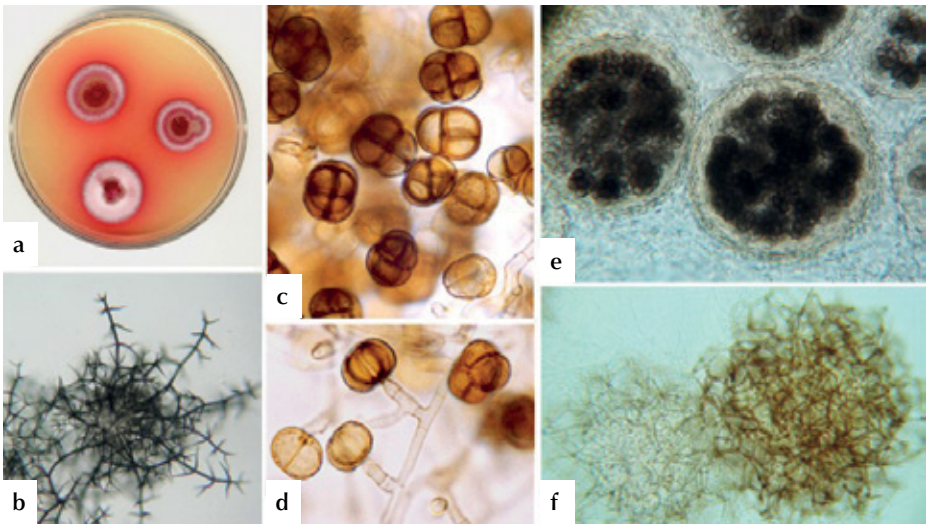
Keywords: microscopic fungi, cave air, sediments, bat guano, cadavers, excrements

Jeskyně Domica, Národní přírodní památka zařazená do Světového přírodního dědictví v roce 1995, je skutečnou perlou mezi slovenskými jeskyněmi nejen vzhledem ke své geomorfologii, bohaté sintrové výzdobě, dvěma občasným podzemním tokům a Římským koupelím, archeologickým nálezům, osídlení netopýry a přítomností značného množství guána v různých částech jeskynního prostoru a možnosti podzemní plavby pro návštěvníky jeskyně. Neméně významné je také na první pohled neviditelné bohatství ve formě jeskynních terestrických a vodních organismů, bezobratlých živočichů a mikroorganismů včetně mikroskopických hub.

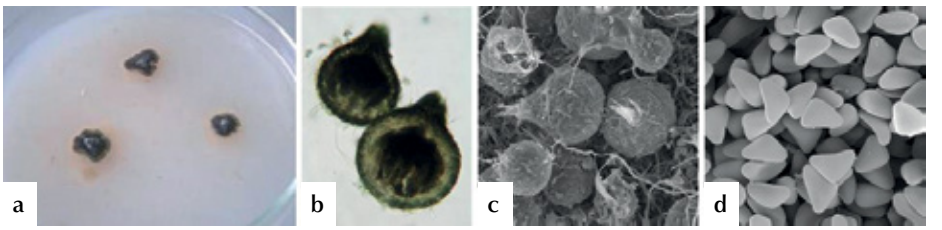
Mikroskopické houby jsou nedílnou součástí všech podzemních prostor. V jeskyních se musí přizpůsobit specifickým podmínkám, tj. stálé nepřítomnosti slunečního světla, během roku víceméně konstantní teplotě a vlhkosti a zpravidla nedostatku základních živin. Přítomnost netopýrů, občasné návštěvy dalších živočichů (kuna, plch, hmyz, obojživelníci), jejich trus a odumřelá těla, stejně jako spad nebo naplavení různého rostlinného materiálu, zajišťuje v případě eutrofních nebo dystrofních jeskyní potravu nejen pro bezobratlé živočichy, ale i pro mikroskopické houby. Ty se podílejí na rozkladu organické hmoty, přičemž vytvářejí sekundární metabolity využívané bezobratlými živočichy, podílejí se na úpravě pH prostředí, využívají exkrementy bezobratlých živočichů jako zdroj živin, ale samy slouží také jako jejich potrava.

Výzkum mikroskopických hub v jeskyni Domica (zpřístupněná část jeskyně, Čertova díra a prostory za Květnicí směrem k jeskyni Baradla) probíhal na základě jarních a podzimních odběrů v letech 2002–2009. Byl zaměřen na kvantitativní a kvalitativní zastoupení mikroskopických hub v jeskynním ovzduší s porovnáním venkovního ovzduší, přičemž izolace mikromycetů byla prováděna sedimentační metodou (Buttner & Stetzenbach, 1991; Nováková, 2021); dichloranový agar (DRBC), Sabouraudův glukózový agar (SGA) a sladinový agar (BWA) byly používány jako izolační média, izolace probíhaly z několika míst uvnitř jeskyně.

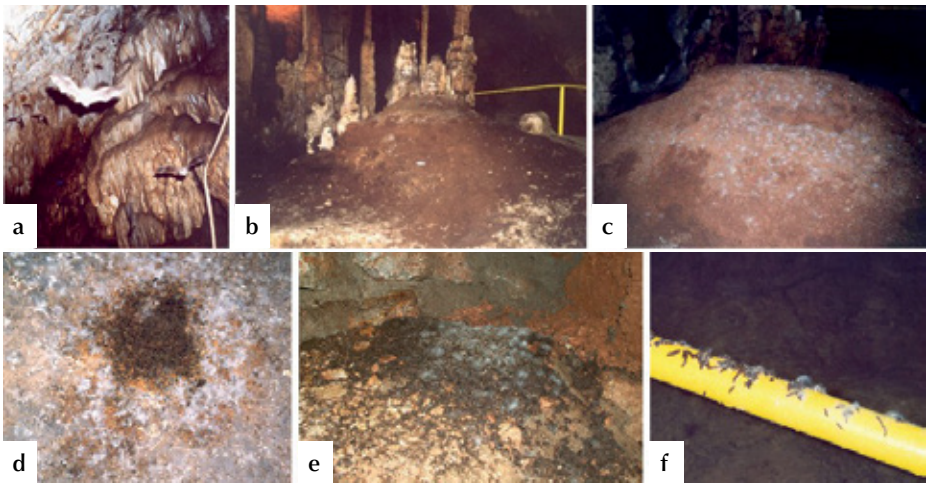
Dalšími substráty, které byly v jeskyni odebírány, byly jeskynní sediment, vermikulace, netopýří guáno, netopýří dropinky, trus kun, exkrementy žížal, stejnonožců a mnohonožek. Pozornost byla věnována také nárostům mikroskopických hub na kostrách nebo mrtvých tělech uhynulých živočichů (netopýři, obojživelníci, hmyz) nebo na různých odhozených zbytcích po návštěvnících a hlavně viditelným koloniím narostlých na sedimentu, chodnících, zábradlí, speleotémách nebo stěnách jeskyně. Vzorky sedimentů a netopýřího guána byly odebírány do sterilních sáčků, ostatní vzorky byly odebírány do



Obr. 1. Mikroskopické houby izolované z jeskynního sedimentu: *Myxotrichum deflexum* – a – 14denní kolonie na sladinovém agaru, b – plodnice s přívěsky; c, d – *Tetracoccosporium paxianum* – konidiogenní buňky a konidie, e – plodnice *Emericellopsis terricola*, f – plodnice *Pseudogymnoascus reessii*
Fig. 1. Microscopic fungi isolated from cave sediment – *Myxotrichum deflexum* – a – 14-day colonies on beerworth agar (BWA), b – ascocarps with appendages, c, d – *Tetracoccosporium paxianum* - conidiogenous cells with conidia, e – ascocarps of *Emericellopsis terricola terricola*, f – ascocarps of *Pseudogymnoascus reessii*

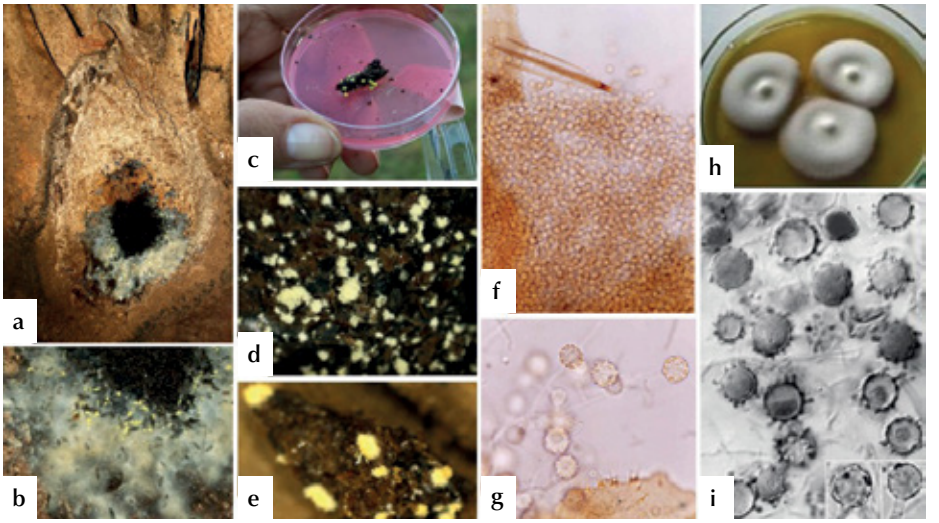


Obr. 2. *Pidoplitchkoviella terricola* – a – 3týdenní kolonie na PCA, b – plodnice, c – plodnice (SEM), d – askospory
Fig. 2. *Pidoplitchkoviella terricola* – a – 3-week colonies on PCA, b – ascocarps, c – ascocarps (SEM), d – ascospores (SEM)



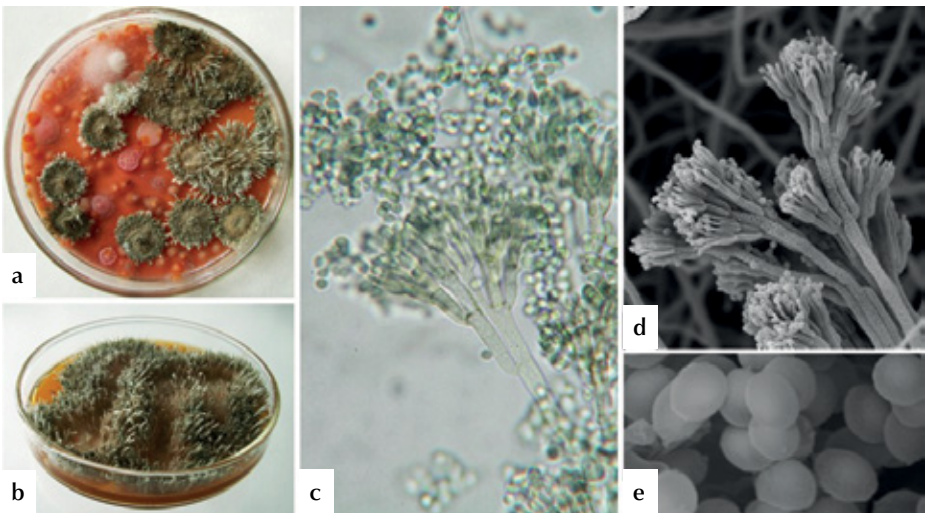
Obr. 3. a – netopýři vylétající z jeskyně, guánová kupa v Koncertní síni (b) a v Dómu indických pagod (c), d – kupka guána na chodníku, e – guánová kupka pod Koncertní síni, f – dropinky zachycené na zábradlí v Panenské chodbě

Fig. 3. a – bats flying out from cave, bat guano heap in Koncertná sieň Hall (b) and Dóm indických pagod Chamber (c), d - small guano heap on the pavement, e – small guano heap in Koncertná sieň Hall, f – bat droppings on banister in Panenská chodba Passage



Obr. 4. *Chrysosporium speluncarum* – a – „guánový hrnec" v Panenské chodbě, b – okraj guána s nárostem hub, c – dropinka se žlutými koloniemi, d – kolonie na guánu, e – kolonie na dropince, f – masa konidií v preparátu z odebraného vzorku guána, g – detail konidií, h – 14denní kolonie na sladině, i – tuberkulátní konidie

Fig. 4. *Chrysosporium speluncarum* – a – guano pots in Panenská chodba Passage, b – guano margin with fungal growth, c, e – bat droppings with yellow colonies, d – yellow colonies on bat guano, f – conidia in microscopic slide prepared from bat guano, g – detail of conidia, h – 14-day colonies on BWA, i – tuberculate conidia



Obr. 5. *Penicillium glandicola* – a – kolonie na DRBC izolované z netopýřího guána, b – 10denní kolonie na sladinovém agaru, c – konidiofory s konidiemi, d – konidiofory (SEM), e – konidie (SEM)

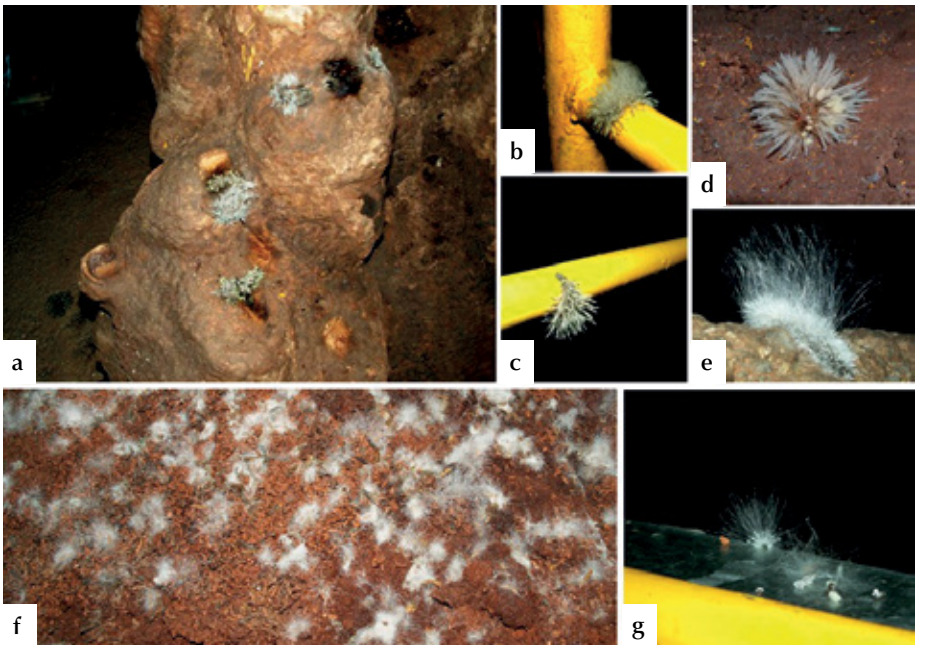
Fig. 5. *Penicillium glandicola* – a – colonies on DRBC isolated from bat guano, b – 10-day colonies on BWA, c – conidiophores with conidia, d – conidiophores (SEM), e – conidia (SEM)

sterilních epruvet nebo malých plastových nádobek, izolace v laboratoři byla prováděna zřeďovací metodou na DRBC, SGA a BWA. Nárosty mikroskopických hub byly izolovány přímou izolační metodou *in situ*, tj. přenesením malého množství přímo na médium v Petriho misce (Nováková, 2009b, 2021). Identifikace probíhala na základě morfologických vlastností izolovaných kmenů. Názvy druhů jsou uváděny podle databáze MycoBank.

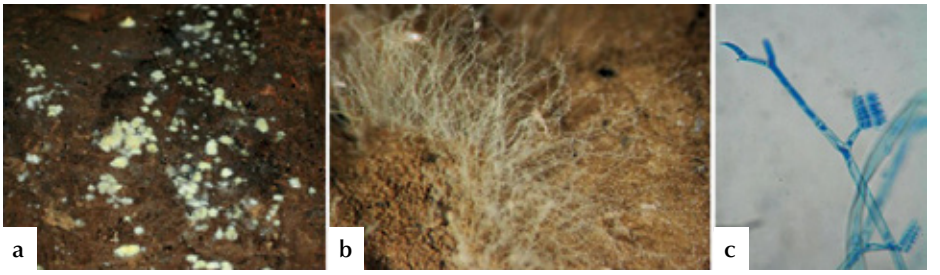
Izolace z jeskynního sedimentu proběhla ještě v roce 2010 a v letech 2018–2019 byl zaměřen na studium mikroskopických hub v ovzduší prostoru připravovanému pro speleoterapeutické pobyty. Celkem bylo z jeskyně Domica izolováno a identifikováno více než 200 druhů mikroskopických hub, nejvíce druhů bylo izolováno z jeskynního sedimentu, jeskynního ovzduší, netopýřího guána a exkrementů žížal (Nováková, 2009b, 2021).

Byly zjištěny výrazné rozdíly v kvantitativním zastoupení i v druhovém spektru mikromycetů mezi jeskynním a venkovním ovzduší. Počty spor byly mnohem vyšší ve venkovním ovzduší, zatímco druhové spektrum jeskynního a venkovního ovzduší bylo značně rozdílné. Ve venkovním ovzduší se vyskytovaly převážně tmavě pigmentované druhy mikromycetů. V jeskynním ovzduší bylo výsledné spektrum mnohem bohatší, přestože počty spor přepočtené na m^3 vzduchu byly v celém prostoru jeskyně mnohem nižší než ve venkovním ovzduší. *Rhizopus arrhizus*, *Acrodontium* sp., *Alternaria alternata*, *A. chartarum*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. herbarum*, *C. sphaerospermum*, *Cordyceps farinosa*, *Keithomyces carneus*, *Oidiodendron cereale*, *Penicillium citrinum*, *Talaromyces flavus/muroi* a *Trichoderma polysporum* patřily mezi nejčastěji izolované druhy z jeskynního ovzduší. Překvapivá byla izolace druhů rodu *Aspergillus* z jeskynního ovzduší (ale také i z dalších studovaných substrátů) vzhledem k nízké teplotě uvnitř jeskyně, protože druhy tohoto rodu jsou uváděny hlavně z teplejších oblastí. Z jeskynního ovzduší byly izolovány *Aspergillus candidus*, *A. ustus*, *A. versicolor* a dokonce *A. fumigatus*, který patří mezi termotolerantní druhy hub a potenciální patogeny.

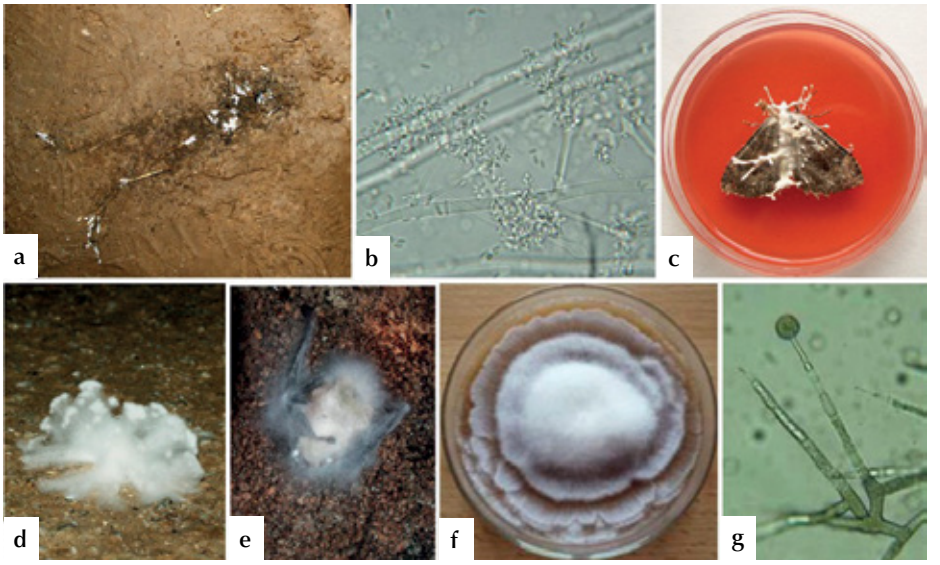
Z jeskynního sedimentu a z exkrementů žížal byl izolován přibližně stejný počet (cca 90 druhů) a spektrum druhů. *Gliomastix murorum*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *Beauveria bassiana*, *Cephalotrichum microsporum*, *C. stemonitis*, *Keithomyces carneus*, *Lecanicillium muscarium*, *Myxotrichum deflexum*, *Oidiodendron cereale*, *O. griseum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Simplicillium lamellicola*, *Scytalidium lignicola*, *Talaromyces flavus/muroi*, *Trichoderma polysporum* a *Truncatella angustata* byly nejčastěji izolovány z jeskynního sedimentu (obr. 1). Z exkrementů žížal byly v průběhu sledování nejčastěji izolovány *Mortierella* spp., *Acremonium* sp.,



Obr. 6. a – kolonie *P. glandicola* narostlé na kuních exkrementech (Koncertní síň), b, c – kolonie na kuním exkrementu na zábradlí v Panenské chodbě, d, e – kolonie na kuním exkrementu na sedimentu a na schodu, f – povrch guánové kupy s koloniemi rodu *Mucor*, g – kolonie na dropinkách (Panenská chodba)
Fig. 6. a – *Penicillium glandicola* colonies on marten dungs (Koncertná sieň Hall), marten dungs with colonies of *P. glandicola* on banister in Panenská chodba Passage (b,c) and on stairs (d, e); f – surface of guano heap with *Mucor* spp. colonies, g – *Mucor* spp. colonies on bat droppings (Panenská chodba Passage)



Obr. 7. *Coemansia aciculifera* – a – kolonie na jeskynním sedimentu, b – detail okraje kolonie na jeskynním sedimentu v mikrokosmu, c – sporokladia
Fig. 7. *Coemansia aciculifera* – a – colonies on cave sediment, b – detail of colony margin on cave sediment in microcosm, c – sporocladia



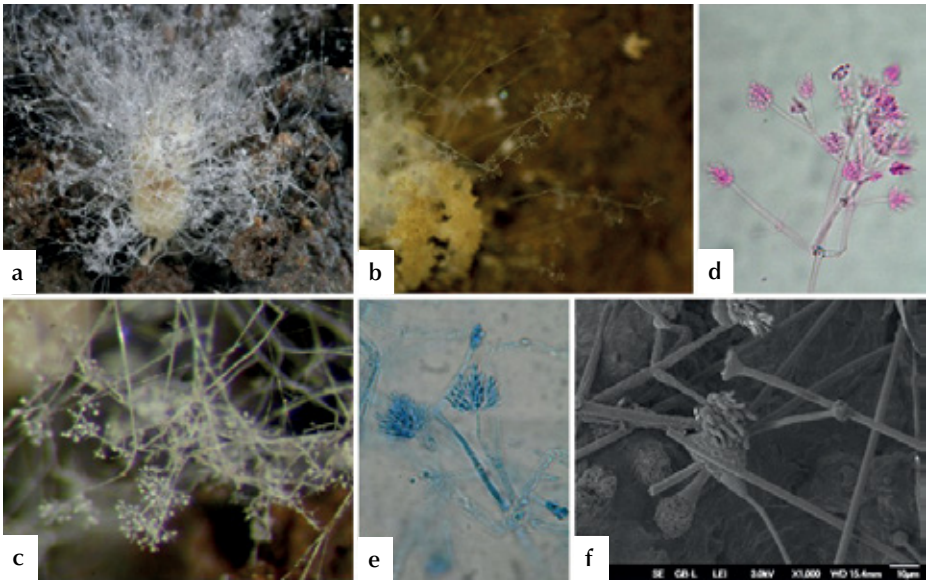
Obr. 8. *Botryosporium longibrachiatum* – a – nárost na kostře žáby, b – konidiofory a konidie; c – kolonie entomopathogenní houby rodu *Cordyceps* na mrtvé můře, d – kolonie *Beauveria* sp. narostlá na chodníku; *Podila humilis* – e – myceliální nárost na mrtvém netopýru, f – 14denní kolonie na sladinovém agaru, g – sporofor a sporangium
Fig. 8. *Botryosporium longibrachiatum* – a – growth on frog skeleton, b – conidiophores with conidia, c – growth of entomopathogenic fungus *Cordyceps* sp. on dead moth, d – colony of *Beauveria* sp. on pavement, *Podila humilis* – e – mycelial growth on dead bats, f – 14-day colonies on BWA, g – sporophore with sporangium

Botrytis cinerea, *Chloridium caudigerum*, *Chaetomium* sp., *Chrysosporium* sp., *Cladophialophora* sp., *Clonostachys rosea*, *Fusarium* sp., *Keithomyces carneus*, *Oidiodendron cereale*, *Paecilomyces variotii*, *P. expansum*, *P. janczewskii*, *Talaromyces flavus/muroi*, *T. wortmanii* a *Trichoderma polysporum*. Z exkrementů žížal (obr. 2) odebraných v boční chodbě před Koncertní síní byla izolována *Pidoplitchkoviella terricola* (Nováková, 2009a), druh terestrické houby, která byla předtím izolovaná pouze jednou, z rhizosféry dubu červeného na Ukrajině. Z jeskynního sedimentu odebraného v jeskyni Domica byla izolována kvasinkovitá houba, později popsaná jako *Cutaneotrichosporon* (*Trichosporon*) *aggtelekiense* (Nováková et al., 2015).

Bohaté spektrum mikromycetů bylo izolováno také z netopýřího guána a dropinek netopýrů (obr. 3). V prostorách jeskyně se nacházejí dvě velké guánové kupy (Dóm indických pagod a Koncertní síň), ale také spousta malých guánových kupek v místech, kde nocují netopýři, na několika místech (např. v Panenské chodbě nebo v Koncertní síni) se vyskytují „guánové hrnce“ a téměř po celé jeskyni se vyskytuje spousta dropinek netopýrů jako důkaz, kudy netopýři jeskyní létají. Na povrchu guánových kup a kupek jsou viditelné nárosty zvláště různých druhů rodu *Mucor* a při podrobnějším pohledu jsou také přítomny méně nápadné kolonie např. rodu *Penicillium*, ale některé menší kupky jsou bez viditelných kolonií. Obdobně dropinky netopýrů se vyskytují jak bez viditelných nárostů hub, tak s viditelně narostlými koloniemi rodu *Mucor* nebo dalších hub ve formě barevných nárostů. Z výrazně žlutě zbarvených kolonií na netopýřích dropinkách na okraji „guánového hrnce“ v Panenské chodbě nebo na kupkách guána v Suché chodbě či v boční chodbě pod Koncertní síní byla nalezena houba (obr. 4) s charakteristickými tuberkulátními konidiemi, které připomínaly konidie patogenního druhu *Histoplasma capsulatum*. Obdobně byla tato houba nalezena na guánu i v dalších slovenských, rumunských, slovinských a českých jeskyních, byla izolována a popsána jako nový druh, *Chrysosporium speluncarum* (Nováková & Kolařík, 2010) a jeskyně Domica byla v popisu uvedena jako jedna z lokalit, kde byla tato saprotrofní houba nalezena.

Mezi nejčastěji izolované druhy, které byly izolovány z netopýřího guána a dropinek, patří *Absidia glauca*, *Cosmospora berkeleyana*, *Mortierella* spp., *Mucor mucedo*, *M. sphaerosporus*, *Gliomastix murorum*, *Aspergillus clavatus*, *A. fumigatus*, *Chrysosporium* spp., *Clonostachys rosea*, *Cephalotrichum nanum*, *C. stemonitis*, *Geotrichum candidum*, *Keithomyces carneus*, *Lecanicillium muscarium*, *Oidiodendron cereale*, *O. griseum*, *Penicillium citrinum*, *P. commune*, *P. glabrum*, *P. glandicola*, *Pochonia chlamydosporia*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Simplicillium lamellicola*, *Talaromyces flavus/muroi* a *Trichoderma polysporum*.

Obr. 9. Pokus potravní preference v chodbě pod Koncertní síní – vlevo po založení, vpravo po 6 měsících
Fig. 9. Food preference experiment in Concert Hall at the start (left) and after 6 months (right)



Obr. 10. *Dimargaris bacillispora* – a – kolonie na mrtvém stejnonožci *Mesoniscus graniger* (chovy), b – sporofory na sedimentu v chovech, c – detail sporoforů, d, e – sporofory s merosporangii, f – merosporangia (SEM)
Fig. 10. *Dimargaris bacillispora* – a – colonies on dead isopod *Mesoniscus graniger* in microcosm, b – sporophores on cave sediment (microcosm), c – detail of sporophores, d, e – sporophores with merosporangia, f – merosporangia (SEM)

Penicillium glandicola bylo často izolováno jak z netopýřího guána, tak v jeskyni byly v průběhu let nacházeny na různých místech kuní exkrementy s výraznými synnematálními koloniemi této houby (obr. 5). Současně s touto houbou se na kuních exkrementech (obr. 6) vyskytovaly také kolonie rodu *Mucor* a obdobné kolonie bylo možné pozorovat i na dropinkách netopýrů na schodech, chodnících nebo zábradlí. *Coemansia aciculifera* (obr. 7) byla nalezena ve formě bohatých nárostů na jeskynním sedimentu, ale v místě, kde se předtím vyskytovaly dropinky netopýrů a časem se již rozpadly (Nováková, 2009b, 2021).

Zajímavé druhy mikromycet byly nalezeny na kostrách nebo mrtvých tělech živočichů (Nováková et al., 2018), obr. 8 – na kostře uhynulé žáby byly nalezeny bílé nárosty, ze kterých bylo izolováno *Botryosporium longibrachiatum*, druh, který se často nachází v půdě ve sklenících, a z myceliálního nárostu na mrtvém netopýru byla izolována *Podila* (*Mortierella*) *humilis*, houba, která byla také izolována v Jeskyni mrtvých netopýrů z koster netopýrů. Parazitické druhy hub byly nacházeny např. v chodbě poblíž vchodu, kde na stěnách je možné vidět různé druhy můr (např. *Triphosa dubitata*), různé mouchy a další hmyz, bílé vatičkovité kolonie byly nalézány na stěnách i na chodníku. Všechny tyto druhy hmyzu využívají jeskyně jako útočiště před nepříznivými podmínkami a pro přezimování, ale často jsou napadány entomopatogenními houbami např. rodu *Beauveria*, *Cordyceps*, *Lecanicillium* apod.

Některé druhy mikromycetů, které byly často izolovány z jeskynního sedimentu, byly použity v pokusu potravní preference, který byl založen na několika místech jeskyně (chodba pod Koncertní síní, boční chodba před Koncertní síní, Panenská chodba, Kaňon). Agarové plotny s narostlými houbami (celkem 16 druhů včetně 2 kvasinek) byly položeny na jaře 2009 na jeskynní sediment (obr. 9) a odebrány po 6 měsících k vyhodnocení pomocí binokulární lupy. Podle typu devastace kolonií a přítomného typu trusu (stejnonožci, mnohonožky nebo chvostoskoci) bylo zřejmé, že tyto houby byly živočichy požírány a byly použity v následných laboratorních pokusech potravní preference. Na některých agarových plotnách byly objeveny typické sporofory *Dimargaris bacillispora* (obr. 10). Tato houba se objevovala v laboratorních chovech jeskynních chvostoskoků, které byly uchovávány na jeskynním sedimentu odebraném v jeskyni Domica. Proto byly v roce 2010 na sedimentu v jeskyni Domica exponovány po dobu 4 dní čisté agarové plotny a následnou kultivací se podařilo tuto velmi vzácnou psychrofilní houbu izolovat (což se předtím podařilo pouze třikrát z exkrementů drobných hlodavců nebo ještěrky v USA) a prokázat jak její výskyt v jeskyni Domica, tak účast této houby při rozkladu odumřelých jeskynních bezobratlých živočichů a jejich exkrementů (Nováková & Vaughan, 2016).

V průběhu studie zaměřené na výskyt bakterií a mikroskopických hub v prostředí pro speleoterapeutické pobyty byly izolovány mikromycety také z jeskyně Domica (horní část Květnice). Výsledky prokázaly jak nízké hodnoty počtu spor ve vzduchu, tak nepřítomnost patogenních druhů mikromycetů.

LITERATÚRA

Buttner, M. P. – Stetzenbach L. D. 1991. Evaluation of four aerobiological sampling methods for the retrieval of aerosolized Pseudomonas syringiae. Applied and Environmental Microbiology, 57, 1268–1270. https://doi.org/10.1128/aem.57.4.1268-1270.1991

Nováková, A. 2009a. Pidoplitchkoviella terricola – an interesting fungus from the Domica Cave (Slovakia). International Journal of Speleology, 38, 23–26. http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.38.1.3

Nováková, A. 2009b. Microscopic fungi from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review. International Journal of Speleology, 38, 71–82. http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.38.1.8

Nováková, A. 2021. Výskyt hub v jeskyních a jiných podzemních prostorách Slovenské republiky (Fungal occurrence in caves and other underground spaces in the Slovak Republic). Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca, 59, 1, 5–58.

Nováková, A. – Kolařík M. 2010. Chrysosporium speluncarum, a new species resembling Ajellomyces capsulatus, obtained from bat guano in caves of temperate Europe. Mycological Progress, 9, 253–260. https://doi.org/10.1007/s11557-009-0634-0

Nováková, A. – Kubátová, A. – Sklenář, F. – Hubka, V. 2018. Microscopic fungi on cadavers and skeletons from cave and mine environments. Czech Mycology, 70, 2, 101–121.

Nováková, A. – Savická, D. – Kolařík, M. 2015. Two novel species of the genus Trichosporon isolated from a cave environment. Czech Mycology, 67, 2, 233–239.

Nováková, A. – Vaughan, M. J. 2016. Dimargaris bacillispora – novel records from cave environment and its isolation in culture. Czech Mycology, 68, 2, 167–182.

JASKYŇA DOMICA – „PERLA SLOVENSKÉHO PRAVEKU“

Marián Soják

Archeologický ústav SAV, v. v. i., Nitra, Oddelenie záchranných výskumov – Spiš, Mlynská 6, 052 01 Spišská Nová Ves; sojak@ta3.sk

M. Soják: Domica Cave – “the pearl of Slovak prehistory”

Abstract: Domica is the most significant Neolithic cave archaeological site in Slovakia and Central Europe. In chronological order, the author describes the researchers who have studied Domica from an archaeological perspective since its discovery in 1926. The discovery of a Palaeolithic leafpoint from the Szelatian culture is unique. The settlement is dominated by the Gemer Linear pottery culture and, in particular, the Bükk culture. The cave contains an extensive collection of richly decorated pottery, chipped stone industry, polished stone and bone tools, anthropological and paleobotanical finds, and other artifacts, as well as charcoal drawings on the cave walls. A number of absolute dates for organic remains were obtained from Domica. The author places particular emphasis on the need for systematic research into cave finds and points out that attention must also be paid to finds from the Pre-Neolithic period. Thorough protection of cave sediments, wall paintings, and pseudo-paintings is also essential.

Keywords: Slovak Karst, cave, settlement, cult site, Palaeolithic, Neolithic, Gemer Linear pottery, Bükk culture, analysis of archaeological finds, chronology

ÚVOD

Jaskyňa Domica je nepochybne klenotom slovenského podzemia. V roku 2026 oslavuje významné jubileum – presne 100 rokov od chvíle, kedy jej tajomné priestory v roku 1926 prvýkrát prebádal objaviteľ Ján Majko (1900 – 1985), legendárny slovenský jaskyniar a nestor praktického jaskyniarstva (Majko, 1932).[1] Táto výnimočná lokalita Svetového dedičstva UNESCO však nie je len estetickým divom plným úchvatnej kvapľovej výzdoby a podzemných vodných tokov. Pre modernú vedu predstavuje Domica tiež neoceniteľný archív ľudskej histórie. Ako jedno z najvýznamnejších neolitických sídlisk v strednej Európe poskytla archeológom jedinečný pohľad do života ľudí v neolite, ktorí v jej útrobách hľadali útočisko pred vyše 7000 rokmi. Sto rokov od jej objavenia je ideálnou príležitosťou pozrieť sa hlbšie pod povrch a preskúmať, aký obrovský vedecký a kultúrny význam skrývajú temné chodby tejto slovenskej pýchy, predovšetkým pre poznanie mladšej doby kamennej. Nie náhodou je Domica označovaná za „perlu slovenských jaskýň“ (Kettner, 1933), resp. „perlu slovenského praveku“ (Bárta, 1982).

PREHĽAD DOTERAJŠÍCH ARCHEOLOGICKÝCH VÝSKUMOV

Pôvodný pleistocénny a neolitický vchod do jaskyne sa časom zasypal a pre neprístupnosť objaviteľského vchodu bol prekopaný nový, umelý vchod, ktorý vyúsťuje na dne veľkého, plytkého misovitého závrtu pri úpätí vrchu Domica, po ktorom dostala jaskyňa pomenovanie. Na slovenskej strane krasu s ňou súvisia ďalšie tri podzemné priestory – Stará Domica, Čertova diera a Líščia diera. Tie však v čase existencie pravekého osídlenia v hlavných priestoroch netvorili s Domicou jeden identický sídelný celok.

Prvé archeologické nálezy získal samotný objaviteľ jaskyne Ján Majko ihneď po jej objavení (obr. 1). Keď prenikol do panenských priestorov Domice, na povrchu chodieb a sení ležalo značné množstvo neolitických črepov, celých nádob, nástrojov i ľudských kostí. Mnohé nálezové situácie sa pri prvotných objaviteľsko-prieskumných akciách nenávratne zničili, napríklad odtlačky ľudských rúk i bosých nôh v hline (v Sieni terás, blízko umelo upravených schodíkov k Styxu), zvyšky pravekých ohnísk a podobne (Janák, 1934, 104). Tieto prvotné nálezy neskôr sformovali jadro vzácnej archeologickej zbierky. Mesiac po objavení Domice Jánom Majkom bol oficiálne poverený správou jaskyne Domica Jaroslav Kryl (1899 – 1975) – nadšený jaskyniar a úradník štátnych dráh v Plešivci. Práve on stál pri úplných počiatkoch jej prieskumu, organizoval práce v podzemí a zhromaždil prvú ucelenú kolekciu nálezov bukovohorskej kultúry, ktorá dnes nesie jeho meno ako „Krylova zbierka“. Prvé detailné spracovanie tejto zbierky neolitických artefaktov uskutočnil nemecký archeológ Max Urban Kasparek (1934, 104–106). Neskôr nálezy z nej opísal aj J. Bárta (1965, 58 nn.). Od roku 1959 tvorí Krylova zbierka ucelenú časť archeologickej akvizície Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši (ďalej len „SMOPaJ“).

Na uvedené počiatočné aktivity nadviazali prvým odborným prieskumom členovia vedeckej krasovej komisie Klubu československých turistov (KČST), predsedom ktorej bol geológ Radim Kettner (Gaál – Vlček, 2011, 3). Tí však riešili predovšetkým geológiu a sintrovú výzdobu, aj keď popritom nachádzali archeologické nálezy. V SMOPaJ sa o. i. nachádza korešpondencia J. Zikmunda z 23. 10. 1926 adresovaná pravdepodobne J. Krylovi, v ktorej sa udáva nález ľudskej kostry a potreba prísnej ochrany jaskyne a nálezov z nej (Soják, 2024, 287). Podľa J. Lichardusa (1961, 32, 232) bolo do roku 1931 neodborníkmi vyzdvihnuté veľké množstvo pamiatok, ktoré bez bližšej lokalizácie dnes zohrávajú len úlohu dokumentačného charakteru.

Zásadnú metodologickú, koordinačnú a publikačnú úlohu hneď po jej objavení v roku 1926 zohral Jan Eisner (1885 – 1967), zakladateľ modernej slovenskej archeológie, ktorý bol kľúčovým „motorom“ neskoršieho výskumného procesu z pozície štátneho konzervátora pre Slovensko. Ako oficiálny zástupca Štátneho archeologického ústavu v Prahe okamžite rozpoznal mimoriadnu hodnotu nálezov, ktoré v jaskyni zbierali J. Majko, J. Kryl, Pochylý a iní. Dohliadal na to, aby sa s artefaktmi zaobchádzalo vedecky a nedošlo k ich zničeniu. Prieskum v Domici vykonal v roku 1927 a 1929, po ktorom vydal pokyn na záchranu archeologických pamiatok, získaných pri sprístupňovacích prácach, a na vyhotovenie ich súpisu. Navrhol aj ochranu nástenných uhľových čiar, z ktorých časť reprezentuje zámerné obrazce. Jedny z najvýznamnejších v roku 1931 objavil vo výklenku Posvätnej chodby Vojtech Benický (1907 – 1971) – prvý správca po oficiálnom dobudovaní a sprístupnení Domice verejnosti, kedy sa v nej zaviedlo elektrické

Obr. 1. Návšteva J. Majka s manželkou a známymi onedlho po objave Domice. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 1. J. Majko visiting the Domica Cave with his wife and friends shortly after its discovery. Archive IA SAS

[1] *O osobe Jána Majka pozri najmä: https://www.jan.majko.sk/ [10. 6. 2026].*

Obr. 2. Jaroslav Böhm, skúmajúci jaskyňu v rokoch 1932 – 1934. Archív SMOPaJ
Fig. 2. Jaroslav Böhm during the archaeological excavation of the cave in 1932–1934. Archive SMNPaS

Obr. 3. Rukopis J. Böhma o vykopávkach v Domici a detail jeho podpisu. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 3. J. Böhm's manuscript on the archaeological excavations in Domica and a close-up of his signature. Archive IA SAS

Obr. 4. Hubert Kessler.[2]
Fig. 4. Hubert Kessler.[2]

osvetlenie a plavba (Benický, 1943–1944). Hodno poznamenať, že J. Eisner bol autorom jednej z prvých komplexných štúdií o tejto lokalite (Eisner, 1932). Onedlho nato vydal syntézu pravekých dejín Slovenska, ktorou Domicu natrvalo zadefinoval ako jedno z najdôležitejších archeologických nálezísk bukovohorskej kultúry v celej strednej Európe, čím jaskyni dodal medzinárodný vedecký punc (Eisner, 1933, 19–22). Na Univerzite Komenského v Bratislave vychoval prvú generáciu slovenských archeológov (napr. Vojtecha Budinského-Kričku), ktorí neskôr v prieskumoch Domice a celého Slovenského krasu systematicky pokračovali.

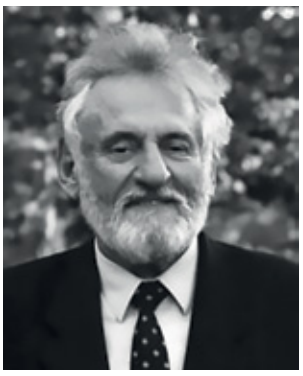
Po prvých prípravných a dokumentačných prácach v roku 1932 vykonal v rokoch 1932 – 1933/1934 prvý komplexnejší výskum v jaskyni Domica Jaroslav Böhm (1901 – 1962; obr. 2), medzi rokmi 1923 – 1962 zamestnanec Štátneho archeologického ústavu v Prahe, kde od roku 1939 pôsobil ako jeho riaditeľ. Sprvu jaskyňu intenzívne analyzoval, zameral jej priestory a o unikátnych nálezoch napísal svoju prvú prelomovú prácu, v ktorej navrhol rozdelenie Domice na obytnú (prednú) a rituálnu (zadnú) časť (Böhm, 1932a; 1932b; Kunský – Böhm, 1933). Samotný rozsiahly, metodický, moderný plošný výskum realizoval v roku 1933 a na prelome rokov 1933/1934 (obr. 3). Výskum bol taký rozsiahly, že prebiehal kontinuálne aj cez zimu. Na prelome uvedených rokov sa na Böhmovom výskume zúčastnila aj významná americká archeologická škola Harvardskej a Yalskej univerzity, reprezentovaná vedcami, akými boli O. Kandyba, V. J. Fewkes a R. Ehrich. Vtedajšiemu Československu to prinieslo obrovskú prestíž (Böhm, 1934; Lichardus, 1961, 11, 190).

Po Viedenskej arbitráži (1938), kedy južné územie Slovenska pripadlo Maďarsku, sa pod jeho vplyv a správu dostala aj samotná Domica. Práve v tomto období (1939) inicioval výskumy v Posvätnej chodbe Domice Hubert Kessler (1907 – 1994; obr. 4) – maďarský krasový bádateľ, hydrológ, od roku 1935 riaditeľ jaskyne Baradla (Székely – Hazslinszky, 1994). V Domici narazil na vrstvy („diluviálne ohnisko... a popolovitú vrstvu"), ktoré považoval za paleolitické ohnisko. To následne v roku 1940 prišla overovať Mária Mottlová (1906 – 1980), geologička a paleontologička, ktorá na našom území viedla ako jedna z prvých žien jaskynný výskum (obr. 5). Prítomnosť paleolitu však nedoložila vo viacerých sondách, situovaných v Posvätnej chodbe, Suchej chodbe, v malom výklenku pri vchode, v Dóme mystérií, ani formou prieskumu. V blízkosti Styxu získala len paleontologický materiál.[3]

Katastrofická prírodná záplava zasiahla jaskyňu Domica v lete 1955, kedy sa po prívalových dažďoch podzemná riečka Styx rozvodnila a kompletne zatopila a poškodila interiér jaskyne vrátane vzácnych archeologických vrstiev (predovšetkým pri Černošskej chyži a v Sieni jedenástich plameňov). Vzhľadom na rozsah škôd a nutnosť technických opráv sa záchranný archeologický výskum pod vedením Juraja Bártu z Archeologického ústavu SAV v Nitre realizoval v roku 1956, a to na výzvu Turistu, n. p. a v rámci príprav na oslavu 30. výročia objavenia Domice (Bárta, 1957; 1965, 66). Ďalšie katastrofálne záplavy v jaskyni v roku 1977 si opätovne vyžiadali komisionálnu obhliadku spojenú s rekonštrukciou pôvodného stavu Černošskej chyže a Siene jedenástich plameňov, ako aj so záchranou archeologických artefaktov (Bárta, 1978).

Na Bártove zachránené nálezy a stratigrafické pozorovania z Domice v roku 1963 úspešne nadviazal archeológ Ján Lichardus (1939 – 2004; obr. 6) z Archeologického ústavu SAV Nitra so svojím systematickým výskumom (Lichardus, 1965; 1968; 1974). Počas výskumu úzko spolupracoval s maďarským archeológom Nándorom Kaliczom (1928 – 2017), ktorého prepojenie s Domicou prebiehalo cez komparatívny a syntetický výskum.

Obr. 5. Mária Mottlová za stolom v jaskyni Subova diera/Suba-lyuk.[4]
Fig. 5. Mária Mottlová sitting at a table in the Subova diera/Suba-lyuk cave.[4]



Obr. 6. Ján Lichardus, skúmajúci jaskyňu v roku 1963 najintenzívnejšie spomedzi všetkých bádateľov.[5]
Fig. 6. Ján Lichardus, who explored the cave most intensively of all researchers in 1963.[5]

[2] https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Hubert_Kessler

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1ria_Mottl [9. 6. 2026].

[4] https://de.wikipedia.org/wiki/Maria_Mottl

[5] https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Jan_Lichardus.jpg

Následné aktivity M. Sojáka sa zamerali na prieskum nástenných uhľových malieb, oterov (neskôr tiež A. Šefčákovej a kol.) a zber archeologického materiálu, ako aj prezentáciu ukážkovej archeologickej sondy v rámci prehliadkovej trasy (Soják, 2006; 2024, 288 n.).

CHRONOLÓGIA OSÍDLENIA

PREDNEOLITICKÉ OSÍDLENIE

Počas výskumu J. Böhma v roku 1932 v Majkovom dóme našiel robotník pozoruhodný paleolitický artefakt. Zachránil ho v hlinitých nánosoch Styxu pri výstavbe premostenia, kam bol zrejme splavený od miesta najstaršieho vchodu či z priestoru pred jaskyňou. Typologicky predstavuje masívny listovitý hrot (dĺ. 10,8 cm, š. 3,7 cm, hr. 1,3 cm), zhotovený z kremenného porfýru pôvodom z Maďarska (obr. 7). Jozef Skutil tento *„krásně retušovaný vavřínový list“* pokladá za *„solutréenský“* a je doslova presvedčený, že zmienený *„paleolitický nález nezostane v Domici posledný a obmedzený na tento jediný kus“*, ba nevylučuje, že *„nejaká kultúrna vrstva paleolitická mohla tu už byť zničená“* (Skutil, 1938, 139). Podľa J. Bártu tento hrot indikuje vplyv kultúry szeletien z Bukových hôr na južnú časť východného Slovenska (Bárta, 1965a, 61 n., obr. 2; 1965b, 113, tab. XIX: 4). Keďže je dnes nález stratený, posúdiť relevantne surovinové zloženie artefaktu dnes už nemožno (Soják, 2024, 56, obr. 69). Primárne geologické zdroje a dielne na spracovanie kremenného porfýru (zvaného tiež metaryolit či felsit) sa nachádzali na úpätí Bukových hôr, napríklad v okolí známej jaskyne Szeleta pri Miškovci. V Západných Karpatoch, napr. vo Volovských vrchoch či vo Veporiku, sa kremenné porfýry geologicky síce vyskytujú, sú však postihnuté silným tektonickým tlakom a premenené na tzv. porfyroidy. Tieto horniny majú bridličnatú štruktúru, kvôli ktorej sa pri údere nekontrolovateľne štiepia a nedali sa použiť na výrobu dokonale opracovaných listovitých hrotov, akým je domický exemplár. Kremenný porfýr z okolia Miškovca (najmä z lokalít Bükkszentlászló a Kisgyőr) prešiel špecifickým hydrotermálnym pretvorením. To mu dodalo homogénnu, masívnu a jemnozrnnú štruktúru s typickým lastúrovým lomom, ideálnym pre jemné štiepanie a produkciu podobných listovitých hrotov. Keďže kremenný porfýr a z neho produkované najmä bifaciálne opracované nástroje, a tiež koncové škrabadlá, sú špecifické pre szeletien, možno predpokladať, že aj artefakt z jaskyne Domica je rovnakej surovinovej skladby i pôvodu (Faragó et al., 2022, 214).

Na niekoľkých miestach jaskyne prehĺbil J. Böhm sondy do hĺbky takmer troch metrov (!), no okrem pleistocénnej fauny paleolitické artefakty viac neobjavil, dokonca negatívne boli i neskoršie výskumy. Výnimkou sú jedine nálezy pleistocénnych kostí pod holocénnymi vrstvami, z ktorých niektoré (avšak splavené do jaskyne z vrcholovej plošiny) indikujú možné stopy práce (Čeklovský et al., 2022a; 2022b). Ak by sa potenciálne stopy práce aj potvrdili a nálezy by predstavovali skutočné artefakty, nejde o primárne osídlenie interiérových častí Domice (Soják, 2024, 174). Zo Suchej chodby je však známy nález kla stredopleistocénneho slona *(Elephas meridionalis),* ktorý zvyšuje nádej na objavenie paleolitických nálezov v primárnej polohe. Neurčené pleistocénne kosti, rovnako bez artefaktov, pochádzajú takisto z výskumu J. Lichardusa v roku 1963 z Posvätnej chodby (Lichardus, 1964a). Na ďalšie fragmenty pleistocénnych kostí sa prišlo počas výkopu archeologickej sondy vedľa Siene jedenástich plameňov v roku 2005, objavené v sekundárnych polohách (Soják, 2005a). Uviedli sme vyššie, že H. Kessler a neskôr M. Mottlová narazili v hĺbke 220 cm v Posvätnej chodbe na údajné uhlíky z ohniska, ktoré však podľa J. Bártu (1965a, 61, pozn. 14) môžu naznačovať obyčajnú vrstvu mangánu. K analogickej interpretácii sa priklonili aj neskorší autori, ktorí uvažované „ohnisko“ pokladajú za fosfátovú zvetranú kôru s čiernou vrstvou spôsobenou mangánom a nie horením dreva (Lichardus, 1968, 18; Cílek – Melka a Langrová, 2001, 26).

O osídlení jaskýň nevypovedajú len hnuteľné artefakty, ale aj autochtónne nálezové situácie, ako jaskynná výzdoba v podobe kvapľov či hrubých sintrových nátekov, ukrývajúcich stopy prítomnosti človeka. O ľudských aktivitách (t. j. o spaľovaní dreva) vypovedajú analýzy čiernych uhlíkových vrstvičiek zistených vo výbrusoch kvapľov a sintrovej kôry. V jaskyni Domica sa už prv doložila výrazná tmavá zóna v kvapľoch, ktorá sa ukázala byť staršou ako osídlenie z neolitu a môže tak pochádzať už z mladého paleolitu (Cílek, 2002). Dokonca U/Th dáta získané v Domici datovaním vrstvičiek v stalaktitoch zo Siene odvahy poskytli zhodne vyšší ako neolitický vek. Vzhľadom na túto skutočnosť

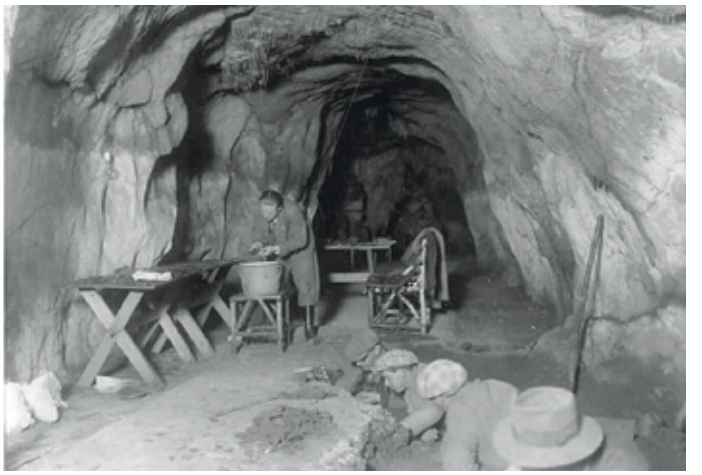
Obr. 7. Listovitý hrot, objavený v Domici v sekundárnej polohe. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 7. Leafpoint found in Domica Cave in a secondary position. Archive IA SAS

možno v Domici očakávať aj predneolitické osídlenie (Gradziński et al., 2002). Prekvapivé sú tiež odobraté vzorky z uhľových oterov (v roku 2006) v Posvätnej chodbe, ktoré v laboratóriu v Groningene (Holandsko) poukázali o. i. na neskoropleistocénny vek (11 290 – 11 200 rokov cal. BC). Ďalšie dve vzorky uhľových oterov poskytli v roku 2016 (Austrália) ďalšie zaujímavé výsledky, indikujúce okrem neolitu a eneolitu (ktorý v jaskyni nie je doložený) dokonca mezolit (9257 – 9657 rokov cal. BP) (Šefčáková, 2017, 31; Šefčáková – Levchenko, 2021, Table 1). V literatúre sme poukázali na skutočnosť (Soják, 2024, 174), že ak sú uvedené absolútne dáta správne, v slovenských jaskyniach musíme do budúcna počítať aj so staršími uhľovými stopami na ich stenách. O paleolitickom veku niektorých kresieb uvažovali viacerí bádatelia, ktorí v priebehu výskumu J. Lichardusa v roku 1963 navštívili Domicu a v niektorých nástenných kresbách videli zobrazenie celého radu predhistorických zvierat (Lichardus, 1964b). Vzhľadom na uvedené poznatky je zrejmé, že aj v Domici je žiaduci revízny interdisciplinárny výskum až po úroveň skalného dna na viacerých jej miestach, a tiež revízny výskum dosiaľ získanej kolekcie štiepanej kamennej industrie, ktorá nemusí byť bezvýhradne neolitická.

NEOLITICKÉ OSÍDLENIE

Osídlenie v mladšej dobe kamennej – neolite, je v prezentovanej jaskyni najvýraznejšie. V období holocénu bol ľahšie prístupnejší pleistocénny vchod zavalený a pre poľnohospodárov a chovateľov stád neznámy. Neolitický ľud mal Domicu údajne spoznať cez kolmejší komínový 7 m hlboký vchod, ktorý sa ešte v neolite záplavami a zosuvmi zneprístupnil. Či tomu tak bolo aj v skutočnosti, nevedno s istotou rozhodnúť. Intenzívne doložené osídlenie s viacnásobným osídľovaním jej priestorov a miestami s viac ako 50 cm hrubou kultúrnou vrstvou skôr umožňujú predpokladať ľahší prístup pre väčšie skupiny osôb rôzneho veku. Tí by opakovane zdolávali komínový vchod len sotva. Navodená skepsa je o to pravdepodobnejšia, že sa tu spolu s ľuďmi predpokladá aj prítomnosť početných stád oviec a kôz, ktorých prístup vertikálnym vchodom je nepredstaviteľný. Je preto zjavné, že dnešný otvorený vchod do jaskyne v úrovni údolia je zasypanou chodbou, ktorá predstavovala vlastný praveký východ z jaskyne.

Tak J. Böhm (1933, 75), ako aj J. Lichardus (1961, 33 n.) predpokladajú, že na základe nameranej teploty v jaskyni (10 – 12 °C) nebolo neolitické osídlenie trvalé, ale využívané len v letných mesiacoch. V lete obaja autori poukazujú na zvýšenú vlhkosť ovzdušia a neporovnateľne vyššiu teplotu mimo jaskyne, a teda pobyt v jej interiérových častiach bol nevýhodný. Na mieste je tiež otázka centrálnej osady mimo Domice, ak tá nereprezentovala akési posvätné či centrálne jaskynné sídlo viacerých menších osád z blízkeho či širšieho okolia. Dosiaľ ale evidujeme len ojedinelé súveké pamiatky z terénov v okolí Domice, napr. získané Böhmom na predjaskynnej



Obr. 8. Výskum J. Böhma v Domici v roku 1933. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 8. J. Böhm's archaeological research in Domica Cave in 1933. Archive IA SAS

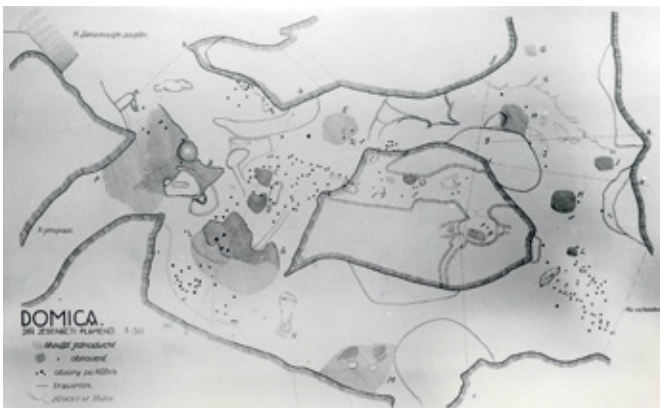
plošine (Böhm, 1934), na Kečovských lúkach, pri Kečovskej vyvieračke, v stržiach a abri, resp. v bezprostrednej blízkosti prameňov alebo jazier, a to najmä v súvise s pastierstvom (Lichardus, 1968, 86–89) a jestvovaním naznačenej progresívnej formy transhumancie (Soják, 2024, 238). Väčšie otvorené sídlisko v blízkosti jaskyne však chýba.

Nálezy zo slovenských jaskýň osídlených v neolite vo všeobecnosti ukazujú (Soják, 2024, 70), že najväčší rozmach využívania podzemných priestorov spadá do jeho stredného úseku. Prvotné osídlenie sa viaže na kultúru s východnou (alföldskou) lineárnou keramikou a spadá do obdobia „vnútornej roľníckej kolonizácie", počnúc od jej strednej fázy (Šiška, 1989, 35 nn.). V tejto súvislosti sme v literatúre poukázali (Soják, 2024, 70 nn.) na názory J. Lichardusa (1968; 1974), čo sa týka čierno maľovanej keramiky typu Domica I z Ardova – Ardovskej jaskyne, z Kečova – Čertovej diery a tiež z Domice, ktoré spojil s najstarším neolitickým osídlením východného Slovenska, dokonca so stupňom Starčevo IIb a seskelskou keramikou. Podľa charakteru keramiky a jej výzdoby a na základe stratigrafického pozorovania v jaskyniach Slovenského krasu S. Šiška (1989, 126 nn.) správne poukázal na to, že keramika Domica Ia (známa len z eponymnej jaskyne) patrí do strednej – prechodnej fázy východnej lineárnej keramiky, keď sa začína formovať skupina Tiszadob a v horskom území Slovenského krasu jej lokálny typ či odnož – gemerská lineárna keramika. Potrebné je však pripomenúť, že uvedený lokálny prejav kultúry s východnou lineárnou keramikou nie je bližšie definovaný, najmä jeho rozdiely v potenciálnej typológii i výzdobe. Podľa doterajších, a navyše absentujúcich, publikovaných nálezov z jaskýň Slovenského krasu sa zdá, že samostatný odlišný výraz je problematický a možno neoprávnený. Za dnešného stavu bádania sa skôr zdá, že nositelia kultúry s východnou lineárnou keramikou a skupiny Tiszadob v rámci uvedenej kultúry prenikli na územie Gemera a aj do tamojších jaskýň už v strednej a najmä v mladšej fáze kultúry s východnou lineárnou keramikou a pomenovanie gemerská lineárna keramika možno skôr chápať v označení jej prítomnosti v odlišnom regióne ako takom, ako v jej rozdielnom (miestnom) vývoji. Počas trvania tejto „gemerskej lineárnej keramiky" maľovaná keramika dožíva v podobe typu Domica Ib, datovaného už do mladého stupňa a doloženého okrem Domice z najspodnejších vrstiev Ardovskej jaskyne i kečovskej Čertovej diery. Je všeobecne známe, že vývoj gemerskej lineárnej keramiky, známej tiež z iných okolitých jaskýň (napr. Silica – Silická ľadnica), napokon vyústil do bukovohorskej kultúry (vo fáze A).

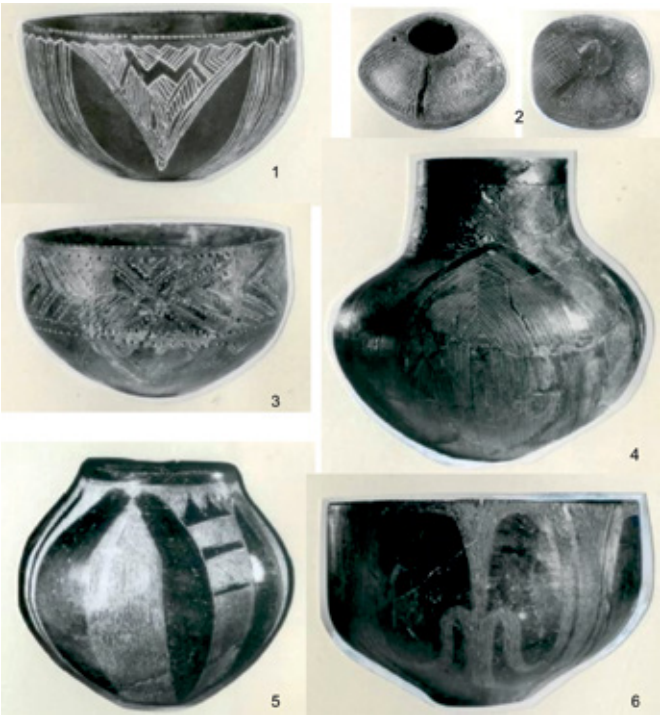
Na mieste je realizácia moderného revízneho archeologického výskumu v niektorej z jaskýň Slovenského krasu, kde je neolitické osídlenie najvýraznejšie. Ide nielen o Domicu či Ardovskú jaskyňu, ale aj o Čertovu dieru (ktorá dnes s Domicou tvorí jeden jaskynný systém), Líščiu dieru a jaskyňu Leontína/Ľudmila pri Slavci. Potrebná je detailná stratigrafická pozícia nálezov a revízia J. Lichardusom (1968, 48–68; 1974, 77, 78, 83–93) vyčlenených časových horizontov a stupňov, ktoré vychádzajú z typologicko-štylistického rozboru neolitického keramického materiálu: Domica Ia – stredná fáza východnej lineárnej keramiky, Ib – mladá fáza východnej lineárnej keramiky a prvé nálezy gemerskej lineárnej keramiky, Ic – rytím zdobená gemerská lineárna keramika, IIa – bukovohorská kultúra staršieho (A) stupňa spolu s ojedinelými črepmi skupiny Tiszadob, IIb – keramika predklasického (AB) bukovohorského stupňa, III – klasická (B) bukovohorská keramika, IV – neskorá (C) bukovohorská keramika. Lichardus tak rozlišuje štyri stupne či fázy bukovohorského osídlenia: A – starý, AB – predklasický, B – klasický a C – neskorý. Uvedené členenie sa opiera len o jaskynné a neraz nesignifikantné nálezové situácie a nálezy, ktoré sa v podstate v ničom neodlišujú od nálezov z otvorených sídlisk. Ako najpravdepodobnejšie sa zdá byť rozčlenenie bukovohorskej kultúry do troch chronologických horizontov, a to bez ohľadu na charakter sídlisk (jaskyne verzus otvorené sídliská): I – starý, zmiešaný tiszadobsko-bukovohorský horizont, II – klasický, III – neskorý. Pravdou však je, že neskorý horizont poznáme nedostatočne, hoci je doložený najmä v jaskyniach, no nechýba ani mimo nich (napr. Ždaňa – poloha Baxaser/Na vyvýšenine nad Olšavou; Čaplovič – Gašaj a Olexa 1977, 95 n.; Lamiová-Schmiedlová – Miroššayová, 1991, 186).

Vykopávky J. Böhma sa spočiatku sústredili na vstupné jaskynné priestory (obr. 8). J. Lichardus upriamil pozornosť najmä na výskum častí s nedostatkom spoľahlivých informácií o osídlení – predovšetkým v bočnej sále pred Sieňou jedenástich plameňov a v Dóme mystérií; hlavné práce boli ďalej situované vo Vstupnej chodbe, Predsieni, Posvätnej chodbe, Sieni terás, Sieni záhad, sieni spojujúcej Samsonove stĺpy s Indickou čajovňou, ako aj na iných miestach.

Böhmom preskúmané a viackrát obnovované ohniská v Sieni jedenástich plameňov (obr. 9) alebo aj bližšie v Predsieni indikujú výrazné osídlenie. Dokladá to aj už uvedená vyše 50 cm hrubá kultúrna vrstva, ktorá v dĺžke 300 metrov od vchodu po Majkov dóm postupne slabne (možno pre záplavami často ohrozované priestory). Neolitické nálezy sa koncentrujú vo Vstupnej chodbe, Predsieni, Hlavnej chodbe, Sieni jedenástich plameňov, ďalej v Majkovom dóme, Dóme mystérií, Posvätnej chodbe a Sieni záhad. Nálezy sa však nachádzajú aj vo vzdialenosti viac ako 700 metrov od vchodu.



Obr. 9. Situačný plán výskumu J. Böhma v Domici v r. 1933 – 1934 v Sieni jedenástich plameňov. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 9. Floor plan of J. Böhm's archaeological excavation in Domica Cave in 1933–1934 in the Sieň jedenástich plameňov Hall. Archive IA SAS

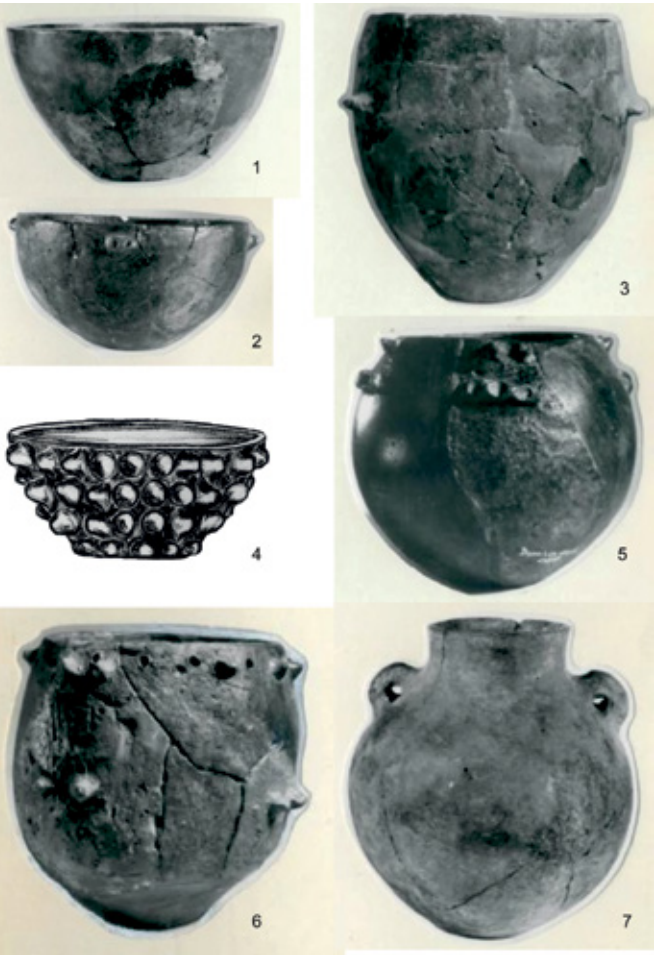


Obr. 10. Ukážka jemnej zdobenej neolitickej keramiky. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 10. Example of finely decorated Neolithic pottery. Archive IA SAS

Doklady osídlenia v periférnej časti dokladajú tiež stopy fakieľ a uhľových oterov v Panenskej chodbe a Klenotnici. Kým v jaskyni dominujú neúmyselné kresby, časť predsa len reprezentuje zámerné obrazce, aj keď s ťažkou interpretáciou vyjadrenej témy. V roku 1931 ich objavil vtedajší správca jaskyne Vojtech Benický (1943/1944). Ukázali sme vyššie (Soják, 2024, 172), že novinový výstrižok zo Slovenskej Politiky z roku 1927 naznačil, že už minimálne tri mesiace po objave Domice sa o niektorých nástenných uhľových kresbách a tajuplných značkách vedelo. Väčšinou sa kládli do neolitu a spájali s nositeľmi bukovohorskej kultúry, ktorej pamiatky v Domici vo všeobecnosti tvoria viac ako 80 % všetkých nálezov. K takémuto datovaniu prispieva nielen prevládajúce bukovohorské osídlenie, ale aj koncepcia kresieb, ktorá je blízka motívom na keramike. Pochopiť zmysel uvedených a mnohých ďalších kresieb v Domici je problematické, hoci využitie časti z nich v kultovej sfére (podzemné svätyne) je najpravdepodobnejšie (Lichardus, 1974, 53 n.). Na rôznych miestach Posvätnej chodby sa vyskytujú rozličné uhľové stopy, čiary, zhluky čiar, otery smolníc alebo fakieľ, pričom cieľavedomé kresby sa darí objavovať ešte i dnes (Soják, 2005b; 2008; 2014). Najnovšie (2026) nás o ďalších objavoch informoval B. Šmída.[6]

Z Domice sú známe tiež nálezy paleobotanického charakteru vrátane zuhoľnatených obilných zŕn. V SMOPaJ v Liptovskom Mikuláši sú z výskumu J. Böhma v roku 1933 uložené zuhoľnatené semená pšenice dvojzrnovej, ktoré určila J. Mihályiová (1994). V materiáli z výskumu J. Bártu identifikoval E. Krippel uhlíky buka, duba, čerešne divej, bršlena, rašetliaka a brezy (Lichardus, 1961, 44; 1974, 51). Z výskumu M. Sojáka v roku 2005 určila J. Mihályiová uhlíky brezy, bršlena, slivky, duba a jabloňokvetých, pochádzajúce z bukovohorskej vrstvy (Mihályiová, 2007). Prvý absolútny vek uhlíkov zo Siene jedenástich plameňov je z holandského Groningenu a súvisí s neolitom (6080 ± 75 rokov BP, resp. kalibrovaný vek 7170 – 6750 cal. BP). Ďalšie analýzy sú z poľskej Poznane a tiež sa viažu na neolit. Pochádzajú zo sintrových nátekov získaných z Panenskej chodby a Siene odvahy, v ktorých sa doložili čierne vrstvičky z horenia ohňov (Gradziński et al., 2007). Datovanie uhlíka z vrstvy pod známou trojicou geometrických kresieb v bočnom výklenku Posvätnej chodby poskytlo v roku 2016 v anglickom Oxforde rovnako neolitický vek (Šefčáková, 2017, 29). V roku 2006 sa odobrali vzorky z uhľových oterov, ktorých výsledok

[6] *Krátka správa o objave uhľovej „maľby" z 13. mája 2026 sa objavila na internete: https://www.facebook.com/profile.php?id=100003248352868 [18. 6. 2026]. Potencionálnu maľbu je žiaduce overiť.*

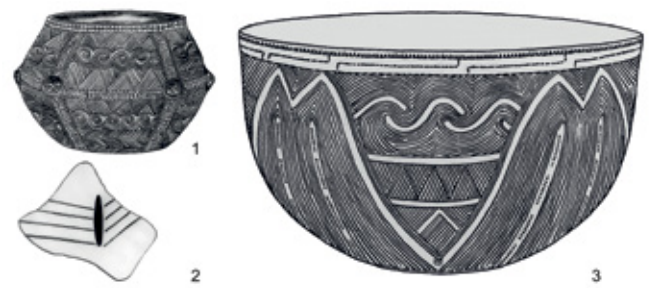


Obr. 11. Ukážka úžitkovej neolitickej keramiky. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 11. Examples of Neolithic utilitarian pottery. Archive IA SAS

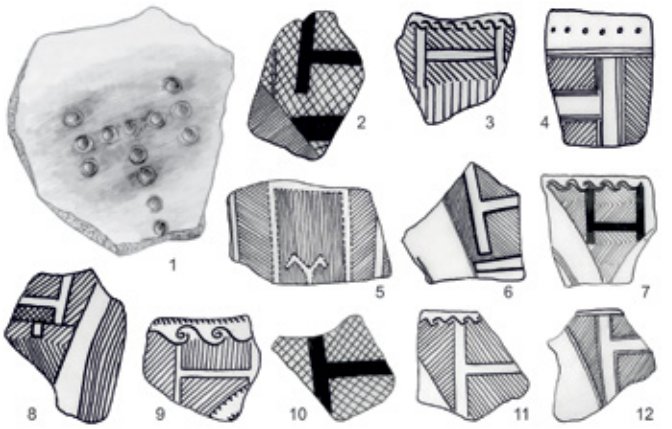
absolútneho veku v Groningene opäť prekvapil; poukázali totiž na neskoropleistocénny vek (11 290 – 11 200 rokov cal. BC), dosiaľ v jaskyni artefaktmi nedoložený. Ďalšie dve vzorky uhľových oterov poskytli v roku 2016 (Austrália) ďalšie zaujímavé výsledky, poukazujúce na neolit (6720 – 7011 rokov cal. BP), eneolit (4877 – 5447 rokov cal. BP) a vzorka vedľa známych troch kresieb dokonca na mezolit (9257 – 9657 rokov cal. BP) (Šefčáková, 2017, 31; Šefčáková a Levchenko, 2021, Table 1). Uvedené časové horizonty z pleistocénu a tiež z eneolitu, ktoré zatiaľ v Domici nenachádzajú oporu v akýchkoľvek sprievodných nálezoch, sú tak problematické, a preto je potrebné podrobiť ich opakovaným analýzam. Zdá sa, že vierohodnejšie je predsa len stále zistenie absolútneho veku antrakotomických zvyškov (uhlíkov) ako uhľových oterov a kresieb, ktoré sú neraz schované pod vrstvou sintra alebo poskytujú hmotnostne nedostatočnú vzorku.

Nálezy z jaskyne Domica sú dnes roztrúsené v niekoľkých domácich i zahraničných inštitúciách (Bratislava, Košice, Liptovský Mikuláš, Martin, Nitra, Rožňava, resp. Praha, v menšej miere Budapešť a Viedeň). Menšia expozícia sa nachádza priamo vo vstupnom areáli jaskyne, no časť vzácneho materiálu, žiaľ, skončila aj v nekontrolovaných súkromných zbierkach (napr. gen. R. Gajdu). O rozptýlení niektorých zberových nálezov svedčí i výskyt v moravských múzeách, najmä vo Velehrade a v Uherskom Hradišti.

Z jaskyne Domica pochádza viac ako 200 rekonštruovaných neolitických nádob, medzi ktorými sú zastúpené pologuľovité misky, guľovité amforovité nádoby, nádoby s výlevkami, s hrdlom, cedidlové i miniatúrne tvary, resp. nezdobené hrncovité, s pásom prevŕtaných otvorov pod okrajom a hrubé zásobnice (obr. 10; 11). Unikátnosť tamojších keramických nálezov spočíva v ich bohatej ornamentike. Pravekí tvorcovia pri zdobení uplatňovali princíp *horror vacui* (strach z prázdnoty), kvôli čomu črepy a nádoby dodnes fascinujú vedcov i dnešných hrnčiarov svojou precíznou, hustou sieťou špirál a línií, ktoré nenechávajú priestor pre žiadne prázdne miesta. V predklasickom stupni bukovohorskej kultúry nechýbajú ojedinelé vplyvy z prostredia



Obr. 12. Zdobená keramika bukovohorskej kultúry (1, 3) a import želiezovskej skupiny (2). Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 12. Decorated pottery from the Bükk culture (1, 3) and an import from the Želiezovce group (2). Archive IA SAS



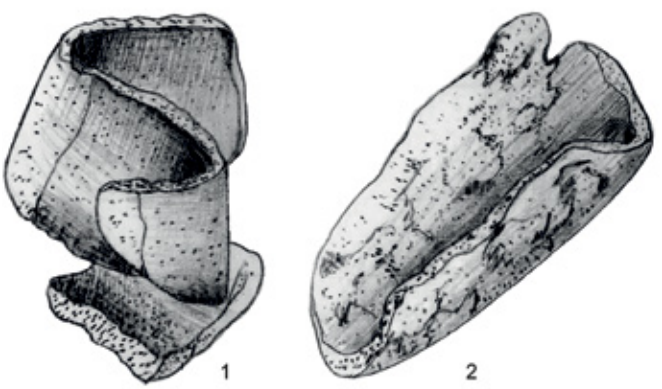
Obr. 13. Symbolické znaky na neolitickej keramike v podobe dvojbritej sekery (1), v podobe písmena H (2 – 4, 6 – 12) a Y či ľudskej postavy (5). Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 13. Symbolic motifs on Neolithic pottery in the form of a double-edged axe (1), the letter H (2–4, 6–12), the letter Y, and a human figure (5). Archive IA SAS

skupiny Szilmeg a v klasickom bukovohorskom stupni zasa nálezy skupiny Szakálhát-Lebö a želiezovskej skupiny (Lichardus, 1968, 52, 68, 109; 1974, 98 nn.). Osídlenie bukovohorskou kultúrou, prevažne v jaskyniach Slovenského krasu, očividne dominuje (Soják, 2024, 70, graf 3). Na jeho území sa javí ako centrálnou či materskou jaskynnou lokalitou rozhodne Domica spolu s prepojenou Čertovou dierou na slovenskej a Baradlou na maďarskej strane. Za úvahu stojí hypotéza, či nepočetné importy keramiky súvekej želiezovskej skupiny v jaskyniach s bukovohorským osídlením nie sú len napodobeninami zhotovenými bukovohorskými hrnčiarmi alebo prinesenými zo želiezovských osád počas ich obchodných výprav s obsidiánovou surovinou (možno i soľou či inými komoditami) ako cudzí, výzdobou odlišný, mimoriadne kvalitný a cenený hlinený riad (Soják, 2024, 76) (obr. 12: 2).

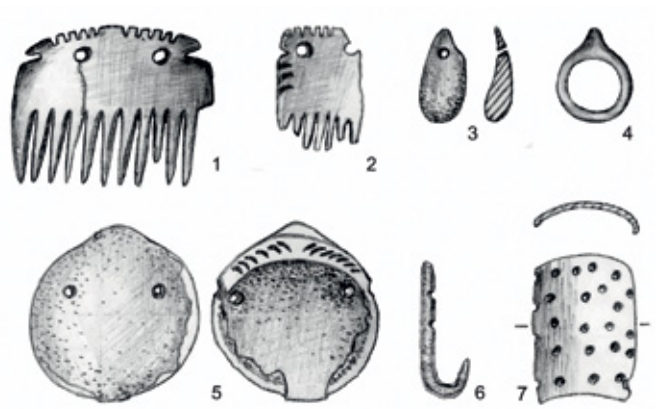
Prekvapuje skutočnosť, že v jaskyniach zaznamenávame vyšší podiel tenkostennej zdobenej keramiky bukovohorskej kultúry ako na otvorených sídliskách. V tejto súvislosti výnimočným sa javí najmä jedno z otvorených sídlisk v Ždani, kde okrem klasickej bukovohorskej výzdoby dominuje neskorobukovohorský výzdobný štýl na tenkostennej keramike s početnou červenou a žltou inkrustáciou (Čaplovič – Gašaj a Olexa 1977, 95, obr. 46). V Domici J. Böhm spozoroval výskyt hrubej úžitkovej keramiky (ktorá z jeho výskumu tvorí až 64 %) vedľa jaskynných stien, teda bokom od jemných tenkostenných fragmentov nachádzajúcich sa v priestore denného života (Böhm, 1934; Lichardus, 1961, 33, 84, 234). Zdá sa, že masívne tvary nádob slúžili na uskladnenie obilia a potravy, boli zrejme poväčšine neprenosné a mali vyhradené svoje miesto pri stenách. Uvádzajú sa tiež nálezy dvoch hematitových kúskov červeného farbiva, ktoré slúžilo prednostne na inkrustáciu rytej výzdoby tenkostennej keramiky. Ojedinele sa použilo na plošný náter, čo dokladá drobná zdobená dvojkónická závesná nádobka predpokladaného kultového charakteru (na obr. 10: 2), na vnútornej strane pokrytá červeným farbivom (Lichardus, 1961, 87; 1974, 51).

O možnom využití ušľachtilého zdobeného keramického riadu vo sfére kultových predstáv (okrem zreteľných uhľových kresieb) svedčia zobrazenia antropomorfných motívov, aplikovanej ľudskej plastiky a rytých abstraktných zobrazení na keramike (kríž, svastika, koncentrické kruhy, v podobe písmen T, H atď.), s predpokladaným symbolickým významom (obr. 13). Nezvyčajný je hrubozrnný črep z úžitkovej nádoby, na ktorom sa nachádza výzdoba v podobe vpichovaných jamiek, znázorňujúcich tvar písmena T, prípadne skôr schematickú dvojbritú sekeru (na obr. 13: 1). Podobné nálezy symbolických prejavov na keramike nie sú na bukovohorských sídliskách ničím neobvyklým (Lichardus, 1961, 48–55, 95; 1974, 58–60). S problematikou kultu sa niekedy spája tiež čiastočne zasintrovaná tenkostenná pologuľovitá nádoba na jaskynnom dne Siene odvahy, s klasickým výzdobným štýlom. Predpokladá sa, že mohla byť s jej nedochovaným obsahom zámerne uložená do ťažko prístupného alebo človekom sporadicky využiteľného jaskynného priestoru tak, ako sa zvykli deponovať nádoby naprieč celým pravekom v Európe i mimo nej (Soják, 2024, 76, 77, obr. 85).

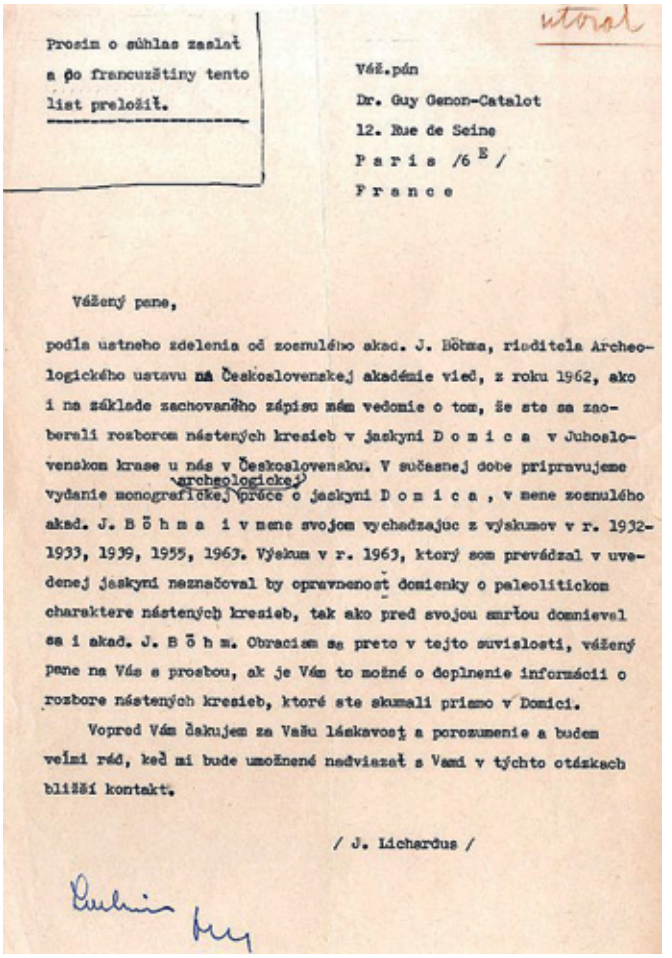
Na príklade Domice najlepšie vidno, že počas opakovaných osídlení sa v jaskyni okrem kultu vykonával i bežný život. Spomenúť možno ťažbu hliny doloženú v Sieni terás, výrobu keramiky (nálezy hlinených valčekov/pásov; obr. 14), textilných látok v podobe hrubej vrecovitej tkaniny (prasleny, závažia krosien, odtlačky tkaniny v hline/na mazanici, kostená industria – šidlá, hladidlá, dláta, najmä ihly s očkom, ojedinele špulka), kamennej štiepanej i brúsenej industrie (otĺkače, brúsiky, neúplné sekery a ich polotovary, kliny, mlaty s otvorom – aj diskovité) vrátane dokladov osobnej hygieny (kostené hrebene) a produkcie potravín (kamenné drviče obilia/zrnotierky a drviace podložky/ležáky). Nechýbajú pieskovcové brúsiky, vzácne



Obr. 14. Pásy vypálenej hliny na výrobu neolitickej keramiky. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 14. Strips of fired clay used in the production of Neolithic pottery. Archive IA SAS



Obr. 15. Drobné výrobky z kosti (1 – 4, 6, 7) a ulitníka (5). Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 15. Small artifacts made of bone (1–4, 6, 7) and shell (5). Archive IA SAS



Prosím o súhlas zaslať a po francuzštiny tento list preložiť.

Váž.pán
Dr. Guy Genon-Catalot
12. Rue de Seine
P a r i s /6 E/
F r a n c e

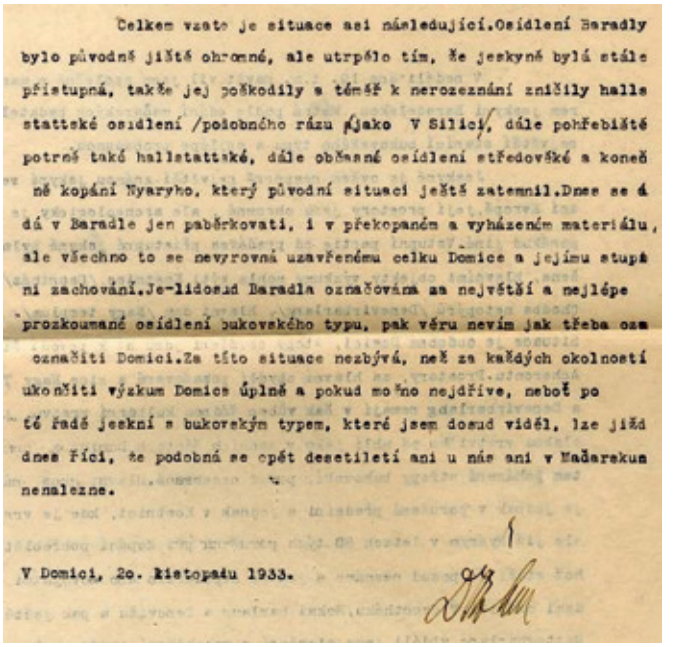
Vážený pane,

podľa ustneho zdelenia od zosnulého akad. J. Böhma, riaditeľa Archeologického ústavu na Československej akadémie vied, z roku 1962, ako i na základe zachovaného zápisu mám vedomie o tom, že ste sa zaoberali rozborom nástenných kresieb v jaskyni D o m i c a v Juhoslovenskom krase u nás v Československu. V sučasnej dobe pripravujeme vydanie monografickej archeologickej práce o jaskyni D o m i c a , v mene zosnulého akad. J. B ö h m a i v mene svojom vychadzajuc z výskumov v r. 1932-1933, 1939, 1955, 1963. Výskum v r. 1963, ktorý som prevádzal v uvedenej jaskyni naznačoval by opravnenosť domienky o paleolitickom charaktere nástených kresieb, tak ako pred svojou smrťou domnieval sa i akad. J. B ö h m. Obraciam sa preto v tejto suvislosti, vážený pane na Vás s prosbou, ak je Vám to možné o doplnenie informácii o rozbore nástených kresieb, ktoré ste skumali priamo v Domici.

Vopred Vám ďakujem za Vašu láskavosť a porozumenie a budem veľmi rád, keď mi bude umožnené nadviazať s Vami v týchto otázkach bližší kontakt.

/ J. Lichardus /

Obr. 16. List J. Lichardusa Dr. G. Genon-Catalotovi do Paríža s prosbou o pomoc pri analýze nástenných malieb v Domici. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 16. A letter from J. Lichardus to Dr. G. Genon-Catalot in Paris, in which he asks for his help in analyzing the wall paintings in the Domica Cave. Archive IA SAS



Celkem vzato je situace asi následující. Osídlení Baradly bylo původně jistě ohromné, ale utrpělo tím, že jeskyně byla stále přístupná, takže jej poškodily a téměř k nerozeznání zničily halls statteské osídlení /podobného rázu jako V Silici/, dále pohřebiště potom také hallstattské, dále občasné osídlení středověké a konečně kopání Nyaryho, který původní situaci ještě zatemnil. Dnes se á dá v Baradle jen paběrkovati, i v překopaném a vyházeném materiálu, ale všechno to se nevyrovná uzavřenému celku Domice a jejímu stupni zachování. Je-li dosud Baradla označována za největší a nejlépe prozkoumané osídlení bukovského typu, pak věru nevím jak třeba ozn označiti Domici. Za této situace nezbývá, než za každých okolností ukončiti výzkum Domice úplně a pokud možno nejdříve, neboť po té řadě jeskyní s bukovským typem, které jsem dosud viděl, lze již dnes říci, že podobná se opět desetiletí ani u nás ani v Maďarsku nenalezne.

V Domici, 2o. listopadu 1933.

Obr. 17. Výsek listu J. Böhma o návšteve Baradly v roku 1933 a o potrebe ukončenia ďalších výskumov v Domici. Archív ArÚ SAV, v. v. i.
Fig. 17. An excerpt from a letter by J. Böhm regarding his visit to the Baradla Cave in 1933 and the need to halt further archaeological research in the Domica Cave. Archive IA SAS

s pozdĺžnym oválnym žliabkom na produkciu kostených šidiel. Nálezy kostených háčikov z rybárskych udíc naznačujú rybolov, realizovaný v blízkych vodách západne ležiacej rieky Slaná, resp. vo východnom smere v močaristej oblasti vtedajšej Turnianskej kotliny a rieky Bodva. Okrem toaletných predmetov sú z Domice známe ozdoby z hliny, mušlí, kostí a zvieracích zubov, ako napr. závesky, koráliky, prstene (Lichardus, 1974, Abb. 11: 1, 2, 5–8, 10). Komplexná analýza týchto sprievodných nálezov, okrem konvenčne spracovaných typov keramiky a jej výzdoby, však absentuje (obr. 15). Zvlášť to platí pre posúdenie typologickej a surovinovej stránky kolekcie získanej štiepanej kamennej industrie (ktorá nie je bezvýhradne len z obsidiánu), názorne indikujúcej ich funkčné využitie a kultúrne kontakty s blízkymi i vzdialenejšími súvekými komunitami (Maďarsko?, možno aj Poľsko? a i.). Z nedostatočne publikovaných nálezov je zrejmé (Lichardus, 1961, 125; 1974, 44 n., Abb. 9), že typologicky vystupujú čepele, úštepy, škrabadlá, vrtáky či priebojníky a viaceré formy jadier (ploché i mikrolitické), indikujúce miestnu produkciu štiepanej industrie. Zaujímavé je, že sa uvádzajú rôzne farebné odrody obsidiánov, z ktorých rozhodne nie všetky reprezentujú túto kvalitnú sopečnú surovinu. Dokladajú to uvádzané obsidiány nielen čiernej a sivej, ale dokonca i hnedej, zelenej, svetlozelenej a zriedkavo červenej farby![7] Spoluvystupujú artefakty z pestrofarebných pazúrikov, rádiolaritov, uvádzaných rohovcov či len silexov. Podľa uvádzaných farieb je zrejmé, že budú prítomné aj limnosilicity a iné surovinové, dominantne pravdepodobne maďarskej proveniencie, odrody (možno pazúrik typu Tevel, rádiolarit typu Szentgál). To isté platí aj o surovinovej skladbe brúsenej i ostatnej makrolitickej industrie, ktorej provenienciu (uvádzaná len amfibolická bridlica), na rozdiel od typov artefaktov, nepoznáme (Lichardus, 1974, 40–44). Nechýbajú vyššie spomenuté nálezy potravy v podobe obilnín donesených do jaskyne. Z Domice sú známe zuhoľnatené semená jačmeňa siateho, prosa siateho a pšenice (Lichardus, 1961, 44; Hajnalová, 1993, 105 n.).

Rovnako predpokladáme, že Domica prednostne plnila funkciu zimného príbytku tej časti rodového kolektívu, ktorá kočovala s ovcami a kozami. Tieto zvieratá sa v zime akiste ustajňovali v blízkosti vody, na čo má Domica vhodné podmienky. Pri pastierstve mohli byť prínosom aj domestikované psy, ktorých kosti nechýbajú ani v Domici (Soják, 2024, 237 n.). Okrem nich sa tu našli kosti ďalších domácich (ovca, koza, sviňa, tur) i divých zvierat (mačka, jazvec, líška, medveď hnedý, pratur, diviak, jeleň, srnec, zajac) včítane rozličných druhov rýb (Lichardus, 1974, 52). Nemožno vylúčiť, že v Domici sídlila vyčlenená skupina pastierov a občasných lovcov, ktorá sa špecializovala na nepoľnohospodársky charakter hospodárenia. Poľnohospodárske produkty si mohla zabezpečiť formou výmeny z okolitých otvorených osád za iné komodity (napr. mäso, mliečne produkty, možno i hlinený riad?). Objavené kolové jamy vo viacerých častiach jaskynných chodieb naznačujú vymedzenie priestorov formou plotovej ohrady, resp. ohraničenia kultového areálu (oboch strán Posvätnej chodby); predpokladajú sa i obytné konštrukcie so strechami pokrytými ľahkým prútím, čo dokladajú tiež mazanice s ich negatívnymi odtlačkami (Neustupný, 1960, 104; Lichardus, 1968, 80).

S bukovohorskou kultúrou majú nepochybne spojitosť viaceré ľudské kosti a zvyšky lebiek objavených v Domici (Bárta, 1965a, 65; Lichardus, 1974, 51). Ukázali sme na inom mieste, že nález 7-člennej rodiny, ktorý sa v Slovenskej Politike z roku 1934 lokalizoval do Domice, datoval do neolitu a interpretoval ako obeť prívalových dažďov a následného závalu hliny a kamennej sute, patrí do susednej Čertovej diery, a nie do samotnej Domice (Soják, 2024, 190). Napriek tomu sa uvedená informácia objavila aj v odbornej literatúre. Tak či onak, jaskyňa s najväčšou pravdepodobnosťou neslúžila ako regulárne pohrebisko, aj keď tu i tam sa v nej zvyšky ľudských jedincov objavili, a to najmä z výskumu J. Böhma v roku 1933 vo Vstupnej chodbe, prípadne ich získal V. Benický v roku 1936 pri sprístupňovacích prácach medzi balvanmi v Majkovom dóme (Benický, 1937, 100; Novotný, 1958, 45; Lichardus, 1961, 46–47; 1974, 51; Bárta, 1965a, 65; Soják, 2024, 183, 190, 194, 287, na obr. 196: 5).

[7] *Okrem špecifickej čiernej až sivočiernej farby obsidiánov sa na našom území zriedkavo objavujú aj artefakty zhotovené z červeného, resp. červenočierneho obsidiánu. Iné farebné variety obsidiánu uvádzané z Domice budú reprezentovať odlišné zastúpenie surovinových odrôd (rádiolarit, limnosilicit, poľské pazúriky a pod.).*

ZÁVER

Jaskyňa Domica je vo svete archeológie považovaná za jednu z najvýznamnejších neolitických lokalít v strednej Európe. Jej výnimočnosť spočíva v tom, že slúžila ako masívne, dlhodobo a periodicky osídlené sídlisko a zároveň kultové (posvätné) miesto pre neolitické populácie. Aj kvôli tomuto obrovskému kultúrno-historickému bohatstvu je jaskynný systém Domica (spolu s nadväzujúcou jaskyňou Baradla v Maďarsku) zapísaný do Zoznamu svetového dedičstva UNESCO. Nepredstavuje len statický prírodný útvar, ale funguje ako živé prepojenie viacerých vedeckých odborov. Jej podzemné priestory sa dodnes aktívne využívajú na rôzne účely. Slúži napríklad ako archeologická a kultúrna expozícia (náučno-informačné centrum; Soják, 2005a), v ktorej návštevníci môžu obdivovať pravekú keramiku, nástroje či stopy niekdajšieho osídlenia, napr. v podobe problematicky datovaných uhľových kresieb a jednoduchých oterov pochodní (obr. 16). Nezanedbateľný je prírodovedný výskum; neustále tu prebieha monitoring unikátnej kvapľovej výzdoby, podzemného hydrologického systému rieky Styx a citlivého jaskynného ekosystému. V neposlednom rade netreba zabúdať na jej medicínske využitie (speleoterapiu), pretože tamojšia podzemná klíma ponúka ideálne podmienky na alternatívnu liečbu chronických ochorení. Vzhľadom na tento obrovský prírodný a historický význam je Domica mimoriadne zraniteľným ekosystémom, ktorý si vyžaduje najvyšší stupeň prísnej ochrany. Každý zásah do jej prostredia môže nenávratne zničiť dedičstvo, ktoré sa formovalo tisícročia. Preto sa nečudujme názorom jedného z jej veľkých výskumníkov – J. Böhma, že výskum Domice je potrebné ukončiť úplne a čo najskôr, pretože podobná jaskyňa sa opäť desaťročia u nás a ani v Maďarsku nenájde (obr. 17). A mal pravdu, od jeho výskumu uplynulo už viac ako 90 rokov a naozaj, doteraz sa nenašla...

Príspevok bol vypracovaný v rámci grantového projektu VEGA 2/0033/23 a APVV 23-0282.

LITERATÚRA

Bárta, J. 1957. Záchranný výskum v záplavou postihnutej jaskyni Domica. Študijné zvesti AÚ SAV, 2, 1957, 29–33, tab. I.–IV.

Bárta, J. 1965a. Príspevok k pravekému osídleniu jaskýň domickej sústavy. Slovenský kras, 5, 1963–1964, 58–73.

Bárta, J. 1965b. Slovensko v staršej a strednej dobe kamennej. Die Slowakei in der älteren und mittleren Steinzeit. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava.

Bárta, J. 1978. Správa zo služobnej cesty vykonanej dňa 13. mája 1977 do Kečova – jaskyne Domica. Nálezová správa ArÚ SAV č. 8300/78.

Bárta, J. 1982. Domica – perla slovenského praveku. In I. Zmoray/V. Podhradský (Eds.): Zaujímavosti slovenskej prírody. Martin 1982, 71–78.

Benický, V. 1937. Objav čeľusti z doby kamennej. Slovenský ľud, 100.

Benický, V. 1943/1944. Ako boli objavené kresby neolitického človeka v Domici. Krásy Slovenska, 22, 147–148.

Böhm, J. 1932a. Domica a její nástěnné kresby. Volné směry 29, 1, 1932, 255–258.

Böhm, J. 1932b. Domica. Národní listy, r. 72, č. 356, 25. 12. 1932, 4.

Böhm, J. 1933. Domica – jeskyně pravěkých tajů. Krásy Slovenska, 12, 75–84.

Böhm, J. 1934. Nové objevy v Domici. Národní listy, r. 74, Příloha k č. 6, 7. 1. 1934.

Cílek, V. 2002. Fenomén zakouřených jeskyní: příčiny, význam a náprava. Aragonit, 7, 13–15.

Cílek, V. – Melka, K. – Langrová, A. 2001. Kontaktní viséit a konkrecionální apatit z jeskyně Domica. Slovenský kras, 39, 25–35.

Čeklovský, T. – Orvošová, M. – Biroň, A. – Tóth, Cs. – Soják, M. – Šupinský, J. 2022a. Predbežné výsledky výskumu jaskyne Domica – sedimentológia, paleontológia a archeológia. Český kras, 48, 2022, 70–71.

Čeklovský, T. – Orvošová, M. – Biroň, A. – Tóth, Cs. – Soják, M. – Šupinský, J. 2022b. Nálezy fauny mamutej stepi z novoobjavených častí jaskyne Domica – Kľúčová dierka (Slovenský kras): interdisciplinárny prístup výskumu. Slovenský kras, 60, 1, 2022, 19–50.

Eisner, J. 1932. Jaskyňa Domica ako praveké nalezište. Krásy Slovenska, 11, 2–3, 38–43.

Eisner, J. 1933. Slovensko v pravěku. Práce učené společnosti Šafaříkovy v Bratislavě, Bratislava.

Faragó, M. – Péter, R. K. – Viktorik, O. – Máté, L. – Mester, Zs. 2022. Prehistoric Stone Raw Materials from the Bükk Mountains in Northeastern Hungary. Archaeologia Polona, vol. 60, 187–229. https://doi.org/10.23858/APa60.2022.3084

Gaál, Ľ. – Vlček, L. 2011. Tektonická stavba jaskyne Domica (Slovenský kras). Aragonit, 16, 1–2, 3–11.

Gradziński, M. – Hercman, H. – Bella, P. – Deabene, G. – Nowicki, T. 2002. Tmavé laminácie v sintrových nátekoch jaskyne Domica ako indikátor aktivít pravekých ľudí. Slovenský kras, 40, 2002, 41–48.

Gradziński, M. – Hercman, H. – Bella, P. – Deabene, G. – Nowicki, T. 2007. Age of black coloured laminae within speleothems from Domica Cave and its significance for dating of prehistoric human settlement. Geochronometria, 28, 2007, 39–45. https://doi.org/10.2478/v10003-007-0029-7

Hajnalová, E. 1993. Obilie v archeologických nálezoch na Slovensku. Archeologický ústav SAV, Nitra.

Janák, J. 1934. Slovenský kras. Krásy Slovenska, 13, 1934, 104–125.

Kasparek, M. U. 1934. Bükker Funde aus der Slowakei. Sudeta, 10, 104–106.

Kettner, R. 1933. Domica, perla slovenských jaskýň. Věda přírodní, Praha, 14, 161–192.

Kunský, J. – Böhm, J. 1933. Domica. Jeskyně neolitického člověka. Praha, Květen.

Lamiová-Schmiedlová, M. – Miroššayová, E. 1991. Archeologická topografia Košice. Východoslovenské vydavateľstvo, Košice.

Lichardus, J. 1961. Bukovohorská kultúra na Slovensku. Bratislava 1961. Manuskript.

Lichardus, J. 1964a. Zpráva o priebehu prác – Domica. Nálezová správa ArÚ SAV č. 2030/64. Manuskript.

Lichardus, J. 1964b. Kultovné prejavy predbukovohorského a bukovohorského osídlenia a otázka datovania nástenných uhľových kresieb v jaskyni Domica. Nálezová správa ArÚ SAV č. 5373/71ns_odborný denník. Manuskript.

Lichardus, J. 1965. Domica – jaskyňa pravekých tajov. Svet vedy, 12, 24–29.

Lichardus, J. 1968. Jaskyňa Domica, najvýznačnejšie sídlisko ľudu bukovohorskej kultúry. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava.

Lichardus, J. 1974. Studien zur Bükker Kultur. Rudolf Habelt Verlag GMBH, Bonn.

Majko, J. 1932. Ako bola objavená jaskyňa Domica. Krásy Slovenska, 11, 2–3, 44–48.

Mihályiová, J. 1994. Kečovo – jaskyňa Domica. Výskumná správa archeobotanická, ArÚ SAV č. 13 403/94.

Mihályiová, J. 2007. Kečovo – jaskyňa Domica. Výskumná správa archeobotanická, ArÚ SAV č. 16 165/07.

Neustupný, J. 1960. Pravěk Československa. Orbis, Praha.

Novotný, B. 1958. Počiatky výtvarného prejavu na Slovensku. Slovenské vydavateľstvo Krásnej literatúry, Bratislava.

Skutil, J. 1938. Paleolitikum Slovenska a Podkarpatskej Rusi. Matica Slovenská, Turčiansky svätý Martin.

Soják, M. 2005a. Náučno-informačné centrum v areáli jaskyne Domica, kataster obce Kečovo. Nálezová správa ArÚ SAV č. 15 806/05.

Soják, M. 2005b. Osídlenie jaskýň. In Jakál, J. (Ed.): Jaskyne svetového dedičstva na Slovensku. Liptovský Mikuláš, 101–112.

Soják, M. 2006. Stav a perspektíva prezentácie jaskynných lokalít na Slovensku. Študijné zvesti AÚ SAV, 40, 177–192.

Soják, M. 2008. Cave Settlement. In Jakál, J. – Bella, P. (Eds.): Cave of the World Heritage in Slovakia. Liptovský Mikuláš 2008, 109–122.

Soják, M. 2014. Domica v praveku. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (zost.). Jaskynný systém Domica-Baradla – jaskyňa, ktorá nás spája. Jósvafő 2014, 353–364.

Soják, M. 2024. Jaskyne na Slovensku ako objekty archeologického a historického poznania. Archeologický ústav SAV, v. v. i., Nitra.

Šefčáková, A. 2017. Praveké kresby v jaskyni Domica. Zborník Slovenského národného múzea 111, Archeológia 27, 2017, s. 15–42.

Šefčáková, A. – Levchenko, V. A. 2021. Prehistoric charcoal drawings in the caves in the Slovak Republic, Central Europe: Successful radiocarbon dating by a micro-sample ^{14}C AMS. Quaternary International, 572, 120–130. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.019

Šiška, S. 1989. Kultúra s východnou lineárnou keramikou na Slovensku. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava.

MEDZINÁRODNÝ DEŇ JASKÝŇ A KRASU

V tomto roku si nielen jaskyniari po prvýkrát na celom svete pripomínajú **Medzinárodný deň jaskýň a krasu**, ktorý 12. novembra 2025 v uzbeckom Samarkande vyhlásila agentúra Organizácie Spojených národov (OSN) na rozvoj vzdelávania, vedy a kultúry i na ochranu svetového dedičstva (UNESCO) vďaka iniciatíve Medzinárodnej speleologickej únie (UIS). Tento deň pripadá na **13. september**. UIS vznikla v roku 1965 a stala sa globálnym združujúcim centrom speleológie, ako aj amatérskeho jaskyniarstva. Medzi zakladajúce štáty tejto organizácie patrí aj bývalé Československo. Po rozdelení Československa je Slovensko členským štátom od roku 1993. Význam Medzinárodného dňa jaskýň a krasu spočíva najmä v pripomínaní si a poukazovaní na jedinečnosť, prírodné hodnoty, ale aj ohrozenia jaskýň a krasových území.

Jaskyne už od úsvitu ľudstva pútali pozornosť človeka. Od praveku do dnešných čias v nich nachádzal útočisko pred nepriateľom či vrtochmi počasia, slúžili mu ako obydlia, kultové miesta aj pohrebiská. Do jaskýň sa uťahovali pustovníci, ukrývali zbojníci i peňazokazci, v čase vojen v nich ľudia ratovali holé životy, lákali dobrodruhov a bádateľov, objavovali ich hľadači pokladov či dračích kostí. Dnes sa z nich tešia turisti a v ich priestoroch sa liečia astmatici. V čase, keď človek pokoril oba zemské póly, hlbiny pralesov, nehostinné púšte či najvyššie hory, ostáva podzemný svet jaskýň snáď posledným miestom na zemi, ktoré si tvrdohlavo stráži svoje tajomstvá a človeka do svojich útrob púšťa len neochotne.

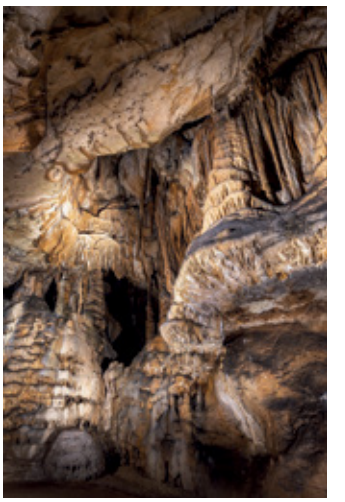
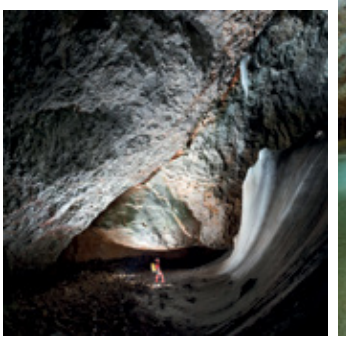
Kras, na ktorý sa viaže výskyt väčšiny jaskýň, zaberá až 12 % súše na našej zemeguli. Krasová krajina má pre človeka neoceniteľný význam. Až 20 % zdrojov pitnej vody pochádza práve z krasu a túto vodu využíva takmer štvrtina ľudskej populácie. Práve ľudská činnosť je častou príčinou ohrozenia pri rozmanitom hospodárskom využívaní tohto osobitého a veľmi labilného typu krajiny. Len sprístupnené jaskyne na celom svete navštívi ročne až 150 miliónov návštevníkov.

Slovensko, napriek svojej relatívne malej rozlohe, je krajinou bohatou na výskyt jaskýň a krasových javov. Rozloha krasu na Slovensku je asi 2700 km^2 a predstavuje asi 5,5 % jeho územia. V súčasnosti je v Zozname jaskýň Slovenskej republiky evidovaných viac než 8400 jaskýň. Rozmanitosť krasových území podmieňuje aj veľkú rozmanitosť jaskýň z hľadiska ich genézy, morfológie či výplní. Demänovský jaskynný systém s dĺžkou viac než 50 km je najdlhším v Karpatoch. Jaskyne predstavujú unikátne ekosystémy podporujúce ekologickú rozmanitosť a stabilitu. Sú domovom vzácnych živočíchov, zdrojom vôd aj archívom vývoja našej prírody, zároveň sú oddávna úzko späté s človekom. Ich význam a hodnoty dokladá aj zaradenie jaskýň Slovenského krasu do Zoznamu svetového prírodného dedičstva v roku 1995, ako aj Dobšinskej ľadovej jaskyne v roku 2000 na základe rozšírenia lokality Jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu.

V dňoch 10. až 13. septembra sa pri príležitosti Medzinárodného dňa jaskýň a krasu konali vo svete viaceré podujatia. Symbolickým a oficiálnym začiatkom celosvetových osláv sú akcie, ktoré sa v tom čase uskutočnili v Postojnej v Slovinsku, kde sídli Medzinárodná speleologická únia.

„Deň jaskýň“ nám však už roky nie je neznámy, dokonca si ho každoročne pripomíname rôznymi tematickými podujatiami, v tomto roku v areáli Važeckej jaskyne. Už v roku 2018 bol vďaka iniciatíve Medzinárodnej asociácie sprístupnených jaskýň (ISCA) 6. jún vyhlásený za *Svetový deň jaskýň a podzemného sveta*. Širšie koncipovaný **Medzinárodný deň jaskýň a krasu,** ktorý si budeme od tohto roku pripomínať vždy 13. septembra, je na medzinárodnej úrovni zastrešený organizáciou UNESCO. U nás sa výskumom, prieskumom a ochranou jaskýň dlhodobo a systematicky zaoberajú najmä tri organizácie: Správa slovenských jaskýň, Slovenská speleologická spoločnosť a Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva (bývalé Múzeum slovenského krasu).

Miroslav Kudla

ABSTRAKTY / ABSTRACTS

16. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“ 16th SCIENTIFIC CONFERENCE “RESEARCH, UTILIZATION AND PROTECTION OF CAVES“

Liptovský Mikuláš 6. – 8. 10. 2026

GEOLÓGIA A GEOMORFOLÓGIA

KOLEKTOR CO_2 NA HARBEŠSKÉ PLOŠINĚ V MORAVSKÉM KRASU: DŮKAZ PŘÍTOMNOSTI PLYNEM OBOHACENÉ PŮDNÍ VRSTVY

Vít Baldík[1] – Roman Hadacz[1] – Jiří Faimon[1,2] – Jiří Rez[1] – Roman Novotný[1] – Daniela Ocásková[1] – Martin Dostalík[3] – Jiří Nečas[1]

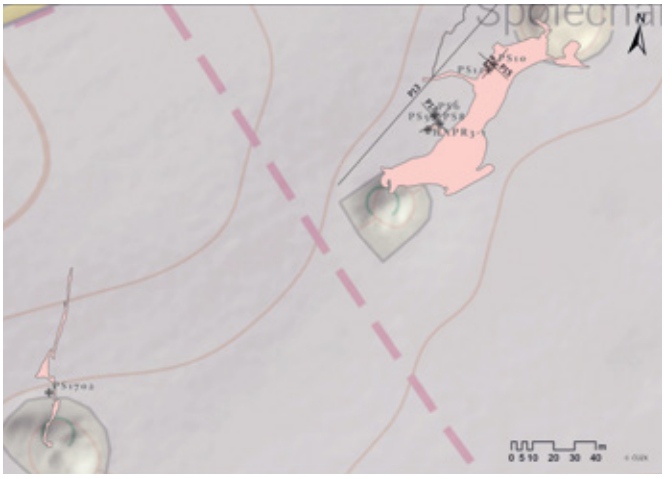
[1] Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno; vit.baldik@geology.cz, roman.hadacz@geology.cz, jiri.rez@geology.cz, roman.novotny@geology.cz, daniela.ocaskova@geology.cz, jiri.necas@geology.cz

[2] Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno; faimon@sci.muni.cz

[3] Česká geologická služba, Klárov 131/3, 118 00 Praha 1; martin.dostalik@geology.cz

V krasových oblastech proniká dešťová voda do půdy a vyplavuje rozloženou organickou hmotu (SOM) směrem k rozhraní půdy a horniny. Intenzivní zemědělské činnosti, jako je orba a hnojení, tento proces posilují. Organická hmota se hromadí v oblasti rozhraní, která působí jako přirozená hydrologická bariéra. Následná mikrobiální degradace SOM vede k produkci CO_2, jeho kumulaci a vzniku plynem obohacené půdní vrstvy (GRSL). Občasně zvýšené koncentrace CO_2 v podzemních systémech na Harbešské plošině (Harbešská jeskyně a systém v závrtu 17) jsou dlouhodobě známé, avšak zatím nebyly podrobeny systematickému studiu. V létě 2021 byl registrován extrémní nárůst koncentrací, které daly podnět situací se hlouběji zabývat.

V roce 2022 bylo provedeno na Harbešské plošině pět profilů ERT – víceelektrodová elektrická odporová tomografie (Loke, 1999) byla použita ke zjištění mocnosti sedimentární pokrývky a k určení charakteru povrchu vápencového podkladu (obr. 1). Ve stejném období byly provrtány půdní vrstvy pomocí perkusní vrtné soupravy s gouge sondami (délka 1 m, průměr 40 a 75 mm) a připojením RD-32 (Royal Eijkelkamp). Hloubka vrtů sahala přibližně 3 m (až na vápencový podklad). V roce 2023 byly, kromě původních sond na Harbešské plošině, v rámci rozšíření terénních prací provedeny doplňkové vrty na dalších krasových plošinách Moravského krasu, konkrétně na Rudické plošině, Ostrovské plošině a Babické plošině. Pro porovnání s nekrasovým prostředím byly dále realizovány vrty v okolí obcí Krasová (v geologickém prostředí kulmských břidlic) a Vavřinec (v jednotce brněnského krystalinika). Tyto lokality slouží jako referenční body pro posouzení vlivu geologického podloží na koncentrace CO_2 v půdním vzduchu.



Obr. 1. Situace s profily ERT a vrty v Moravském krasu na Harbešské plošině.

V období roku 2022 až do roku 2025 byly sondy analyzovány pomocí ručního plynového analyzátoru CO_2 nedisperzního infračerveného senzoru. Cílem této studie bylo potvrdit existenci GRSL v krasových agroekosystémech a vyhodnotit vliv této vrstvy na dynamiku CO_2 v půdě a skapových vodách jeskyní. Ve studované oblasti (Harbešská plošina, Moravský kras) byly pomocí vrtů, elektrické odporové tomografie (ERT), plynové chromatografie, izotopových analýz a mineralogických studií analyzovány půdní profily a jejich chemickofyzikální vlastnosti.

Literatura

Loke, M. H. 1999. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A Practical Guide to 2D and 3D Surveys. University Sains Malaysia, Penang, Malaysia, 67 s.

MORPHOLOGICAL INDICATORS OF FORMER WATER MOVEMENT IN THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE: SPELEOGENETICAL IMPLICATIONS

Pavel Bella

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

Department of Geography, Faculty of Education, Catholic University in Ružomberok, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovakia

The Ochtiná Aragonite Cave (Revúcka vrchovina Highland, Slovenské rudohorie Mountains, Western Carpathians, Slovakia) is featured by several geological and morphological peculiarities. It formed in an isolated lens of Paleozoic crystalline limestone (marble), which is partly metasomatically altered to ankerite and enclosed in phyllite (Ševčík and Kantor, 1956; Droppa, 1957; Homza et al., 1970; Gaál and Ženiš, 1986; Bosák et al., 2002; Gaál, 2004). Meteoric water dissolved the limestone and caused the oxidation of ankerite to iron oxy-hydroxides. This oxidation released carbon dioxide, which enhanced the dissolution of the limestone (Rajman et al., 1993; Bella et al., 2022). Flat ceilings (*Laugdecken*), facets (planes of repose *cf.* Lange, 1963; *Facetten*), lateral notches, and convection ceiling cupola-shaped depressions are phreatic and epiphreatic solution morphologies resulting from slowly moving or standing water within the impounded crystalline limestone lens (Bella, 1998, 2004; Bosák et al., 2002; Bella et al., 2022).

Less pronounced and smaller solution morphologies include scalloped and cusped depressions. Scalloped depressions occur in large numbers on the overhanging cave walls above solution facets, primarily in chambers and wider passages. They are also visible on the edges of flat ceilings, as well as within the cupola-like and large cusped depressions. They mostly range in length and width from 5 to 10 cm and in depth from 0.25 to 1 cm. Several reach depths of up to 1.5 cm. They are asymmetrical, with a shallower part facing downwards towards the lower edge (Fig. 1A, B and C). On the ceiling, the shallower part of the asymmetrical depression faces towards the edge of the flat ceiling. Calculated from 43 measurements, the correlation between the length of these vertically oriented scalloped depressions along the asymmetric shape (x) and the transverse dimension (y) is R = 0.087, indicating a very weak positive correlation. The regression line is $y = -0.1821x^2 + 2.2824x - 1.751$ ($R^2 = 0.1983$). The correlations between x and depth, and between y and depth, are also very weakly positive. These asymmetrical scalloped depressions indicate the development by water slowly moving downward. At the same time, smooth facets were covered and protected from dissolution by a coating accumulated from suspended Fe oxy-hydroxides (Fig. 1A and B; see Figs. 13 and 15 in Pukanská et al., 2020 for more detail). In phreatic conduits with stagnant or almost stagnant water, natural water convection resulted from the density difference between solutions at the limestone walls and in the bulk of the water body (i.e., density-induced flow). Water moves downward at the dissolving surface, increasing the solution density where the limestone surfaces are exposed (not covered by a coating of cave deposits), and upward within the bulk fluid. Natural convection flows may arise from temperature differences as well as varying

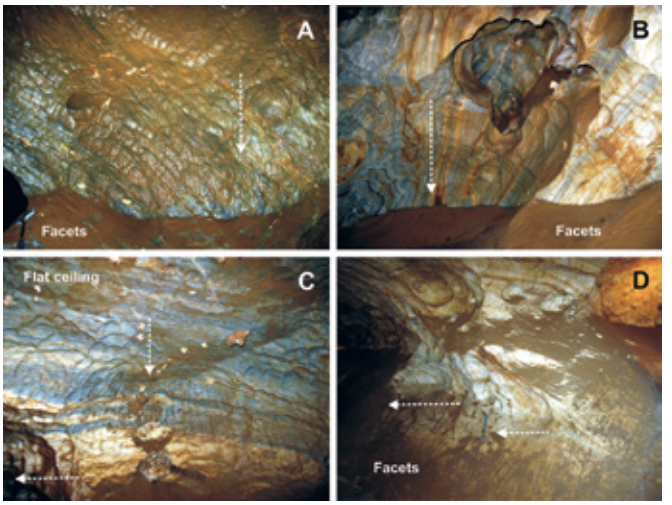


Fig. 1. Solution asymmetrical depressions indicating former water movement in the Ochtiná Aragonite Cave (A, B, C and D – explained in the text). Photo: P. Bella

compositions (e.g., Curl, 1966; see also Kempe et al., 1975). In terms of origin, these asymmetrical depressions can be associated with "convection hollows", or "Laugnäpfe" in German (after Kempe, 1969, 1972), but on a larger scale. Kempe et al. (1975) referred to "small scallops" when describing "Laugnäpfe". Asymmetrical convection hollows originated in places of more intensive downward or lateral water movement (see Fig. 6 in Kempe, 1972). Other convection hollows are small, smooth, and rounded (not asymmetrical) depressions, and resemble cusped depressions. Convection dissolution is dependent on the flow rate, the properties of the water and solutes, and the concentration difference between the solution at the walls and in the bulk flow (Curl, 1966).

Further scalloped depressions of different sizes, as well as asymmetry in direction, are observed in the cave segments between the Hlboký dóm Chamber and the Mliečna cesta Hall. They are mostly found in the lower, overhanging parts of the cave walls, outside the inward-sloping solution facets (Fig. 1C and D). Most are 10 to 20 cm long and wide, and 2 to 4 cm deep (several reaching up to 6 cm deep). Based on 24 measurements, the correlation between the length of these horizontally oriented scalloped depressions along the asymmetric shape (x) and the transverse dimension (y) was calculated as R = 0.868, indicating a strong positive correlation. The regression line is $y = 4.5191e^{0.066x}$ ($R^2 = 0.7724$). The correlations between x and depth, and between y and depth, are both very weakly negative. These scalloped depressions, which resemble large scallops, were formed by slowly moving water. They indicate that water once flowed from the Hlboký dóm Chamber via the Oválna chodba Passage to the Mliečna cesta Hall. The NE–SW direction of magnetic lineation, as revealed by the anisotropy of low-field magnetic susceptibility, is consistent with the direction of water flow during the slow accumulation of clays and silty clays (Bella et al., 2022). This subhorizontal water movement probably occurred during periods when water entered certain parts of the cave more intensely and was subsequently removed laterally, possibly from areas with fluctuating lakes.

The studied scalloped depression originated during the phreatic development phase of the Ochtiná Aragonite Cave. Downward-facing scalloped depressions resulted from limestone dissolution due to water convection. In contrast, the laterally facing scalloped depressions are related to former horizontal water movement during phases of imbalanced water input into the cave or its parts. Morphologically, the downward-facing scalloped depressions are smaller, shallower, and less uniform than the laterally facing ones. These morphological differences reflect the non-uniform water movement in multiple directions within the impounded karst aquifer of the crystalline limestone lens.

This work was supported by the grant project VEGA No. 1/0323/24.

References

Bella, P. 1998. Morfologické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit, 3, 3–7.
Bella, P. 2004. Geomorfologické pomery Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 57–88.
Bella, P. – Bosák, P. – Pruner, P. – Hercman, H. – Pukanská, K. – Bartoš, K. – Gaál, Ľ. – Haviarová, D. – Tomčík, P. – Kdýr, Š. 2022. Speleogenesis in a lens of metamorphosed limestone and ankerite: Ochtiná Aragonite Cave, Slovakia. International Journal of Speleology, 51, 1, 13–28. https://doi.org/10.5038/1827-806X.51.1.2397
Bosák, P. – Bella, P. – Cílek, V. – Ford, D. C. – Hercman, H. – Kadlec, J. – Osborne, A. – Pruner, P. 2002. Ochtiná Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the Fill and Genesis. Geologica Carpathica, 53, 6, 399–410.
Curl, R. L. 1966. Cave conduit enlargement by natural convection. Cave Notes, 8, 1, 2–6.
Droppa, A. 1957. Ochtinská aragonitová jaskyňa. Geografický časopis, 9, 3, 169–184.
Gaál, Ľ. 2004. Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 37–56.
Gaál, Ľ. – Ženiš, P. 1986. Kras Revúckej vrchoviny. Slovenský kras, 24, 27–60.
Homza, Š. – Rajman, L. – Roda, Š. 1970. Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 8, 21–68.
Kempe, S. 1969. Laugnäpfe und ihre Entstehung. Die Höhle, 20, 4, 111–113.
Kempe, S. 1972. Cave genesis in gypsum with particular reference to underwater conditions. Cave Science, 49, 1–6.
Kempe, S. – Brandt, A. – Seeger, M. – Vladi, F. 1975. "Facetten" and "Laugdecken", the typical morphological elements of caves developed in standing water. Annales de Spéléologie, 30, 4, 705–708.
Lange, A. L. 1963. Planes of repose in caves. Cave Notes, 5, 6, 41–48.
Pukanská, K. – Bartoš, K. – Bella, P. – Gašinec, J. – Blistan, P. – Kovanič, Ľ. 2020. Surveying and high-resolution topography of the Ochtiná Aragonite Cave based on TLS and digital photogrammetry. Applied Sciences, 10, 13, 4633. https://doi.org/10.3390/app10134633
Rajman, L. – Roda, Š. jr. – Roda, Š. sen. – Ščuka, J. 1993. Untersuchungen über die Genese der Aragonithöhle von Ochtiná (Slowakei). Die Höhle, 44, 1, 1–8.
Ševčík, R. – Kantor, J. 1956. Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. Geologické práce, Správy, 7, 161–171.

GEOCHRONOLÓGIA JASKYNNÉHO SYSTÉMU DOMICA-BARADLA: PRIDANÉ DATOVANIE POCHOVANIA ALOCHTÓNNYCH ŠTRKOV POMOCOU KOZMOGÉNNYCH NUKLIDOV Z AGGTELECKÉHO KRASU

Pavel Bella[1,2] – Michal Šujan[3] – Régis Braucher[4] – Péter Gruber[5] – Ľudovít Gaál[2] – Ladislav Vitovič[6] – Kishan Aherwar[3] – Pavel Bosák[7]

[1] Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta, Katedra geografie, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovenská republika; pavel.bella@ku.sk

[2] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovenská republika; pavel.bella@ssj.sk, gaalludovit@gmail.com

[3] Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geológie a paleontológie, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovenská republika; michal.sujan@uniba.sk, aherwar1@uniba.sk

[4] Aix-Marseille Universite, CNRS-IRD-Collège de France, UM 34 CEREGE, Technopôle de l'Environnement Arbois-Méditerranée, BP80, 13545 Aix-en-Provence, France; braucher@cerege.fr

[5] Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Tengerszem oldal 1, H-3758 Jósvafő, Magyarország; gruber.anpi@gmail.com

[6] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11, Slovenská republika; ladislav.vitovic@geology.sk

[7] Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 135, 165 00 Praha 6-Lysolaje, Česká republika; bosak@gli.cas.cz

Cezhraničný slovensko-maďarský jaskynný systém Domica-Baradla (Slovenský kras, Aggtelecký kras) s dĺžkou viac ako 32 km pozostáva z vývojových úrovní, ktoré sa vytvorili vo vzťahu k fázovitému vývoju doliny Jósvy (pravostranný prítok Bodvy na maďarskom území) na južnom okraji Západných Karpát. Hlavné časti Domice (slovenská časť jaskynného systému) sú vytvorené v dvoch úrovňových chodbách, mierne klesajúcich vo výškach 341 až 338 m a 335 až 314 m n. m. Spodnejšia z nich je súčasťou výraznej vývojovej úrovne, ktorá tvorí hlavnú časť jaskynného systému (Kessler, 1938; Roth, 1940 a ďalší). Od ponorových chodieb Domice klesá so sklonom okolo 7,5 ‰ až do výverovej oblasti pri maďarskom Jósvafő, kde sa tiahne vo výške 260 až 270 m n. m. Úseky vrchnej vývojovej úrovne sú známe aj z jaskyne Baradla. Pod hlavnou úrovňovou chodbou sa v jaskyni Baradla v hĺbke 40 m predpokladá Dlhá spodná jaskyňa. Za spodnú úroveň sa považuje aj epifreatická Krátka spodná jaskyňa (vo výške 220 až 230 m n. m.) ústiaca na povrch terajšou vyvieračkou pri Jósvafő (Szilágyi, 1982; Ford, 2000; Gaál, 2008 a iní), ktorá má však nevyrovnaný pozdĺžny profil s freatickými sifónovitými úsekmi.

K rekonštrukcii geochronológie vývoja jaskynného systému Domica-Baradla výrazne prispieva datovanie pochovania alochtónnych fluviálnych kremitých štrkov pomocou kozmogénnych nuklidov ^{10}Be a ^{26}Al. V nadväznosti na datovania z vrchnej a spodnej úrovne jaskyne Domica (Bella et al., 2014a, b, 2019) sa v septembri 2025 ukončili datovania z jaskyne Baradla (štyri vzorky odobrané z profilu Olimposz v júni 2019) a susednej jaskyne Béke-barlang (štyri vzorky odobrané v častiach Nagy-tufagát a Jó szerencseterem v júni 2018). Úrovňová chodba jaskyne Béke-barlang mierne klesá z 295 na 269 m n. m. do výverovej oblasti pri Jósvafő. Doterajšie výsledky

datovania umožňujú spresniť geochronologickú rekonštrukciu vývoja jaskynného systému Domica-Baradla i jaskyne Béke-barlang, ktorá predstavuje alogénnu podzemnú drenáž inklinujúcu k doline Bodvy.

Do Siene terás a Suchej chodby, ktoré patria do vrchnej vývojovej úrovne jaskyne Domica, boli tieto štrky splavené z povrchu pred 3,47 ± 0,78 mil. rokov a 2,94 ± 0,50 mil. rokov (Bella et al., 2019). Z datovania vyplýva, že vrchná jaskynná úroveň bola vytvorená v strednom pliocéne (zankl/piačenz), prípadne v skoršom období (zankl). Mnohé časti jaskyne s podzemným riečiskom sa úplne vyplnili alochtónnymi sedimentmi splavenými z povrchu. Pritom pôsobením stropnej erózie vznikali stropné korytá, ktoré sú mladšie ako skalné podlahy (Roth, 1937; Mann et al., 1949). Neskôr boli alochtónne sedimenty z tejto jaskynnej úrovne takmer úplne vyplavené, pričom sa pôvodné tvary chodieb remodelovali a dotvorili do terajšej podoby. Mladšie akumulačné fázy (neskorý kaláber – ém) v Suchej chodbe sú zdokumentované na základe magnetostratigrafie jemnozrnných sedimentov a rádioizotopového datovania sintrových kôr (Pruner et al., 2000; Bella et al., 2019).

Spodná vývojová úroveň Domice, nachádzajúca sa 12 až 18 m pod vrchnou úrovňou, vznikla v staršom období skorého pleistocénu (gelas). Vek pochovania alochtónnych fluviálnych štrkov v Panenskej chodbe je 1,92 ± 0,25 mil. rokov (Bella et al., 2019). Aj v tejto chodbe je stropné koryto poukazujúce na jej paragenetický vývoj. V jaskyni Baradla tejto úrovni zodpovedajú priestranné chodby pozdĺž hlavného podzemného riečiska smerom k vyvieračke v doline Jósvy.

Na hlavnej vývojovej úrovni sa v Baradle na viacerých miestach zachovali odkryvy alochtónnych fluviálnych sedimentov, ktoré boli uložené prevažne počas strednopleistocénneho prechodu klimatických cyklov (stratigraficky zodpovedá neskorému kaláberu). Potvrdzujú to veky pochovania kremitých štrkov (1.07 ± 0.05 až 0,75 ± 0,05 mil. rokov) z profilu poniže vyústenia bočnej vetvy Olimposz-ág, ktorý na pravom brehu občasného riečiska Styxu siaha do výšky 6,45 m. Samotná priestranná jaskynná chodba bola pravdepodobne vytvorená už v skorom pleistocéne (gelas – skorý kaláber), jej horná časť (nadväzujúca na Olimposz-ág) možno už v pliocéne. Po strednopleistocénnom prechode došlo v tejto chodbe hlavne k vyplavovaniu mohutnej fluviálnej agradácie vodami, ktoré neskôr vo väčšej miere začali podlahovými ponormi prenikať do nižšie položenej drenážnej chodby smerujúcej k terajším vyvieračkám v Jósvafő.

Počas strednopleistocénneho prechodu sa alochtónne štrky uložili aj vo východnejšej jaskyni Béke-barlang. Dokladuje to vek pochovania kremitých štrkov z troch vzoriek odobraných v častiach Nagy-tufagát a Jó szerencseterem / spodná časť profilu (1,17 ± 0,06 až 0,87 ± 0,05 mil. rokov). Vek pochovania štrku vo vrchnejšej časti profilu v Jó szerencse-terem (0,54 ± 0,04 mil. rokov) prislúcha strednému pleistocénu (čiba). Staršie datované veky pochovania štrkov poukazujú, že hlavná drenážna chodba jaskyne Béke-barlang bola vytvorená v skorom pleistocéne (gelas – skorý kaláber), rovnako ako hlavná vývojová úroveň jaskyne Baradla.

Na základe štrkovej analýzy datované sedimenty pozostávajú najmä z kremeňa (Olimposz 73,1 až 79,8 %, Béke-barlang 77,9 %), menej z kremenca (Olimposz 2,6 až 8,9 %, Béke-barlang 11,7 %), v nepatrnej miere z metamorfovaného pieskovca, zlepenca, rádiolaritu (lyditu), kremitého fylitu, paleobazaltu (diabázu), hematitu, porfyroidu a granitoidu. Materiál je mierne opracovaný, kremenné okruhliaky sú miestami dobre zaoblené, kremence a fylity ploché. Veľkosť zŕn sa pohybuje od 0,5 do 4,5 cm, ojedinele aj 7 cm. Zloženie sedimentov poukazuje na ich pôvod zo Slovenského rudohoria, do jaskyne sa dostali z poltárskeho súvrstvia.

Predmetné datovania podstatne spresnili doterajšie úvahy a predpoklady o veku jaskynného systému Domica-Baradla. Kašpar (1936) a Kunský (1950) predpokladali, že jaskyňa Domica sa vytvorila pred pleistocénom. Rovnako Hochmuth (1998) zaradil Domicu medzi predkvartérne jaskyne. Tomu zodpovedá aj odhad Juhásza (1983), že vek jaskynného systému je 5 až 6 mil. rokov. Droppa (1972), Jakál (1975, 1983), Gaál (2008), ako aj Gyuricza a Gaál (2014) uvádzajú, že Domica, resp. jaskynný systém Domica-Baradla sa vytváral v pliocéne, resp. neskorom pliocéne a následne v skorom až strednom pleistocéne. Podľa Veressa (2012), resp. Veressa a Ungera (2015) jaskynný systém Domica-Baradla vznikal od miocénu (neskorého panónu) alebo pliocénu do neskorého pleistocénu. Cholnoky (1935), Roth (1937), Láng (1955) a Jakucs (1975) sa domnievali, že jaskyne Domica a Baradla vznikli iba v pleistocéne. Jakucs (1984) odhadol vek jaskynného systému na 1,5 až 2 mil. rokov.

Datovanie z Panenskej chodby zodpovedá predpokladu Sásdiho (1990), podľa ktorého sa hlavné časti jaskynného systému vytvorili v skorom pleistocéne. Hlavnej vývojovej úrovni sa zväčša prisudzoval mladší vek. Na základe polôh riečnych terás v Rimavskej kotline Gaál (2008) predpokladal vznik hlavného riečiska jaskynného systému v glaciáli mindel (elster), Gyuricza a Gaál (2014) v glaciáli günz (kromer). Gyuricza a Sásdi (2009) zaradili jeho juvenilnú fázu vývoja do interglaciálu mindel – riss (holštýn). Posledné datovanie z profilu Olimposz poukazuje na starší vek riečnych sedimentov na hlavnej vývojovej úrovni jaskyne Baradla, ako sú veky doteraz datovaných sedimentov (Lauritzen a Leél-Őssy, 1994; Ford a Zambó, 1997; Zámbó et al., 2002; Bosák et al., 2003, 2004) prislúchajúce interglaciálu riss – würm (ém) a glaciálu würm (vislan).

Jaskynný systém Domica-Baradla i jaskyňa Béke-barlang sa vytvárali postupne v nadväznosti na etapovité zahlbovanie doliny Jósvy ústiacej do prielomovej doliny Bodvy, severne od obce Prekupa. Vznik jaskynných úrovní počas dlhodobo stabilizovanej eróznej bázy súvisel s formovaním rozsiahlych pedimentov, ktorých zvyšky sa zachovali na svahoch doliny Jósvy vo výške 250 až 275 m a 300 až 320 m n. m. (Bella et al., 2016), najmä v okolí maďarských obcí Szinpetri a Szin. Láng (1955) ich považuje za pliocénne. Nadmorské výšky pedimentov a jaskynných úrovní sa lokálne mohli mierne zmeniť mladšími tektonickými pohybmi. V kontexte denudačnej chronológie Západných Karpát (Mazúr, 1963; Lukniš, 1964; Minár et al., 2004; Zuchiewicz, 2011 ďalší) možno tieto pedimenty korelovať s podhorskou rovňou (stredný pliocén) a poriečnou rovňou (neskorý pliocén – skorý pleistocén) (Bella et al., 2019).

Nízke rýchlosti denudácie terénu na povrchu (3,1 až 5,6 m/mil. rokov) v neskorom pliocéne a skorom pleistocéne (Bella et al., 2019), ako aj koncom skorého pleistocénu (4,69 až 7,58 m/mil. rokov) a v strednom pleistocéne (7,38 až 9,68 m/mil. rokov) zodpovedajú spomaleniu alebo prerušeniu tektonického výzdvihu, resp. poukazujú na nepatrný tektonický výzdvih predmetného územia na južnom okraji Západných Karpát.

Posledné datovania a výskumy sa vykonali v rámci vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0323/24. Podiel P. Bosáka podporil RVO6798531.

Literatúra

Bella, P. – Braucher, R. – Holec, J. – Veselský, M. 2014a. Datovanie pochovania kremitého štrku na vrchnej vývojovej úrovni jaskyne Domica pomocou kozmogénnych nuklidov. Slovenský kras, 52, 1, 15–24.

Bella, P. – Braucher, R. – Holec, J. – Veselský, M. – Pruner, P. – Bosák, P. 2014b. Geochronology of the Domica – Baradla cave system (Slovakia, Hungary) based on cave sediment dating. In Bučová, J. – Puškelová, Ľ. (Eds.): Environmental, Sedimentary & Structural Evolution of the Western Carpathians. Abstract Book, 9th ESSEWECA Conference (November 5–7, 2014, Smolenice, Slovakia). Geophysical Institute, Geological Institute, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 7–8.

Bella, P. – Bosák, P. – Braucher, R. – Pruner, P. – Hercman, H. – Minár, J. – Veselský, M. – Holec, J. – Léanni, L. 2019. Multi-level Domica–Baradla cave system (Slovakia, Hungary): Middle Pliocene–Pleistocene evolution and implications for the denudation chronology of the Western Carpathians. Geomorphology, 327, 62–79. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.002

Bosák, P. – Hercman, H. – Kadlec, J. – Móga, J. – Pruner, P. 2004. Palaeomagnetic and U-series dating of cave sediments in Baradla Cave, Hungary. Acta Carsologica, 33, 2, 219–238.

Bosák, P. – Móga, J. – Kadlec, J. – Pruner, P. – Chadima, M. 2003. Előzetes beszámoló a Baradla-barlangban végzett paleomágneses vizsgálatokról. Karsztfejlődés, 8, 297–307.

Droppa, A. 1961. Domica – Baradla, jaskyne predhistorického človeka. Šport, Bratislava, 151 s.

Droppa, A. 1972. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. Československý kras, 22, 65–72.

Ford, D. C. – Zámbó, L. 1997. U series dating of phases of speleothem deposition and erosion in Baradla Cave, Aggtelek National Park, Hungary. In Jeannin, P.-Y. (Ed.): Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, 1, La Chaux-de-Fonds, 14.

Gaál, Ľ. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina, 168 s.

Gyuricza, Gy. – Gaál, Ľ. 2014. Vznik a vývoj jaskynného systému. In Gaál, Ľ. – Gruber, P. (Eds.): Jaskynný systém Domica-Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Správa Aggtelekského národného parku, Jósvafő, 95–116.

Gyuricza, Gy. – Sásdi, L. 2009. A Baradla-barlangrendszer kialakulásának kérdései a tágabb környezet földtani fejlődés tükrében. Földtani Közlöny, 139, 1, 83–91.

Hochmuth, Z. 1998. Predkvartérne jaskynné systémy na Slovensku a ich vzťah k zarovnaným povrchom. Prírodné vedy, 29, Folia Geographica, 1, Prešov, 127–144.

Cholnoky, J. 1930. Az aggteleki cseppkőbarlang története. Magyar Földrajzi Évkönyv, 157–169.

Jakál, J. 1975. Kras Silickej planiny. Osveta, Martin, 152 s.

Jakál, J. 1983. Krasový reliéf a jeho odraz v geomorfologickom obraze Západných Karpát. Geografický časopis, 35, 2, 160–183.

Jakucs, L. 1956. Adatok az Aggteleki-hegység és barlangjainak morfogenetikájához. Földtani Közlöny, 80, 1, 25–39.

Jakucs, L. 1960. Az aggteleki barlangok genetikája a komplex forrásvizsgálatok tükrében. Karszt- és Barlangkutatás, 1 (1959), 37–65.

Jakucs, L. 1975. A Baradla-barlang. In Jakucs, L. (Ed.): Aggteleki karsztvidék. Sport Kiadó, Budapest, 78–185.

Jakucs, L. 1975. Aggteleki karsztvidék. Sport Kiadó, 404 s.

Jakucs, L. 1984. Az aggteleki Baradla-Domica barlangrendszer. In Kordos, L. (Ed.): Magyarország barlangjai. Gondolat Kiadó, Budapest, 88–109.

Juhász, Á. 1983. Évmilliók emlékei. Magyarország földtörténete és ásványi kincsei. Gondolat Kiadó, Budapest, 511 s.

Kašpar, J. 1936. Domica minulá, přítomná a budoucí. Časopis turistů, 48, Praha, 187–190.

Kessler H. 1938. Az aggteleki barlangrendszer hidrográfiája. Földrajzi Közlöny, 66, 1–3, 1–30.

Kunský, J. 1950. Kras a jeskyně. Přírodovědecké nakladatelství, Praha, 163 s.
Lauritzen, S.-E. – Leél-Őssy, Sz. 1994. Előzetes koradatok egyes baradlai cseppkövekről. Karszt és Barlang 1994, 1–2, 3–8.
Láng, S. 1955. Geomorfológiai tanulmányok az Aggteleki-karsztvidéken. Földrajzi Értesítő, 4, 1, 1–16.
Lukniš, M. 1964. Pozostatky starších povrchov zarovnávania reliéfu v Československých Karpatoch. Geografický časopis, 16, 3, 289–298.
Mazúr, E. 1963. Žilinská kotlina a priľahlé pohoria. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 188 s.
Mann, K. – Pouba, Z. – Šantrůček, P. 1949. Nová speleologická studia v Domici. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 54, 2, 99–106.
Minár, J. – Bizubová, M. – Gallay, M. 2004. General aspects of denudation chronology of the West Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 38, 5–22.
Pruner, P. – Bosák, P. – Kadlec, J. – Venhodová, D. – Bella, P. 2000. Paleomagnetický výzkum sedimentárních výplní vybraných jeskyní na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): Výskum, ochrana a využívanie jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999. SSJ, Liptovský Mikuláš,13–25.
Roth, Z. 1937. Vývoj jeskyně Domice. Bratislava, 11, 129–163.
Roth, Z. 1940. Vývojový vztah jeskyně Baradel k jeskyni Domica v Jihoslovenském krase. Věstník Královské české společnosti nauk, Praha, 1–9.
Sásdi, L. 1990. Az Aggtelek-Rudabányai-hegység karsztjának földtani fejlődéstörténete. Karszt és Barlang, 1, 3–8.
Szilágyi, F. 1982. A Baradla Rövid-Alsó-barlangjának feltárása. Karszt és Barlang, 2, 65–70.
Veress, M. 2012. New data on the development of the Baradla Cave (Hungary, Aggtelek Karst). Acta Carsologica, 41, 2–3, 193–204.
Veress, M. – Unger, Z. 2015. Baradla-Domica: Large Cave System on the Hungarian-Slovak Border. In Lóczy, F. (Ed.): Landscapes and Landforms of Hungary. Springer International Publishing, 167–175. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-08997-3
Zámbó, L. – Ford, D. – Telbisz, T. 2002. Baradla barlangi cseppkőadatok a késő-negyedidőszaki klímaingadozások tükrében. Földrajzi Közlöny 132/ különszám, 231–238.
Zuchiewicz, W. 2011. Planation surfaces in the Polish Carpathians: myth or reality? Geographia Polonica, 84, 2, 155–178. http://dx.doi.org/10.7163/GPol.2011.S2.12

NOVÉ ZISTENIA O MOŽNEJ SPELEOGENÉZE ZVISLEJ JASKYNE NA ŽIBRICI

Lucia Kopčanová[1] – Alexander Lačný[2,3] – Rastislav Milovský[4] – Miloslav Lisý[5]

[1] Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9/6319, 845 13 Bratislava; lucia.kopcanova@savba.sk

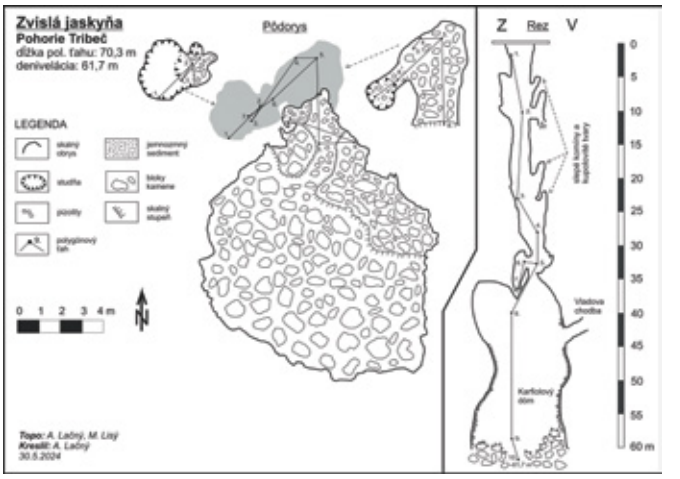
[2] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa Chránenej krajinnej oblasti Malé Karpaty, Štúrova 115, 900 01 Modra; alexander.lacny@sopsr.sk

[3] Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4; alexander.lacny@uniba.sk

[4] Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., geologický odbor, Dúbravská cesta 5805/9, 841 04 Bratislava; milovsky@savbb.sk

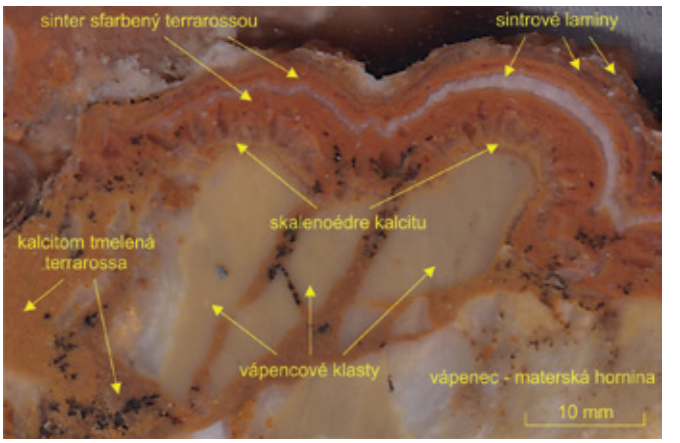
[5] Speleoklub Tribeč, Pekárenská 133/1, 966 01 Hliník nad Hronom; milolisy@gmail.com

Už mimo dobývacieho priestoru Kameňolomu Žibrica v k. ú. Žirany sa nachádza vchod do 62 m hlbokej priepasti Žibrica (resp. Zvislá jaskyňa na Žibrici). Priepasť bola náhodne objavená na prelome rokov 1955/1956 počas vrtných prác súvisiacich s ťažbou v neďalekom lome (Bárta, 1957). Je súčasťou krasových území Tribeča, konkrétne Zoborsko-žibrického krasu (Hochmuth, 2008). V súčasnosti je najhlbšou jaskyňou tohto pohoria. Z geologického hľadiska je oblasť budovaná gutensteinským súvrstvím obalovej sekvencie tatrika v svetlosivých, mierne rekryštalizovaných vápencoch strednotriasového veku (Ivanička et al., 1998). Horniny tu upadajú pod miernym sklonom max. 30 stupňov, generálne na severozápad. V minulosti sa považovala za rozsadlinovo-koróznu jaskyňu. Jej vznik však nesúvisí s gravitačnými procesmi ani rozvoľňovaním svahu a je viazaný na tektonické štruktúry masívu Žibrice. Zlomové poruchy, na ktorých sa vytvorili jaskyne (časť z nich je už odťažená), súvisia s priebehom významného sz. – jv. žiranského zlomu, ktorý oddeľuje zoborskú časť Tribeča od Veľkého Tribeča, alebo naň kolmých sv. – jz. regionálnych zlomov (veľko-zálužského, a mojmírovského) (Vlček et al., 2011). Spomínaní autori priepasť považujú z genetického hľadiska za zlomovo-koróznu, avšak aj oni si všímajú blízkosť významných zlomov regionálneho charakteru a navrhujú do budúcnosti preskúmať možnosti vývoja jaskyne v prizlomových, hydrotermálne aktívnych zónach.



Obr. 1 Pôdorys a pozdĺžny rez Zvislej jaskyne (pohorie Tribeč) s vyznačením morfologických prvkov a denivelácie.

Obr. 2. Freatická modelácia vstupných častí po činnosti vody prúdiacej zdola nahor.



Obr. 3. Detail znázorňujúci vzťah materskej horniny a klastov, inkrustovaných skalenoedrickými kryštálmi kalcitu a následne laminami čistého a červeného kalcitu sfarbeného Fe-oxyhydroxidmi terrarossového pôvodu.

To bolo popudom, aby sme sa uvedenej priepasti začali venovať z pohľadu možnej speleogenézy. Ide o prvé zistenia, ktoré budeme ďalej rozvíjať a podrobíme hlbšiemu vedeckému skúmaniu. Už teraz však naše pozorovania vyvolávajú pochybnosti, že by mohlo ísť čisto o rozsadlinovo-korozívnu jaskyňu. V roku 2024 sa vykonalo zmapovanie jaskyne (A. Lačný, M. Lisý), ktorým sa potvrdila denivelácia 61,7 m s dĺžkou polygónového ťahu 70,3 m (obr. 1). Zároveň boli odobraté vzorky speleotém vrátane materskej horniny na ďalší výskum. Pri mapovaní bolo identifikovaných hlavne v hornej tretine jaskyne viacero slepých komínov a kupolovitých útvarov, ktoré boli vytvárané vodami prúdiacimi zdola nahor (obr. 2). V spodných častiach jaskyne sa nachádzajú vypreparované kalcitové žilky v podobe štruktúry boxwork, ktorá býva často prítomná v hypogénnych jaskyniach (napr. Gázquez et al., 2012).

Morfologickým indikátorom atypických podmienok vývoja jaskyne je aj výskyt skalenoedrických kryštálov kalcitu na rozhraní materskej horniny vrátane jej klastov a sintra (profil vzorky ZV1) (obr. 3). Tento výskyt naznačuje, že kryštalizácia prebiehala za fyzikálno-chemických podmienok odlišných od bežného epigénneho jaskynného prostredia. Zatiaľ čo speleotémy vznikajúce z meteorických vôd sú spravidla tvorené romboedrickým kalcitom, skalenoedrický habitus je spájaný s rýchlou precipitáciou z chemicky agresívnych fluíd, často pri zvýšenej teplote a vyššom parciálnom tlaku CO_2. Takéto podmienky boli opakovane popísané v hypogénnych a hydrotermálnych jaskynných systémoch, predovšetkým v skorých fázach ich vývoja, ešte pred zapojením do epigénneho krasového obehu (Dublyansky, 2000; Frisia & Borsato, 2010; Onac & Forti, 2011).

Samotný výskyt skalenoedrického kalcitu však nemožno považovať za jednoznačný dôkaz hypogénnej speleogenézy, no v kombinácii s ďalšími morfologickými a štruktúrnymi znakmi predstavuje významný indikačný prvok hlbinnej cirkulácie fluíd. Na rozdiel od týchto indikátorov hlbinnej cirkulácie, pizolitické a karfiolovité sintrové formy predstavujú speleotémy typicky vznikajúce v epigénnom jaskynnom prostredí z presakujúcich vôd, a ich výskyt preto možno interpretovať ako prejav neskoršej fázy vývoja jaskyne po vytvorení dutín. Opierame sa o vykonanú analýzu izotopov 13*C* (-10,77 ‰ PDB) a 18*O* (-7,97 ‰ PDB).

Takéto epigénne prekrývanie hypogénnych priestorov je v hypogénnych jaskynných systémoch častým javom (Fairchild et al., 2006; Audra & Palmer, 2015). Prvotné zistenia preto naznačujú, že Zvislá jaskyňa na Žibrici vznikala v dôsledku disolučných hypogénnych procesov, prípadne predstavuje hypogénno-hybridný typ jaskyne (sensu Bella, 2016), v ktorom sa hypogénna fáza speleogenézy neskôr prekrývala epigénnymi procesmi. Podobný genetický model bol navrhnutý aj pre Jaskyňu Dezidera Horváta v Nitre, kde sa predpokladá významná úloha hypogénnych procesov v počiatočnej fáze vývoja jaskyne (Lačný et al., 2023).

Literatúra

Audra, P. – Palmer, A. N. 2015. Research frontiers in speleogenesis: dominant processes, hydrogeological conditions and resulting cave patterns. Acta Carsologica, 44, 3, 315–348.

Bárta, J. 1957. Zvislá jaskyňa na Žibrici v Tribečskom pohorí. Krásy Slovenska, Martin, 34, 1, 10–13.

Bella, P. 2016. Jaskyne na Slovensku, genetické typy a morfológia. Speleologia Slovaca, 6, 2, 124.

Dublyansky, Y. V. 2000. Hydrothermal speleogenesis: Its settings and peculiar features. In: Klimchouk, A. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers. Huntsville, Alabama, National Speleological Society, 292–297.

Fairchild, I. J. – Frisia, S. – Borsato, A. – Tooth, A. F. 2006. Speleothems. In: Nash, D. J. – Mclaren, S. J. (Eds.): Geochemical Sediments and Landscapes. Oxford, Blackwell Publishing, 200–245.

Frisia, S. – Borsato, A. 2010. Karst. In: Alonso-Zarza, A. M. – Tanner, L. H. (Eds.): Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments, and Processes. Developments in Sedimentology, 61. Amsterdam, Elsevier, 269–318.

Gázquez, F. – Calaforra, J. M. – Rull, F. 2012. Boxwork and ferromanganese coatings in hypogenic caves: An example from Sima de la Higuera Cave (Murcia, SE Spain). Geomorphology, 177–178, 158–166.

Hochmuth, Z. 2008. Krasové územia a jaskyne Slovenska. Geographia Cassoviensis, 2, 2, 11–18.

Ivanička, J. (Ed.) – Polák, M. – Hók, J. – Határ, J. – Greguš, J. – Vozár, J. – Nagy, A. – Fordinál, K. – Pristaš, J. – Konečný, V. – Šimon, L. 1998. Geologická mapa Tribeča / Geological map of Tribeč Mts. 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky – Geologická služba Slovenskej republiky.

Lačný, A. – Lánczos, T. – Hók, J. – Józsa, Š. – Rybárik, M. – Blaškovič, B. – Pachinger, P. 2023. Geology, morphology, and speleothems of the Jaskyňa Dezidera Horváta Cave (Western Carpathians). Acta Geologica Slovaca, 15, 2, 61–75.

Onac, B. P. – Forti, P. 2011. Hypogene Speleogenesis. Dordrecht, Springer, 440 s.

Vlček, L. – Lisý, M. – Staník, P. – Peško, M. 2011. Nová jaskyňa na Žibrici (Tribeč, Zobor). Aragonit, 16, 1–2, 39–40.

GENETICKY RARITNÍ JESKYNĚ V OSTRAVSKÉ PRŮMYSLOVÉ OBLASTI

Jan Lenart

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Chittussiho 10, Slezská Ostrava, 710 00 Ostrava, Česká republika

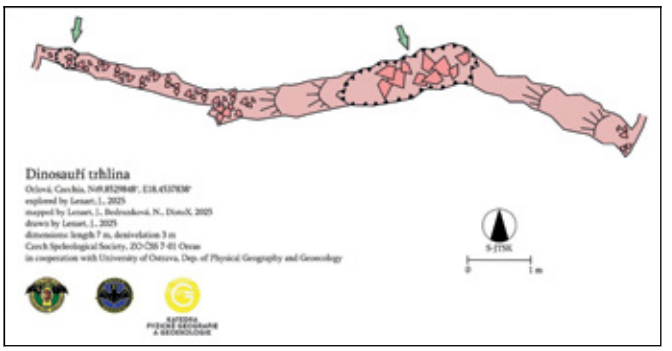
V průmyslové oblasti Ostravy se podařilo zdokumentovat dvě kratší jeskyně, jejichž geneze je výrazně ovlivněna průmyslovou antropogenní činností, avšak nevznikly by bez působení běžných přírodních procesů. V zákrutě řeky Lučiny ve Slezské Ostravě se nachází jediná známá jeskyně na území Ostravy – jeskyně Nad Lučinou. Je vytvořena v poloze tzv. zámeckých slepenců svrchně karbonského stáří. Vstup se nachází na úpatí lomové stěny. Jde o lokalitu doslova devastovanou. Po mnohá tisíciletí byl strmý svah nad řekou Lučinou namáhán její boční erozí. Podseknuté svahy se začaly sesouvat. Ve středověku byl ve svahu otevřen lom. Po objevu černého uhlí v 18. století bylo území poddolováno a poklesy terénu svah dále narušily. Pak přišla druhá světová válka a s ní riziko bombardování průmyslové oblasti. Do narušeného svahu se začaly razit kryty. Krátery po dopadlých bombách jsou v terénu patrné dodnes. Nakonec musel svah unést ještě novodobou ražbu kanalizačního sběrače.

Obr. 1. Jeskyně Nad Lučinou. Foto: M. Kašing

Obr. 2. Uhelná sloj v jeskyni Nad Lučinou. Foto: J. Lenart

Obr. 3. Gravitačně deformovaná uhelná sloj v jeskyni Nad Lučinou. Foto: J. Lenart

Obr. 4. Pilíř tvořený materiálem typu „baked rock“. Foto: J. Lenart



Obr. 5. Jeskyně Dinosauří trhlina – mapa.

Někdy v mezičase se uvnitř masívu vytvořila rozsedlinovo-suťová jeskyně jako reakce na série disturbancí. Kromě rozsedání skalního masívu podél vertikálních puklin došlo také k prořícení stropů níže situovaného a dnes zcela zavaleného krytu. Jeskyňář se zde pohybuje v rozsedlinách o několik metrů výše nad úrovní původního krytu. Jeskyně má divoký charakter. Menší dómovité rozsedlinové prostory vyplněné zřícenými bloky střídají plazivky. Na několika místech zejí mnohametrové trhliny vzhůru. Celková délka průlezných prostor je 40 m. Vyluhované železo vytváří na několika místech Liesegangovy kruhy. Některé pukliny byly vyplněné jílem a po prořícení prostor zůstaly v jílových povlacích vtisknuté gravitační ohlazy. Na mnoha místech jsou přímo ve stěnách obnaženy zkameněliny karbonských rostlin rodu *Calamites*. Ve stěnách jsou odkryty až několik decimetrů mocné uhelné sloje, které jsou navíc gravitačně deformovány. Na některých místech jsou odděleny poruchami, jinde spolu s nadložními jílovci stlačeny či dokonce vytvářejí gravitační vrásy. Spolu s kamenolomem má jeskyně Nad Lučinou mimořádný geologický, geomorfologický, speleologický i historický význam.

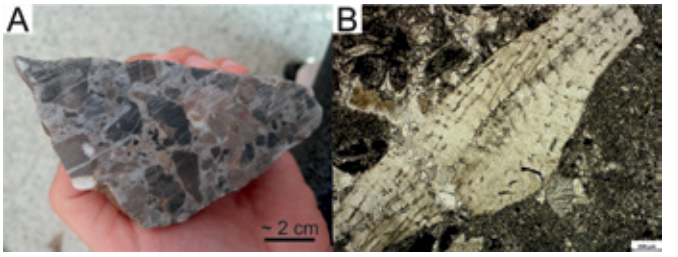
Druhá jeskyně Dinosauří trhlina se nachází na pomezí Orlové a Doubravy východně od Ostravy. Zde došlo k prohoření uhelného odvalu dolu Doubrava a vzniku pevné metamorfované horniny, tzv. baked rock. Vertikální vstup do jeskyně se nachází na temeni mohutného skalního pilíře, jehož převislé stěny dosahují výšky i deseti metrů. Pilíř byl obnažen bagrováním ze všech stran při sanaci odvalu, je gravitačně nestabilní a vytvořila se v něm síť pravoúhlých trhlin. Stěny rozsedlinové jeskyně jsou tvořeny spečenými klasty původní hlušiny, které po spontánním prohoření a metamorfóze získaly nejrůznější barevné nádechy. Každý průlez zvětralé a rozvolněné klasty uvolňuje, ty dopadají speleologovi na záda a brzy se rozvine smrad spáleného popela. Délka jeskyně je 7 metrů a hloubka 3 m.

PREDBEŽNÁ SPRÁVA O NÁLEZE PALEOGÉNNYCH ZLEPENCOV V MATERSKEJ HORNINE VAŽECKEJ JASKYNE

Juraj Littva

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; juraj.littva@ssj.sk

O materskej hornine Važeckej jaskyne boli doposiaľ v literatúre publikované len stručné zmienky (Volko-Starohorský, 1930, 1931; Havránek, 1935, 1948; Droppa, 1962; Bella et al., 2016, 2022). Citovaní autori sa vo všeobecnosti zmieňujú o tom, že jaskyňa je vytvorená v tmavých vápencoch strednotriasového veku, ktoré niektorí z nich označujú ako gutensteinské



Obr. 1. Paleogénne horniny z Važeckej jaskyne. A – pohľad na narezanú vzorku paleogénneho zlepenca; B – mikrofotografia úlomku schránky numulita v matrix zlepencov, rovnobežné nikoly.

vápence. Podrobnému výskumu materskej horniny jaskyne sa však zatiaľ nik nevenoval. O niečo podrobnejší opis vápencov a dolomitov na povrchu v okolí jaskyne podávajú Michalík et al. (1988), ktorí v exkurznom sprievodcovi znázornili tri profily pochádzajúce zo svahov v okolí portálu Važeckej jaskyne. Na základe osobnej komunikácie s docentom Michalíkom možno potvrdiť, že profil č. 3 bol situovaný na skalnom odkryve pri vchode do Važeckej jaskyne. Michalík et al. (1988) tieto vápence označujú ako hrubolavicové anaberské vápence, ktoré sa svojím charakterom odlišujú od gutensteinských vápencov (Moser a Piros, 2021).

Litologickému výskumu materskej horniny Važeckej jaskyne sme sa začali venovať na podnet RNDr. Gaála v roku 2025. Počas štúdia horniny jaskyne sme odobrali celkovo 10 vzoriek zo sprístupnených i nesprístupnených častí jaskyne, zohľadňujúc kritériá pre čo najšetrnejší odber vzoriek (Littva, 2024). Zo zhotovených vzoriek boli realizované výbrusy na účely mikroskopického štúdia pomocou optického mikroskopu.

Už terénny výskum jaskyne priniesol prekvapivé výsledky. Ukázalo sa, že juhozápadné časti jaskyne v okolí Zrútenej siene nie sú vytvorené v mezozoických karbonátoch, ale v paleogénnych karbonatických zlepencoch (obr. 1a) a pieskovcoch. Paleogénny vek jednoznačne potvrdzujú výskyty úlomkov schránok numulitov v matrix zlepencov (obr. 1b). Okrem zlepencov boli pozorované aj karbonátové pieskovce, v ktorých sa rovnako vyskytujú zvyšky schránok numulitov. Zlepence sú odkryté na stenách Zrútenej siene a kusy pieskovcov aj zlepencov sa hojne vyskytujú i v suchých múrikoch naskladaných na okraji chodieb vedúcich zo siene. Priebeh kontaktu triasových karbonátov a paleogénnych hornín sa predpokladá približne v priestore Galérie alebo v chodbe vedúcej z Galérie do Zrútenej siene. Akumulácie sedimentov a hojná sintrová výzdoba v týchto priestoroch sťažujú pozorovania stien jaskyne, takže priebeh kontaktu zatiaľ nebol priamo sledovaný a presné vytýčenie jeho priebehu si bude vyžadovať ďalší výskum.

Hoci to nie je ojedinelý prípad – na Slovensku bolo opísaných viacero jaskýň v paleogénnych zlepencoch (viď Danielčáková et al., 2022), medzi sprístupnenými jaskyňami ide o zvláštnosť. Okrem Važeckej jaskyne je zo sprístupnených jaskýň čiastočne v paleogénnych horninách vytvorená už iba Brestovská jaskyňa (Vlček a Psotka, 2008).

Literatúra

Bella, P. – Haviarová, D. – Littva, J. – Papáč, V. – Smetanová, I. – Višňovská, Z. – Zelinka, J. 2022. Važecká jaskyňa na hornom Liptove. Aragonit, 27, 1, 5–11.

Bella, P. – Littva, J. – Pruner, P. – Bosák, P. – Šlechta, S. – Hercman, H. – Čížková, K. 2016. Geologická stavba, morfológia a vývoj Važeckej jaskyne. Slovenský kras, 54, 1, 5–31.

Danielčáková, I. – Bella, P. – Littva, J. 2022. Jaskyne v paleogénnych zlepencoch na Slovensku. Aragonit, 27, 2, 68–77.

Droppa, A. 1962. Speleologický výskum Važeckého krasu. Geografický časopis, 14, 4, 264–293.

Havránek, F. 1935. Važecká jeskyně a její kras. 3rd vyd. Edice Tatranského a jaskynného múzea, Važec, 140 s.

Havránek, F. 1948. Važecká jaskyňa na Slovensku. Československý kras, 1, 17–21.

Littva, J. 2024. Odber vzoriek materskej horniny v jaskyni – odporúčania na zníženie vplyvu na morfológiu skalných stien. Aragonit, 29, 2, 84–89.

Michalík, J. – Masaryk, P. – Papšová, J. – Jendrejáková, O. 1988. Paleontológia a biostratigrafia triasových súvrství v podtatranskej oblasti Spiša a Liptova. In: Samuel, O. – Michalík, J. (Ed.): Sprievodca k celoštátnej paleontologickej konferencii usporiadanej paleontologickou odbornou skupinou Slovenskej geologickej spoločnosti pri SAV Geologickom ústave D. Štúra a ČS VTS pri GÚDŠ v dňoch 20. – 24. júna 1988 v Milave pri Nižných Ružbachoch, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 57.

Moser, M. – Piros, O. 2021. Lithostratigraphic definition of the Anisian carbonate-ramp deposit of the Annaberg Formation (Middle Triassic, Northern Calcareous Alps, Austria). Geologica Carpathica, 72, 3, 173–194. https://doi.org/10.31577/GeolCarp.72.3.1

Vlček, L. – Psotka, J. 2008. Geológia Brestovskej jaskyne. Slovenský kras, 46, Supplement 1, 5–24.

Volko-Starohorský, J. 1930. Važecká jaskyňa (Liptov). 23 (special issue), 3–8.

Volko-Starohorský, J. 1931. Geologické pomery okolia Važeckej jaskyne. Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky, VII, 4–5, 1–12.

GEOMORPHOLOGY & NATURAL HAZARDS: A CASE STUDY OF THE AMARNATH CAVE REGION IN INDIA

Virender Singh Negi[1] – Dhrmvir Dahiya[2]

[1] Department of Geography, Shaheed Bhagat Singh College (E), University of Delhi, Sheikh Sarai Phase-I, New Delhi 110017, India; negivirens@gmail.com

[2] Department of Social Sciences, Ramesh Chand Institute of Management, Mirpur, Tronica City, Ghaziabad, NCR Delhi, India; dd4india@gmail.com

Mountain belts created by continental collision represent the most dominant geologic features on the surface of the Earth. The Rockies and the Appalachian belt in North America, the Andes in South America, the Ural Mountains in central Eurasia, the Alps of Europe, and the Himalayas are some of the best examples, each extending for thousands of kilometres. A great deal of attention has been paid to the evolution of these mountain belts since the advent of plate tectonics. The youngest and perhaps the most impressive of all the continent-continent collision belts on the Earth is the Himalayan orogen; its evolution has long been the subject of discussions (Gansser, 1964; Molnar and Tapponnier, 1975; Bhat, 1987; Treloar and Searle, 1993).

The Amarnath Cave, located in the Indian state of Kashmir, is one of the most famous shrines in Hinduism. Dedicated to the god Shiva, the shrine is claimed to be over 5000 years old and forms an important part of ancient Hindu mythology. Inside the main Amarnath Cave, there is an ice stalagmite resembling the Shiva Linga, which waxes during May to August and gradually wanes thereafter. This lingam is said to grow and shrink with the phases of the moon, reaching its height during the summer festival. According to Hindu mythology, this is the cave where Shiva explained the secret of life and eternity to his divine consort Parvati. There are two other ice formations representing Parvati and Shiva's son, Ganesha. The cave is situated at an altitude of 3888 m (12,760 ft), about 141 km (88 mi) from Srinagar, the capital of Kashmir. During the past fifty years, the ice Shiv-lingam has shrunk in size. While weather does affect its shape and size, many environmentalists blame global warming for the condition.

The Amarnath Cave has special significance. The cave is quite large. Its entrance is about forty yards horizontally, and in height, it is about 75 feet and slopes 80 feet down inside the mountain. In the cave is an ice lingam of about five feet high, and at the top, it forms a cone. This is the cave that was chosen by Bhole Shankar to narrate the secrets of immortality and the creation of Universe to Maa Parvati ji. The story goes like this: Centuries ago, Maa Parvati asked Shiv ji to let her know why and when he started wearing the beads of heads (Mund Mala). Bhole Shankar replied, 'Whenever you are born, I add one more head in my beads'. Maa Parvati said, 'My Lord, my body is destroyed every time, and I die again and again, but you are Immortal. Please let me know the secret of this.' Bhole Shankar replied that it is due to Amar Katha.

History of different disasters in the Amarnath Cave region: *(1) Amarnath Yatra tragedy (1996)*. 1996 Amarnath Yatra tragedy refers to the deaths of over 250 pilgrims in 1996 in Jammu and Kashmir State in India due to weather conditions. The pilgrims were on an annual pilgrimage (Yatra) to the Amarnath shrine. During this period, there was unusually heavy snowfall along with severe blizzards along the yatra route. Yatris lost their lives due to exhaustion, exposure, freezing, etc. *(2) Cloudburst (2015)*. Three people were killed and 11 injured after a cloudburst triggered flash floods and landslides near the Baltal base camp of the Amarnath yatra in Central Kashmir's Ganderbal district on July 25, 2015. At least 50 tents and shops, as well as the parking area outside the main gate of the base camp, were affected. *(3) Road accident (2012)*. On July 27, 2012, sixteen Amarnath pilgrims were killed and 16 others injured when a truck carrying them plunged into a deep gorge in Samba district of Jammu and Kashmir. The truck carrying 34 pilgrims, who were engaged in setting up a community kitchen at Amarnath, was returning when it skidded off the road and rolled down deep into the gorge near Zamoorha Morh in Mansar belt of Samba district, about 50 kilometres from Jammu city.

Possible natural hazards and disasters in Amarnath Cave region. Considering the geomorphology, weather conditions, etc., there is an apprehension of any one or more of the following types of natural hazards and disasters during the Amarnath Cave travel period: avalanche, earthquake, cloud burst, flash floods, heavy snowfall, shooting stones, landslides, fire, stampede, sudden drop in temperature, slippery path, etc.

Impacts of natural hazards on the Amarnath Cave region. Lakhs of great men and common men, both old and young, have undertaken the hazardous and exhausting trek to the cave for centuries. India is prone to a large number of natural as well as man-made disasters. 58.6 per cent of the landmass is prone to earthquakes of moderate to very high intensity; over 40 million hectares (12 per cent of land) is prone to floods and river erosion; of the 7516 km long coastline, close to 5700 km is prone to cyclones and tsunamis; 68 per cent of the cultivable area is vulnerable to drought and hilly areas are at risk from landslides and avalanches.

This research paper shows that there is a high possibility of natural hazards and disasters when travelling to Amarnath Caves every year. The main risk is due to seismicity, as this cave is located within seismic zone IV, which is a very high-risk zone, and can further lead to landslides and other natural hazards in this region. There is a wake-up call for all travellers to understand the importance of disaster preparedness for different natural hazard issues in the Amarnath Caves region. Otherwise, the day is not so far when we all will be faced with a big disaster in this area. Proper training for the travellers, appropriate management of the Amarnath Caves area, and strong policy by the government can make a difference to reduce the impact of any natural hazards in the future.

References

Ahmad, S. 2014. Extension of out-of-sequence Balapur fault and identification of other active faults on the eastern front of the Pir Panjal range, Kashmir valley, (Ph. D. thesis). Department of Earth Sciences, University of Kashmir, p. 174.

Ahmad, S. – Bhat, M. I. 2012. Tectonic geomorphology of the Rambiara basin, SW Kashmir Valley reveals emergent out-of-sequence active fault system. Himalayan Geology, 33, 2, 162–172.

Ahmad, S. – Bhat, M. I. – Madden, C. – Bali, B. S. 2013. Geomorphic analysis reveals active tectonic deformation on the eastern flank of the Pir Panjal Range, Kashmir Valley, India. Arabian Journal of Geosciences, 7, 2225–2235. https://doi.org/10.1007/s12517-013-0900-y

Ahmad, S. – Alam, A. – Ahmad, B. – Bhat, M. I. – Bhat, M. S. 2015. Geomorphic evidence of unrecognized Balapur fault segment in the southwest Kashmir basin of northwest Himalayas. Geomorphology, 250, 159–172. https://doi.org / 10.1016/ j.geomorph.2015 .09.006

Alam, A. – Ahmad, S. – Bhat, M. S. – Ahmad, B. 2015a. Tectonic evolution of Kashmir basin in northwest Himalayas. Geomorphology, 239, 114–126. https://doi.org/10.1016/j. geomorph.2015.03.025

Alam, A. – Ahmad, S. – Bhat, M. S. – Ahmad, B. 2015b. Response to the comment by Shah, A. A. (2015) and further evidence supporting the dextral strike-slip pull-apart evolution of the Kashmir basin along the central Kashmir fault (CKF). Geomorphology, 253, 558–563. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.06.017

Bahuguna, I. M. – Rathore, B. P. – Brahmbhatt, R. – Sharma, M. – Dhar, S. – Randhawa, S. S. – Kumar, K. – Romshoo, S. – Shah, R. D. – Ganjoo, R. K. – Ajai, 2014. Are the Himalayan Glaciers Retreating? Current Science, 106, 7, 1008–1015.

Bhat, M. I. 1987. Spasmodic rift reactivation and its role in the pre-orogenic evolution of the Himalayan region. Tectonophysics, 134, 1–3, 103–127. https://doi.org/134, 103–127. 10.1016/0040-1951(87)90252-6

Bhatia, S. B. 1968. Pleistocene Ostracodes from the upper Karewa of Kashmir, India. Micropalaeontology, 14, 4, 465–483.

VÝVOJ KRASU ĎUMBIERSKYCH TATIER

Peter Orvoš

Hlavná 64, Závažná Poruba; peter.orvos@gmail.com

Evolúcia hydrologických systémov v podmienkach výzdvihu pohorí závisí od mnohých faktorov, pričom jedným z nich je aj prítomnosť krasových hornín. Odvodňovanie takýchto povrchov infiltráciou zrážok vedie k formovaniu mohutnejších jaskynných priestorov len na nepriepustných vrstvách alebo až na úrovni eróznej bázy. Často však veľmi malá rozloha nekrasového nadložia dáva možnosť vzniku ponorných tokov a tým i priepastných systémov. Periodicita tektonických zdvihov spôsobuje vývoj jaskynných úrovní v prípade tokov, ktoré sú voľne visuté sami voči sebe v horných a dolných častiach údolí. Etalónovým príkladom tohto druhu aj v rámci sveta sú Demänovská a Jánska dolina s dobre popísaným aj datovaným úrovňovým systémom. Pri vysokohorských vertikálnych jaskyniach je však existencia horizontov nejednoznačná. Toky, ktoré sa tu v minulosti ponárali, mali veľké prevýšenie a museli sa ocitnúť náhle visuté, zväčša voči inej blízkej rieke. Ako súčasť denudácie dochádzalo počas tektonických zdvihov k postupnému oderodovaniu geologických súvrství a tým i zmenám v odvodňovaní. To je prípad vývoja krasu na Krakovej holi a Ohništi, kde pôvodnú hydrológiu území už dnes nevidíme, avšak jaskyne nám môžu pomôcť ju identifikovať. Veľmi špecifickým a zmiešaným typom je systém Jaskyne mŕtvych netopierov, kde paradoxne mohli fungovať a prelínať sa úrovňový aj vertikálny model. V zásade výskum krasu Ďumbierskych Tatier je zaujímavý nielen zo speleologického, ale aj geomorfologického pohľadu na celkový vývoj štruktúry pohoria.

PENITEC – VÝNIMOČNÝ KARBONÁTOVÝ FENOMÉN VO VSTUPNÝCH ČASTIACH JASKÝŇ: PRVÉ VÝSLEDKY INTERDISCIPLINÁRNEHO VÝSKUMU

Monika Orvošová[1] – Rastislav Milovský[2] – Adrián Biroň[2] – Stanislava Milovská[2] – Juraj Šurka[2]

[1] Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; orvosovamonika@gmail.com

[2] Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

Penitec predstavuje výnimočný druh karbonátových speleotém vznikajúci vo vstupných častiach jaskýň. V slovenskej a českej odbornej literatúre je známy už od polovice 20. storočia (Skutil, 1938 – 1939; Ložek, 1952, 1964, 1984, 1991, 2012; Ložek, Bárta, 1952; Mitter, 1976), avšak v medzinárodnej speleologickej literatúre zostáva prakticky neznámy a doteraz nebol jednoznačne definovaný ako samostatný typ speleotémy. V archeologických profiloch vytvára charakteristický svetlý horizont sypkého sintra, ktorý spravidla oddeľuje pleistocénne sedimenty s paleolitickými kultúrami od holocénnych vrstiev s neolitickým osídlením (Ložek, 1984; Ložek, Bárta, 1952). Jeho vznik sa tradične vysvetľuje opadávaním karbonátových inkrustácií machov, rias a lišajníkov rastúcich na vlhkých stenách previsov, pričom jeho tvorba kulminovala v holocéne počas vlhkého obdobia atlantik (Ložek, 1991, 2012). Dodnes sa aktívne vytvára len na niekoľkých lokalitách s vhodnými mikroklimatickými podmienkami, medzi ktoré patrí aj Ružový previs vo Veľkej Fatre – klasická lokalita penitca na Slovensku.

Príspevok predstavuje prvé výsledky prebiehajúceho interdisciplinárneho výskumu penitca realizovaného v rámci projektu APVV zameraného na interakciu medzi človekom a prírodným prostredím v kontexte pravekého osídlenia jaskýň na Slovensku. Výskum sa sústreďuje na archeologické sondy vo Veľkej ružínskej jaskyni (Čierna hora) a v jaskyni Deravá skala (Malé Karpaty), v ktorých boli identifikované výrazné penitcové horizonty, pričom ich vznik je porovnávaný so súčasnou tvorbou penitca na lokalite Ružový previs (Veľká Fatra).

Hlavným cieľom výskumu je charakterizovať penitec z mineralogického, petrografického a geochemického hľadiska a overiť jeho postavenie ako špecifického typu speleotémy. Pozornosť je venovaná jeho mikroštruktúre, mineralogickému zloženiu, procesom vzniku a paleoklimatickému významu. Skúmanie zahŕňa optickú mikroskopiu, RTG práškovú difrakciu (XRD), petrografické štúdium, analýzu stabilných izotopov uhlíka a kyslíka ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$), SEM, pričom pripravujeme rádiouhlíkové datovanie a porovnanie s ostatnými karbonátovými speleotémami. Súčasťou výskumu je aj experimentálne overenie hypotézy, že na vzniku penitca sa okrem karbonátových inkrustácií nižších rastlín môže podieľať aj kryogénna precipitácia karbonátu počas zimného zamŕzania vody vo vstupných častiach jaskýň.

Prvé výsledky potvrdzujú, že penitec je tvorený dominantne kalcitom, pričom jeho textúra, morfológia a drobné karbonátové agregáty naznačujú zložitejší mechanizmus vzniku, než sa doteraz predpokladalo. Získané údaje poukazujú na jeho vysoký potenciál ako priameho indikátora vlhkostných zmien počas holocénu a zároveň zdôrazňujú potrebu jeho systematického začlenenia medzi karbonátové speleotémy. Ambíciou výskumu je aj redefinovať penitec z pohľadu modernej mineralógie, geochémie a paleoklimatológie a upozorniť na jeho význam nielen pre speleológiu, ale aj archeológiu a kvartérny výskum.

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore z projektov APVV-23-0282, 401202FLV7 – Mapovanie a monitoring jaskynných biotopov a modernizácia Národnej databázy jaskýň (Program Slovensko 2021 – 2027) a APVV SK-HU-24-0021.

Literatúra

Ložek, V. 1952. Zpráva o ochranářském průzkumu Gaderské doliny ve Velké Fatře. Ochrana přírody, 7, 116–118.

Ložek, V. 1964. Růžový převis ve Vrátné dolině u Turčianské Blatnice. Československý kras, 15, 105–117.

Ložek, V. – Bárta, J. 1952. K otázce stáří holocénních travertinových poloh v našich jeskyních. Československý kras, 5, 137–139.

Mitter, P. 1976. Správa o výskume krasu Gaderskej doliny. Slovenský kras, 14, 115–137.

Ložek, V. 1965. The Formation of Rock-Shelters and Foam Sinter in the High Limestone Carpathians. Problems of The Speleological Research. Proceedings of the International Speleological Conference (June 29 – July 4, 1964, Brno, Czech Republic). Praha, 73–84.

Ložek, V. 1984. The Foam Sinter as Palaeoclimatic indicator. Československý kras, 34, 7–14.

Ložek, V. 1991. Palaeography of Limestone Areas. In: Starkel, L. – Gregory, KJ. – Thornes, JB. (Eds.): Temperate Palaeohydrology. J. Wiley, Chichester, 413–429.

Skutil, J. 1938 – 1939. Paleolitikum v Československu. Obzor praehistorický XI–XII, 175 s.

Ložek, V. 2012. https://vesmir.cz/cz/, Případ pěnitec. Vesmír, 91, 235–237.

CONDENSATION CORROSION OF CARBONATE SPELEOTHEMS IN DEMÄNOVSKÁ ICE CAVE

Przemysław Sala[1] – Pavel Bella[2,3] – Michał Gradziński[4] – Wojciech Wróblewski[4]

[1] Faculty of Earth Sciences and Spatial Management, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Lwowska 1, 87-100 Toruń, Poland; p.sala@umk.pl

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

[3] Department of Geography, Faculty of Education, Catholic University in Ružomberok, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovakia

[4] Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Gronostajowa 3a, 30-387 Kraków, Poland

Condensation of water on cave walls and speleothems is a common process that typically occurs in a dynamic cave microclimate. Condensation water is aggressive towards calcium carbonate, causing corrosion of speleothems. Condensation water was observed in the Čierna galéria passage and the Zrútený dóm Chamber in Demänovská Ice Cave. The porous carbonate crusts abundantly cover the speleothems in these locations. The crusts are formed by the reprecipitation of calcite earlier dissolved by condensation corrosion. They are mainly composed of microcrystalline calcite. Corrosion features in the form of pits that usually do not exceed 0.2 mm in diameter were observed below the crust. The crusts are characterized by a noticeable shift in $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$, with mean values of 4.55 ‰ and −4.02 ‰ V-PDB, respectively. Such a shift most likely resulted from evaporation and/or rapid solution degassing during crystallization.

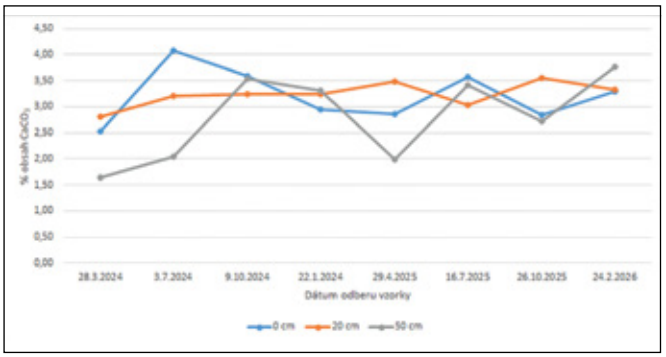
In the same locations (i.e., Čierna galéria Passage and the Zrútený dóm Chamber), speleothem profiles yield microcrystalline laminae underlain by corroded calcite crystals. The diameters of corrosion pits are comparable to those observed under the crusts. Uranium-thorium dating of the speleothems revealed hiatuses spanning time intervals ranging from a few to over 300 ka. Notably, microcrystalline laminae within speleothem profiles do not always show evident shifts in $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ values. The difference compared to the crust is most likely due to the later calcite crystallization, which cemented the microcrystalline layers. The recognition of condensation corrosion episodes within speleothem profiles can indicate the presence of a dynamic cave microclimate in the past, which may be related to palaeoclimate change.

OBSAH UHLIČITANOV V PÔDE NA VÝSKUMNEJ LOKALITE SILICA (SILICKÁ PLANINA, SLOVENSKÝ KRAS) ZISTENÝ POMOCOU JANKOVHO VÁPNOMERA

Imrich Sládek – Alena Gessert – Jakub Mikloš

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

Obsah uhličitanov ($CaCO_3$ a $MgCO_3$) v pôde je dôležitým faktorom pre vývoj krasového reliéfu. Krasová krajina vzniká na karbonátových horninách (hlavne vápencoch a dolomitoch), samotné pôdy však môžu byť na uhličitany chudobné. Hlavným procesom v krasovom území je karbonátové zvetrávanie (korózia), ktoré je súčasťou karbonátového tlmiaceho systému (Čurlík, Jurkovič, 2012). Pôsobením vody obohatenej o oxid uhličitý (CO_2) dochádza k rozpúšťaniu vápenca. Rozpustený hydrogenuhličitan vápenatý $Ca(HCO_3)_2$ je vysoko pohyblivý a voda ho vyplavuje (vyluhováva) z vrchných vrstiev pôdy smerom do hlbších častí profilu. Výsledkom tohto procesu je, že vrchné vrstvy krasových pôd môžu byť natoľko vyplavené, že stratia takmer všetky uhličitany a ich reakcia (pH) klesne zo zásaditej až do kyslej oblasti. Obsah uhličitanov v pôde závisí od viacerých faktorov, predovšetkým od polohy (na svahu, v depresiách a pod.), zrážok (čím viac zrážok, tým viac uhličitanov sa vyplaví), charakteru vegetácie a i. Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach na svojej výskumnej lokalite v obci Silica sleduje obsah uhličitanov vo vrchnej vrstve pôdy (na povrchu, v hĺbke 20 cm a v hĺbke 50 cm) počas posledných dvoch rokov. Súvisí to s výskumom chemickej denudácie krasu pomocou vápencových platničiek, ktoré sa na danej lokalite ukladajú práve v uvedených hĺbkach (Gessert, Hochmuth, 2023, 2026). Cieľom tohto príspevku je prezentovať prvé výsledky obsahu uhličitanov v pôde zistených pomocou Jankovho vápnomera. Vzorky pôdy boli odoberané cca každé 3 mesiace z uvedených hĺbok, sušené pri bežnej teplote a následne analyzované Jankovým vápnomerom v Laboratóriu fyzickogeografického výskumu Ústavu geografie PF UPJŠ v Košiciach. Z každej odobranej vzorky sa urobili 3 analýzy, ktoré sa spriemerovali. Výsledky sú zobrazené na obr. 1.



Obr. 1. Obsah uhličitanov v pôde na výskumnej lokalite Silica v rokoch 2024 až 2026.

Z výsledkov vyplýva, že obsah uhličitanov vo vrchnej vrstve pôdneho profilu nie je vysoký. Na povrchu sa $CaCO_3$ nachádza v rozsahu od 2,50 % do 4,08 %. V hĺbke 20 cm sa jeho obsah pohybuje od 2,80 % do 3,55 % a v hĺbke 50 cm od 1,65 % do 3,77 %. Uhličitanové pôdy by mali mať obsah uhličitanov nad 60 %. Z toho vyplýva, že na lokalite prebieha vylúhovanie uhličitanov z pôdneho profilu smerom do podzemia. V ďalšom výskume bude potrebné dať do súvisu uvedené výsledky s ďalšími údajmi, ako je pH pôdy, konduktivita a i., ale takisto aj s veľkosťou chemickej denudácie meranej na danej lokalite.

Poďakovanie. Príspevok bol vytvorený vďaka finančnej podpore projektu KEGA 020UPJŠ-4/2025.

Literatúra

Čurlík, J. – Jurkovič, Ľ. 2012. Pedogeochémia. Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, 228 s.

Gessert, A. – Hochmuth, Z. 2023. Seasonal dynamics of karst surface dissolution based on a limestone tables experiment (Slovak Karst). International Journal of Speleology, 52, 2, 139–147.

Gessert, A. – Hochmuth, Z. 2026. Lithological and Climatic Controls on Denudation Rates: Insights from Standard and Local Limestone Tablets in the Slovak Karst. Catena, in print.

CLIMATE CHANGE AND LIMESTONE CAVE FORMATION IN THE CHAMOLI, UTTARAKHAND HIMALAYA: GEOMORPHIC AND ENVIRONMENTAL PERSPECTIVES

Suman Das[1] – Virender Singh Negi[2]

[1] Department of Geography, Kirori Mal College, University of Delhi-110007, Delhi, India; sumandas@kmc.du.ac.in

[2] Department of Geography, Shaheed Bhagat Singh Evening College, University of Delhi-110017, Delhi, India; vs.negi@sbse.du.ac.in

The Chamoli sector of the Uttarakhand Himalaya hosts a significant network of limestone caves that record long-term interactions between climate, tectonics, and surface processes. This study investigates how recent and ongoing climate change influences limestone cave formation and evolution in the region, focusing on geomorphic dynamics and environmental implications. Integrating field mapping, geomorphological surveys, speleothem characterisation, and analysis of meteorological and hydrological records, we examine variations in cave morphology, active speleogenetic processes, and hydrochemical regimes across selected cave systems. Remote sensing and GIS-based morphometric analyses are used to relate cave development to catchment characteristics, slope instability, and changes in surface drainage patterns driven by altered precipitation regimes and glacier retreat. The results indicate that shifts in monsoonal intensity, rising temperatures, and altered runoff patterns are enhancing karst dissolution in some sectors while reducing effective recharge and speleogenetic activity in others. Evidence of increased sediment influx, ceiling instability, and localised collapse points to heightened geomorphic sensitivity under contemporary climatic stress. These changes have direct implications for groundwater storage, water quality, and the conservation of fragile subterranean ecosystems and geoheritage sites. The study highlights limestone caves of the Uttarakhand Himalaya as sensitive indicators of climate variability and underscores the need to integrate karst systems into regional environmental monitoring, hazard assessment, and sustainable resource management strategies in a warming Himalayan environment.

HYDROGEOLÓGIA A HYDROGEOCHÉMIA

PROBLÉM INFILTRAČNEJ OBLASTI PRAMEŇA MORSKÉ OKO V TORNALI

Peter Malík[1] – Peter Bajtoš[2] – Jaromír Švasta[1] – Natália Bahnová[1]

[1] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; peter.malik@geology.sk; jaromir.svasta@geology.sk; natalia.bahnova@geology.sk

[2] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Regionálna geologická služba Spišská Nová Ves, Markušovská cesta 1, 052 40 Spišská Nová Ves; peter.bajtos@geology.sk

Oblasť pri meste Tornaľa nie je významnou iba z hľadiska výverov minerálnych vôd, v súčasnosti distribuovaných pod obchodným názvom Gemerka, ale aj neobvyklým koncentrovaným výverom podzemných vôd zo zatopenej krasovej priepasti Morské oko v mestskej časti Králik. Pre túto vodou zatopenú 38 m hlbokú priepasť, známu aj pod názvom Teplá voda, Tengerszem alebo Meleg víz, preberá prieskum údaje o výdatnosti a teplote vody z prác Orvana (1960, 1964, 1973): 35 $l \cdot s^{-1}$, resp. 29 $l \cdot s^{-1}$, 17 °C až 18 °C, uvádza sa aj nízky obsah CO_2 (100 až 130 $mg \cdot l^{-1}$). Orvan (2004; in Gaál et al., 2007) neskôr charakterizuje chemické zloženie vody ako nevýrazný Ca-HCO_3 typ s celkovou mineralizáciou 769 $mg \cdot l^{-1}$ a teplotou 16,2 °C. Gaál et al. (2007) následne preberajú aj názor týkajúci sa schémy prestupu podzemných vôd zo Slovenského krasu vychádzajúci z práce Zakoviča et al. (1994) a prevzatý aj Orvanom (2004; in Gaál et al., 2007). Podľa tohto názoru sú krasovo-puklinové vody Slovenského krasu odvádzané štítnickým zlomom cez Dlhú Ves do oblasti Aggteleku, odkiaľ sú drénované juhozápadným smerom cez karbonátové prostredie vyzdvihnutej kryhy medzi dolinami Lapša a Neporadza (cez tzv. synklinálu Stránskej) do okolia Tornale a výveru Morského oka. Dôvodom tejto interpretácie bolo rozšírenie nepriepustných spodnotriasových bridlíc v doline Slanej medzi Slovenským krasom a Tornaľou v úseku Starňa – Čoltovo (tzv. kalošská poklesnutá kryha), ako aj pri Gemerskej Hôrke. Zakovič et al. (1994) uvádzajú, že kým vo východnej časti synklinály Stránskej (v oblasti Tornale) sú pukliny v karbonátoch vďaka svojmu plytkému podpovrchovému uloženiu a cirkulácii podzemnej vody otvorené, v západnej časti synklinály sú kolmatované červenými a zelenými ílmi.

V rokoch 2018 – 2023 Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v tejto oblasti realizoval regionálny hydrogeologický prieskum (Malík et al., 2025), pričom pozornosť bola venovaná aj prameňu Morské oko. Priemerná hodnota z 21 expedičných hydrometrických meraní výdatnosti prameňa Morské oko realizovaných medzi júlom 2020 a augustom 2023 pracovníkmi Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra bola 22,01 $l \cdot s^{-1}$ (18,81 – 25,54 $l \cdot s^{-1}$, s mediánom 22,84 $l \cdot s^{-1}$). Do úvahy sa však nebrali dve merania z januára 2021 (0,29 a 0,52 $l \cdot s^{-1}$), pri ktorých bola hodnota ovplyvnená napúšťaním kúpaliska pre vytvorenie ľadovej plochy. Teplota v mieste merania bola v rozsahu od 11,0 do 20,5 °C (vzhľadom na vzdialenosť však nemusí zodpovedať teplote v mieste výveru), merná elektrická vodivosť mala hodnoty 790 – 827 $\mu S \cdot cm^{-1}$ s mediánom 810 a priemerom 809 $\mu S \cdot cm^{-1}$).

Chemickou analýzou vzorky vody odobranej 23. 9. 2021 sa zistil skôr Ca-HCO_3-SO_4 typ vody (Ca^{2+}: 109 $mg \cdot l^{-1}$, Mg^{2+}: 33 $mg \cdot l^{-1}$, HCO_3^-: 340 $mg \cdot l^{-1}$, SO_4^{2-}: 172 $mg \cdot l^{-1}$), prekvapil nízky obsah chloridov pri zvýšenom obsahu sodíka (Na^+: 12,1 $mg \cdot l^{-1}$, Cl^-: 3,9 $mg \cdot l^{-1}$), veľkosť celkovej mineralizácie bola 688,2 $mg \cdot l^{-1}$, čo zodpovedá hodnotám celkovej mineralizácie krasových prameňov z triasových karbonátov v širšom okolí. Objemová aktivita trícia bola pod hranicou jeho stanoviteľnosti (< 0,5 TU), z čoho sa dá usudzovať značne dlhá doba (> 50 rokov) zdržania vody v podzemí. Aj objemová aktivita ^{222}Rn bola mimoriadne nízka (0,40 $Bq \cdot l^{-1}$), vzhľadom na povahu horninového prostredia v podloží tiež môžeme usudzovať, že sa výver nachádza mimo dosahu tektonických porúch s intenzívnejším obehom podzemnej vody. Izotopové zloženie stabilných izotopov molekuly vody ($\delta^{18}O$: 9,68 ‰, δD: 69,19 ‰) nejavilo znaky vyparovania a v regionálnom kontexte naznačuje skôr mierne predrecentnú (pred rokom 2000) infiltráciu zrážkových vôd.

Hydrogeologické mapovanie v rámci prác hydrogeologického prieskumu (Malík et al., 2025) identifikovalo v povodí toku Činča šesť ponorov, ktoré môžu byť aktívne v závislosti od hydrologickej situácie. Najnižší identifikovaný ponor sa nachádza v nadmorskej výške cca 202 m n. m., už tesne pri zaústení údolia do Rimavskej kotliny. Dá sa predpokladať, že za tento terminálny bod pretečú len prívalové vody počas najvyšších stavov, a celé povodie Činče tak tvorí externé zdrojové územie pre hlbšie obiehajúce podzemné vody vyvierajúce na iných miestach mimo územia Gemerskej pahorkatiny. Plocha povodia Činče od hrebeňovej časti pri hraniciach s Maďarskom po najnižší z identifikovaných ponorov je 14,06 km^2. Veľkosť efektívnych – nevyparených zrážok v tomto území sa podľa Švasta a Malíka (2006) pohybuje v úhrne 85 až 88 mm, resp. 2,7 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ až 2,8 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Aj keď sa tieto vypočítané hodnoty opierajú o údaje priemerných zrážkových úhrnov a teplôt vzduchu z obdobia rokov 1951 – 1980, v ktorom by sa vypočítaný odhad ponárajúceho sa odtoku pohyboval v množstve 38,0 $l \cdot s^{-1}$ až 41,5 $l \cdot s^{-1}$, aj pri súčasných hodnotách zrážkových úhrnov a teplôt vzduchu môžeme očaká-

vať, že z povodia Činče môže prestúpiť smerom do Rimavskej kotliny stále okolo 35 $l \cdot s^{-1}$. S výnimkou extrémnych prívalových dažďov sa však absolútna kvantitatívna väčšina tohto prestupu udeje v období medzi mesiacmi december až marec. V letných mesiacoch ide len o minimálne množstvá, ktoré sa zvyknú strácať v najvyššie položených ponoroch, nechávajúc tak koryto Činče po väčšinu roka suché. Podľa týchto zistení množstevná bilancia vôd strácajúcich sa v ponoroch Činče plne postačuje na dotáciu množstiev vôd vyvierajúcich v Morskom oku.

Literatúra

Gaál, Ľ. – Papáč, V. – Vaněčková, H. – Megela, M. – Balciar, I. 2007. Zatopená priepasť Morské oko v Rimavskej kotline. Aragonit, 12, 4–9.

Malík, P. – Bajtoš, P. – Bačová, N. – Švasta, J. – Kordík, J. – Dénes, D. – Dugovič, R. – Bahnová, N. – Podolinská, J. – Kullman, E. – Gavurník, J. – Faško, P. 2025. Hydrogeologický prieskum deficitných oblastí Slovenskej republiky. Záverečná správa geologickej úlohy. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, 135 s.

Orvan, J. 1960. O pôvode minerálnych vôd v Šafárikove. Geologické práce, Správy, 17, 213–203.

Orvan, J. 1964. Hydrogeologické pomery riečnych náplavov v povodí Slanej. Geologické práce, Správy, 32, 122–115.

Orvan, J. 1973. Hydrogeologické pomery Rimavskej kotliny. Mineralia Slovaca, 5, 3, Bratislava, 278–271.

Zakovič, M. – Bodiš, D. – Orvan, J. – Lopašovský, K. 1994. Hydrogeológia Rimavskej kotliny a východnej časti Cerovej vrchoviny. Západné Karpaty, 12, 119–142.

CHEMICKÝ STAV VODY KRASOVÉHO KOLEKTORU MORAVSKÉHO KRASU

Roman Novotný[1] – Eva Kryštofová[1] – Vít Baldík[1] – Veronika Kršková[1]

[1] Česká geologická služba, Jircháře 4a, 602 00 Brno, Česká republika; roman.novotny@geology.cz

V rámci projektu TAČR SS02030023 Horninové prostředí a suroviny – Voda v krasových oblastech probíhají od roku 2020 odběry podzemních i povrchových vod za účelem posouzení jejich celkového chemického složení a zejména zhodnocení aktuální kontaminace. Vzorkovány byly všechny složky oběhu vody v krasovém kolektoru, tzn. podzemní toky a přítoky, skapové vody a krasové prameny a vyvěračky. V rozsáhlých jeskynních systémech byly zhodnoceny postupné změny chemického složení vody při průstupu krasovým kolektorem. Ze základních makrosložek byly jako potenciální kontaminanty vyhodnoceny zejména obsahy dusičnanů, síranů a chloridů. Z dalších složek byly na vybraných lokalitách sledovány koncentrace stopových prvků a pesticidních látek. Vývoj koncentrací vybraných kontaminantů podzemních vod v čase byl posouzen vyhodnocením dlouhodobého monitoringu pramenů a vrtů v rámci státní pozorovací sítě ČHMÚ. Dosavadní výsledky naznačují dominantní negativní ovlivnění kvality vody intenzivní zemědělskou výrobou, převážně plošnou aplikací hnojiv a prostředků na ochranu rostlin (pesticidů). Chemický stav vody je zhoršen zejména zvýšenými obsahy dusičnanů a pesticidních látek, často vysoko přes limity platné legislativy.

VLIV ČLOVĚKA NA PŘIROZENÉ ODVODNĚNÍ KRASOVÉHO RELIÉFU NA PŘÍKLADU CÍSAŘSKÉ JESKYNĚ

Jiří Nečas

Česká geologická služba, Klárov 131/3, 118 00 Praha 1, Česká republika; jiri.necas@geology.cz

Císařská jeskyně leží v Ostrovském žlebu na severovýchodním okraji Ostrova u Macochy v Moravském krasu a od roku 1997 se aktivně využívá pro potřeby dětské léčebny v rámci speleoterapie. Během vydatnějších srážek a při jarních tání dochází k nepravidelnému zaplavování i některých suchých částí jeskyně užívaných pro speleoterapii vlivem kolísání hladiny podzemní vody. Přirozený vodní systém jeskyně byl již v minulosti uměle upravován v rámci průzkumných prací, tak i při pozdějších úpravách pro účely dětské léčebny, kde jsou některé prostory uměle odvodňovány. Avšak při vyšších vodních stavech volné vodní hladiny v okolí jeskyně i přes veškerá opatření k občasnému zaplavování dochází.

V roce 2025 proběhl podrobný geologický a geodetický průzkum za účelem návrhu případných doplňujících opatření pro účely odvodnění jeskynního systému a zjištění příčin zvyšování hladiny podzemní vody v jeskyni a jejím blízkém okolí. Průzkumné a mapovací aktivity byly geodeticky zaměřeny s využitím 3D pozemního laserového skenování a pomocí globálního navigačního družicového systému (GNSS). V rámci prací byly laserově nasnímány a změřeny prostory Císařské a Vandrácké jeskyně, ale také prostor mokřadu jižně od jeskynní včetně jeho kompletního odvodňovacího systému koryt až do ústí Návesního rybníku. Pro doplnění dat byly ještě provedeny geofyzikální ERT profily prostorem mokřadu pro zjištění mocnosti a složení sedimentární výplně v okolí jeskyně a byl vytvořen fotogrammetrický model studované oblasti pomocí dronu DJI.

Výsledkem možných příčin zaplavování jeskynních prostor je přímé propojení volné hladiny vody v mokřadu s hladinou podzemní vody v jeskyni přes Estavelu. Reliéf odtokové části údolí Ostrovského žlebu jižně od Císařské jeskyně je tvořen mokřadem, který je v současnosti odvodňován systémem umělých koryt, jejichž kapacita je snížená vlivem nánosů bahenního sedimentu. Stejně tak v rámci stavebních úprav při budování obce byl mokřad místními komunikacemi při odtoku přehrazen, s možností odvodnění pouze jedním odtokem umělého odvodňovacího koryta. Historicky byla mokřadní pláň také uměle mírně navýšena navážkami, a tak v celém studovaném prostoru v kombinaci všech vlivů došlo k umělému navýšení volné hladiny mokřadu komunikujícího s jeskynním vodním systémem. Pro úspěšné navržení preventivních opatření je potřeba zvýšení kapacity koryt umělého odvodnění mokřadu pro celkové snížení volné hladiny vody, která by se i při vyšších srážkových úhrnech nekumulovala v prostoru současného mokřadu a volně odtékala dále do Návesního rybníku.

CHANGES IN THE HYDROCHEMISTRY OF SEEPAGE WATER IN AMATÉRSKÁ CAVE FOLLOWING THE GRASSLAND CONVERSION OF THE AREA ABOVE THE CAVE

Pavel Pracný[1, 2] – Barbora Vepřeková[1] – Zdeněk Roubal[3] – Jiří Faimon[1,2] – Zoltán Szabó[3] – Radim Kadlec[3] – Marek Lang[1,2]

[1] Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, Czech Republic; pracny@sci.muni.cz

[2] Czech Geological Survey, Leitnerova 204/22, 602 00 Brno, Czech Republic

[3] Department of Theoretical and Experimental Electrical Engineering, Brno University of Technology, Technická 3082/12, 616 00 Brno, Czech Republic

Changes in land management that occurred in the Moravian Karst Protected Landscape Area during 2019 and 2020 had both expected and unexpected impacts on the karst environment. Between 2020 and 2022, continuous monitoring of dripwater and the microclimate was conducted in Amatérská Cave, which lies beneath the newly grassed section of the Ostrov Plateau. It showed that the concentrations of certain substances (especially NO_3^-) are significantly higher at two drip points located beneath land previously used for intensive agriculture (drip N = 112.8±6.8 mg/L and drip R = 122.1±6.8 mg/L) than at sites beneath areas that have long been grasslands or forests (average 29.1 mg/L). During the monitoring period, a gradual decline in nitrate concentrations was observed, and the time required to reach background levels was estimated to be within a wide range of 20 to 80 years.

Following up on previous measurements, a comparative monitoring study is underway in 2026. Its main objective is to assess the extent of changes resulting from grassing and the rate at which these changes are occurring. These observations may also help to understand the behavior of water retained in the vadose zone, seasonal variations in hydrology, and the gradual leaching of contaminants. Initial analyses indicate a continuing decline in nitrate concentrations, by approximately 30 mg/L to 84.9 mg/L (drip N) and 93.0 mg/L (drip R). When assessing the trend, a significant acceleration in the development is evident, suggesting that values comparable to those of other monitored drips will be reached at the lower limit of the previous estimate, around 2040.

Finally, even for the partial pressure of CO_2 with which the solution is in equilibrium (i.e., CO_2 content in water), we observe no difference compared to seasonally equivalent values from 2020–2022. Thus, an increase in CO_2 content in seepage water due to worsening conditions for exhalation from the soil and its accumulation in the epikarst has not been observed. Although the current data show no increase over the past period, it is possible that this effect was already evident to some extent during previous monitoring, as all data originate from the period following the change in land management.

No other significant changes in any other parameters selected for monitoring in drips beneath converted grassland have yet been observed. Similarly, no significant change was observed for the hydrogeochemistry of the other monitored drips in the cave; the 2026 values fall within the standard deviation of the older dataset. In the next step, we plan to evaluate changes in nitrate concentrations in relation to precipitation and the hydrological regime of the seepage water.

SPELEOKLIMATOLÓGIA A GLACIOLÓGIA

KINEMATICS AND DYNAMICS OF THE UNDERGROUND GLACIER IN THE DOBŠINSKÁ ICE CAVE: MONITORING OF CHANGES BY SURVEYING TECHNOLOGIES

Karol Bartoš[1] – Katarína Pukanská[1] – Ľubomír Kseňák[1] – Marcela Bindzárová Gergeľová[1] – Slavomír Labant[1] – Ivan Šulek[2] – Pavel Bella[3] – Laura Dušeková[3] – Lucia Pristašová[3]

[1] Institute of Geodesy, Cartography and Geographical Information Systems, Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnology, Technical University of Košice, Park Komenského 19, 042 00 Košice, Slovakia; karol.bartos@tuke.sk, katarina.pukanska@tuke.sk, lubomir.ksenak@tuke.sk, marcela.bindzarova.gergelova@tuke.sk, slavomir.labant@tuke.sk

[2] Department of Engineering Geology, Hydrogeology and Applied Geophysics, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, Slovakia; sulek20@uniba.sk

[3] State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; pavel.bella@ssj.sk, laura.dusekova@sopsr.sk, lucia.pristasova@ssj.sk

The Dobšinská Ice Cave (Slovakia) contains one of the largest subterranean ice volumes in the world, exceeding 100,000 m³. Resting on downward-sloping bedrock, this massive ice body undergoes continuous gravitational deformation, functioning as an underground glacier that slowly flows from the upper glaciated halls towards the lower corridors. Tracking the kinematics of this slow-moving ice mass presents unique methodological challenges. The inherent transparency and high reflectivity of the clear cave ice significantly limit the reliability of standard non-contact methods, such as Terrestrial Laser Scanning, due to subsurface laser penetration.

The presented contribution focuses on the geodetic monitoring of dynamic and kinematic changes in the ice fill using modern non-contact measurement technologies, primarily terrestrial laser scanning (TLS), Structure-from-Motion (SfM) photogrammetry, and Total Station (TS) measurements. The height of the floor ice was also surveyed using geophysical methods such as microgravimetry and ground-penetrating radar (GPR). The results of repeated measurements confirm that the ice fill is not static but dynamically responds to climatic and hydrological changes. In the upper parts of the cave, a significant loss of ice volume and a vertical decline of its surface have been recorded in recent years, reaching 0.3 to 2.1 m in some areas from 2018 to 2025, with a total ice loss volume exceeding 1680 m³.

A five-year observation period also successfully captured the kinematics of the underground glacier. TS tracking of specific points anchored in the ice mass confirmed a consistent displacement of 2 to 3 cm per year in the horizontal direction and 1 cm in the vertical direction. These movement vectors are corroborated by photogrammetric difference models, which document corresponding lateral shifts and structural deformations of the ice body as it flows downwards.

The monitoring highlights the high vulnerability of this underground cryosystem and the necessity of continuous tracking of changes for its protection and safe operation.

Funding. The study is the result of Grant Projects of Ministry of Education of the Slovak Republic KEGA No. 034TUKE-4/2026, 018TUKE-4/2026 and VEGA No. 1/0231/26.

MONITORING SEZÓNNEJ DYNAMIKY ĽADU V DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI PROSTREDNÍCTVOM MOBILNÉHO LASEROVÉHO SKENOVANIA – PRVÉ VÝSLEDKY

Laura Dušeková[1] – Pavel Herich[1,2] – Lucia Pristašová[1]

[1] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, odbor ochrany jaskýň; Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; laura.dusekova@ssj.sk, pavel.herich@ssj.sk, lucia.pristasova@ssj.sk

[2] Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky; Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

Aj keď Dobšinská ľadová jaskyňa disponuje najväčším zaznamenaným objemom ľadu v jaskyni na svete, prejavy zmeny klímy je možné pozorovať aj tu, v zdanlivo izolovanom prostredí, a to vo forme úbytkov ľadových výplní. S cieľom kvantifikácie týchto zmien a identifikácie ich priestorovej diferenciácie začala Správa slovenských jaskýň (SSJ) využívať 3D mobilný laserový skener GeoSLAM Zeb Horizon (ďalej len „MLS“ – mobilné laserové skenovanie), ktorý sa javí ako efektívny nástroj pre dlhodobý monitoring aj takých náročných povrchov, akým je ľad.

Keďže SSJ realizuje 3D skenovanie v Dobšinskej ľadovej jaskyni pravidelne od zimnej sezóny 2022/2023, príspevok prináša výsledky z prvých troch rokov monitoringu. S cieľom zaznamenať maximálny aj minimálny stav ľadu počas roka je jaskyňa skenovaná pravidelne 2-krát ročne, vždy pred a po zimnej sezóne. Takéto načasovanie umožňuje zaznamenať aj antropogénne formy ľadu ukladané počas jari do vstupnej časti jaskyne v snahe minimalizovať úbytky ľadu hlbšie v jaskyni počas letnej sezóny. MLS zaľadnených častí jaskyne trvá približne 1 hodinu s využitím 3 skenovacích trajektórií navrhnutých tak, aby zahŕňali vždy aspoň 4 stabilizované meračské body potrebné pre priestorovú registráciu naskenovaných dát (3D mračien bodov). Po spracovaní „surových“ dát v autorizovanom softvéri GeoSLAM Hub/Connect a ich následnom georeferencovaní v prostredí softvéru Cloud Compare, prebieha vzájomná registrácia mračien (*Fine registration*) z rôznych časových období uplatnením selektívneho C2C (z angl. *Cloud to Cloud*) prístupu prispôsobeného potrebám MLS. Pre kvantifikáciu zmien ľadových výplní boli využité nástroje pre výpočet vzájomných vzdialeností mračien (*C2C distance*) a objemových zmien (*2.5D Volume*). Prvotné výsledky poukazujú na zvyšovanie letných úbytkov ľadu a znižovanie zimných prírastkov, ktoré ich nestíhajú kompenzovať, pričom v roku 2025 sa celkové úbytky zaznamenali dokonca aj počas zimnej sezóny. Pre stanovenie výpovednejších trendov je potrebný dlhší rad zaznamenaných dát, preto monitoring pokračuje naďalej.

Okrem prvýkrát kvantifikovaných medzisezónnych zmien objemu ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni, podložených dátami z mikroklimatického monitoringu, príspevok sa zaoberá aj efektami manažmentových opatrení, ktoré sa tu každoročne vykonávajú.

FACTORS AFFECTING NON-CONTACT MEASURING OF SURFACE TEMPERATURES OF THE CAVE WALLS (CÍSAŘSKÁ CAVE, MORAVIAN KARST)

Marek Lang[1] – Jiří Faimon[1,2] – Zdeněk Navrátil[3] – Zdeněk Roubal[4] – Jindřich Štelcl[1,5] – Markéta Gregorová[5]

[1] Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic; mareklang@mail.muni.cz, faimon@sci.muni.cz, stelcl@sci.muni.cz

[2] Czech Geological Survey, Brno Branch, Leitnerova 22, 658 69 Brno, Czech Republic

[3] Department of Plasma Physics and Technology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic; zdenek@physics.muni.cz

[4] Department of Theoretical and Experimental Electrical Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Communication, Brno University of Technology, Technická 3082/12, 616 00 Brno, Czech Republic; roubalz@feec.vutbr.cz

[5] Department of Biology, Faculty of Education, Masaryk University, Poříčí 623/7, 603 00 Brno, Czech Republic; 499178@mail.muni.cz

Condensation corrosion represents a classic problem that has been continuously solved in karst caves for several decades. The water condensation process plays an important role in the formation of characteristic speleogenetic forms in a cave environment. Under suitable conditions, water vapor from the cave atmosphere condenses on the cave walls, forming water droplets or a continuous water film. Although the condensed water is in equilibrium with the current partial pressure of carbon dioxide, it can further dissolve it because of its unsaturation with the carbonates that form the cave walls. In this context, the surface temperature of the cave walls appears to be a key parameter, since water condensation occurs only if it drops below the dew point temperature (the saturation temperature of cave air at the current water vapor concentration). The surface temperature of cave walls is generally considered to be stable, but detailed studies tend to refute this claim and show the opposite, which can lead, e.g., to erroneous paleoclimatic reconstructions using cave speleothems. A relatively wide spectrum of (1) contact and (2) non-contact sensors is currently available for monitoring surface temperatures in cave environment. However, the values obtained by all these sensors can differ significantly at the same location. In this study, selected contact and non-contact sensors were tested in the dynamic Císařská Cave in the Moravian Karst with the aim of evaluating the possibilities of measuring wall surface temperatures with a non-contact thermometer. Monitoring took place from May 2023 to March 2026 and included a total of 14 campaigns under different external conditions, during which wall surface temperatures were monitored once at 11 selected sites to compile cave temperature profiles. The resulting trends of the individual time series showed a similar character for all sensors, but the measured values were different. Although the temperatures obtained by contact methods

were relatively similar, the non-contact methods showed both higher (thermal camera) and lower (pyrometer) temperatures. The underestimated temperatures measured by the pyrometer indicated (i) natural influence, by the temperature difference between the external air and the cave air, but also (ii) anthropogenic influence, by the heat released from the operator's hand. Using a pyrometer in a cave environment requires certain measures to eliminate these effects, such as a special handle on the pyrometer or its placement into the monitored environment for several hours, ideally overnight before the measurement. The measured data demonstrated that contact methods are more suitable for measurement in cave environments but can only be used in accessible spaces. For monitoring of inaccessible passages, non-contact methods are necessary, but modified methods must be applied.

REVÍZIA REGISTRA SLOVENSKÝCH ĽADOVÝCH JASKÝŇ

Lucia Pristašová[1] – Laura Dušeková[1] – Pavel Herich[1,2]

[1] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň; Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; lucia.pristasova@ssj.sk, laura.dusekova@ssj.sk, pavel.herich@ssj.sk;

[2] Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky; Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

V roku 1995 bolo na Slovensku zaregistrovaných 3650 jaskýň, z toho 66 s ľadovou výplňou a 39 s celoročným ľadom (Bella, 1995). V tom čase sa súpis zakladal skôr na údajoch z literatúry než na systematických terénnych pozorovaniach a často vychádzal z jedinej návštevy výskumníkov alebo miestnych skúsených jaskyniarov. Odvtedy sa celkový počet zdokumentovaných jaskýň na Slovensku zvýšil na viac ako 8400. Keďže však priemerná ročná teplota vzduchu na Slovensku rýchlo stúpa (+2,4 °C za posledných 143 rokov) [1], predpokladá sa, že mnohé ľadové jaskyne mohli v poslednom čase stratiť svoj status – spolu so známou Demänovskou ľadovou jaskyňou. Preto je potrebná revízia existujúceho registra.

V dôsledku toho začala Správa slovenských jaskýň v roku 2024 realizovať porovnávací inventarizačný výskum s cieľom určiť súčasný stav ľadových jaskýň na Slovensku. Keďže mnohé z týchto jaskýň boli navštevované len zriedka a chýbali dokonca aj základné informácie vrátane geografických súradníc, boli použité metódy udržateľného mapovania jaskýň (Herich a Budaj, 2024). Doteraz sa nám podarilo navštíviť a lokalizovať 47 jaskýň, v ktorých sa vykonali orientačné mikroklimatické merania. Niektoré z týchto jaskýň boli vybrané na krátkodobý klimatický monitoring a 3D monitoring dynamiky ľadu. Ľad sa vyskytoval iba v 8 jaskyniach. Štyri z nich sa nachádzajú v nadmorskej výške pod 1000 m. Predbežné výsledky pozorovania ukazujú, že za posledných 30 rokov nastali výrazné zmeny. Revízia jaskýň bude pokračovať, kým nebudú preskúmané aj zostávajúce lokality vo Vysokých a Belianskych Tatrách, ktorých stav ešte nebol aktualizovaný.

Literatúra

Bella, P. 1995. Prehľad a rozšírenie jaskýň s ľadovou výplňou na Slovensku. In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň, Zborník referátov. SSJ, Liptovský Mikuláš, 61–73.

Herich, P. – Budaj, M. 2024. O udržateľnom mapovaní jaskýň. Aragonit, 29, 1, 46–47.

[1] https://milanlapin.estranky.sk/clanky/dokumenty-na-stiahnutie/ Význam esg v stratégii spoločnosti v súvislosti s adaptačnými a mitigačnými opatreniami na globálnu klimatickú zmenu [online]. Accessed: 23. 1. 2026.

SÚČASNÉ (ZANIKAJÚCE) ZAĽADNENIE SILICKEJ ĽADNICE

Jaroslav Stankovič

Speleoklub Minotaurus, Edelényska 10, 048 01 Rožňava; stankov@ke.psg.sk

Silická ľadnica je svetoznáma jaskyňa. Takou sa stala už v 18. storočí, keď sa o nej prvýkrát písalo v odbornej tlači. Nachádza sa v Slovenskom krase približne v strede Silickej planiny, 1,5 km západne od obce Silica. Miestnemu obyvateľstvu bola oddávna známa a oni ju aj *„najlepšie poznali“*. V roku 1704 *„podrobne“* vysvetlili Jurajovi Buchholtzovi ml. počas jeho návštevy, ako to klimaticky funguje. Ten svoje poznatky oznámil listom Matejovi Belovi v roku 1719, ktorý ich rozvinul a v roku 1744 publikoval v londýnskom časopise Philosophical Transactions. Tak sa ľadnica stala svetoznámou svojou bizarnou povahou: v lete v nej stúpa mráz a v zime je teplejšia. To sa neskôr nepozdávalo Dr. Robertovi Townsonovi. Preto sa vybral v roku 1793 do Uhorska tieto poznatky overiť. Teplotu v jaskyni prvýkrát meral teplomerom, nie pocitom. Vďaka nemu máme z historickej doby jediný korektný údaj o teplote steny jaskyne.

Meranie teploty v zaľadnenej jaskyni je ošemetná záležitosť. Nie je možné teplotu teplomerom odmerať aj odčítať v tom istom čase, napríklad držať teplomer v ruke 2 m vysoko nad ľadom. Ak k meraniu teploty neuvedieme miesto, čas a podrobný postup, ako sme tento problém vyriešili, je výsledok bezcenný. Dr. Townson svoje meranie podrobne popísal, vďaka čomu vieme, že v roku 1793 v strednej časti jaskyne permafrost v stene jaskyne bol prítomný. Konečné riešenie tohto problému objavil v roku 1876 rakúsky prírodovedec a speleoklimatológ Eberhard Fridrich Fugger. Vyvinul spomalený teplomer, ktorý sa ustálil až po 50 minútach a na odčítanie poskytoval čas 2 minúty. Je to jediné správne riešenie a klimatológovia ho mali aplikovať až do doby digitálnych záznamníkov teploty. Bohužiaľ, to nerobili. Preto nemáme (okrem Townsonových poznatkov) žiadne použiteľné historické údaje.

V roku 2011 sme dostali súhlas pokračovať v prieskume a výskume Silickej ľadnice. Vzhľadom na to, že sme dovtedajšie poznatky o klíme zaľadnenej Vstupnej priepasti považovali za nesprávne, snažili sme sa klimatológov presvedčiť, aby začali s našou pomocou (inštalácia záznamníkov, odčítavanie údajov, údržba prístrojov,...) skúmať klímu jaskyne. Bohužiaľ, nenašiel sa nikto ochotný tento výskum robiť. Preto sme sami v roku 2013 nainštalovali v jaskyni 16 záznamníkov teploty S0110 a R0110 COMET SYSTEM. V roku 2019 sme pridali záznamník U0141 štvorkanálový, ktorý meria teplotu v stene v hĺbke 25, 50, 75 a 100 cm. Ďalšie záznamníky pridali odborníci z UPJŠ v Košiciach. Údaje sme zo záznamníkov dvakrát ročne sťahovali a archivovali v počítači. Následne sme ich analyzovali pomocou programu EXCEL a v grafickej forme hľadali prejavy a zákonitosti klímy Silickej ľadnice.

Vnútorný priestor Vstupnej priepasti (časť, ktorá má nad sebou strop) sa v závislosti od vonkajšej teploty a aktuálneho rozloženia teploty v ňom nachádza v otvorenom, uzavretom alebo čiastočne otvorenom stave. Uzavretá časť je od otvorenej oddelená klimatickým uzáverom, ktorý je vo vnútornom priestore striktný (žiadne vzostupy teploty). Narúša ho iba silný vietor. Rozloženie teploty pod klimatickým uzáverom určuje rozloženie teploty v stene. Preto sa tu vzduch rozvrství v súlade s povrchovou teplotou steny. V otvorenom stave zateká chladnejší vonkajší vzduch až na dno vnútorného priestoru, prípadne do prechodovej sutiny. V čiastočne otvorenom stave zateká iba do hĺbky, kde je teplota steny rovnaká ako vonkajšia teplota. Tento stav je dôležitý pre jarnú tvorbu ľadu. Studený vzduch sa v jaskyni nehromadí. „Hromadí“ sa záporné teplo v stenách, podloží a ľade. Okrem základných princípov fungovania zaľadnenia sa nám podarilo identifikovať viacero zaujímavých klimatických javov. Ako príklad uvádzame periodické denné posúvanie objemu vzduchu: cez deň smerom do prechodovej sutiny a v noci sa vzduch vráti naspäť. Tento jav pravdepodobne súvisí s existenciou veľkých priestorov v neznámom pokračovaní v prítokovej vetve jaskyne. Viac informácií v priloženej literatúre (Stankovič, 2026).

S.-E. Lauritzen označil zaľadnené jaskyne za „kapsy permafrostu“ (Lauritzen, 2013). To znamená, že zaľadnenie jaskyne „prosperuje“, ak je jej priestor obalený vrstvou permafrostu. V Silickej ľadnici sa takéto priaznivé podmienky vyskytovali ešte koncom 18. storočia. Určite sa celá jaskyňa nachádzala v zóne permafrostu na konci poslednej doby ľadovej. Svedčí o tom výskyt sintrových speleotém deštruovaných ľadom (*Ice broken Speleothems* – IBS) (Kempe, 2004) po celej známej dĺžke jaskyne. Ľadovec zo Vstupnej priepasti vtedy zatekal hlboko do Archeologického dómu. Svedčí o tom morénová halda podlahových sintrov v jeho strede (Kempeho typ 7), ale aj ľadom vyhladené stropy Spojovacej chodby.

Záznamník teploty v stene po zapnutí ukázal rovnakú teplotu 0,9 °C v celej sledovanej vrstve do hĺbky 1 meter. Z toho sa nedá určiť, ako hlboko v stene sa nachádza geotermálne teplo. Túto podchladenú vrstvu považujeme za pozostatok permafrostu z konca poslednej doby ľadovej – reliktný chlad. Zachoval sa vďaka funkčnému klimatickému systému Vstupnej priepasti, kedy počas leta sa klimatický uzáver uzavrie a v zime otvorí, aby mohlo dôjsť k akumulácii záporného tepla v jaskyni. V zime sa jaskyňa klimaticky uzatvára aj pri teplotách hlboko po 0 °C. Silická ľadnica je preto unikátnym typom zaľadnenej jaskyne, ktorá môže dlho existovať za chladnejšej klímy aj bez permafrostu v stenách len s pretrvávajúcim a obnovujúcim sa zásobníkom chladu, ak ho od geotermálneho tepla izoluje reliktná zásoba chladu hlbšie v stene a v podloží. Bohužiaľ, je vysoká pravdepodobnosť, že globálne otepľovanie túto zásobu reliktného chladu zničí.

Literatúra

Lauritzen, S.-E. 2013. Glacier Ice-Contact Speleogenesis in Marble Stripe Karst. University of Bergen, Norway.

Kempe, S. 2004. Natural Speleothem damage in Postojna Jama, Slovenia, Caused by Glacial Cave Ice? A First Assessment. Acta Carsologica, 33, 1, 18, 265–289.

Stankovič, J. 2026. Silická ľadnica a iné jaskyne Silickej planiny. Speleoklub Minotaurus, 280 s.

INVESTIGATION OF AN UNDERGROUND GLACIER IN THE DOBŠINSKÁ ICE CAVE USING GEOPHYSICAL METHODS (GROUND-PENETRATING RADAR AND MICROGRAVIMETRY)

Ivan Šulek[1] – Pavol Zahorec[2] – Roman Pašteka[1] – Juraj Papčo[3] – Karol Bartoš[4] – Katarína Pukanská[4]

[1] Department of Engineering Geology, Hydrogeology and Applied Geophysics, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, Slovakia; sulek20@uniba.sk

[2] Earth Science Institute of the Slovak Academy of Sciences, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica, Slovakia

[3] Department of Global Geodesy and Geoinformatics, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovakia

[4] Institute of Geodesy, Cartography and GIS, Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnologies, Technical University of Košice, Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovakia

The Dobšinská Ice Cave (Slovakia) contains one of the largest documented underground glaciers in the world, firstly investigated by geophysical methods in 1995 (Gézy and Kucharič, 1995). This study presents results of systematic geophysical surveys carried out between the years 2020 and 2026, aimed at determining ice thickness, internal ice structure, bedrock topography, and total ice volume.

Ground-penetrating radar (GPR) was the primary survey tool, with the majority of measurements carried out using a MALA GX antenna with a central frequency of 160 MHz. A total of 57 GPR profiles with a cumulative length of 807 m were collected, covering most of the accessible ice surface. All profiles were precisely georeferenced in the JTSK03 coordinate system. Additional profiles measured at 100 MHz and 400 MHz allowed comparison of penetration depth and resolution. The velocity of electromagnetic waves in the ice was determined using hyperbola fitting and f–k migration (Stolt, 1978), resulting in an estimated velocity of 0.16 ± 0.01 m/ns. Interpretation of GPR B-scans enabled mapping of the ice–bedrock interface and identification of internal ice stratification. In the section known as Peklo (Hell), direct comparison between GPR reflections and photography of the ice wall confirmed the reliability of layer identification.

Microgravimetric measurements using a Scintrex CG-5 relative gravimeter provided an independent estimate of ice thickness. Preliminary 2.5D density modelling shows a good correlation between gravity-derived depths and GPR interpretation.

Based on ice-thickness values sampled at 1 m intervals along each GPR profile, the preliminary total ice volume exceeds 120,000 m^3. The maximum detected ice thickness is approximately 30 m in the Great Hall. Three profiles were also measured repeatedly across multiple seasons to evaluate the potential of GPR as a tool for long-term monitoring of ice-volume changes. The resulting bedrock topography model provides a detailed picture of the cave floor beneath the ice, which helps to describe ice-body dynamics more precisely and enables more accurate estimation of total ice volume.

Acknowledgements. This research was supported by the Ministry of Education of the Slovak Republic through VEGA grant No. 1/0340/22 and APVV-19-0150 and by grant UK/1186/2026.

References

Géczy, J. – Kucharič, L. 1995. Determination of ice thickness in chosen sites in Dobšinská Ice Cave [in Slovak]. Final report. 26 p.

Stolt, R. H. 1978. Migration by Fourier transform. Geophysics, 34, 1, 23–48.

PRIRODZENÁ RADIÁCIA

VYHODNOTENIE OŽIARENIA SPRIEVODCOV RADÓNOM V SPRÍSTUPNENÝCH JASKYNIACH V GESCII ŠOP SR, SPRÁVY SLOVENSKÝCH JASKÝŇ, S POUŽITÍM KONVERZNÝCH KOEFICIENTOV NA STANOVENIE EFEKTÍVNEJ DÁVKY ODPORÚČANÝCH ICRP 137

František Ďurec[1] – Alžbeta Ďurecová[1] – Ján Zelinka[2] – Laura Dušeková[2] – Lucia Pristašová[2]

[1] Oddelenie radiačnej ochrany, Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Banskej Bystrici, Cesta k nemocnici 622/1, 975 56 Banská Bystrica; durec@vzbb.sk, durecova@vzbb.sk

[2] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš

Hodnotenie ožiarenia sprievodcov radónom v jaskyniach závisí od mnohých faktorov. Medzi základné faktory patrí zhodnotenie časovej snímky jednotlivých sprievodcov v podzemných priestoroch jaskýň, variabilita objemovej aktivity radónu v daných podzemných priestoroch, správne použitie konverzných koeficientov na stanovenie efektívnej dávky.

Rok 2018 bol prelomový v oblasti hodnotenia ožiarenia radónom na pracoviskách z dvoch dôvodov. V tomto roku vstúpil do platnosti nový zákon o radiačnej ochrane a zároveň boli publikované nové odporúčania Medzinárodnej komisie pre radiačnú ochranu (ICRP 137). Základná zmena publikovaná v ICRP 137 bola, že sa aj na hodnotenie ožiarenia radónom na pracoviskách odporúča použiť dozimetrický prístup namiesto dovtedy používaného epidemiologického prístupu.

V roku 2019 pracovníci Správy slovenských jaskýň v spolupráci s pracovníkmi odboru radiačnej ochrany Regionálneho úradu verejného zdravotníctva (RÚVZ) so sídlom v Banskej Bystrici vykonali dlhodobé merania objemovej aktivity radónu v 13 sprístupnených jaskyniach. Merania boli vykonané na všetkých miestach v podzemných priestoroch, kde majú sprievodcovia výklad. Následne boli vytypované v každej jaskyni referenčné miesta, na ktorých sa merala objemová aktivita radónu v súlade s platnými legislatívnymi postupmi v nasledujúcich rokoch.

Na základe výsledkov meraní z roku 2019 je 11 jaskýň považovaných za pracoviská s ožiarením radónom v zmysle platnej legislatívy. Ožiarenie sprievodcov radónom sme v týchto jaskyniach vyhodnotili za obdobie rokov 2019 – 2025 s použitím konverzných koeficientov na stanovenie efektívnej dávky odporúčaných ICRP 137.

V období rokov 2019 – 2025 v sledovaných jaskyniach vykonávalo sprievodcovskú činnosť spolu 336 zamestnancov.

Rozsah ročných efektívnych dávok z ožiarenia radónom bol u sprievodcov v intervale od < 0,1 mSv/rok do 34,4 mSv/rok.

ANALÝZA VARIÁCIÍ OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU V MALEJ STANIŠOVSKEJ JASKYNI

Ema Nogová[1] – Iveta Smetanová[1] – Jakub Lüley[2] – Lenka Ondrášová[1] – Kristian Csicsay[1] – Štefan Čerba[2] – Branislav Vrban[2] – Otto Glavo[2] – Filip Revai[2]

[1] Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava; ema.nogova@savba.sk

[2] Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Ilkovičova 3, 841 04 Bratislava

Nepretržité merania koncentrácie radónu, mikroklimatických a meteorologických parametrov sa vykonávajú v Malej Stanišovskej jaskyni v Nízkych Tatrách od decembra 2024 a sú plánované na dva roky. Monitorovanie radónu prebieha na stanici Otočka pomocou polovodičového detektora RPP (Piketronic, ČR) s hodinovým záznamom dát. Cieľom výskumu bolo zistiť časové variácie objemovej aktivity radónu vo vzťahu k mikroklimatickým a meteorologickým podmienkam. Získané časové rady odhalili výraznú sezónnu variáciu radónu, ktorá v letnom období dosahuje hodnoty až 2000 Bq/m^3, zatiaľ čo v zime sú hodnoty nízke a stabilné. V jarných a jesenných mesiacoch boli zaznamenané krátkodobé variácie s trvaním 4 – 10 dní a výraznými amplitúdami. Frekvenčná analýza dát preukázala prítomnosť dvoch cyklov v radónovom časovom rade, najsilnejší je 24-hodinový (denný), menej významný je 12-hodinový cyklus. Spektrogramy potvrdili, že tieto cykly sa najvýraznejšie prejavujú v lete. Variácie objemovej aktivity radónu v Malej Stanišovskej jaskyni sú najpravdepodobnejšie ovplyvnené výmenou vonkajšieho a jaskynného vzduchu.

MERANIE OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU VO VYBRANÝCH SLOVENSKÝCH JASKYNIACH

Lenka Ondrášová[1] – Iveta Smetanová[1] – Jakub Lüley[2] – Vendula Vrtalová[2] – Kristian Csicsay[1] – Štefan Čerba[2] – Branislav Vrban[2] – Otto Glavo[2] – Filip Revai[2] – Ema Nogová[1]

[1] Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava; lenka.ondrasova@savba.sk

[2] Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Ilkovičova 3, 841 04 Bratislava

Radón, akumulujúci sa v podzemných priestoroch, vzniká prirodzenou premenou rádia ^{226}Ra v premenovom rade ^{238}U, nachádzajúcom sa v horninovom prostredí. Jeho koncentrácia v rámci podzemných priestorov, akými sú jaskyne, štôlne či tunely, sa v čase mení. Časovo-priestorové zmeny objemovej aktivity radónu sú od decembra 2024 merané v štyroch jaskyniach

– Belianskej, Bystrianskej, Malej Stanišovskej a v jaskyni Driny, v každej na viacerých stanovištiach, v závislosti od veľkosti jaskyne. Na každom stanovišti sú umiestnené stopové detektory radónu, na vybraných stanovištiach sú doplnené kontinuálnym monitoringom a meraniami mikroklímy. Stopové detektory CR-39 (TASL) sú na každom stanovišti uložené v dvoch sadách po tri kusy, pričom jedna sada je inštalovaná na účely trojmesačných meraní, druhá sada sa používa na mesačné merania. Z každého stanovišťa sa získava 60 údajov, ktoré sú vyhodnocované pomocou štatistických metód.

Na úhrnnú objemovú aktivitu radónu majú pomerne veľký vplyv sezónne zmeny. Údaje vyhodnotené za rok 2025 poukazujú na výrazné časovo-priestorové variácie, ktoré sú pre každú jaskyňu odlišné. Rozdielne sú tiež namerané hodnoty objemovej aktivity radónu v jednotlivých jaskyniach. Tieto zistenia môžu prispieť k pochopeniu komplexnej dynamiky vzdušného prúdenia v jaskynných priestoroch. Merania sú plánované na obdobie dvoch rokov.

Projekt je realizovaný vďaka podpore *Agentúry na podporu výskumu a vývoja* pod označením APVV 23-0269.

OBJEMOVÁ AKTIVITA RADÓNU V JASKYNI FELIPE REVENTÓN A EL VIENTO (TENERIFE, KANÁRSKE OSTROVY)

Iveta Smetanová[1] – Maria Candelaria Martín Luis[2] – Pedro Ángel Salazar Carballo[3] – María López Pérez[3] – Maria Esther Martín González[4] – Xiomara Duarte Rodríguez[3] – Eduardo Pérez González[3] – José Luis Rodríguez Marrero[3]

[1] Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04, Bratislava, Slovenská republika; Iveta.Smetanova@savba.sk

[2] Department of Animal Biology, Edaphology and Geology, Faculty of Sciences, University of La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, Španielsko

[3] Laboratory of Medical Physics and Environmental Radioactivity, SEGAI, University of La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, Španielsko

[4] Museo de Ciencias Naturales, Santa Cruz de Tenerife, Tenerife, Španielsko

V dvoch lávových jaskyniach na Tenerife bol zrealizovaný krátkodobý spoločný porovnávací výskum priestorovej zmeny objemovej aktivity radónu v ovzduší, merania trvali 10 dní. Jaskyne vytvorené v bazaltovej láve sa nachádzajú v blízkosti mesta Icod de Los Vinos na severnom svahu sopky Pico Viejo, no nie sú navzájom prepojené. Na meranie sa použili rôzne typy stopových a kontinuálnych detektorov, ktoré patria Ústavu vied o Zemi SAV, v. v. i. a pracovníkom z University of La Laguna.

V jaskyni Felipe Reventón, ktorá má dĺžku približne 1800 m a je pre verejnosť neprístupná, sa doteraz výskum radónu neuskutočnil. Na každé z ôsmich stanovíšť sa uložil stopový detektor Ramarn (SÚJCHBO, ČR) a tri detektory typu CR-39 (Radosys), ktoré boli na porovnanie vyhodnotené na troch rôznych pracoviskách v Španielsku. Na jedno stanovište sa umiestnil aj kontinuálny detektor RPP (Piketronic, ČR) patriaci ÚVZ SAV, v. v. i. a Sarad GmbH patriaci ULL, spoločne s barologgrom na kontinuálny záznam teploty a tlaku ovzdušia.

Jaskyňa El Viento je s dĺžkou 18,2 km šiestou najdlhšou lávovou jaskyňou na svete a najdlhšou v Európe. Stopové detektory Ramarn boli umiestnené na 4 stanovištia v sprístupnenej a na 8 stanovíšť v nesprístupnenej časti jaskyne. V sprístupnenej časti s dĺžkou 180 m sa uložili kontinuálne detektory z oboch pracovísk a barologger na miesto, kde už od roku 2020 prebieha kontinuálne meranie radónu. V nesprístupnenej časti bolo tiež zvolené jedno stanovište s kontinuálnym meraním. Na obidve miesta s kontinuálnymi detektormi sa uložili aj tri porovnávacie stopové detektory Radosys.

Hodnoty priemernej objemovej aktivity radónu zistené rôznymi stopovými detektormi boli navzájom porovnateľné. V jaskyni Felipe Reventón sa hodnoty pohybovali od 4100 Bq/m^3 do 6600 Bq/m^3. V neprístupnej časti jaskyne El Viento boli hodnoty najvyššie, v rozsahu 6100 až 11200 Bq/m^3 a v sprístupnenej časti v rozsahu 1700 – 4500 Bq/m^3.

Najvyššie hodnoty objemovej aktivity radónu namerané pomocou kontinuálnych detektorov sa zistili na stanovišti v nesprístupnenej časti jaskyne El Viento, kde sa hodinové údaje pohybovali v rozsahu od 6000 do 8400 Bq/m^3. V sprístupnenej časti boli namerané hodnoty výrazne nižšie, od 100 do 2300 Bq/m^3, s veľmi výraznými dennými variáciami. Táto časť jaskyne je intenzívne prirodzene ventilovaná cez viacero otvorov a vstup. V jaskyni Felipe Reventón sa objemová aktivita radónu nachádzala v intervale 3000 – 4500 Bq/m^3 a denné variácie boli nevýrazné.

Výskum bol podporený z projektu COST20108.

ODHAD EFEKTÍVNEJ DÁVKY PRE SPRIEVODCOV A NÁVŠTEVNÍKOV DEMÄNOVSKEJ JASKYNE SLOBODY, BRESTOVSKEJ JASKYNE A HARMANECKEJ JASKYNE

Iveta Smetanová[1] – Lucia Pristašová[2] – Dagmar Haviarová[2] – Kristian Csicsay[1]

[1] Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04, Bratislava; Iveta.Smetanova@savba.sk

[2] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš

V troch sprístupnených jaskyniach (Demänovská jaskyňa slobody – 6 stanovíšť, Brestovská jaskyňa – 4 stanovištia a Harmanecká jaskyňa – 8 stanovíšť) sa uskutočnil výskum objemovej aktivity radónu v ovzduší a podľa odporúčania ICRP 137 sa odhadli mesačné a ročné efektívne dávky pre sprievodcov a návštevníkov. Výskum prebiehal integrálnym spôsobom pomocou stopových detektorov Ramarn (SÚJChBO, ČR), ktoré sa menili v mesačných intervaloch, v prípade Harmaneckej jaskyne v trojmesačných intervaloch. Rovnaké detektory v jaskyniach používa ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, menia sa v polročných intervaloch. Výskum sa uskutočnil od mája 2021 do decembra 2023 v Brestovskej jaskyni a Demänovskej jaskyni slobody a od decembra 2023 do novembra 2024 v Harmaneckej jaskyni. Výsledky preukázali rozdielne hodnoty objemovej aktivity radónu v jednotlivých jaskyniach, najvyššie priemerné ročné hodnoty boli zistené v Brestovskej jaskyni, pohybovali sa v intervale 2770 – 11390 Bq/m^3, v Demänovskej jaskyni slobody dosahovali 730 – 3190 Bq/m^3 a v Harmaneckej jaskyni 930 – 2240 Bq/m^3. Líšil sa aj typ ročnej variácie radónu v jednotlivých jaskyniach, v Brestovskej bolo pozorované maximum v letných mesiacoch, v Demänovskej jaskyni slobody sa zistili dve maximá, prvé v jarných a druhé v jesenných mesiacoch. V Harmaneckej jaskyni sa charakter ročnej variácie medzi stanovišťami odlišoval. Mesačné efektívne dávky pre sprievodcov sa odhadli na základe počtu hodín strávených v jaskyni v jednotlivých mesiacoch roka a priemernej objemovej aktivity radónu v danom mesiaci, v prípade Harmaneckej jaskyne sa použili trojmesačné údaje. Najvyššie ročné efektívne dávky boli odhadnuté pre sprievodcov v Brestovskej jaskyni, v intervale 9 – 24 mSv, pre brigádnikov v intervale 4 – 19 mSv. V Demänovskej jaskyni slobody získali sprievodcovia efektívnu dávku 1,5 – 10,5 mSv za rok, brigádnici 1,5 – 3 mSv za rok. V Harmaneckej jaskyni sa ročné efektívne dávky pre sprievodcov pohybovali v rozsahu 3 – 8,3 mSv a pre brigádnikov 0,7 – 4,2 mSv. V prípade Brestovskej jaskyne a Demänovskej jaskyne slobody sa porovnali aj hodnoty získané pomocou šesťmesačných meraní objemovej aktivity radónu realizovaných Správou slovenských jaskýň, výsledky boli porovnateľné. Hodnoty efektívnych dávok pre návštevníkov jaskýň záviseli od priemernej objemovej aktivity radónu v mesiaci ich návštevy a doby trvania prehliadky, najvyššie boli v Brestovskej jaskyni (31 – 117 μSv).

Výskum bol podporený vedeckou grantovou agentúrou VEGA v rámci projektu 2/0018/22 a APVV v rámci projektu APVV-23-0269.

BIOSPELEOLÓGIA

SOIL COLLEMBOLA COMMUNITIES ALONG MICROCLIMATIC GRADIENT IN THE COLLAPSE DOLINE OF THE PARADANA ICE CAVE (WESTERN SLOVENIA)

Michal Hurka[1] – Natália Raschmanová[1] – Dana Miklisová[2] – Ľubomír Kováč[1]

[1] Department of Zoology, Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, Pavol Jozef Šafárik University, Šrobárova 2, 041 54 Košice, Slovakia; michal.hurka@student.upjs.sk, natalia.raschmanova@upjs.sk, lubomir.kovac@upjs.sk

[2] Institute of Parasitology, Slovak Academy of Sciences, Hlinkova 3, 040 01, Košice, Slovakia; miklis@saske.sk

Entrances of ice-filled caves with vegetation and temperature inversion generally represent noticeable climate gradients compared to the surrounding habitats. These natural karst formations are also important ecotones between epigeic and hypogeic environments, where rare relict species of soil and subterranean fauna are expected and which could be threatened by the impact of climate change in the future. Collembola are an abundant and cosmopolitan group of soil mesofauna. Many species have a relict character and are therefore an ideal group for research of collapsed cave entrances. This study focuses on the investigation of soil Collembola

communities along a microclimatic gradient within the collapsed entrance of the Paradana Ice Cave. It is one of the unique ice caves in Slovenia and is located in the high Dinaric Karst Plateau, in an area with a temperate climate. The entrance of this ice cave is a collapse doline at an elevation of 1135 m a.s.l. on a slope (southeastern exposition) covered by mixed forest, ass. *Abieti-Fagetum Dinaricum,* near the plateau edge. This cave belongs to the Paradana cave system, which includes 3 connected caves. Permanent ice is observed only in the entrance sections of the cave. Five sites were selected along a 73 m transect from the bottom of the cave mouth to the upper part of the doline. A total of five replicate soil samples were taken from each site in October 2023. From the bottom of the cave mouth to the upper part of the doline, a marked vegetation gradient was observed: mosses (site 1), dense grass and mosses (site 2), subalpine shrubs (site 3), spruce forest (site 4), and at the top, beech and fir forest (site 5). Soil microclimatic and chemical characteristics documented notable differences at the collecting sites along the slope. The soil temperature (October 2023 – October 2024) at the sites ranged as follows: T_{mean}, 2.7–8.5°C, T_{min}, -6.0–0.3°C, and T_{max}, 7.8–16.8°C. A less fluctuating and colder microclimate was recorded at site (1) near the permanent ice compared with other sites along the studied transect. The colder site (1) had the lowest content of soil organic carbon, 11.43%, and a considerably higher value of this parameter was recorded in the spruce forest (4), 55.26%. We hypothesise that soil Collembola communities would differ significantly along the microclimatic gradient within the entrance zone of the ice cave. Within the studied gradient, low species richness and high abundances of Collembola communities at the colder site, and the opposite trend at warmer sites, are expected. We also expect the presence of specialised cold-adapted species and taxa with high conservation value, including endemic and relict fauna. This study presents the first results on the diversity and structure of soil Collembola communities in this unique locality. Inversion karst formations, such as the entrance zone of ice caves, are ideal for long-term studies of soil fauna communities in the context of climate change.

ZPŘÍSTUPNĚNÉ JESKYNĚ ČESKÉ REPUBLIKY – VÝZNAMNÁ ZIMOVIŠTĚ LETOUNŮ (PROVOZ, OCHRANA, MONITORING)

Martin Koudelka[1,2]

[1] Správa jeskyní České republiky, Květnové nám. 3, 252 43 Průhonice

[2] Česká společnost pro ochranu netopýrů, Katedra zoologie PřF UK, Viničná 7, 128 00 Praha 2; koudelka@caves.cz

Z více než 4000 jeskyní v České republice je 14 zpřístupněno veřejnosti. Všem je poskytována zákonná ochrana a většina z nich je navíc také chráněna jako evropsky významná zimoviště letounů.

Všechny jeskyně zpřístupněné veřejnosti musí zároveň zajišťovat složitý provoz jeskyní, se všemi aspekty bezpečnosti návštěvníků, při současném zachování podmínek v podzemí, blížících se ideálnímu stavu jeskyně před zpřístupněním. Je jasné, že v reálném životě musíme hledat nějaký vyvážený kompromis. Stanovení optimálních hodnot počtu návštěvníků, intervalů mezi prohlídkami, otvíracích dob jeskyní je složitým a neustále se měnícím procesem, který musí pružně reagovat na nové poznatky a konkrétní situaci na každé lokalitě.

Sledování stavu biotopů a výskytu druhů letounů *(Chiroptera)* vychází z ustanovení evropského práva (především Směrnice o stanovištích), které bylo implementováno do zákona č.114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Toto ustanovení ukládá orgánům ochrany přírody povinnost sledovat stav evropsky významných druhů a evropsky významných lokalit. Hlavním účelem monitoringu je hodnocení dlouhodobého vývoje populací druhů z hlediska ochrany. Aktuálně se na území České republiky vyskytuje 27 druhů letounů tří čeledí (netopýrovití – *Vespertilionidae*, vrápencovití – *Rhinolophidae* a létavcovití – *Miniopteridae*). A přestože všechny druhy nepatří k evropsky významným druhům (pouze šest z nich) jsou všichni netopýři z hlediska legislativy České republiky zařazeni mezi zvláště chráněné živočichy. Šest z nich je v kategorii kriticky ohrožený, ostatní v kategorii silně ohrožený druh.

Konkrétní monitoring zahrnuje pravidelné sčítání letounů na zimovištích. Projekt byl zahájen již v roce 1969 a již od počátku do něj byla zahrnuta také velká část jeskyní zpřístupněných veřejnosti. Získaná data tak zásadně přispívají k řešení problematiky dlouhodobých změn rozšíření a početnosti jednotlivých druhů na území ČR, včetně objasnění příčin těchto změn. Moderní metody výzkumu jako detektoring a telemetrie získané výsledky významně doplňují z hlediska faunistiky, biologie a ekologie.

Správa jeskyní České republiky se aktivně podílí na monitoringu zimujících populací letounů a získané výsledky používá k nastavení managementu provozu jednotlivých zpřístupněných jeskyní v souladu s Plány péče. Aktivně se účastní aktuálních projektů sledujících termopreferenci, dynamiku a průběh hibernace vybraných druhů letounů – zejména vrápence malého *(Rhinolophus hipposideros)*.

FAUNA BEZSTAVOVCOV JASKYNE SAMOVA DIERA (JÁNSKA DOLINA, NÍZKE TATRY)

Miloš Melega[1] – Vladimír Papáč[1] – Andrej Mock[2] – Kamila Ondrejková[3] – Peter Ľuptáčik[2] – Anna Šestáková[4] – Juraj Litavský[3] – Tomáš Čejka[5] – Tomáš Jászay[6] – Bernd Grundmann[7] – Miroslav Kudla[1]

[1] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; milos.melega@ssj.sk

[2] Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 54 Košice

[3] Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

[4] Západoslovenské múzeum, Múzejné námestie 3, 918 09 Trnava

[5] Centrum biológie rastlín a biodiverzity SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava

[6] Šarišské múzeum v Bardejove, Radničné námestie 13, 085 01 Bardejov

[7] Diekstraße 6, D – 33824 Werther (Westf.), Germany

Jaskyňa Samova diera (k. ú. Liptovský Ján) v Jánskej doline je fluviokrasovou jaskyňou s vchodom orientovaným na juhovýchod v nadmorskej výške 941,1 m. Od roku 2020 vzrástla dĺžka známych jaskynných priestorov z pôvodných 16 m na dnešných 709 m (Holúbek a Jančovič, 2022). V roku 2024 sme začali s výskumom zameraným na zistenie druhového zloženia bezstavovcov, predovšetkým terestrickej subteránnej fauny. Výskum vychádzal z nedávneho objavenia rozsiahlejších, len minimálne človekom ovplyvnených častí jaskyne, ako aj z potreby doplniť obmedzené poznatky o jaskynnej faune Jánskej doliny. Použili sme štandardné metódy pre odchyt v jaskyniach, ako tvorba biostacionárnych plôch s vystavenými zemnými pascami, ručné zbery zoologického materiálu, odber pôvodného organického materiálu i návnad a ich následná extrakcia. Podarilo sa nám zistiť 39 taxónov bezstavovcov, z ktorých 27 bolo determinovaných na druhovú úroveň. Z pohľadu diverzity najpestrejšou taxonomickou skupinou boli chvostoskoky. V jaskyni sa vyskytujú dva troglobiontné druhy chvostoskokov *Deuteraphorura kratochvili* a *Pseudosinella pacltí*, ktoré patria medzi západokarpatské endemity. Okrem nich sme zaznamenali i početný výskyt ďalších západokarpatských endemitov, mnohonôžky *Allorhiscosoma sphinx* a behúnika *Duvalius microphthalmus microphthalmus.* Zaujímavé sú aj ďalšie nálezy z radu roztočov. Lokalita je habitatom viacerých špecializovaných subteránnych foriem a ich druhová skladba je podobná subteránnej faune iných jaskýň na severe centrálneho regiónu Západných Karpát. Nezistili sme tu však niektoré jaskynné druhy, medzi nimi i napr. chvostoskoka *Megalothorax hipmani,* nájdeného v neďalekom Systéme Hipmanových jaskýň.

Literatúra

Holúbek, P. – Jančovič, D. 2022. Objavy v Samovej diere v Jánskej doline v Nízkych Tatrách. Spravodaj SSS, 53, 3, 3–8.

INVERTEBRÁTNA FAUNA DVOCH JASKÝŇ MASÍVU VEĽKÝ SOKOL (DEMÄNOVSKÁ DOLINA, NÍZKE TATRY)

Miloš Melega[1] – Vladimír Papáč[1] – Zuzana Višňovská[1] – Kamila Ondrejková[2] – Anna Šestáková[3] – Tomáš Jászay[4] – Peter Ľuptáčik[5] – Andrej Mock[5] – Ľubomír Kováč[5] – Tomáš Čejka[6] – Vladimír Janský[7] – Michal Rendoš[8]

[1] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; milos.melega@ssj.sk

[2] Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

[3] Západoslovenské múzeum, Múzejné námestie 3, 918 09 Trnava

[4] Šarišské múzeum v Bardejove, Radničné námestie 13, 085 01 Bardejov

[5] Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 54 Košice

[6] Centrum biológie rastlín a biodiverzity SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava

[7] Slovenské národné múzeum, Prírodovedné múzeum, Vajanského nábrežie 2, P. O. Box 13, 810 06 Bratislava 16

[8] Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, 17. novembra 1, 080 01 Prešov

Náš najväčší Demänovský jaskynný systém v Demänovskej doline Nízkych Tatier už dlhodobo púta pozornosť biospeleológov. Naopak, protiľahlá strana

Demänovskej doliny v masíve Veľkého Sokola zostávala na okraji pozornosti. Doposiaľ bolo o jaskynnej faune bezstavovcov jaskýň Sokola známych len niekoľko údajov a poznatky z komplexného prieskumu subteránnej fauny z tejto časti Demänovskej doliny úplne absentovali. V našom výskume sme sa preto zamerali na dve jaskyne: Jaskyňa v Sokole s dĺžkou 323 m a Dračia jaskyňa v Sokole, ktorá meria 1110 m. Obe majú podobné prevýšenie aj J-JV orientáciu vstupu v skalnom brale a sú oligotrofného charakteru. Vodnú zložku tu v čase prieskumu reprezentovali občasné jazierka dotované priesakovými vodami. Predpokladá sa, že ide o jeden jaskynný systém, ktorý je rozdelený pravdepodobne iba zasypanými spojovacími chodbami. Dobre známy a rozmerovo veľký vstupný portál Jaskyne v Sokole leží vo výške 969,9 m n. m. nad vchodom do Dračej jaskyne v Sokole, ktorej vchod bol objavený v roku 2018 a dnes je zabezpečený uzáverom (Herich, 2021). V júni 2023 sme začali výskum s cieľom doplniť poznatky o skladbe subteránnej fauny Demänovskej doliny. Použili sme štandardné metódy pre odchyt v jaskyniach, pričom sme sa snažili zachytiť terestrickú i akvatickú zložku fauny bezstavovcov v gradiente od vchodu až po najhlbšie časti jaskyne.

V skúmaných jaskyniach sme odchytili 332 jedincov. To predstavovalo 46 taxónov bezstavovcov, z ktorých bolo 34 identifikovaných do druhovej úrovne. Z pohľadu diverzity najpestrejšou taxonomickou skupinou boli chvostoskoky. K významným druhom patrili eutroglofil *Ceratophysella granulata* a troglobiont *Deuteraphorura kratochvili*.

Z jaskýň bola druhovo bohatšia Dračia jaskyňa v Sokole s 35 taxónmi oproti 25 taxónom v Jaskyni v Sokole. Deväť druhov sa vyskytovalo v oboch jaskyniach, pričom išlo zväčša o jaskynné druhy, ako sú vzácna troglobiontná šťúrovka *Eukoenenia spelaea,* troglobiontný chvostoskok *Deuteraphorura kratochvili,* reliktný druh chvostoskoka *Protaphorura janosik* a mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx*, ktorá je západokarpatským endemitom. Z hľadiska výskytu jaskynných druhov sú skúmané jaskyne teda navzájom podobné. Iba v jaskyni v Sokole bol zistený troglobiontný chvostoskok *Pseudosinella paclti* a vzácny panciernik *Belba clavigera*.

Relatívne chudobne zastúpená v oboch jaskyniach je akvatická fauna, avšak jeden nález vyniká nad ostatnými, a to pravdepodobne nový druh pre vedu zo skupiny Amphipoda v Jaskyni v Sokole (momentálne je predmetom detailnej analýzy).

Skúmaná bola aj kamenná sutina pod previsom tesne spred vchodu do Dračej jaskyne v Sokole, kde sme zistili 20 taxónov z minimálne 8 radov, pričom 12 ich bolo identifikovaných do druhovej úrovne. Tu sme odchytili 143 jedincov fauny. Medzi početnejšie druhy patril chvostoskok *Lepidocyrtus lignorum* a pavúk *Liocranum rupicola*. Po ukončení determinácie zvyšného zoologického materiálu z oboch lokalít sa očakáva doplnenie celkovej skladby fauny o ďalšie druhy.

Subteránna fauna skúmaných lokalít sa druhovým zložením podobá subteránnej faune iných jaskýň na severe centrálneho regiónu Západných Karpát. Prítomnosť endemických a reliktných druhov poukazuje na veľmi zachovalý stav tunajších biocenóz. Nateraz tu však absentujú nálezy niekoľkých iných terestrických jaskynných foriem, ktoré sú relatívne frekventované a dominantné v Demänovskom jaskynnom systéme či iných jaskyniach po pravej strane Demänovky, ako napr. troglobiontné chvostoskoky *Megalothorax hipmani, M. tatrensis,* behúnik *Duvalius microphthalmus spelaeus* či eutroglofilná rovnakonôžka *Mesoniscus graniger.*

Poďakovanie. Úprimná vďaka za determináciu vybraných skupín fauny patrí aj ďalším špecialistom, menovite Jozef Oboňa (Diptera) z Prešovskej univerzity v Prešove, Branislav Endel (Lepidoptera) zo Slovenskej akadémie vied v Bratislave a Bernd Grundmann (Diptera: Phoridae). Za pomoc pri terénnom výskume ďakujeme Laure Dušekovej a Pavlovi Staníkovi zo Správy slovenských jaskýň.

Literatúra:

Herich, P. 2021. Dračia jaskyňa v Sokole. Slovenský kras, 59, 2, 187–202.

MIKROSKOPICKÉ HOUBY V PROSTORÁCH URČENÝCH PRO SPELEOTERAPII

Alena Nováková

Krčínova 1090/6, 370 11 České Budějovice, Česká republika; ANmicrofungi@seznam.cz

Speleoterapeutické pobyty v jeskyních představují léčebnou kúru pro pacienty s astmatem a dalšími dýchacími problémy, ale probíhají také jako relaxační wellness pobyty. Zahrnují různé pohybové aktivity, ale také několikahodinový odpočinek na lůžku s poslechem hudby či četby, případně formou spánku. Prostory vybrané pro účely speleoterapie musí splňovat přísná kritéria včetně lékařského dozoru v případě léčebných pobytů. Specifickými vlastnostmi jeskynního klimatu jsou např. stálá nízká teplota a vysoká relativní vlhkost vzduchu, přirozená radioaktivita, nízký obsah prachových částic v ovzduší a často uváděné nevhodné podmínky pro výskyt mikroorganismů. Mikroorganismy, specifické bakterie a spory mikroskopických hub, se přesto v jeskynním ovzduší vyskytují v různé míře, velmi podstatná pro speleoterapii je nepřítomnost patogenních a alergenních druhů mikroorganismů, zvláště mikroskopických hub v ovzduší vybraných prostor.

Příspěvek uvádí historický přehled včetně v minulosti i v současnosti využívaných speleoterapeutických prostor a údaje o výskytu mikroskopických hub ve vybraných prostorách pro speleoterapii v České republice, Slovensku a Maďarsku.

COLLEMBOLA (HEXAPODA) AS INDICATORS OF CLIMATE CHANGE: THE ENTRANCE ZONES OF ICE CAVES IN KARST LANDSCAPES

Natália Raschmanová[1] – Dana Miklisová[2] – Ľubomír Kováč[1]

[1] Department of Zoology, Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, Pavol Jozef Šafárik University, Šrobárova 2, 041 54 Košice, Slovakia; natalia.raschmanova@upjs.sk, lubomir.kovac@upjs.sk

[2] Institute of Parasitology, Slovak Academy of Sciences, Hlinkova 3, 040 01, Košice, Slovakia; miklis@saske.sk

The entrance zones of ice caves provide unique environments with an inverse microclimate and vegetation. From a historical perspective, these natural karst landforms served as micro-refugia for cold-adapted invertebrates and are therefore considered relict taxa from the last glacial period of the Quaternary. These microrefugia, characterised by pronounced climatic stability, can reduce extinction risks and sustain climate-sensitive relict biota under regional and global climate change in the long-term timescale. In the entrance zones of ice caves, we assessed the distribution patterns of Collembola (Hexapoda), a diverse and abundant group of soil mesofauna. Individual species strongly associated with specific microclimatic conditions in cave entrances may respond more sensitively to changes in global climate and therefore may serve as biological indicators of climate change. In Slovakia, entrance zones of 10 ice or cold caves were selected in several geomorphological units: Silická ľadnica Ice Cave, Veľká Salanka, and Bezodná ľadnica in the Slovak Karst, Dobšinská Ice Cave in the Slovak Paradise, Ľadová jama, and Šingliarka in the Muránska planina Plateau, Ľadová pivnica in the Belianske Tatras Mts, Medvedia jaskyňa, and Studená diera in the Low Tatra Mts, and Harmanecká jaskyňa in the Veľká Fatra Mts. Preliminary results showed that: 1. Despite differences in the size (in terms of length of microclimatic gradient), topography, soil-chemical characteristics and ice accumulation (permanent/seasonal) of the studied cave entrances, soil Collembola communities exhibited a similar community pattern in terms of diversity and abundance along a microclimate gradient at all locations, 2. At some localities, the cold and humid sites along the gradient were characterised by a higher number and/or abundance of cold-adapted species that primarily occur in mountain habitats, 3. A notable number of endemic species and the presence of relict taxa were associated with each study locality, supporting the unique biodiversity of these karst formations. Given their high biodiversity value and widespread distribution of these landforms, we suggest that karst landscapes in Slovakia and, more generally, in Central Europe may serve as a network of potential microrefugia for soil fauna in the context of a changing climate. Thus, island-like landforms in karst landscapes, specifically the entrance zones of ice caves, deserve high conservation priority. This study was funded by the Slovak Scientific Grant Agency (grants VEGA: 1/0438/22, 1/0126/26) and by the Slovak Research and Development Agency (grant APVV-21-0379).

A DEEPLY DIVERGENT LINEAGE OF SUBTERRANEAN AMPHIPODS FROM THE EPIKARST OF THE DEMÄNOVÁ VALLEY SUGGESTS A NEW FAMILY

Michal Rendoš[1] – Alice Salussolia[2] – Ninon Lecoquierre[2] – Maciej Studzian[3,4] – Zuzana Višňovská[5] – Dagmar Haviarová[5] – Michał Grabowski[6] – Jean-François Flot[2] – Fabio Stoch[2]

[1] Department of Ecology, Faculty of Humanities and Natural Sciences, University of Prešov, 17. novembra 1, 080 01 Prešov, Slovakia; michal.rendos@unipo.sk

[2] Evolutionary Biology & Ecology, Université libre de Bruxelles, Avenue F.D. Roosevelt 50, 1050, Brussels, Belgium; salussolia.alice@gmail.com, ninon.lecoquierre@ulb.be, jean-francois.flot@ulb.be, fabio.stoch@ulb.be

[3] Department of Oncobiology and Epigenetics, Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Lodz, Stefana Banacha 12/16, 90-237 Łódź, Poland; maciej.studzian@biol.uni.lodz.pl

[4] Laboratory of Transcriptional Regulation, Institute of Medical Biology of the Polish Academy of Sciences, Lodowa 106, 93-232 Łódź, Poland; maciej.studzian@biol.uni.lodz.pl

[5] State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; zvisnovska@gmail.com, dagmar.haviarova@ssj.sk

[6] Department of Invertebrate Zoology and Hydrobiology, Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Lodz, Stefana Banacha 12/16, 90-237 Łódź, Poland; michal.grabowski@biol.uni.lodz.pl

Although the epikarst has received increasing attention in recent years, it remains one of the least explored subterranean habitats of karst systems due to its inaccessibility and methodological constraints associated with sampling. Nevertheless, it may serve as an important refuge for evolutionarily unique and highly specialised subterranean organisms. Between 2019 and 2024, a total of 18 specimens of minute subterranean amphipods were collected during investigations of epikarst waters in Beníková Cave, Demänovská jaskyňa mieru Cave, and Jaskyňa v Sokole Cave in the Demänová Valley. All specimens were recorded exclusively from epikarst seepage and associated gour pools. Morphological examination using confocal microscopy revealed pronounced troglomorphic features, including complete reduction of eyes and pigmentation. The specimens were additionally characterised by minute body size (approximately 1 mm), esthetascs on antenna 1, and two-segmented pleopodal rami, distinguishing them from other known subterranean amphipods. Molecular analyses based on mitochondrial and nuclear markers (COI, 18S, 28S, H3), complemented by mitogenomic data and long fragments of nuclear rDNA, recovered the studied specimens as a distinct and deeply branching lineage within the superfamily Niphargoidea, phylogenetically related to the families Niphargidae and Pseudoniphargidae, but clearly separated from all currently recognised amphipod families. Combined morphological and molecular evidence supports the recognition of this lineage as a new family of subterranean amphipods. The discovery highlights the significance of epikarst habitats as reservoirs of previously unknown subterranean biodiversity and emphasises the value of integrative approaches combining morphology and modern molecular methods in the study of karst systems. This study was funded by the Slovak Research and Development Agency (APVV-23-0208) and by the Polish National Agency for Academic Exchange within the Ulam Programme (PPN/ULM/2020/1/00134).

VYUŽÍVANIE A OCHRANA KRASU A JASKÝŇ

CAVE THERAPY FOR DISABLED CHILDREN

Tamás Faragó

Hungarian Speleological Society, Budapest, Pusztaszerri út 35; faragoo.t@gmail.com

Therapy in caves and mines has long been known as a way of utilising the underground world. Until now, these therapies have been limited to curing people suffering from respiratory diseases and allergies.

Our group focuses on different areas of developmental disorders. In natural caves, mobility and moving forward are generally not easy. Caving is a kind of sport activity. We have been organising tours for people with disabilities to practice elementary movement for 25 years. All of our members are volunteers.

Our tours are held every Tuesday throughout the year. We have chosen the Pálvölgyi-Mátyáshegyi Cave System in Budapest for the therapies to take place. It can be easily reached from the city by bus or car. This is a varied cave system, with passages of different difficulty, so that we can choose the optimal tracks for each participant. The classification is based on how easily they can move in the cave.

Obr. 1. Children's Speleotherapy in the beautiful coloured Vass Imre Cave.

We organise about 45 therapeutic tours per year in the Pálvölgyi-Mátyáshegyi Cave System; an average of 15 children take part in each case. This means we give children individual help over 600 times each year, and approximately 40 of them attend our sessions regularly.

Four or five times a year, we also go for a weekend camp to karst areas of Hungary with the children. When we organise camps in Aggtelek, we usually visit caves in Slovakia, too, e.g. Domica Cave, Gombasecká Cave, Jasovská Cave.

The first thing we can give the children is adventure. The second is attention. Each participant gets special attention by having a personal assistant during the tour.

In the cave environment, development takes place "unnoticed" through experiences and adventures. Our children are not aware that they are in developmental training. For them it is "only" an adventure and a challenge.

The basic aim is for participants to find their potential and resources, to develop their self-confidence and self-image, and to fit in as well as possible.

There is progress in the following areas: motor coordination, balance, spatial orientation, dexterity, endurance, stamina, coping skills, concentration, and communication.

EKOLÓGIA DOMICE

Zdenko Hochmuth

Speleoklub Univerzity Pavla Jozefa Šafárika, M. Nešpora 17, 080 01 Prešov; zdenko.hochmuth@upjs.sk

Pod slovom ekológia máme spravidla na mysli podmienky života organizmov, prípadne človeka v súvislosti s okolitým prostredím, organickým aj anorganickým, prírodným a aj spoločenským. Na zemskom povrchu obsahuje prírodné (geoekologické) prostredie značný podiel bioty, ktorá má značné autoregulačné schopnosti a ktorú považujeme za ústrednú podmienku pre úvahy o ekologických problémoch. V jaskyniach je to ináč, ich vývoj je dlhodobý a prírodné procesy prebiehajú o mnoho rádov pomalšie. Preto je aj jaskynné prostredie omnoho citlivejšie na zásahy, či už prírodného pôvodu (zmeny vlhkosti, teploty, povodne, rútenie, chemogénne procesy), no najmä činnosť človeka, ktorá omnoho silnejšie pôsobí v takomto na pohľad bezbrannom prostredí. V priebehu speleologických prác, ktoré v jaskyni vykonávame s vedeckými cieľmi, sme si všímali aj jej skutočné ekologické problémy. Niektoré sú prakticky nezvratné, u iných je možný návrat do kvázi pôvodného stavu, pravdaže za aktívneho pôsobenia napríklad kompetentných inštitúcií. O tejto téme som referoval na konferencii v Bodvasilas v roku 2015, žiaľ, bez odozvy a dnes už s hlbším poznaním problémov. Pre procesy narúšajúce homeostázu jaskyne som navrhol istú periodizáciu:

1. Predhistorická činnosť človeka. Vchod v mieste ponoru Domického potoka existoval. Neolitický človek v jaskyni zanechal stopy, ktoré čas zahladil. Avšak bol to už ľud poľnohospodársky a je možné, že zasypanie vchodu malo antropogénny pôvod.
2. Objaviteľ a činnosť prvých prieskumníkov – dôsledná ochrana orgánmi čsl. štátu.
3. Sprístupnenie a otvorenie jaskyne pre verejnosť v r. 1933 – odplašenie netopierov.
4. Vybudovanie hrádze Prvej plavby – zastavenie chodu plavenín, snahy o zlepšenie retencie.
5. Devastácia počas prechodu frontu.
6. Prerazenie tunela a vybudovanie hrádze Druhej plavby. Devastácia časti chodby mimo okruhu.
7. Vybudovanie záchytného objektu v Panenskej chodbe – devastácia výzdoby.
8. Protipovodňové opatrenia – odvodňovacia štôlňa. Povodniam nezabránili (r. 2022).
9. Zmeny inštalácie osvetlenia, dodnes zvyšky káblov a inštalácie.
10. Neefektívne prevádzkovanie, redukcia okruhu, pokles návštevnosti.

Na ekologickú problematiku sa viaže niečo ťažšie uchopiteľné, a to je estetika. Veď práve estetický zážitok je jeden z podstatných momentov, ktorý oslovuje návštevníkov. Návštevníci vychádzajú z jaskyne očarení, kladne hodnotia aj estetickú úroveň architektúry vstupného objektu, avšak pohľad na devastovaný objekt chaty, ktorá kedysi patrila jaskyniarom a turistom, a neúspešný developerský projekt všetko pokazí. Je nad sily dobrovoľnej organizácie tieto chyby minulosti, aj nedávnej, napraviť. To by mala organizácia, ktorá inkasuje prostriedky, a ktoré by sa mali vracať tam, kam patria, a nie rozdeľovať a odvádzať do nenásytného hrdla neprehľadnej ekonomiky.

Literatúra

Hochmuth, Z. 2015. The antropogenic Changes and Budens in the Domica Cave System. Aragonit, 20, 1, 71–72.

COMMUNITY-BASED PROTECTION AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF THE PULEJAJAR CAVE WATER SYSTEM IN THE KARST REGION OF GUNUNGKIDUL, INDONESIA

Yuniat Irawati

Swara Amreta Tisna (SWARNA), Yogyakarta, Special Region of Yogyakarta, Indonesia; yai_ira@yahoo.com

Pulejajar Cave is located in the karst region of Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia, an area known for its significant underground hydrological systems and fragile karst ecosystems. The cave contains an important freshwater source that has recently been utilised by the local community of Jepitu Village to support agricultural irrigation and local livelihoods in a drought-prone environment.

At the same time, the cave is situated near rapidly developing coastal tourism destinations, including Wediombo Beach, Jungwok Beach, and Blue Ocean tourism area. Increasing tourism activities and environmental pressure may threaten the sustainability of the underground water system, cave ecosystem, and surrounding karst environment if not managed responsibly.

This study explores a community-based approach to cave and karst protection through environmental awareness, preliminary field surveys, cave documentation, and collaboration with local communities and environmental organisations. A field survey conducted together with KOMBI (Komunitas Merangkul Bumi) and local stakeholders aims to document the current condition of the cave, underground water utilisation, environmental threats, and conservation potential.

The study emphasises the importance of balancing sustainable utilisation and environmental protection in karst regions. Pulejajar Cave represents a local example where underground water resources, agriculture, tourism, and cave conservation are closely interconnected. Through community participation and environmental education, this initiative aims to promote sustainable cave management and strengthen awareness regarding the protection of karst water systems in Indonesia.

ENVIRONMENTAL THREATS TO AJANTA CAVES IN INDIA

Jagbir Singh[1] – Gagan Deep[2]

[1] Department of Geography, Swami Shraddhanand College, University of Delhi, Alipur, Delhi-110036, India; drjagbirs@gmail.com

[2] Senior Research Associate, Ramesh Chand Institute of Management, Department of Humanities and Management, Mirpur, Tronica City, Ghaziabad, NCR Delhi, 201102, India; gagan_blosom@rediffmail.com

Heritage monuments across the world are affected by a variety of physical and biological stresses. Cave monuments are habitats for microbes, algae, fungi, and insects, and are unique biodiversity sites due to their low temperature, little to no sunlight, and high moisture conditions. Ajanta, Ellora, Elephanta, Guntupalle, Bhaja, Karla, Bedse, Kanheri, Saptaparni, Udayagiri, and Khandagiri are some of the famous cave monuments of India.

The Ajanta caves are great volcanic formations of the basalt plateau of the Deccan traps and among the largest national and World Heritage Sites. Ajanta Caves, a UNESCO World Heritage Site in India, is a human marvel and an important archaeological and heritage site of immense cultural and historic value. Human impacts on karst systems are increasing with global population growth, presenting surface pressures and causing negative subterranean consequences. Despite their ecological, hydrological, and cultural importance, karst systems remain acutely vulnerable to a wide range of environmental threats. These threats are often amplified by the hidden and poorly understood nature of subterranean systems, which renders them invisible in land-use planning, environmental policy, and public consciousness. Changing and irregular weather conditions, coupled with increasing anthropogenic interference, have significantly affected and increased the threats to the Ajanta Caves.

Hence, the Ajanta Caves face many environmental threats such as water seepage, humidity and temperature changes, air pollution, weathering and erosion, biological growth, climate change, and human impact. Possible solutions include repairing cracks and improving drainage to reduce water seepage, regular scientific conservation of murals and sculptures, and restricting the number of visitors entering sensitive caves. The protection of the Ajanta Caves also requires balancing tourism with conservation so that these monuments can be preserved for future generations.

HISTÓRIA A ARCHEOLÓGIA

BRATIA ZWOLIŃSKÍ A JASKYNE SLOVENSKA

Łukasz Lewkowicz

Inštitút politických vied a verejnej správy, Univerzita Márie Curie-Skłodowskej, Głęboka 45, 20-612 Lublin, Poľsko; lukasz.lewkowicz@mail.umcs.pl

Tadeusz (1893 – 1955) a Stefan Zwoliński (1900 – 1982) patria k významným, hoci dnes už trochu zabudnutým, osobnostiam kultúrnej a turistickej elity Zakopaného v prvej polovici 20. storočia. Starší z bratov, Tadeusz, bol známym a uznávaným kartografom, zatiaľ čo Stefan sa profesionálne venoval fotografii a dosiahol významné úspechy vo výskume tatranského baníctva a hutníctva. Obaja sa po mnoho desaťročí profesionálne starali o známe zakopianske kníhkupectvo, ktoré zdedili po svojom otcovi. Ich najväčšou vášňou však bolo objavovanie a prieskum tatranských jaskýň, ktorým zasvätili prakticky celý svoj profesionálny život.

Významné miesto v ich speleologickej a publikačnej činnosti zaujímali aj slovenské jaskyne. Množstvo informácií o stave speleologického výskumu v Tatrách uviedli Zwoliński v druhom vydaní svojho sprievodcu *Przewodnik po Zakopanem i Tatrach* z roku 1925. Opísali v ňom okrem iného výlet do Belianskej jaskyne, nachádzajúcej sa na československej strane Tatier. Nasledujúce vydania sprievodcu z rokov 1927, 1930 a 1937 boli postupne dopĺňané o nové objekty vrátane turisticky sprístupnených jaskýň na československom Podtatrí, ktoré sa stali dostupnými pre poľských turistov po podpísaní spoločnej turistickej konvencie v roku 1925. V posledných dvoch vydaniach sprievodcu bola opísaná aj trasa okolo Tatier so zastávkami pri jaskyniach Demänovskej doliny, Dobšinskej ľadovej jaskyni v Slovenskom raji a jaskyni Domica na československo-maďarskom pohraničí. Osobitnú pozornosť venovali Zwoliński Demänovskej jaskyni slobody, objavenej len niekoľko rokov predtým, ktorú označili za „jednu z najväčších pozoruhodností nielen na Podtatrí a na Slovensku, ale dokonca v celej Európe“.

V časopise Wierchy z roku 1933 vyšla aj zaujímavá reportáž Tadeusza Zwolińského z otvorenia nových častí Demänovskej jaskyne slobody pre turistov. Spomenul v nej aj akt pomenovania jednej zo sení s bielymi a červenými stalaktitmi názvom „Polský Dom“ (dnes Jánošíkova sieň). Vo fotografickom archíve Tatranského múzea v Zakopanom sa zachovali fotografie z výprav bratov Zwolińských do Belianskej a Muránskej jaskyne. Obaja speleológovia vo svojich publikáciách zdôrazňovali, že by chceli objaviť v poľských Tatrách jaskyne také krásne, ako sú slovenské jaskyne, ktoré by bolo možné sprístupniť turistom.

V roku 1961 sa Stefan Zwoliński zúčastnil osláv 40. výročia objavenia Demänovskej jaskyne slobody. Pri tejto príležitosti navštívil aj Demänovskú jaskyňu mieru a Slovenský kras. V jeho najvýznamnejšej publikácii *W podziemiach tatrzańskich* sa nachádza samostatná kapitola venovaná slovenským jaskyniam. V kapitole *Wycieczki do jaskiń słowackich* podrobne opísal Beliansku jaskyňu, Demänovskú jaskyňu slobody, Demänovskú ľadovú jaskyňu a Domicu. Spomenul aj ďalšie československé turistické lokality, okrem iného Jasovskú a Gombaseckú jaskyňu. Ako prílohy boli ku knihe pridané plány Belianskej jaskyne a Demänovskej jaskyne slobody. Svoje postrehy Stefan Zwoliński zhrnul takto: „Československo sa môže pochváliť najväčším počtom vzorne sprístupnených jaskýň v strednej Európe, ktorých príjmy predstavujú významnú položku v rozpočte turistických zariadení tejto krajiny.“

Obr. 1. Stefan Zwoliński so slovenskými speleológmi počas osláv výročia objavenia Demänovskej jaskyne slobody v roku 1961. Zdroj: Archív ochrany prírody a jaskyniarstva, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva.

Literatúra
Archív ochrany prírody a jaskyniarstva, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva.
Pamiętnik Stefana Zwolińskiego (Wiercica 1987, č. 57; 1988, č. 59 a 60; 1989, č. 63 a 65; 1990, č. 66).
Stecki, K. 1983. Wspomnienie o Stefanie Zwolińskim, Wierchy, 52, 113–131.
Zwoliński, T. 1937. Przewodnik po Tatrach i Zakopanem z mapką przeglądową Tatr w podziałce 1:100.000, planem Zakopanego i ilustracjami ze zdjęć T. i S. Zwolińskich, 5. vydanie, Zakopane, 299 s.
Zwoliński, S. 1987. W podziemiach tatrzańskich. 2. vydanie, Warszawa, 276 s.
Zwoliński, T. 1933. Z jaskiń Demenowskich, Wierchy, 11, 211–212.
Zwoliński, T. – Zwoliński, S. 1930. Przewodnik po Tatrach i Zakopanem z mapą Tatr w podziałce 1:100.000 i planem Zakopanego, 4. vydanie, Zakopane, 335 s.

HISTÓRIA VYTÝČENIA ŠTÁTNEJ HRANICE V JASKYNNEJ SÚSTAVE DOMICA-BARADLA

Kinga Székely

Füst Milán u. 12, H-1039 Budapest, Magyarország; b.szekelykinga@gmail.com

Trianonská dohoda podpísaná 4. júna 1920, ktorá ustanovila hranice Maďarska, v spoločnom úseku s Československom medzi Bodvou a Slanou fixovala 6 výškových bodov. Z nich sa týkal povrchového úseku nad Baradlou, resp. Domicou a Čertovou dierou len 502 m vysoký kopec Poroňa. Hraničná komisia hranicu vytýčila v úseku z Kečovskej doliny smerom na Poroňu a cez plešivskú cestu na 365 m vysoký kopec Trojchotár po katastrálnom území obce Aggtelek.

Po rozhodnutí hraničnej komisie v septembri 1922 v úsekoch Gemersko-turnianskeho krasu sa začali vytyčovať hranice aj v teréne pod vedením zememerača Imre Kesserü už v októbri. Vyhotovili náčrt v mierke 1 : 75 000, lomové body vyznačili dočasnými drevenými kolíkmi, nakoniec po komisionálnej kontrole aj konečnými hraničnými kameňmi (Suba, 2017a, b).

Hoci súvislosť medzi Baradlou, Čertovou dierou a Starou Domicou už predpokladali od začiatku 19. storočia, vytýčenie hraničnej čiary nerobilo problémy, pretože vtedy ešte nepoznali možnosti prechodu v podzemí. Napriek tomu sa vynorili rôzne správy, najmä v dennej tlači, o tom, do ktorého štátu by mala patriť Baradla.

Otázka hranice v podzemí začala spôsobovať problémy až po objavení Domice v roku 1926 a po jej spojení s Baradlou v roku 1932, pretože oba štáty považovali jaskyňu za potenciálnu vojensko-strategickú a pašerácku trasu. Preto československá strana bez presného zamerania a prerokovania s druhou stranou postavila železnú mrežu tesne pred sifónmi, čo je na maďarskej strane asi 400 m od skutočnej hranice. Túto mrežu zaregistrovali inžinieri Ödön Konrád a Hubert Kessler pri zameraní Baradly v roku 1935 (Konrád, 1936). Z iniciatívy maďarskej strany túto mrežu síce v júli 1938 premiestnili, ale na základe viedenskej arbitráže 7. novembra 1938 prevádzkovanie Domice už prebral Hubert Kessler a mrežu uložil do múzea jaskyne.

Jaskyne Baradla a Domica sa dostali do spoločnej starostlivosti a na základe dobových dokumentov maďarský štát vynaložil značné úsilie na rozvoj jaskyne a okolia. Popri vysporiadaní vlastníckych práv, napravení škôd po Čechoch a zvyšovaní dopravných spojov, ministerstvo obchodu v roku 1939 nariadilo zameranie Domice a napojenie polygónu na Konrádov posledný meračský bod v Baradle. Meranie vykonal Béla Milasovszky závesným kompasom. Práce začal 20. februára a ukončil ich koncom marca (Kessler, 1940).

Spoločná starostlivosť o obe jaskyne v roku 1945 zanikla a v roku 1947, keď parížska mierová zmluva anulovala viedenskú arbitráž z roku 1938, sa začali práce na obnovení trianonskej hranice. Vtedy sa vynorila otázka, kde presne pretína štátna hranica podzemné chodby jaskynného systému. V decembri 1948 Maďarsko-československá hraničná komisia pod vedením inžiniera Zoltána Ráskaia zistila, že hranicu v podzemí je možné vytýčiť z triangulačného bodu blízko vchodu Domice č. 965 podľa merania Milasovszkého. Meračské práce vykonala maďarsko-československá meračská skupina pod vedením Ráskaiho v období medzi 14. februárom a 7. aprílom 1949 v polygónovej línii pozostávajúcej z 94 meračských bodov. Styčný bod medzi polygónovou líniou a hraničnou čiarou označili hraničným kameňom (XII. 6/5a) tak v jaskyni, ako aj na povrchu. Deniveláciu medzi oboma bodmi stanovili na 113 m. Keďže hraničná čiara pretína jaskyňu v zákrute, smer označili tabuľami na jaskynnej stene (Ráskai, 1949). Následne na oboch stranách hranice umiestnili mreže na znemožnenie prechodu. Ich význam stratil opodstatnenie 14. februára 2007 vstupom oboch štátov do Schengenskej dohody.

Literatúra
Kessler, H. 1940. Egy munkanap az Aggteleki-cseppkőbarlang *életéből*. Turisták Lapja, 52, 2, 26–29.
Konrád, Ö. 1936. Az aggtelek-jósvafői "Baradla" cseppkőbarlang felmérése. Geodéziai Közlöny, 12, 1-4, 27–40.
Ráskai, Z. 1949. Az országhatár kitűzése az Aggteleki cseppkőbarlangban. Geodézia és Kartográfia, 1, 3, 100–101.
Suba, J. 2017a. Az *Állami* Földmérés szerepe a trianoni határok kijelölésében, kitűzésében. A magyar-szlovák határszakasz. Catastrum, 4, 3, 29–41.
Suba, J. 2017b. A magyar-csehszlovák határ helyszíni megállapítása és kitűzése 1921–1925 között. Limes, 29–41.
Székely, K. 2022. A trianoni határ a Baradlában. A Kárpát-medence földrajzi egysége. Trianon a geográfia tükrében, a história mérlegén, 111–129.

Preklad: Ľ. Gaál

PREHISTORIC DRAWINGS, MARKS, AND CHARCOAL LINES IN DOMICA CAVE

Alena Šefčáková

Department of Anthropology, Slovak National Museum – Natural History Museum, Vajanského nábrežie 2, P. O. Box 13, 810 06, Bratislava 16, Slovakia; alena.sefcakova@snm.sk

The drawings at Domica are among the earliest known drawings in Central Europe. They offer a unique opportunity to gain insight into the so-called symbolic thinking of prehistoric people. We began researching the anthropogenic charcoal marks on the walls of Domica over 20 years ago. We were interested in the age of the drawings and their overall context, and they became the inspiration for international collaboration.

Domica is known primarily for evidence of Neolithic settlement. Finds associated with the Neolithic Bükk culture account for more than 85% of all archaeological discoveries from the site. L. B. Bartholomaeides mentioned Domica as early as 1801. A larger section of the cave was discovered on October 3, 1926, by J. Majko together with J. Pochylý, V. Žák, and J. Valko. In 1929, after inspecting the cave together with J. Eisner and V. Holeček, B. Krajník noted the presence of simple human-made lines. The drawings themselves were discovered on December 15, 1931, by the cave's caretaker, V. Benický.

The Domica settlement can be divided into two parts. The front section was reserved for daily life, while the rear section, extending about 600 meters from the entrance, served a different purpose, possibly a spiritual one. The charcoal drawings are located on the wall in the rear section, in a side passage branching off the larger so-called *Posvätná chodba* (Sacred Corridor), which opens through a narrow chimney into the *Dóm mystérií* (Mystery Dome) and connects it with the *Sieň terás* (Hall of Terraces). According to archaeological surveys, the Sacred Corridor was bordered at both ends by post holes during the Neolithic period and was likely enclosed by a simple wooden structure. It is on these walls where a tangle of black lines can be found (several black traces are also present in the rear section of the *Palmový háj* – Palm Grove).

Three intentional geometric figures, A, B, and C, are positioned side by side on the cave wall approximately 50 cm above the ground, meaning that the Neolithic cultural layer lies only 64–72 cm below the level of the drawings. It has been suggested that the drawings date from the Neolithic period and belong to the Bükk culture. According to J. Böhm, the drawings consist of geometric ornaments arranged in three closed forms. Their basic decorative motif is the meander, which is stylistically related to the ornamentation found on Neolithic Bükk and Gemerská linear (Tiszadob) pottery from Domica, as well as from other caves and open-air sites. Drawing A resembles a schematic figure in a natural setting, drawing B a headless female figure, and drawing C a head or a womb.

Obr. 1. Domica Cave (Kečovo, Slovak Karst, Slovakia), geometric drawings (A, B, C) in a side passage of the Sacred Corridor, Neolithic(?). Photo: F. Enge

One of the goals of our research was to directly determine the age of the drawings, markings, and charcoal traces. We attempted to do this several times, but without success, as the pigment layer of the drawings is too thin. To avoid damaging them, we collected samples from their immediate vicinity. Thanks to our collaboration with the Australian laboratory ANSTO, which specialises in the dating of extremely small samples, we were able to obtain direct radiocarbon dates from other graphic traces dating from the Mesolithic to the Eneolithic.

The Mesolithic date from Domica demonstrates the continuous use of the Sacred Corridor and its side chambers over a long prehistoric period. This date is among the oldest dates obtained from charcoal marks on cave walls in Central Europe. The drawings themselves most likely date to the Early Neolithic period, as indicated by the dating of a charcoal fragment from the layer directly beneath them. Any suggestion that the drawings are older should be treated with caution. In terms of their motifs, they resemble the decorative patterns of the Bükk culture, and Neolithic layers occur in their immediate vicinity. However, the existence of an older tradition of similar motifs cannot be ruled out; such a tradition may have influenced later cultures and possibly persisted over time.

Overall, the archaeological context suggests that the rear chambers of the cave were used for practices associated with an ancient form of spirituality. In terms of rock art, this represents a unique and exceptional discovery in Central Europe. Analogies drawn from the lifeways of indigenous peoples, together with insights from neuroscience, may help us interpret these drawings. When performing rituals, Neolithic communities may have entered a so-called "altered state of consciousness", which, according to some interpretations, was believed to enable selected individuals to access knowledge of the past and the future. Numerous neuropsychological studies have shown that geometric patterns are among the first visual phenomena experienced during altered states of consciousness. It is therefore possible that such experiences influenced both the geometric character of the Domica drawings and the choice of location in which they were created.

100. VÝROČÍ ZPŘÍSTUPNĚNÍ ZBRAŠOVSKÝCH ARAGONITOVÝCH JESKYNÍ

Barbora Šimečková

Správa jeskyní České republiky, Zbrašovské aragonitové jeskyně, 753 51 Teplice nad Bečvou 75, Česká republika; simeckova@caves.cz

Zbrašovské aragonitové jeskyně byly objeveny na přelomu let 1912–1913 bratry Josefem a Čeňkem Chromými ve vápencovém lomu v katastru obce Zbrašova (od r. 1960 Teplice nad Bečvou). Strmým, 42 metrů hlubokým komínem zvaném *Starý vchod* (dnes Objevitelský komín) objevili první rozsáhlou prostoru – Jurikův dóm. Odvážlivci obtížně sestupovali komínem po žebřících z jedlového dřeva a za pomoci konopných lan, což zvládli pouze tehdejší jeskyňáři a pravděpodobně jen velmi omezený počet „návštěvníků".

Objevitelé se hned od počátku snažili o usnadnění přístupu pro veřejnost. Do prací v jeskyních se zapojila široká rodina a řada spolupracovníků, sdružených v tzv. *Sboru dobrovolných zbrašovských havířů.* Vše financovali z vlastních prostředků a vstupné do jeskyní bylo vítaným příspěvkem.

Během roku 1913 se podařilo objevit všechny hlavní prostory od Jurikova dómu po Zasedací síň a nalézt také chodbu vedoucí k povrchu do lesnatého svahu nad řekou Bečvou. Se souhlasem majitelky pozemku, hraběnky Antonie z Althanů, zde otevřeli v roce 1914 nový vchod, portál vyzdili kamenem, osadili železná vrata a za nimi padesát dřevěných schodů do podzemí. Tento pohodlnější *Nový vchod* nahradil nebezpečný sestup Objevitelským komínem a po následných úpravách se využívá jako vstup doposud. Původní kamenný portál je dnes zazděný v základech provozní budovy.

Vlastní návštěvní trasu upravil pro veřejnost *Spolek pro udržování zbrašovských jeskyní v Hranicích,* který koncem roku 1925 založili objevitelé spolu s dalšími institucemi. Chodby byly rozšířeny, balvanitá dna srovnána, odstraněno bahno, vybetonovány chodníky se zábradlím a trasa elektricky osvětlena. S těžkými fyzickými pracemi v závěru zpřístupňovacích úprav vypomohli vojáci – dobrovolníci z hranické posádky. V důsledku zpřístupnění vznikla rozsáhlá úložiště přebytečného horninového materiálu, ukládaného do bočních výklenků, tzv. zakládek. Přesné datum oficiálního otevření jeskyní neznáme, v dochované literatuře je uveden pouze rok zpřístupnění – 1926.

Prohlídka jeskyní však byla stále poměrně fyzicky náročná, návštěvníci došli do Jurikova dómu, kde se otočili nazpět, z Křižovatky sestoupili do Mramorové síně, vystoupali zpátky na Křižovatku a po strmém schodišti nahoru do provozní budovy. Teprve v roce 1956 byl vyražen východový tunel z Mramorové síně na nábřeží Bečvy. V rámci celkové rekonstrukce v letech 2003–2005 byla návštěvní trasa propojena do okruhu proražením 80metrové spojovací štoly a díky ní ukončeno nepříjemné vracení návštěvníků v „protisměru". Z podzemí byly rovněž definitivně vyvezeny horninové zakládky a jeskynním zákoutím navrácen jejich původní vzhled.

Obr. 1. Skupina jeskyňářů v Jurikově dómě, 1918. V popředí objevitel Josef Chromý (1869–1943), zcela vlevo jeho nejmladší syn Josef (1911–1969). Zdroj: Archiv Obecního úřadu Teplice n. B.

Obr. 2. Nový vchod do jeskyní z údolního svahu Bečvy, po roce 1914. Zdroj: Archiv Obecního úřadu Teplice n. B.

Obr. 3. Dámy při prohlídce Koblihové síně, nedatováno, okolo roku 1930. Zdroj: Archiv Městských kulturních zařízení, Muzea a galerie Hranice

Ke 100. výročí zpřístupnění Zbrašovských aragonitových jeskyní připravila Správa jeskyní České republiky několik akcí: slavnostní otevření nového přístřešku pro návštěvníky, Jeskyňářský den pro děti, prohlídky jeskyní v historických kostýmech nebo besedu pro pamětníky. Turisté ocenili výroční razítko a příležitostné suvenýry. Návštěvní trasu obohatily tři historické fotografie z období zpřístupňování, umožňující srovnání s tehdejší podobou daného místa.

Zpřístupnění jeskyní je vždy výsledkem obrovského množství lidské práce a podílí se na něm nespočet často neznámých lidí, jejichž jména jsou však natrvalo vepsána ve společném díle.

Literatura

Šimečková, B. – Geršl, M. (Eds.): Zbrašovské aragonitové jeskyně, 100. výročí objevení. Acta speleologica, vol. 4/2013, Správa jeskyní ČR, Průhonice, 232 s.

Kunovská, R. – Šimečková, B. 2022. Příběh zázračné teplické kyselky. Druhé vydání, Městská kulturní zařízení Hranice, p. o., 52 s.

GEOINFORMATIKA A SPELEOLOGICKÁ DOKUMENTÁCIA

JEDNOTNÁ EVIDENCE SPELEOLOGICKÝCH OBJEKTŮ (JESO) PATNÁCT LET POTÉ

Ivan Balák[1,2,3] – Olga Suldovská[1]

[1] Správa jeskyní České republiky, Květnové náměstí 3, 252 43 Průhonice, oddělení péče o jeskyně; balak.ivan@seznam.cz; suldovska@caves.cz

[2] Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11 – Chodov, oddělení obecné ochrany přírody

[3] Česká speleologická společnost, ZO 6-04 Rudice

Jednotná evidence speleologických objektů (JESO) je SQL databáze jeskyní, závrtů a hydrologických objektů – ponorů a vyvěraček v České republice. Nově jsou evidovány i tzv. další karsologické objekty, k nimž patří třeba paleokrasové objekty. JESO je součástí Informačního systému ochrany přírody (ISOP), který vede a spravuje Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR).

JESOVIEW je webová mapová aplikace, která zobrazuje a zkoumá prostorová data JESO a dává je do souvislostí s dalšími geografickými prvky. JESOVIEW vyvíjí a spravuje Správa jeskyní České republiky (SJ ČR).

Na vývoji a naplňování systému JESO a JESOVIEW se podílí oba předkladatelé příspěvku od jeho počátku do současnosti.

První mezinárodní představení systému JESO proběhlo před patnácti lety u příležitosti 8. Vědecké konference „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň" ve dnech 3.–6. října 2011 v Demänovské dolině, v hotelu Repiská (Slovenská republika). Rádi bychom se při dnešní příležitosti ohlédli za uplynulými roky a též informovali o posledních novinkách.

Od počátku se vývoj JESO nesl dvěma směry. Tím prvním bylo postupné ladění datové struktury a funkčnosti, programátorské aktualizace, příprava podpůrných dat atd., který probíhá průběžně do dnešní doby. K posledním významným aktualizacím patří především kompletní revize karsologického členění krasu i pseudokrasu České republiky.

Druhým směrem vývoje byla samostatná mapová aplikace k datům JESO využívající vymožeností technologie GIS. První verze systému JESO byla pojata pouze jako relativně jednoduchá formulářová webová aplikace bez mapy. Mapové aplikace byly a stále jsou velmi náročné na vývoj, ke svému chodu vyžadují specializované a finančně náročné nástroje. Tehdy se objevila možnost vývoje takové aplikace pomocí nástroje firmy ESRI, jednoho ze světových lídrů GIS technologií. Jím se ukázala být technologie ArcGIS Online, kterou jsme okamžitě začali využívat. V roce 2012 spatřila světlo světa první „beta verze" našeho mapového prohlížeče, zatím bez názvu, která úspěšně využívala některých mapových služeb, jak z vlastních dat JESO, tak i mapových serverů třetích stran. Aplikaci jsme postupně rozvíjeli o další funkčnosti. V roce 2013 byla aplikace pod názvem JESOVIEW představena na 16. mezinárodním speleologickém kongresu v Brně.

Obr. 1. Aktivní QR kód k načtení mapové aplikace JESOVIEW.

Datovým základem jsou mapové služby, publikované jak AOPK ČR, tak SJ ČR. Dále jsou využívány mapové služby dalších organizací, především Českého ústavu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) a České geologické služby (ČGS) a dalších. JESOVIEW má v cloudovém úložišti ArcGIS Online svůj vlastní mapový projekt. V něm je nadefinováno několik desítek dílčích vrstev mapových služeb, jejich symbologie, filtry, vyskakovací okna a řada dalších vlastností. Mapový projekt je následně využíván mapovou aplikací JESOVIEW, která zprostředkovává tok grafických a popisných dat ke klientovi, tedy k uživateli JESO a JESOVIEW.

První verze aplikace JESOVIEW byla průběžně udržována a aktualizována zhruba do poloviny roku 2025. V té době začalo být zřejmé, že její původní softwarové možnosti v tehdejší verzi ArcGIS Online již začínají být vyčerpány a vedení fy ESRI začalo preferovat nové vývojářské nástroje k řízení náročných mapových projektů. Dalším technologickým problémem začala být vzrůstající kvantita a kvalita mapových podkladů, které publikujeme pomocí našich mapových služeb. Jde zejména o půdorysy závrtů a dalších karsologických objektů, obrysy jeskyní a především jejich podrobné půdorysy. Řada jich byla získána z projektu „Ochrana vybraných jeskyní a krasových jevů ve zvláště chráněných územích ČR", který řídila AOPK ČR, a z projektu „Inventarizace a dokumentace krasových jevů v regionu Krkonoš", který řídila Správa Krkonošského národního parku. Hlavním řešitelem dokumentačních částí obou projektů byla Česká speleologická společnost.

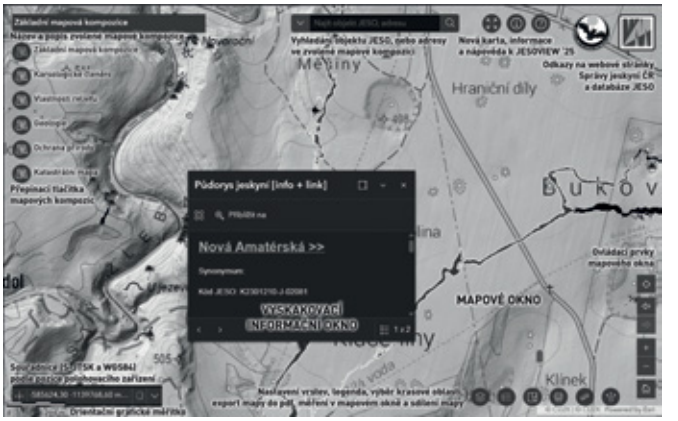
Z nových nástrojů k vývoji aplikace jsme zvolili ArcGIS Experience Builder (na rozdíl od původního ArcGIS JavaScript API). Jde o konfigurovatelné řešení pro tvorbu poutavých webových aplikací s nejrůznějším zaměřením. Podporuje sjednocení webových map, aplikací, stránek, propojených widgetů prostřednictvím flexibilního rozhraní s funkcí drag-and-drop. Využili jsme i zkušenosti z původní verze JESOVIEW (např. mapové kompozice). Mapové styly jsme obohatili novou symbologií (např. typologie závrtových forem a typologie dalších karsologických objektů) a realizovali řadu dalších nápadů.

Není v možnostech tohoto příspěvku detailně informovat o struktuře JESO, zabezpečení dat, editorských a administrátorských rolích, možnostech využití nového JESOVIEW atd. Každý, koho problematika JESO a JESOVIEW zajímá, si je může zobrazit a prostudovat z pohodlí svého počítače, případně i z mobilního telefonu. Aplikace JESO je dostupná na adrese *https://jeso.nature.cz*. Mapová aplikace JESOVIEW je integrovaná do JESO. Samostatně je dostupná z adresy *https://webgis.caves.cz/jesoview/*, případně z QR kódu. Před prvním použitím JESOVIEW doporučujeme prostudovat si nápovědu *https://webgis.caves.cz/jesoview/napoveda.html*.

Závěrem prezentace několik čísel z JESO (údaje jsou platné k 31. 5. 2026).

Počet evidovaných jeskyní je 4 217, z toho krasových je 2 584 a pseudokrasových 1 633. Jejich celková délka je 208,83 km. V mapové aplikaci JESOVIEW se kromě vchodů jeskyní zobrazuje celkem 479 obrysů jeskyní z celé České republiky (413 krasových, 66 pseudokrasových), největší zastoupení má samozřejmě Moravský a Český kras, ale rovnoměrně jsou zastoupeny jeskyně i z dalších krasových oblastí. 156 obrysových map jeskyní je doprovozeno podrobným rastrovým půdorysem s výplněmi a morfologií. K sestrojení těchto mapových služeb byly využity podklady především z mapovacího programu Therion. Dále jsou průběžně mapovány a publikovány závrty (zatím celkem 2 335 závrtů). Jde o kompletní zpracování závrtů z Moravského krasu, z menších území pak Javoříčského a Mladečského krasu a dalších. Samozřejmě máme v plánu postupně doplňovat a mapovat tyto poměrně opomíjené, ale velmi důležité objekty, stejně jako hydrologické objekty (nyní 454 ponorů a vývěrů), případně i další karsologické objekty (nyní 71 objektů).

Dále je do JESO vloženo 1 827 digitálních map, 9 096 fotografií a 1 830 dokumentů. K záznamům JESO je přiřazeno 23 689 bibliografických záznamů a 8 008 záznamů o událostech.



Obr. 2. Obrazovka JESOVIEW a vysvětlivky ovládacích prvků mapové aplikace.

VÝSKUM, PRIESKUM A MAPOVANIE JASKYNE DOMICA ČLENMI SPELEOKLUBU UPJŠ A ÚSTAVU GEOGRAFIE UNIVERZITY P. J. ŠAFÁRIKA

Zdenko Hochmuth[1] – Alena Gessert[2] – Jozef Šupinský[2]

[1] Speleoklub Univerzity Pavla Jozefa Šafárika, M. Nešpora 17, 080 01 Prešov; zdenko.hochmuth@upjs.sk

[2] Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Jesenná 5, 040 01 Košice; jozef.supinsky@upjs.sk

V roku 2013 kolektív Ústavu geografie Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach (UPJŠ) začal pracovať v rámci projektu APVV (Agentúra na podporu výskumu a vývoja) „Spatial 3D" na modelovom území jaskyne Domica. Realizoval sa tu výskum trojrozmerného mapovania a modelovania vybraných zložiek fyzicko-geografickej sféry. Počas riešenia projektu a následne v pokračovaní sa dosiahli zaujímavé vedecké výsledky, realizovali sa bakalárske, diplomové a dizertačné práce, ktoré sa publikovali na konferenciách, svetových kongresoch UIS a v renomovaných časopisoch. Zároveň došlo k podstatným speleologickým objavom, čím vzrástla celková dĺžka preskúmaných priestorov jaskyne. Pri príležitosti 100. výročia objavenia jaskyne by sme chceli prezentovať výsledky našej stále pokračujúcej aktivity.

1. Predovšetkým sme realizovali 3D mapovanie priestorov progresívnou metodikou s využitím pozemného laserového skenera a jeho premietnutie vzhľadom na povrchovú topografiu. Na počiatočný impulz zahraničného partnera sme začali realizovať 3D skenovanie priestorov, ktoré sa neskôr rozšírilo s vlastným prístrojovým vybavením na celý priebeh jaskyne. Vznikla 3D mapa jaskyne, ktorá v danej dobe patrila a dodnes patrí k najhodnotnejším podobným dielam, o čom svedčí vysoká citovanosť príspevku v poprednom speleologickom periodiku International Journal of Speleology (USA). Od tohto podkladu sa potom odvíjal monitoring ostatných relevantných prvkov geosystému jaskyne.

Nie menej významný je prínos v metodike vytvárania speleologických máp, čo prezentuje výstup formou článku v renomovanom časopise. Týmto sa pracovisko UPJŠ stalo nositeľom myšlienok, na ktoré dnes nadväzujú iné pracoviská na Slovensku a v zahraničí.

2. Vlastnosti mikroklímy (teplota, zrážky) sme monitorovali na 3 vlastných vonkajších staniciach a na 12 staniciach vo vnútri jaskyne. Súčasne sme vybudovali sieť hydrologických profilov na všetkých podzemných prítokoch periodického toku v jaskyni a zabezpečili ich sledovanie. Realizovali sme tiež výskum dynamiky skvapových vôd ako súčasť širšie koncipovaného projektu chemickej denudácie krasu. Výsledky za 3-ročné obdobie trvania projektu neboli celkom reprezentatívne, a preto monitoring prebieha dodnes.

3. Hydrologické objekty doplnili a podstatne rozšírili sledovania, ktoré s prestávkami realizovala Správa slovenských jaskýň. Inštalovali sme 1 povrchový profil a 5 profilov definovaných priepadmi s automatickými stanicami MARS. Sledovaním korelácie medzi povrchovými zrážkami, prietokmi a teplotou vody sa zistili zaujímavé vzťahy vzhľadom na teplotný a cirkulačný režim v jaskyni.

4. Speleologické objavy. Na výskumoch sa v spolupráci s pracovníkmi univerzity podieľali tiež členovia s ústavom úzko prepojeného Speleoklubu UPJŠ, neskôr moldavského jaskyniarskeho klubu Adonis Ten, ktorí zabezpečovali speleologickú činnosť – mapovanie, inštaláciu prístrojov, sprevádzanie študentov. Pri týchto činnostiach sa zistilo, že existuje viacero nezdokumentovaných priestorov a je perspektíva objavenia ďalších. Najaktívnejší členovia speleoklubu, menovite Jozef Mikloš, Stanislav Danko, Norbert Lacko, Silvia L. Čúzyová, zažili pocity, ktoré od čias J. Majku nik v Domici nezažil.

Z významných objavov možno spomenúť nájdenie stratenej „Hegedüsovej chodby", z iných objavov je významná „Kečovská chodba", jedna z mála zdrojníc zo severnej časti masívu, a tiež „Chodba kľúčovej dierky" s paleontologickými nálezmi. Náročnými prolongačnými prácami v ťažkých hydrologických podmienkach sa dosiahlo jej spojenie s povrchom v ponore Izolátor, čím sa vytvorila možnosť prechodu jaskyňou od ponoru po výstup z masívu v Maďarsku. Podobne náročné bolo dosiahnutie napojenia jaskyne Líščia diera.

Preto sme priebežne mapovali tieto priestory klasickou technológiou s využívaním banskej závesnej súpravy (magnetický kompas) a vykreslili ich vo vhodnej mierke. Analyzovali sme staršie merania a implementovali časti stabilizovaných bodov a súradníc do jedného súboru. Tým sa spresnili dáta o polygónovej sieti a exaktne sa zistil taký údaj ako dĺžka jaskyne. Dĺžka jaskyne v marci 2026 presiahla 10 km a do dátumu 100. výročia jej objavenia sa iste ešte zvýši.

Literatúra

Hochmuth, Z. 2014. História mapovania a vytvorenie spojitého meračského ťahu ako podkladu pre reambulovanie mapy Domice. Slovenský kras: Acta Carsologica Slovaca, 52, 2, 173–190.

Gallay, M. – Kaňuk, J. – Hochmuth, Z. – Hofierka, J. – Meneely, J. – Sedlák, V. 2015. Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia International Journal of Speleology. 44, 3, 277–291.

Gallay, M. – Hochmuth, Z. – Kaňuk, J. – Hofierka, J. 2016. Geomorphometric analysis of cave ceiling channels mapped with 3-D terrestrial laser scanning. Hydrology and Earth System Sciences. 20, 5, 1827–1849.

Šupinský J. – Hochmuth Z. – Kaňuk J. – Sedlák V. – Šašak J. 2019. Spracovanie a zdieľanie dát z pozemného laserového skenovania komplexného jaskynného systému na príklade jaskyne Domica. Slovenský kras : Acta Carsologica Slovaca, 57, 2, 165–176.

Šupinský, J. – Kaňuk, J. – Nováková, M. – Hochmuth, Z. 2022. LiDAR point clouds processing for large-scale cave mapping: a case study of the Majko dome in the Domica cave. Journal of Maps, 18, 2, 268–275.

JASKYŇA BÁDENSKÁ TERASA, SPELEOLOGICKÉ, ARCHEOLOGICKÉ A GEOLOGICKÉ POZNATKY Z NOVEJ LOKALITY V CHOČSKÝCH VRCHOCH

Peter Holúbek[1] – Zuzana Šimková[1] – Ján Laco[1] – Michal Oravec[1] – Peter Gažík[2] – Miroslav Kudla[2]

[1] Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 121/4, 031 01 Liptovský Mikuláš; peter.holubek@smopaj.sk

[2] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; peter.gazik@ssj.sk

Speleologický prieskum novej lokality Bádenská terasa s niekoľkými jaskyňami evidovanými v Národnej databáze jaskýň priniesol nové poznatky z oblasti vývoja územia východnej časti Chočských vrchov. Lokalita je významná aj z archeologického hľadiska. Našli sa v nej antropologické nálezy a keramika bádenskej kultúry. Ide o kolektívny hrob, zrejme kostnicu, kde bolo aj s milodarmi pochovaných niekoľko ľudských jedincov. Nálezy v bezprostrednom okolí naznačujú viacfázové využívanie lokality. V priestore pod kostnicou sa výkopovými prácami odkryla fluviokrasová jaskyňa s dĺžkou 50 metrov. Prevládajúcou výplňou sú alochtónne sedimenty, ktoré pravdepodobne pochádzajú z flyšového územia budovaného podtatranskou skupinou, severne od Chočských vrchov. To by naznačovalo predpoklad, že nielen cez Prosiecku a Kvačiansku dolinu, ktoré v súčasnosti prerezávajú Chočské vrchy, boli odvodňované nekrasové oblasti do povodia Váhu, ale aj cez menšie dolinky, ktoré v súčasnosti predstavujú orografickú rozvodnicu.

POZEMNÉ LASEROVÉ SKENOVANIE JASKYNE DOMICA A VYUŽITIE ZÍSKANÝCH PRIESTOROVÝCH DÁT

Jozef Šupinský[1] – Michal Gallay[1] – Ján Kaňuk[2] – Zdenko Hochmuth[3]

[1] Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Jesenná 5, 040 01 Košice; jozef.supinsky@upjs.sk

[2] Photomap s. r. o., Poludníková 3/1453, 040 12 Košice

[3] Speleoklub Univerzity Pavla Jozefa Šafárika, M. Nešpora 17, 080 01 Prešov

Jaskyňa Domica je od roku 2014 systematicky mapovaná metódou pozemného laserového skenovania pracovníkmi Ústavu geografie PF UPJŠ. Mapovanie prebiehalo vo viacerých etapách s využitím fázového skenera FARO Focus 3D X130 a pulzného skenera RIEGL VZ-1000. Celkovo bolo realizovaných približne 2000 skenovacích pozícií, ktoré zachytávajú dominantnú časť jaskynného systému a predstavujú cenný dataset pre analýzu podzemných priestorov vo vysokom priestorovom rozlíšení. Pre precízne spracovanie skenovacích pozícií bolo podzemné mapovanie doplnené o povrchové merania zabezpečujúce uzavretie meracieho ťahu jaskyňou a minimalizáciu chýb spracovania dát. Výsledné mračno bodov dosahuje štandardnú odchýlku vnútorného vyrovnania na úrovni 4 mm a polohovo je pripojené do národného súradnicového systému S-JTSK s presnosťou 16 mm, pričom je homogenizované na priestorové rozlíšenie 1 cm. Cieľom príspevku je prezentovať spektrum vedeckých a dokumentačných aplikácií zo získaných priestorových dát. Z mračna bodov bol odvodený 3D model jaskyne, využitý na tvorbu digitálneho modelu dna aj na hydrologické simulácie periodických povodní v priestore Majkovho dómu. Pre potreby speleokartografie bol navrhnutý a implementovaný metodický postup tvorby mapových listov z mračien bodov, pričom vizualizácia tieňovaného reliéfu jaskynnej podlahy redukuje subjektivitu tradičného mapovania jaskýň. Na sprístupnenie dát vedeckej komunite a verejnosti sú mračná bodov aj model jaskyne zdieľané prostredníctvom webových aplikácií umožňujúcich prehliadanie a základné merania. Získané dáta sú navyše využívané aj v súčasnosti, slúžia ako podklad pre analýzy jaskynnej morfológie zamerané na kvantifikáciu podpovrchových geomorfologických procesov a ich väzbu na morfológiu povrchu nad jaskyňou.

ŠTÁTNA
OCHRANA PRÍRODY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

SSJ

ISSN 1335-213X

INTERNATIONAL SHOW CAVES ASSOCIATION