SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ZBORNÍK SLOVENSKÉHO MÚZEA
OCHRANY PRÍRODY A JASKYNIARSTVA
A SPRÁVY SLOVENSKÝCH JASKÝŇ
V LIPTOVSKOM MIKULÁŠI

VYDANÝ PRI PRÍLEŽITOSTI 50. VÝROČIA OBJAVENIA
OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

XLII

2004

**Vydalo Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva
v Liptovskom Mikuláši**

Predseda redakčnej rady
doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Redakčná rada
PhDr. Juraj Bárta, CSc., RNDr. Pavel Bella, PhD., RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, prof. dr hab. Jerzy Głazek, doc. RNDr. Ján Gulička, CSc., Ing. Jozef Hlaváč, doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., RNDr. Vladimír Košel, CSc., RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., dr. Andrej Kranjc, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., RNDr. Ladislav Novotný, Mgr. Marián Soják, PhD., doc. Ing. Michal Zacharov, CSc.

Výkonný redaktor
Ing. Peter Holúbek

Recenzenti
RNDr. Dušan Barabas, CSc., doc. RNDr. Ján Gulička, CSc., dr hab. Helena Hercman, Ing. Jozef Hlaváč, doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc., RNDr. Ladislav Novotný, dr. Jacek Piasecki, prof. RNDr. Igor Rojkovič, DrSc., Ing. Juraj Sýkora

Jazyková úprava
Mgr. Bohuslav Kortman

Spracovanie po autorských a korektorských úpravách
Ing. Viera Kostková

Grafika
Ing. Jiří Goralski

Na obálke: Ochtinská aragonitová jaskyňa
Foto: Miroslav Eliáš

Vydalo © Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva
v Liptovskom Mikuláši, 2004

Adresa redakcie
Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva
Školská ul č. 4, 031 01 Liptovský Mikuláš
http://www.smopaj.sk, e-mail:smopaj@smopaj.sk

Tlač
RV print, Uhorská Ves 57, podľa dodaných predlôh

ISBN 80-88924-34-0

O B S A H

Pavel Bella: K 50-ročnému jubileu Ochtinskej aragonitovej jaskyne 7
Marcel Lalkovič: Príspevok k histórii Ochtinskej aragonitovej jaskyne 9
Ľudovít Gaál: Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne 37
Pavel Bella: Geomorfologické pomery Ochtinskej aragonitovej jaskyne 57
Václav Cílek – Radka Schmelzová: Ochtinská aragonitová jeskyně v slovenském, evropském a světovém kontextu 89
Dagmar Haviarová – Matúš Peško: Základná charakteristika vôd Ochtinskej aragonitovej jaskyne 99
Ján Zelinka: Prehľad najnovších poznatkov z mikroklimatického monitoringu Ochtinskej aragonitovej jaskyne 109
*Jozef Zimák – Jindřich Štelcl – Viktor Vávra – Ján Zelink*a: Přirozená radioaktivita horninového prostředí v Ochtinské aragonitové jeskyni 121
Ľubomír Kováč – Andrej Mock – Peter Ľuptáčik – Igor Hudec – Vladimír Košel – Peter Fenďa: Prvé údaje o bezstavovcoch Ochtinskej aragonitovej jaskyne 129
Peter Gažík: Geografický informačný systém technických prvkov Ochtinskej aragonitovej jaskyne 137
Jozef Hlaváč – Ľubica Núdziková: Ochrana, starostlivosť a prevádzka Ochtinskej aragonitovej jaskyne 141

R E C E N Z I E

Pavel Bella: J. Lacika (Ed.): Zborník referátov – 1. konferencia asociácie Slovenských geomorfológov pri SAV ,..... 147
Pavel Bella: B. P. Onac: Geologia regiunilor carstice 149
Monika Orvošová: Jean Nicod: Les Karst Dinariques – Paysages et Problemes 150

CONTENTS

Pavel Bella: To the 50th jubilee Ochtiná Aragonite Cave 7
Marcel Lalkovič: Contribution to the History of the Ochtiná Aragonite Cave 9
Ľudovít Gaál: Geology of the Ochtiná Aragonite Cave 37
Pavel Bella: Geomorphological settings of the Ochtiná Aragonite Cave 57
Václav Cílek – Radka Schmelzová: The Ochtiná Aragonite Cave in the Slovak, European, and global context 89
Dagmar Haviarová – Matúš Peško: The basic characteristic of waters in the Ochtiná Aragonite Cave 99
Ján Zelinka: Natural radioactivity of rock environment in the Ochtiná Aragonite Cave 109
*Jozef Zimák – Jindřich Štelcl – Viktor Vávra – Ján Zelink*a: Natural radioactivity of the rock environment in the Ochtiná Aragonite Cave 121
Ľubomír Kováč – Andrej Mock – Peter Ľuptáčik – Igor Hudec – Vladimír Košel – Peter Fenďa: First data on invertebrates of the Ochtiná Aragonite Cave (Revúcka vrchovina Mts.,) 129
Peter Gažík: Geographic information system of the technical facilities in the Ochtiná Aragonite Cave 137
Jozef Hlaváč – Ľubica Núdziková: Protection, maintenance, and operation of the Ochtiná Aragonite Cave 141

REVIEWS

Pavel Bella: J. Lacika (Ed.): Zborník referátov – 1. konferencia asociácie Slovenských geomorfológov pri SAV ,..... 147
Pavel Bella: B. P. Onac: Geologia regiunilor carstice 149
Monika Orvošová: Jean Nicod: Les Karst Dinariques – Paysages et Problemes 150

I N H A L T

Pavel Bella: Das 50. Jubiläum der Aragonithöhle von Ochtiná 7
Marcel Lalkovič: Beitrag zur Historie der Aragonithöhle von Ochtiná 9
Ľudovít Gaál: Geologie der Aragonithöhle von Ochtiná 37
Pavel Bella: Geomorphologische Verhältnisse der Aragonithöhle von Ochtiná 57
Václav Cílek – Radka Schmelzová: Die Aragonithöhle von Ochtiná im slowakischen, europäischen und weltweiten Kontext 89
Dagmar Haviarová – Matúš Peško: Grundcharakteristik der Gewässer in der Aragonithöhle von Ochtiná 99
Ján Zelinka: Neue Erkenntnisse aus der mikroklimatischen Monitorabbildung der Aragonithöhle von Ochtiná 109
*Jozef Zimák – Jindřich Štelcl – Viktor Vávra – Ján Zelink*a: Natürliche Radioaktivität der Gesteinumwelt der Aragonithöhle von Ochtiná 121
Ľubomír Kováč – Andrej Mock – Peter Ľuptáčik – Igor Hudec – Vladimír Košel – Peter Fenďa: Erste Angaben über die Wirbellose der Aragonithöhle von Ochtiná (das Revúcka Hügelland) 129
Peter Gažík: Geographisches Informationssystem der technischen Elemente der Aragonithöhle von Ochtiná 137
Jozef Hlaváč – Ľubica Núdziková: Schutz, Fürsorge und Betrieb der Aragonithöhle von Ochtiná 141

R E Z E N S I O N E N

Pavel Bella: J. Lacika (Ed.): Zborník referátov – 1. konferencia asociácie Slovenských geomorfológov pri SAV 147
Pavel Bella: B. P. Onac: Geologia regiunilor carstice 149
Monika Orvošová: Jean Nicod: Les Karst Dinariques – Paysages et Problemes 150

K 50-ROČNÉMU JUBILEU OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

Národná prírodná pamiatka Ochtinská aragonitová jaskyňa je unikátnym prírodným javom podzemného krasu, ktorý bohatosťou a rôznorodosťou aragonitovej výplne, svojráznymi geologickými pomermi i genézou podzemných priestorov púta pozornosť domácej i zahraničnej verejnosti vrátane odborných kruhov.

Už po objavení jaskyne v decembri 1954 sa na ňu upriamil záujem odborníkov, ktorí poukázali na jej pozoruhodné prírodné hodnoty a potrebu zachovania pre budúce generácie. S cieľom prezentácie prírodných krás pre verejnosť je jaskyňa sprístupnená od roku 1972. Aby sa čo najviac objasnili podmienky a procesy vzniku jaskyne, ako aj tvorby aragonitovej výplne, realizovali sa ďalšie výskumné a odborné činnosti, vrátane formulácie viacerých praktických aplikácií potrebných pri zabezpečovaní ochrany tejto národnej prírodnej pamiatky.

Výskumné činnosti a monitorovanie jaskynného prostredia s cieľom komplexného spoznania prírodných pomerov sa najviac rozvinuli po zaradení Ochtinskej aragonitovej jaskyne do svetového prírodného dedičstva v roku 1995. Koordinovala ich Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, pričom využila dlhoročnú spoluprácu najmä s českými a poľskými odborníkmi zaoberajúcimi sa výskumom krasu a jaskýň. Výsledkom je množstvo nových poznatkov a údajov slúžiacich nielen na prezentáciu prírodných hodnôt, ale aj na ich ochranu a praktickú starostlivosť o jaskyňu. S rozvojom geovedných disciplín treba v týchto odborných aktivitách naďalej pokračovať, aby sa starostlivosť štátu o Ochtinskú aragonitovú jaskyňu – svetové prírodné dedičstvo zabezpečovala na základe najnovších odborných poznatkov.

Pri príležitosti 50. výročia objavenia Ochtinskej aragonitovej jaskyne zborník Slovenský kras prináša viaceré štúdie a odborné správy o jej histórii, geologických, geomorfologických, mineralogických, hydrologických, speleoklimatických, rádiologických i biospeleologických pomeroch, ako aj o problematike tvorby geografického informačného systému, prevádzky a praktickej starostlivosti o túto unikátnu jaskyňu. Prezentovali sa na vedeckom kolokviu v dňoch 27. – 28. októbra 2004 v Centre environmentálnej výchovy Drieňok SAŽP na Teplom Vrchu pri Rimavskej Sobote.

RNDr. Pavel Bella, PhD.
Správa slovenských jaskýň,
Liptovský Mikuláš

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	9 – 35	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

PRÍSPEVOK K HISTÓRII OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

MARCEL LALKOVIČ

The Ochtiná Aragonite Cave was discovered by accident at digging exploratory tunnel Kapusta at the Horný Hrádok hill in December 1954. After finishing the geological exploration in this area the cave entered the Turista, state enterprise, Bratislava and started to think about it opening to the public. Changes which in 1963 led to the ending of Turista, s. e., caused that the cave got under field of activity of Tatry hotels, but soon it was delimited to the East-Slovakian Museum Košice in November 1965. In 1966 the museum started with opening works. Influenced by the centralization of the Slovak speleology, these works finished the Slovak Caves Administration Liptovský Mikuláš in 1972. Problems of the cave interested specialists too. Staff of the Speleolaboratory of the Gombasecká Cave except for experimental research had another professional activity – documentation and exploration. This research helped to obtain knowledge about existence of other caves in the Kapusta tunnel in 1985 – 88. After 1990 questions related to improving the opening to the public got to the forefront. When in December 1995 the cave became part of the Word Natural Heritage, questions got to the forefront related to increasing protection of environment by doing monitoring and systematic research.

Key words: history of the speleology, discovery, cave name, beginning of the opening for to the public, professional activity, Horný Hrádok Hill, Slovakia

Päť desiatok rokov trvajúca história Ochtinskej aragonitovej jaskyne sa síce v mnohom líši od toho, čo charakterizuje vývoj záujmu človeka v prípade ostatných sprístupnených jaskýň na Slovensku, neznamená to však, že by azda v porovnaní s nimi niečom zaostávala. Do značnej miery ju ovplyvnil ojedinelý charakter jaskyne. V pozadí jej objavu nebola činnosť smerujúca k poznaniu neznámeho alebo tajomného, povesťami opradeného vstupného otvoru. O objave rozhodli celkom iné okolnosti, zásluhou ktorých existencia jaskyne v počiatočnom období akoby unikala pozornosti kompetentných jaskyniarskych kruhov. Ojedinelý charakter a tunajšia unikátna aragonitová výzdoba napokon rozhodli aj o jej budúcom osude. Zásluhou človeka sa jaskyňa zaradila do okruhu lokalít, ktoré sú dnes objektom širokého návštevníckeho záujmu.

OBJAV JASKYNE A JEHO INTERPRETÁCIA

Oproti ostatným jaskyniam je objav Ochtinskej aragonitovej jaskyne ojedinelý tým, že ho nemôžeme vnímať v intenciách činnosti, ktorá smerovala k preniknutiu do jej neznámeho podzemia. Jaskyňa nepatrila k lokalitám, ktorých existenciu mohol človek vnímať odpradávna. Nebyť činnosti, ktorá sa na Hornom Hrádku začala začiatkom druhej polovice 20. storočia, pravdepodobne by sa ani dnes nič nevedelo o jej existencii. Prípadná existencia jaskýň so zvláštnou – aragonitovou výzdobou predstavuje v slovenských podmienkach prvok, o ktorom sa dovtedy nevedelo celkom nič. Nič nenasvedčovalo tomu, že niekedy v poslednom štvrťroku 1954 môže pri úplne inej činnosti dôjsť k objavu jaskyne s unikátnou a dovtedy u nás nepoznanou aragonitovou výzdobou.

Objav jaskyne súvisí s činnosťou Východoslovenského rudného prieskumu v okolí Horného Hrádku. V jej rámci nejestvovali žiadne indície, ktoré by predznamenali okolnosti objavu, a preto celkom prirodzene absentovala akákoľvek motivácia so zameraním na preniknutie do

neznámych jaskynných priestorov. Až do dňa objavu prakticky nič nesignalizovalo takúto možnosť. Činnosť, aká tu v tom čase prebiehala zásluhou geologického prieskumu, mala totiž úplne iný charakter.

V roku 1952 Východoslovenský rudný prieskum, n. p., delimitoval v oblasti Horného Hrádku od Gemerských železorudných baní v Rožňave banské dielo štôlňa Kapusta. Na tomto objekte, ktorý pomenovali podľa banského revírnika Jána Kapustu z Ochtinej, vykonával od 1. júla 1952 prieskumné práce. Už v júni 1953 sa v štôlni Kapusta nafárali neveľké krasové dutiny s nepatrnou aragonitovou výzdobou, ktoré vznikli pozdĺž smernej trhliny vo vápenci v druhom prekope zo SV smernej chodby. Začiatkom decembra 1954 v prekope na konci JZ smernej chodby sa náhodným spôsobom vytvorila situácia, aká vyústila do objavu vskutku ojedinelej jaskyne.

Tu pri razení prekopu, ktorý smeroval na juh v dĺžke cca 350 m od ústia štôlne Kapusta, ešte pred koncom zmeny 6. decembra 1954 baníci Martin Cangár a Jiří Prošek vyvŕtali do čelby diery, do ktorých osadili nálože, a uskutočnili odstrel. Nasledujúci deň ráno po príchode na pracovisko zbadali na konci chodby v strope čelby väčší otvor. Ten vznikol vypadnutím sutiny vypĺňajúcej dno neznámej jaskyne a viedol do jej terajších vstupných častí. Po preskúmaní jeho bezprostredného okolia prenikli zakrátko do veľkej tmavej siene, odkiaľ podzemná chodba pokračovala ďalej. Zistili, že ide o priestory s bohatým výskytom aragonitových kvetov, aké sa vo výrazných trsoch nachádzali na stenách neznámej jaskyne. Zavolali preto hneď Ondreja Stehlu a Juraja Jána, kolegov z vedľajšieho pracoviska, a spoločne si ešte raz prehliadli nové priestory. Okolo desiatej hodiny na ich pracovisko došiel aj revírnik Ján Kapusta.

Po vyfáraní M. Cangár a J. Prošek údajne ohlásili svoj objav Róbertovi Ševčíkovi, závodnému geológovi, a Ondrejovi Furmanovi, vedúcemu prieskumu. Pracovisko štôlne Kapusta preto už 8. decembra 1954 navštívil závodný geológ a preskúmal priestory neznámej jaskyne. Zistil, že ide o rozsiahlejšiu jaskyňu krasového pôvodu s unikátnou aragonitovou výzdobou. Do jaskyne preto okamžite zakázal vstup. V záujme jej ochrany zastavil aj ďalšie razenie prekopu smerom na juh a jeho pokračovanie na opačnú stranu. Južnú časť prekopu dal navyše zadebniť, aby sa zabránilo vniknutiu nepovolaných osôb a prípadnému poškodzovaniu aragonitovej výplne novej jaskyne.

Toto je jedna a najčastejšie prezentovaná verzia objavu. Podobnú, ale významovo trochu upravenú verziu v roku 1997 publikoval Ján Ujházy, správca Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Podľa nej n*a konci smeny 6. 12. 1954 baníci M. Cangár a J. Prošek urobili odstrel. Keď po chvíli vošli znova dnu, zbadali v čelbe otvor klesajúci strmo dolu. Objav jaskyne bol vlastne náhoda.* S objavom ako dielom náhody možno súhlasiť, ale J. Ujházy práve v súvislosti s ním uviedol ďalej aj niektoré iné myšlienky, ktoré prezentoval ako názor ešte žijúceho baníka J. Prošeka. Podľa tejto verzie mal to potom byť J. Prošek, *čo zišiel do neveľkej siene, ktorá chodbou pokračovala ďalej, a v tento deň do jaskyne ešte vošli baníci M. Cangár, J. Ján a O. Stehlo.* Tým sa interpretácia objavu dostala do trochu iného svetla, pričom práve z hľadiska vierohodnosti naráža na niekoľko úskalí.

Pokiaľ M. Cangár a J. Prošek urobili na konci zmeny 6. decembra 1954 odstrel, je skutočne veľmi nepravdepodobné, aby sa po chvíli z akéhokoľvek dôvodu vracali späť na pracovisko. S použitím trhacích prác totiž veľmi úzko súvisí potreba jeho dostatočného odvetrania. To je dôvodom, prečo sa pri razení takýchto banských chodieb celý cyklus prác upravuje tak, že trhacie práce sa robia až na jeho konci. Čas medzi jednotlivými smenami má potom vytvoriť dostatočný priestor na splnenie tejto základnej bezpečnostnej požiadavky.

Realizácia odstrelu na konci smeny teda naznačuje, že i tu sa s ohľadom na bezpečnosť práce postupovalo podobným spôsobom. O transport horniny po odstrele sa postarala buď druhá smena, alebo tá, ktorá na pracovisko nastupovala až nasledujúci deň ráno. Potom

nemožno súhlasiť s tvrdením, že k objaveniu otvoru klesajúceho strmo dolu došlo ešte v tento deň. Takáto konštrukcia totiž evokuje existenciu viacsmennej prevádzky v štôlni Kapusta, čo je veľmi nepravdepodobné, už i s ohľadom na charakter pracoviska patriaceho geologickému prieskumu. Aj za predpokladu, že by tomu naozaj tak bolo, potom by to museli byť úplne iné osoby, ktoré zaregistrovali existenciu spomínaného otvoru, a nie M. Cangár a J. Prošek, ktorí po skončení svojej smeny vyfárali na povrch.

Pochybnosti vzbudzuje aj tvrdenie J. Prošeka, že on ako prvý zišiel do neveľkej siene, ktorá pokračovala ďalej. Ak sa v zmysle predchádzajúcej, ale i tejto verzie objav jaskyne vníma ako záležitosť, na ktorej sa podieľal M. Cangár a J. Prošek, potom ho možno pochopiť len tak, že ich účasť na ňom je rovnocenná, resp. poradie mien určuje charakter úlohy, akú v nej obaja zohrali. Myšlienka založená na tvrdení, že až potom, ale ešte v tento deň, do jaskyne zostúpil M. Cangár a ostatní, vytvára totiž priestor pre ďalšiu konštrukciu. Na jednej strane síce favorizuje osobu J. Prošeka, ale zároveň tiež navodzuje potrebu rozšírenia kolektívu objaviteľov o prípadné ďalšie mená. Nezanedbateľným argumentom je i poznatok, že jeho interpretácia vyznieva tak, akoby sa to všetko malo udiať 6. decembra 1954 na konci smeny, a nie nasledujúci deň, ako je to vo všeobecnosti známe.

Na závažnú a obsahom skutočne veľmi zaujímavú verziu objavu jaskyne už v marci 1957 poukázal ochtinský farár Ján Agnet. Za nemenej dôležité treba považovať to, že sa k nej prihlásili aj zložky Národného frontu obce Ochtiná. Vyplýva to z ich stanoviska z 9. júla 1957, ktoré v uvedenej veci adresovali Slovenskej akadémii vied. J. Agnet otázku objavu jaskyne vôbec nespájal s osobou M. Cangára a J. Prošeka, ale s niekým úplne iným. Podľa neho totiž *jaskyňu objavili a do jej priestorov ako prví vstúpili baníci z Ochtinej Ondrej Bubenčík a Martin Bosý.* Aj keď nie je bližšie známe, na akom základe J. Agnet dospel k tomuto poznatku, zdá sa, že jeho tvrdenie má svoje opodstatnenie. Doložil ho totiž argumentom, ktorý nemožno prehliadať. Agnet ako miestna autorita v tejto súvislosti uviedol, že *o tomto sa dá presvedčiť zo záznamov v banskej šichtovnici*. Podľa všetkého potom musel mať prístup k dokladom, na ktoré sa odvolával, a otázku objavu jaskyne nemohol vnímať inak, než ako to vyplynulo z preštudovania týchto záznamov. Za iných okolností by sa asi ani zložky NF v obci nestotožnili s jeho interpretáciou objavu. Tu si musíme uvedomiť, že v prípade J. Agneta išlo o osobu miestneho farára, čo vo vtedajšej dobe pri faktmi nepodloženej argumentácii mohlo kedykoľvek nadobudnúť neželateľný politický podtón.

Za zaujímavé treba označiť aj spomenuté stanovisko zložiek NF v Ochtinej. Práve v ňom sa priebeh objavu spresňuje v tom zmysle, že až n*a ďalšie priestory došiel M. Cangár z Jelšavy, ktorý so svojou partiou pokračoval v úseku O. Bubenčíka a M. Bosého, keďže oni ako vedúci banských učňov boli z tohoto pracoviska premiestnení na iné*. Ich stanovisko potom na otázku objavu jaskyne vrhá trochu iné svetlo a naznačuje, že v úseku, kde k nemu došlo nepracoval M. Cangár a podľa všetkého ani J. Prošek. Znamená to, že sa do celého diania dostal až potom, keď sa otázka neznámych priestorov stala zjavnou a jeho, resp. Prošekovu prítomnosť na tomto pracovisku treba vnímať z úplne iných dôvodov. Vysvetlenie ich tunajšej prítomnosti musíme asi hľadať v tej časti stanoviska zložiek NF, ktorá konštatuje, že M. Cangár so svojou partiou pokračoval v úseku O. Bubenčíka a M. Bosého. Znamená to, že M. Cangár bol asi vedúcim partie, ktorá mala v štôlni Kapusta niekoľko pracovísk. Patrilo k nim aj pracovisko, kde sa napokon objavila jaskyňa, a kde podľa všetkého pôvodne pracovali O. Bubenčík a M. Bosý. Tunajšiu prítomnosť M. Cangára a J. Prošeka 6. decembra 1954 na konci smeny treba potom dávať do súvisu s použitím trhacích prác. Tie sa tu mohli realizovať len za prítomnosti strelmajstra, ktorým mohol byť vedúci partie, a jeho pomocníka J. Prošeka.

Takáto úvaha potom plne zapadá do verzie objavu podľa J. Agneta a zároveň dáva odpoveď aj na niektoré ďalšie otázky. Vysvetľuje, prečo M. Cangár vstúpil do priestorov novej jaskyne nasledujúci deň o niečo neskôr, čiže až potom, keď kmeňoví pracovníci tohto pracoviska zistili, že sa po odstrele horniny na čelbe nachádza strmo klesajúci otvor. Z tohto aspektu spresňuje aj obhliadku nových priestorov pracovníkmi z vedľajšieho pracoviska a do istej miery naznačuje aj dôvody, prečo O. Bubenčíka a M. Bosého premiestnili na iné pracovisko. Objav priestorov s unikátnou aragonitovou výzdobou nebol v týchto končinách každodennou záležitosťou. Jeho charakter si preto vyžadoval, aby za ďalší chod prác na pracovisku zodpovedala osoba s príslušnou autoritou, ktorou nemohol byť nik iný než vedúci partie pôsobiacej v týchto častiach štôlne Kapusta.

Dnes sa už ťažko dajú posúdiť motívy, ktoré napokon viedli k tomu, že z hľadiska objavu jaskyne sa dostala do popredia osoba M. Cangára a J. Prošeka, a prečo sa pozabudlo na O. Bubenčíka a M. Bosého. Pravdou však je, že o objasnenie tohto problému sa v mene Múzea slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši ešte v novembri 1956 usiloval jeho riaditeľ Vojtech Benický. Obvodný banský úrad v Košiciach však na Benického písomnú požiadavku poslal do múzea iba zápisnicu z komisionálnej obhliadky jaskyne z 21. decembra 1954. Zároveň vo svojej odpovedi uviedol, že na závode v Jelšave je okrem mien baníkov, ktorí razili chodbu v dňoch 6. – 7. decembra 1954 a vnikli do priestorov novej jaskyne, k dispozícii aj denné hlásenie vzťahujúce sa na uvedené dni. Zdá sa, že V. Benického táto odpoveď uspokojila. Inak by sa v prvom čísle zborníka Slovenský kras v roku 1958 neobjavila ním publikovaná verzia objavu, podľa ktorej *v čelbe 9. slednej chodby pracovali 6. 12. 1954 haviar M. Cangár a pomocný haviar J. Prošek. Normálne navŕtali čelbu prekopu v celkovom profile. Po vyvŕtaní dier pred skončením prvej zmeny urobili odstrel. Na druhý deň po ňom, t. j. 7. 12. 1954, ako zpráva Východoslovenského rudného prieskumu, n. p. závod Jelšava uvádza, spomenutí baníci došli na pracovisko a v čelbe našli väčší otvor – dutinu.*

S názorom V. Benického možno súhlasiť v tom zmysle, že je veľmi pravdepodobné, ak na konci smeny 6. decembra 1954 pracoval na čelbe M. Cangár a J. Prošek, ale nie preto, aby ju tu navŕtali v celkovom profile. Takáto činnosť podľa všetkého patrila do náplne tunajších kmeňových pracovníkov. M. Cangár s J. Prošekom sa tu nachádzal preto, aby do navŕtaných dier umiestnil trhaviny a rozbušky, a zapojil ich do elektrického okruhu a nálož následne odpálil v súlade s technologickým postupom prác.

Zmienka V. Benického týkajúca sa vyvŕtania dier pred skončením prvej smeny akoby naznačovala možnosť viacsmennej prevádzky. Za predpokladu, že práca v štôlni Kapusta by predsa len prebiehala v dvoch smenách, nemožno otázku druhej smeny na tomto pracovisku spájať s osobou M. Cangára a J. Prošeka. V takomto prípade to potom museli byť úplne iní pracovníci, ktorí keď došli na pracovisko, mohli celkom prirodzene objaviť v čelbe otvor do nových priestorov. Pre úplnosť sa treba zamýšľať aj nad alternatívou, ako inak sa ešte dá pochopiť zmienka V. Benického vzťahujúca sa na vyvŕtanie dier pred skončením prvej smeny. Pravdepodobne ju treba vnímať len ako časový údaj, ktorý spresňuje, kedy nastala situácia, po ktorej sa tu ukázal otvor do neznámych priestorov. Ostatné z toho vyplývajúce informácie, čo napokon priznáva i sám V. Benický, pochádzajú len zo správy Východoslovenského rudného prieskumu, presnejšie zápisnice, ktorú mu poskytol Obvodný banský úrad v Košiciach.

PRACOVISKO GEOLOGICKÉHO PRIESKUMU

Za účasti pracovníkov Východoslovenského rudného prieskumu, závodu v Jelšave priestory novoobjavenej jaskyne dňa 21. decembra 1954 komisionálne prehliadli pracovníci OBÚ

v Košiciach. V zápisnici z obhliadky jej priestorov potom skonštatovali, že ide o krasové dutiny s rozlohou približne 120 × 40 m, priebeh ktorých ilustroval k nej pripojený náčrtok. Priestory jaskyne boli zanesené okrom, pričom aj bočné steny dutín pokrývala okrovitá hornina. V trhlinách sa nachádzali pekne vyvinuté aragonitové kvety, na mnohých miestach dokonca z kryštálov značných rozmerov. Účastníci obhliadky navrhli, aby *kompetentní činitelia z výskumu jaskýň, resp. geológovia preskúmali a zhodnotili význam týchto krasových dutín pre geologickú a prípadne pre širšiu verejnosť.*

Obr. 1. Ústie štôlne Kapusta. Fotoarchív SMOPaJ
Fig. 1. Portal of the Ochtiná Aragonite Cave. Photoarchive SMOPaJ

Obvodný banský úrad v Košiciach nariadil správe závodu realizovať z bezpečnostnej stránky opatrenia na zamedzenie prístupu do krasových dutín dostatočne silnými drevenými dverami a inštalovaním tabuľky s nápisom *Životu nebezpečné – Vstup prísne zakázaný!* Na všetkých pracoviskách, ktoré smerovali ku krasovým dutinám, mal závod zabezpečiť predvrtávanie dierami do vzdialenosti viac ako 4 m v počte 3 – 4 dier navŕtaných rôznymi smermi. Správe závodu sa ďalej nariaďovalo poučiť zamestnancov o význame krasových dutín v tom zmysle, aby z ich strany nedochádzalo k poškodzovaniu aragonitovej výplne a dodržiaval sa zákaz vstupu do týchto priestorov. Posledné opatrenie súviselo s okamžitým hlásením výskytu prípadných ďalších krasových dutín pracovníkom OBÚ v Košiciach.

Účastníci komisionálnej prehliadky sa tiež zaviazali, že o objave krasových dutín upovedomia *príslušné výskumné ústavy jaskyniarov na Slovensku*. Preto OBÚ Košice už dňa 28. decembra 1954 o existencii krasových dutín na kutačke Horný Hrádok písomne vyrozumel speleologické oddelenie Turistu, n. p. v Bratislave. Okrem oznámenia objavu formou zápisnice z komisionálnej obhliadky adresoval speleologickému oddeleniu aj žiadosť, aby zabezpečilo *speleologický a geologický prieskum predmetných dutín s patričným vyhodnotením, prípadne rozhodlo o sprístupnení a ich otvorení pre širokú verejnosť.*[1]

Širšie okolie aj s jaskyňou v roku 1955 z geologického hľadiska spracoval R. Ševčík a J. Kantor. Pri tejto príležitosti J. Kantor počas obhliadky jaskyne vyhotovil aj niekoľko fotografických záberov zachytávajúcich charakter aragonitovej výzdoby.[2] V práci (publikovali ju v roku 1956), sa potom zaoberali geologickou stavbou Hrádku, genézou a opisom jaskynných priestorov i rozšírením a charakterom tunajšej aragonitovej výplne, kde okrem kryštalického

[1] Z tohto hľadiska potom tvrdenie L. Blahu, vedúceho speleologického oddelenia Turistu, n. p., o tom, že niekedy v prvej polovici roku 1955 medzi ich obvyklou poštou bol aj list OBÚ z Košíc i so zápisnicou, v ktorej sa konštatuje, že dňa 21. 12. 1954 baníci pri razení chodby v tzv. Kapusta štôlni v Hornom Hrádku narazili náhodou na jaskyňu s aragonitovými kvetmi, vyznieva veľmi zvláštne. Uvedený dátum nesúvisí totiž s objavom jaskyne, ale len s termínom jej komisionálnej obhliadky.

[2] J. Kantor nie je prvým, kto fotografoval priestory novej jaskyne. Podľa vyjadrenia Východoslovenského rudného prieskumu v Spišskej Novej Vsi prvýkrát priestory jaskyne pre potreby podniku fotografoval ich pracovník K. Hegenbár.

Obr. 2. Pozostatok pôvodného nápisu, ktorý na stene jaskyne v decembri 1954 zanechali jej objavitelia.
Foto: P. Ballo. Fotoarchív SMOPaJ
Fig. 2. Rest of the origin epigraph, which left on the caves‘ wall its explorers in December 1954.
Photo: P. Ballo. Photoarchive SMOPaJ

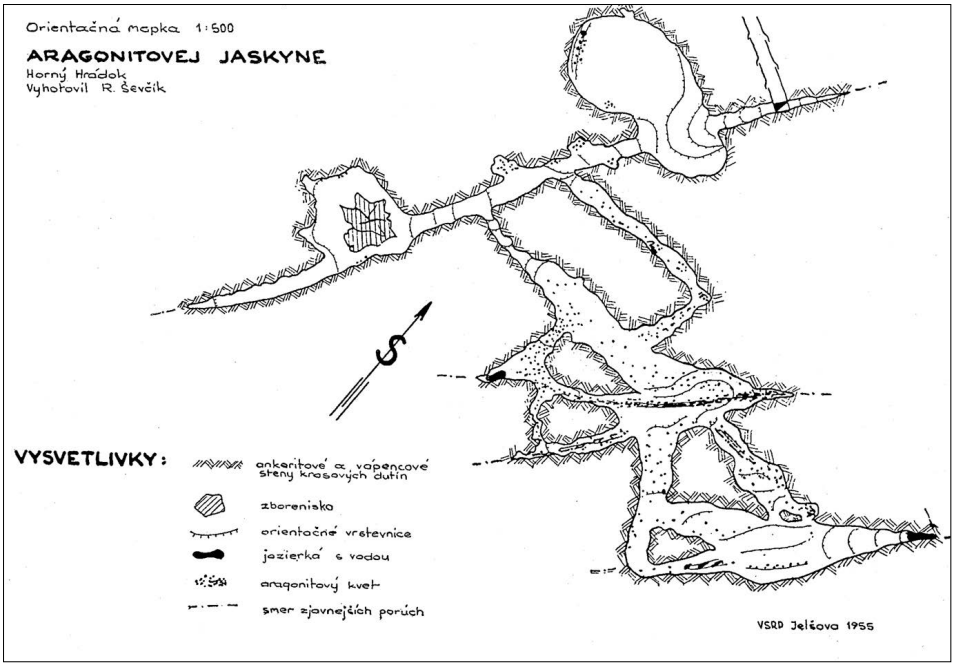
typu rozlíšili aj na pohľad úplne celistvý typ, ktorý sa vyznačoval najrozmanitejšími tvarmi. Popri záberoch z jaskyne prílohu práce tvorila aj orientačná mapka znázorňujúca priebeh jaskynných priestorov. Začiatkom roku 1955 ju vyhotovil R. Ševčík a vytvára aký-taký obraz o rozšírení aragonitovej výplne. Popri obrysoch jednotlivých chodieb a rozsahu rozšírenia aragonitovej výplne autor mapky orientačne znázornil aj výškové pomery jaskyne a smer hlavných tektonických línií.[3]

V súvislosti s objavom jaskyne treba sa zmieniť aj o niektorých doteraz nie celkom jasných okolnostiach. Prvou je skutočnosť, ako vnímal existenciu krasových dutím Východoslovenský rudný prieskum, presnejšie jeho závod v Jelšave, druhou postoj speleologického oddelenia Turistu, n. p. v Bratislave.

Až do ukončenia prieskumných prác na lokalite Horný Hrádok – štôlňa Kapusta podľa Východoslovenského rudného prieskumu, závodu v Jelšave išlo o krasové dutiny, ktoré sa nachádzali v banskom objekte. Ten podľa vtedajšieho právneho stavu z hľadiska vlastníctva patril Gemerským železorudným baniam v Rožňave. Z toho potom vyplýval aj istý režim, ktorý sa tu uplatňoval v čase razenia smernej chodby a prekopu, čo o. i. dokumentuje denné hlásenie zo 6. – 7. 12. 1954, kde by mali byť zachytené všetky podstatné okolnosti o objave jaskyne. Oprávnene teda možno predpokladať, že sa uplatňoval aj neskôr, až do skončenia prieskumných prác a odovzdania jaskyne speleologickému oddeleniu Turistu, n. p. v Bratislave.

Ak máme pochopiť niektoré súvislosti treba si uvedomiť, že akákoľvek snaha o oficiálnu návštevu objavenej jaskyne podliehala súhlasu banských úradov. Takýto výklad

[3] Ide o prvé pôdorysné znázornenie priestorov jaskyne v mierke 1 : 500 z roku 1955.



Obr. 3. Prvý plán Ochtinskej aragonitovej jaskyne od R. Ševčíka z roku 1955
Fig. 3. First plan of the Ochtiná Aragonite Cave compiled by R. Ševčík in 1955

potom vysvetľuje niekoľko ďalších, s tým súvisiacich momentov. Prvým je poznatok, že sa na základe obhliadky 21. decembra 1954 vyzdvihla predovšetkým geologicko-mineralogická hodnota objavu a podtrhol jeho význam pre geologickú verejnosť. Druhý akosi samočinne vyplýva z prvého. V konkrétnej forme ho dokumentuje obhliadka jaskyne závodným geológom, spracovanie jaskyne z geologickej stránky a niektoré iné okolnosti. Posledný súvisí s okruhom osôb, ktoré sa následne zaujímali ani nie tak o jaskyňu, ako o jej aragonitovú výzdobu. Na istý čas sa totiž stala vhodným zberateľským artiklom v okruhu všetkých, ktorí „po linke" geologického prieskumu, banských úradov či GÚDŠ v Bratislave pracovne alebo inak prichádzali s jaskyňou do styku.[4]

Prvé, avšak veľmi strohé informácie o objave novej jaskyne priniesla tlač až koncom januára a začiatkom februára 1955. Z obsahu prvej informácie vyplýva, že zverejnené údaje pochádzajú zo zápisnice z komisionálnej obhliadky 21. decembra 1954. Nehovorí sa v nich o objave jaskyne, ale krasových dutín, pričom sa vôbec nespomína existencia aragonitovej výzdoby. Podľa L. Blahu, vedúceho speleologického oddelenia Turistu, n. p. Bratislava, takáto oneskorená informácia sa do tlače dostala ich zásluhou. Pokiaľ by sa jeho tvrdenie malo zakladať na pravde, potom tu ostáva nezodpovedaných niekoľko otázok.

Vyplývajú z nepochopiteľného mlčania speleologického oddelenia, ktoré sa na obhliadku nových priestorov podujalo až v polovici júla 1955. Pravdepodobne s tým súvisí podcenenie významu objavu a možnože sú za tým úplne iné okolnosti. Ak sa zamýšľame nad systémom

[4] Na túto skutočnosť azda ako prvý upozornil J. Bárta, ktorý už 2. mája 1955 v Muráni získal informácie o tom, že aragonitová výplň jaskyne je predmetom rozkrádania, o čom menom Archeologického ústavu SAV v Nitre dňa 27. mája 1955 písomne upovedomil Slovenskú speleologickú spoločnosť v Liptovskom Mikuláši, presnejšie V. Benického.

Obr. 4. L. Blaha, vedúci speleologického oddelenia Turistu, n. p. (druhý zľava) pred vstupom do štôlne Kapusta. Fotoarchív SMOPaJ
Fig. 4. L. Blaha, chief of the speleological section Turista, s. e., (second from right) in front of entrance to the tunnel Kapusta. Photoarchive SMOPaJ

práce speleologického oddelenia prekvapuje, že L. Blaha neupovedomil o tom ani Jána Majka, aby ako vedúci referátu pre výskum a ochranu jaskýň, preveril charakter tohto objavu.[5] Začiatkom roku 1955 sa J. Majko ako zvyčajne zaoberal spracovávaním hlásení a vybavovaním náležitostí súvisiacich s činnosťou jeho pracovísk v uplynulom roku. Od polovice marca 1955 sa zdržiaval v Bystrianskej jaskyni a až v druhej polovici apríla 1955 sa vzhľadom na pripravované sprístupnenie Gombaseckej jaskyne venoval tunajším dokončovacím prácam. Z tohto hľadiska potom asi neobstojí konštatovanie L. Blahu, že rôzne naliehavé úlohy im nedovoľovali venovať náležitú pozornosť novému objavu.

Postoj J. Bártu začiatkom mája 1955 dokumentuje, že v tom čase sa už existencia novej jaskyne nevnímala ako výlučná záležitosť geologického prieskumu. Napriek tomu orgán, ktorý mal prejaviť maximálny záujem, v tejto veci naďalej mlčal. Jeho nečinnosť zaráža o to viac, že ešte aj po sprístupnení Gombaseckej jaskyne v máji 1955 museli prejsť ďalšie dva mesiace, kým sa speleologické oddelenie Turistu, n. p. konečne zaangažovalo do prieskumu novej jaskyne. Ktovie, ako by sa napokon celá záležitosť v skutočnosti vyvinula, ak by sa dňa 15. mája 1955 počas slávnostného otvorenia Gombaseckej jaskyne neuskutočnilo stretnutie Júliusa Piljana, vtedajšieho okresného konzervátora ochrany prírody s L. Blahom.

J. Piljan sa ako okresný konzervátor dostal do jaskyne prvýkrát niekedy v apríli 1955. V sprievode prevádzkového inžiniera M. Miklu zo závodu Východoslovenského rudného prieskumu v Jelšave, riaditeľa meštianskej školy P. Garaja a baníka Nemška si prehliadol jej

[5] Patrilo k bežnej praxi speleologického oddelenia, že J. Majko práve na základe rôznych hlásení, ktoré dostávalo oddelenie, navštevoval niektoré lokality, aby si overil ich nádejnosť z hľadiska sondovacích prác, a usiloval sa do nich zapojiť vždy, keď mu to o dovoľovali časové možnosti a charakter pracovných povinností.

priestory. Už vtedy si tu všimol množstvo polámaných aragonitových kvetov, jednoznačný dôkaz tendencií, na ktoré potom v máji 1955 upozorňoval J. Bárta. Poznal teda charakter jaskyne a ako konzervátor ochrany prírody mal celkom určite záujem na tom, aby sa nedevastovala tunajšia aragonitová výplň. Počas stretnutia mohol teda poskytnúť L. Blahovi informácie takpovediac z prvej ruky a zároveň i apelovať naňho, aby sa do problematiky jaskyne čo najskôr zaangažovalo speleologické oddelenie Turistu. Pravdepodobne až toto stretnutie možno považovať za dostatočný impulz, aby si aj L. Blaha naplno uvedomil význam objavu novej jaskyne. Napriek tomu však zatiaľ bližšie neznáme okolnosti napokon rozhodli, že ešte ani potom udalosti zo strany speleologického oddelenia nedostali potrebný spád.

A tak až po vybavení potrebných formalít pracovníci Turistu Bratislava (L. Blaha, L. Sep, J. Fremal) 16. júla 1955 za sprievodu okresného konzervátora J. Piljana a prevádzkového inžiniera závodu Východoslovenského rudného prieskumu v Jelšave M. Miklu vykonali informatívny speleologický prieskum priestorov novej jaskyne. Patrilo k nemu i fotografovanie najcharakteristickejších foriem aragonitovej výplne. Už v tom čase zistili, že značná časť aragonitovej výplne na ľahko dostupných miestach je poškodená napriek tomu, že vchod do jaskyne je riadne uzatvorený drevenými dvojkrídlovými dverami. Vzhľadom na predpoklad objavenia ďalších priestorov sa dohodli na potrebe speleologického prieskumu a vedeckého výskumu jaskyne za účasti jaskyniarskych pracovníkov Turistu, n. p. a spolupráce Speleologického poradného zboru SAV.

Speleologické oddelenie Turistu preto už začiatkom augusta 1955 požiadalo OBÚ v Košiciach a Východoslovenský rudný prieskum o súhlas s realizáciou ďalšieho prieskumu jaskyne. Kompetentný orgán OBÚ Košice na žiadosť odpovedal kladne. Vyhradil si však, že Východoslovenský rudný prieskum neberie zodpovednosť za prípadný úraz osôb počas prieskumu. Predbežný geologický a geomorfologický prieskum jaskyne sa uskutočnil v dňoch 12. – 13. septembra 1955 a vykonala ho odborná komisia Speleologického poradného zboru SAV. Okrem L. Blahu sa na ňom podieľali J. Seneš, J. Vytřísalová, V. Rozložník a J. Majko. Prítomný bol aj J. Piljan, okresný konzervátor ochrany prírody.

Medzitým sa o jaskyňu začalo zaujímať aj Múzeum slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši. Pravdepodobne na základe upozornenia J. Bártu chcelo poznať charakter opatrení, ktorými sa malo zabrániť ďalšiemu poškodzovaniu jej aragonitovej výzdoby. Podľa závodu Východoslovenského rudného prieskumu v Jelšave bolo však všetko v úplnom poriadku, o čom svedčí jeho písomné vyjadrenie z augusta 1955, z ktorého vyplýva, *že jaskyňa je teraz chránená proti poškodzovaniu, ktoré vzniklo pri objavení, ale len v malom rozsahu, čomu sa hneď zamedzilo.*[6] Je síce pravdou, že vedenie Východoslovenského rudného prieskumu, n. p. závodu v Jelšave zakázalo baníkom vstup do podzemných dutín a jaskynný otvor opatrilo drevenou bránou, ale takto realizované bezpečnostné opatrenia sa už zakrátko ukázali ako nedostatočné. Mnohí z nich chodili do jaskyne tajne. Dvere štôlne niekoľkokrát násilne vylomili a systematicky poškodzovali jaskynnú výzdobu. Rôzne nepovolané osoby podnikali do jaskyne nočné výpravy a každá z nich si odnášala na pamiatku kus aragonitu.

V septembri 1955 sa mal J. Piljan ako okresný konzervátor ochrany prírody počas predbežného prieskumu jaskyne možnosť osobne presvedčiť, že drevená brána pred jaskyňou v nedostatočnej miere plní svoj účel. Bezodkladne o tom písomne vyrozumel oddelenie pre ochranu prírody a prírodných pamiatok Povereníctva kultúry. Zároveň žiadal, *aby sa čo najskôr dali vyhotoviť dvere silnejšie s dvomi zámkami a kľúče od nich by sa nachádzali u dvoch osôb, jedni u neho, aby tam nemohli ísť ľudia so zlým úmyslom.* Povereníctvo kultúry o situá-

[6] Ide o písomné stanovisko Východoslovenského rudného prieskumu, závodu v Jelšave zo dňa 23. 8. 1955, adresované Múzeu slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši.

cii okolo jaskyne v podobnom duchu informovalo v októbri 1955 aj speleologické oddelenie Turistu a zároveň oznámilo, že uvažuje o sprístupnení jaskyne pre verejnosť.[7] Žiadalo ho, aby jej venovalo náležitú pozornosť tým, že nariadi uzatvorenie hlavného vchodu tak, aby sa nedalo vniknúť do jaskynných priestorov. Povereníctvo kultúry na uvedenom základe potom 13. októbra 1955 nariadilo Okresnému národnému výboru v Rožňave uzatvorenie jaskyne a navrhlo, aby dozor nad jaskyňou zabezpečoval okresný konzervátor J. Piljan.

Napriek prijatým opatreniam sa situácia čo do riadneho uzatvorenia jaskyne nevyvíjala v súlade s požiadavkou Povereníctva kultúry. Komisia ONV z Rožňavy, ktorá prišla na Horný Hrádok 29. októbra 1955, aby sa presvedčila o skutkovom stave a hľadala spôsob, ako čo najlepšie uzatvoriť jaskyňu, sa dovnútra jednoducho nedostala. Vedenie závodu, keďže jaskyňa sa nachádzala v jeho objekte, vyžadovalo od prítomných písomný súhlas kompetentných banských úradov. Svojím spôsobom nenormálna situácia teda pretrvávala naďalej. Ešte v polovici novembra 1955 okresný konzervátor J. Piljan opätovne požadoval, aby Povereníctvo kultúry okamžite nariadilo jaskyňu uzatvoriť, lebo závod v Jelšave sa nepostaral o jej riadne uzamknutie. Do jaskyne naďalej vnikali nepovolané osoby a podľa jeho názoru existovala vážna obava, že zakrátko dôjde k dokonalému vyrabovaniu tunajšej aragonitovej výzdoby.

V záujme riešenia existujúceho neúnosného stavu sa do celej záležitosti zaangažoval aj odbor kultúry KNV v Košiciach. V prvom rade požiadal Východoslovenský rudný prieskum, závod v Jelšave, aby sa postaral o riadne uzatvorenie jaskyne. Zároveň, keďže Povereníctvo kultúry k tomu nevydalo bližšie pokyny, požadoval, aby sa postaralo aj o speleologický prieskum jaskyne. Podľa pracovníkov rudného prieskumu jestvovala totiž v jej okolí pravdepodobnosť výskytu ďalších krasových dutín. S týmto zámerom KNV navrhoval zvolanie pracovnej porady priamo v Jelšave, kde sa malo rozhodnúť o ďalšom postupe.

Ako sa nakoniec doriešila otázka uzatvorenia jaskyne, nie je bližšie známe. Pravdou však je, že postoj Povereníctva kultúry v tejto otázke vyznieva veľmi zvláštne. Speleologické oddelenie Turistu vo svojom písomnom stanovisku adresovanom Povereníctvu kultúry ešte v polovici decembra 1955 konštatovalo, *že v jaskyni nedošlo zo strany ONV k žiadnym ochranným opatreniam. Žiadalo preto o zákrok s najväčšou rozhodnosťou, pretože doterajšie ochranné opatrenia z drevenej brány nestačia a bez ťažkostí sa popri bráne dá dostať do jaskyne.*[8] Tento stav napokon v plnej miere potvrdzuje aj list odboru kultúry KNV v Košiciach zo 7. decembra 1955, adresovaný Povereníctvu kultúry. Uvádza sa v ňom o. i., že v*äčšina dostupných útvarov a kryštálov bola hneď po objavení odlámaná a neporušené ostali len útvary na nedostupných miestach. Jaskyňa je uzatvorená, ale podľa niektorých údajov baníci dvere otvárajú a pokračujú v skaze.*

PREVZATIE JASKYNE N. P. TURISTA

Začiatkom decembra 1955 Východoslovenský rudný prieskum pristúpil so súhlasom Hlavnej správy geologického prieskumu v Prahe k likvidácii pracoviska na lokalite Horný Hrádok – štôlňa Kapusta. Súbežne s tým závod v Jelšave 13. decembra 1955 vyzval speleologické oddelenie Turistu, aby sa vyjadrilo, či ráta s ďalším prieskumom krasových dutín, resp. ich

[7] V liste z 12. 10. 1955 L. Blaha menom speleologického oddelenia Turistu informoval Povereníctvo kultúry, že i napriek zásahom zo strany J. Piljana ako okresného konzervátora začiatkom októbra vnikli do jaskyne neznámi páchatelia a je pravdepodobné, že bola poškodená jej aragonitová výzdoba.

[8] Na zdĺhavý postup Povereníctva kultúry poukazuje napokon aj tá časť listu, v ktorej Turista vyjadruje presvedčenie, že už nebude musieť znovu upozorňovať na záchranu jaskyne, a že povereníctvo podľa zákona podnikne čo treba.

sprístupnením pre verejnosť, pretože ináč štôlňu zlikviduje a ústie zavalí plným, 2 – 3 m závalom. Speleologické oddelenie Turistu v odpovedi z 20. decembra 1955 s ohľadom na vedeckú hodnotu jaskyne oznámilo, že hodlá v čo najkratšom čase pokračovať vo vedeckom výskume jaskyne a v roku 1957 ju chce sprístupniť verejnosti. Od rudného prieskumu preto požadovalo ponechať štôlňu Kapusta v pôvodnom stave, t. j. s koľajnicami a iným zariadením, ktoré sa dalo využiť počas sprístupňovacích prác. V závere žiadalo, aby sa zástupcom ONV v Rožňave a okresnému konzervátorovi nekládli prekážky pri realizácii zabezpečovacích a ochranných opatrení vo vchode do jaskyne.

Obvodný banský úrad v Košiciach sa stotožnil so zámerom speleologického oddelenia Turistu. Preto už 28. decembra 1955 oznámil závodu v Jelšave, že súhlasí so zachovaním drevenej výstuže i výstroje štôlne Kapusta pre ďalší speleologický prieskum jaskyne. V takomto zmysle potom vyrozumel aj Gemerské železorudné bane v Rožňave, aby si vzhľadom na vlastníctvo banských polí na Hornom Hrádku následne uplatnili svoje prípadné nároky voči Povereníctvu kultúry.

Prevzatie štôlne Kapusta za účasti všetkých zainteresovaných, t. j. Východoslovenského rudného prieskumu, Gemerských železorudných baní a Turistu, sa uskutočnilo na závode v Jelšave 14. januára 1956. Po vysvetlení náležitostí okolo odovzdania objektu a obhliadke priestorov sa zainteresované strany dohodli na podmienečnom odovzdaní štôlne, pretože rudný prieskum do uvedeného termínu nemal k dispozícii súhlas Hlavnej správy geologického prieskumu v Prahe. Základnou podmienkou z hľadiska záväznosti dohody bolo jej schválenie Hlavnou správou geologického prieskumu v Prahe, ako i súhlas majiteľa banského poľa a majiteľa povrchu, t. j. Gemerských železorudných baní Rožňava a Lesostavu Betliar. Právoplatnosť dohody závisela aj od schválenia Obvodným banským úradom v Košiciach.[9]

V súlade s podpísanou dohodou dňom 14. januára 1955 štôlňu Kapusta prevzal Turista, n. p., v Bratislave. Od tohoto termínu sa stal zodpovedným za akúkoľvek škodu a úrazy v celom objekte. Zároveň sa vzdal aj možnosti uplatniť voči rudnému prieskumu prípadné nároky za nedostatky na technickom stave štôlne v čase jej preberania. Východoslovenský rudný prieskum sa zase k tomuto dátumu zbavil zodpovednosti za uzatvorenie a stráženie vchodu do štôlne. Dohoda navyše obsahovala klauzulu, podľa ktorej ak by v budúcnosti banské orgány rozhodli o nutnosti pokračovať na banskom diele štôlňa Kapusta v ťažbe alebo geologickom rudnom prieskume, Turista, n. p. ju do 30 dní po písomnom vyrozumení vráti banským účelom bez náhrady nákladov, ktoré tu dovtedy investoval.

Tým, že dňom podpísania dohody Turista, n. p. prevzal na seba povinnosť za uzatvorenie a stráženie štôlne Kapusta, stala sa opäť aktuálnou otázka jej riadneho uzatvorenia. Problémy tohto charakteru pretrvávali totiž naďalej. Ešte ani začiatkom roku 1956 sa neplnila dohoda, v zmysle ktorej sa vchod do štôlne mal uzatvoriť za spolupráce pracovníkov rudného prieskumu, závodu v Jelšave. Bránili tomu prevádzkové problémy závodu, a iné okolnosti, ako nepriazeň počasia a pod. Po tom, ako jaskyňu prevzal Turista, n. p. funkciu stráženia štôlne začal síce dňom 15. januára 1956 zabezpečovať Ondrej Baláž, ale inak sa situácia v ničom nezlepšila. Na tieto skutočnosti začiatkom marca 1956 upozornil písomne Turistu okresný konzervátor J. Piljan a požadoval, aby sa cestou Povereníctva kultúry zabezpečili dve tabule so štátnym znakom, čím by ochrana jaskyne dostala úradnejší charakter. Ním navrhované riešenie malo tak odradiť všetkých, ktorí sa usilovali nelegálne vniknúť do jej priestorov.

---

[9] Hlavná správa geologického prieskumu ako zložka Ministerstva hutného priemyslu a rudných baní v Prahe svoj súhlas s odovzdaním aragonitovej jaskyne Štítnik – Hrádok v intenciách zápisnice zo 14. 1. 1956 písomne potvrdila 24. 1.1956.

Obr. 5. Skupina pracovníkov Turistu, ktorí od októbra 1956 v jaskyni realizovali prieskumné sondovacie práce. Fotoarchív SMOPaJ
Fig. 5. Workers of Turista, which from October 1956 did exploratory probing in the Cave. Photoarchive SMOPaJ

Podľa všetkého takáto iniciatíva J. Piljana zostala zo strany Povereníctva kultúry bez ohlasu. Prevzatím jaskyne do správy Turistu, n. p., v Bratislave sa síce načas akoby zmiernil tlak, ktorému bola dovtedy vystavovaná, ale ani okresný konzervátor napriek povereniu nemohol garantovať nezhoršovanie jej dovtedajšieho stavu. V tomto prípade nešlo iba o zdĺhavé osadenie nových dvier do vchodu jaskyne. Už nebola súčasťou banského objektu, o ktorý sa staral závod rudného prieskumu v Jelšave. Začínala sa preto stávať objektom záujmu okolitého obyvateľstva, ktoré podnikalo do jaskyne nočné výpravy, a keďže Turista, n. p., sídlil v Bratislave, osoba okresného konzervátora nebola v takomto prípade pre potenciálnych záujemcov žiadnou prekážkou. Azda tu niekde pramení poznatok, že Turista v tomto období jaskyni skutočne nevenoval dostatočnú pozornosť, čo sa navonok prejavovalo ďalším poškodzovaním jej aragonitovej výplne.

Neskoršie osadenie železnej mreže miesto pôvodných dvojkrídlových drevených dverí vo vchode do jaskyne, k čomu v októbri 1956 pristúpil Turista pod tlakom okolností, situáciu veľmi nezlepšilo. Ešte koncom októbra 1956 V. Benický telegramom upozorňoval Povereníctvo školstva a kultúry, že jaskynný uzáver je nedostatočný, a domáhal sa rýchlej nápravy, pretože v noci z 23. na 24. októbra 1956 vnikli do jaskyne neznámi páchatelia a pokračovali v jej drancovaní. V podobnom duchu vyznelo aj jeho písomné stanovisko, ktoré spolu s A. Droppom adresoval Povereníctvu školstva a kultúry 30. októbra 1956. Konštatoval v ňom, že jaskyni sa z hľadiska jej ochrany nevenuje náležitá pozornosť. Podľa neho *vchod bol síce zahradený železnými dverami, ale nad nimi bol ponechaný otvor, ktorým sa možno dostať do jaskyne,* preto požadoval, aby sa povereníctvo v zmysle zákona SNR č. 1/1955 postaralo o jej okamžité vyhlásenie za chránený prírodný výtvor.

Nech sa už veci okolo ochrany jaskyne či jej uzáveru vyvíjali akokoľvek treba povedať, že v druhom polroku 1956 jednu z priorít Turistu, n. p. vo vzťahu k jaskyni predstavoval podrobný speleologický prieskum jej priestorov. Podieľala sa na ňom skupina pracovníkov výskumu

a ochrany jaskýň speleologického oddelenia Turistu v zložení František Pleva, Ondrej Baláž, Miroslav Kovalčík a Ferdinand Jirmer. Po prehliadke pracoviska 16. októbra 1956, keď sa určili miesta možného prieskumu, práce na lokalite sa začali výpomocou pri zameriavaní jaskynných priestorov. Išlo o činnosť nadväzujúcu na geomorfologický výskum jaskyne, ktorý tu na požiadanie Poradného zboru pre veci jaskýň a krasových javov na Slovensku pri Povereníctve školstva a kultúry zabezpečoval A. Droppa v dňoch 17. – 26. októbra 1956. Výskumné práce A. Droppu pozostávali z dvoch častí. Popri čiastočnom zameraní povrchovej situácie či zameraní vstupnej štôlne Kapusta prvá časť jeho prác sa týkala zamerania a zmapovania priestorov samotnej aragonitovej jaskyne a ostatných menších dutín v štôlni Kapusta, t. j. cca 30 m dlhej Suchej jaskyne a cca 14 m dlhej Zrútenej diery. Druhá časť výskumných prác sa orientovala na morfologické štúdium priestorov aragonitovej jaskyne.

Podrobný speleologický prieskum Ochtinskej aragonitovej jaskyne nepriniesol očakávané výsledky. Prieskumná skupina výskumu a ochrany jaskýň Turistu tu po celý čas zápasila s rôznymi ťažkosťami (nedostatok potrebného materiálu a pracovníkov, zával v štôlni Kapusta a pod.). Už zakrátko sa ukázalo, že nádej na prípadné ďalšie pokračovanie nie je reálna. Bez pozitívneho výsledku sa skončilo aj sondovanie v jazere na konci Hlbokého dómu. Skupina postupne preskúmala aj okolité banské chodby, kde sa v strope niektorých nachádzali šošovkovité útvary s ojedinelou aragonitovou výzdobou, ale ani tu sa jej nepodarilo preniknúť do prípadných ďalších priestorov.

Okrem samej jaskyne členovia skupiny vykonávali sondovacie práce aj v jej blízkom okolí. Takýmto spôsobom na základe návrhu J. Piljana 21. marca 1957 začali práce v závrte Piljanka na západnej strane kopca Terhegy, vo vzdialenosti cca 1,5 km od Horného Hrádku. V mesiaci máji 1957 sa k nim pripojil aj J. Majko a po presondovaní asi 1,5 m hlbokej sondy objavili tu niekoľko priestorov. Po ich prehliadke však ďalšie práce na tomto pracovisku v polovici augusta 1957 Majko z bezpečnostných dôvodov zastavil.

NÁZOV JASKYNE

Spôsob objavu novej jaskyne do určitej miery ovplyvnil aj jej názov. Kým dostal svoj terajší tvar, prešiel určitým vývojom, pod ktorý sa podpísalo niekoľko okolností. Na samom začiatku sa totiž nevzťahoval na objav jaskyne. Pri objave v podmienkach banského objektu sa pri opise celej udalosti uplatnila výrazne iná terminológia a odzrkadľoval iný prístup než v prípade klasického objavu jaskyne. V zápisnici z komisionálnej obhliadky pracovníkmi OBÚ v Košiciach z 21. decembra 1954, ktorú v tomto smere môžeme považovať za prvý oficiálny dokument, sa novoobjavené priestory nechápali ako jaskyňa, ale iba ako krasové dutiny. Ich význam sa predovšetkým posudzoval z geologického hľadiska, a až tak sa vnímal cez prizmu širšej verejnosti.

Vo vzťahu k významnému a z tohto hľadiska aj ojedinelému jaskynnému objavu sa preto s prvým názvom stretávame až v roku 1955, t. j. v čase, keď sa objav takto začal prezentovať širšej verejnosti. Po tom, ako si priestory jaskyne v polovici júla 1955 prehliadli pracovníci Turistu, L. Blaha, keď o nej na stránkach Krás Slovenska publikoval prvé poznatky, ju nazval *Aragonitovou jaskyňou pri Hornom Hrádku*. S týmto, prípadne mierne upraveným názvom jaskyne (*Aragonitová jaskyňa na Hornom Hrádku*) sa možno stretnúť aj koncom roku 1955, čiže v čase, keď sa začalo uvažovať o jej odovzdaní do správy Turistu, n. p. v Bratislave.

Niekoľko ďalších názvov novej lokality uviedli do literatúry R. Ševčík a J. Kantor, keď v roku 1956 publikovali svoje výsledky z geologického výskumu jaskyne a jej širšieho okolia. Prvú podobu názvu jaskyne nachádzame v samotnom názve ich práce (*Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave*). V jej texte sa však už o nej zmieňujú ako o Hrádockej jaskyni, prípadne

Aragonitovej jaskyni, pričom s poslednou podobou názvu sa môžeme stretnúť aj na prvom pláne jaskyne od R. Ševčíka z roku 1955.

Pri tvorbe názvu novej jaskyne sa teda uplatnili dva aspekty. Názov *Aragonitová jaskyňa* vychádza z charakteristického druhu jaskynnej výplne, ktorou je aragonit, kým názov *Hrádocká jaskyňa* zohľadňuje miesto danej lokality. Názov, aký uviedol do literatúry L. Blaha, sa v takomto prípade dá považovať za uplatnenie oboch aspektov v procese jeho tvorby. Podobného charakteru je i Ševčíkovo a Kantorovo pomenovanie jaskyne v názve ich práce. Spresnenie polohy novej lokality (pri Jelšave) treba potom vnímať ako prvok, ktorý mal za úlohu zvýrazniť najmä miestopisnú stránku v konštrukcii jej názvu.

Z uvedeného rámca napokon nevybočil ani V. Benický, keď v prvom čísle zborníka Slovenský kras z roku 1958 písal o nej ako o Hrádockej jaskyni. V tomto smere je však jediný, ktorý zároveň uviedol aj dôvody pre tento typ ním použitého názvu. Jeho použitie odôvodnil tým, že ide o lokalitu na temene Hrádku, kde sa našli stopy pravekého osídlenia. Ním prezentovaná myšlienka, že názov Hrádok je veľmi starý, zohľadňuje potom aj určitý historický aspekt, ktorého hodnotový význam sa usiloval uplatniť v názve jaskyne. Názov Aragonitová jaskyňa podľa Benického nevyhovoval preto, lebo patril do kategórie názvov (novotvarov) ako napríklad Jasná dolina, Dračia jaskyňa, Východné Tatry namiesto Demänovská dolina, Demänovská ľadová jaskyňa, Belianske Tatry a pod.[10]

Vplyv niektorých krokov, ktoré v súvislosti s možným sprístupnením podnikal Turista, sa napokon prejavil aj v názve novoobjavenej jaskyne. Na jednej strane síce súviseli so situovaním nového vchodu do jaskyne, ale práve jeho situovanie spôsobovalo problémy, ktoré sa dotýkali aj samotného názvu. Jaskyňa sa totiž nachádzala v katastrálnom území obce Ochtiná. Je teda prirodzené, ak sa predstavitelia obce usilovali o to, aby sa v súvislosti so sprístupnením vchod do jaskyne bol smerom od obce a zároveň sa v názve jaskyne fixovala aj jej príslušnosť z hľadiska katastra. Veci zašli napokon tak ďaleko, že sa týmto problémom zaoberala rada MNV v Ochtinej. Členovia rady na zasadnutí 15. marca 1957 prijali uznesenie, kde požadovali schválenie názvu *Ochtinská aragonitová jaskyňa* a situovanie vchodu do jaskyne z ochtinskej strany. V takomto duchu menom občanov Ochtinej u A. Droppu v uvedenej veci intervenoval aj miestny farár Ján Agnet. Žiadosť podobného obsahu, s náležitým zdôvodnením svojho stanoviska, potom 9. júla 1957 Slovenskej akadémii vied predložili aj všetky zložky Národného frontu obce Ochtiná.

Týmto sa v podstate uzatvoril okruh problémov, ktoré po objave vznikli okolo názvu jaskyne. Názov Ochtinská aragonitová jaskyňa použil ako prvý A. Droppa vo svojej práci z roku 1957. Princíp tvorby názvu, v ktorom sa primerane uplatnil nielen charakter sekundárnej minerálnej výplne, ale aj príslušnosť k obci, v katastri ktorej sa jaskyňa nachádza, tak definitívne prenikol do praxe a názov v tejto podobe sa používa dodnes.

POČIATKY SPRÍSTUPŇOVANIA JASKYNE

Otázka, do akej miery sa po prevzatí jaskyne Turista zaoberal myšlienkou jej skorého sprístupnenia pre širšiu verejnosť, si ešte vyžaduje hlbšie štúdium. Nedostatočná ochrana jaskyne poukazuje skôr na to, že sa už v začiatku dostávala na trochu inú platformu, než ako sa pôvodne očakávalo. Zmena postoja, ak sa to dá takto nazvať, mohla vyplynúť z viacerých okolností. V súlade s pôvodnými predstavami L. Blahu ťažisko činnosti speleologického oddelenia

[10] V. Benický bol totiž odporcom názvov, s tendenciou ktorých sa možno stretnúť začiatkom druhej polovice 20. storočia, čo názorne dokumentuje prípad Dračej jaskyne alebo Jasnej. Takéto názvy považoval za umelo vytvorené; podľa jeho názoru odporovali logike života tým, že sa v nich nezohľadnilo nič, čo v konkrétnych podmienkach súviselo s daným prostredím.

Turistu totiž nespočívalo v sprístupňovaní jaskýň, ale činnosť oddelenia sa skôr orientovala na ich výskum (prieskum) a ochranu, čo zastrešoval referát vedený J. Majkom. Ten tvoril dominantnú zložku speleologického oddelenia, čo dokumentuje i množstvo pracovísk, na ktorých sa s rôznym stupňom intenzity realizovali prieskumné sondovacie práce.

V roku 1955 sa síce Turista postaral o sprístupnenie Gombaseckej jaskyne, ale korene tejto tendencie sú o niečo staršie ako samotné speleologické oddelenie. Sprístupnenie Gombaseckej jaskyne do značnej miery ovplyvnila skupina dobrovoľných spolupracovníkov, ktorá práve v súčinnosti s Turistom zavŕšila prieskum jaskynných priestorov ich následným sprístupnením. Takáto situácia sa však v prípade Ochtinskej aragonitovej jaskyne neopakovala. Prieskum jej priestorov nepriniesol očakávané výsledky. Skôr naopak, možno práve on poukázal na problémy, s akými sa tu muselo počítať pri jej sprístupňovaní. Oproti Gombaseckej jaskyni si činnosť takéhoto charakteru vyžadovala úplne iný prístup. Nedá sa teda vylúčiť, že i toto potom zavážilo všade tam, kde sa v kruhoch Turistu a iných kompetentných orgánov rozhodovalo o sprístupnení Ochtinskej aragonitovej jaskyne.

Myšlienka sprístupnenia jaskyne zo strany Turistu, v tom čase už podniku cestovného ruchu, nadobudla konkrétnu podobu v roku 1958. V tomto období, presnejšie 30. júna 1958, uzrela svetlo sveta investičná úloha na sprístupnenie jaskyne s turistickým domovom, s orientačným nákladom 3,6 mil. Kčs. Jaskyňa sa podľa nej mala sprístupniť výťahovou šachtou, výťahom pre 12 osôb, s jednou nástupnou a jednou výstupnou stanicou. V turistickom domove vo vstupnej hale sa mala nachádzať nástupná stanica a vo vstupnej sieni jaskyne stanica výstupná. Okolo výťahu sa mali vybudovať točité schody ako núdzový východ pre prípad poruchy výťahu. V objekte turistického domova sa počítalo s ubytovacou kapacitou 50 postelí a stravovacou kapacitou 60 stoličiek, so spoločenskou miestnosťou a ubytovacou kapacitou pre personál. Komisia pre schvaľovanie projektovej a rozpočtovej dokumentácie investičnej výstavby pri podniku Turista, podnik cestovného ruchu, po menších úpravách odporučila investičnú úlohu na schválenie.

V roku 1959 Slovenské banské projekty v Bratislave vyhotovili príslušnú projektovú dokumentáciu na sprístupnenie jaskyne, výstavbu horského hotela a stavbu spojovacích ciest. Rozpočtový náklad predstavoval sumu 4,98 mil. Kčs. Vo vypracovanej technickej správe generálny projektant konštatoval, že nemá odborníkov na problematiku otvárania jaskýň, preto sa ukázala potreba podrobného lokalitného programu na vypracovanie projektu tejto časti stavby. Lokalitný program koncom decembra 1959 spracovala skupina pracovníkov Turistu pod vedením L. Blahu. Z obsahového hľadiska riešil rozsah a spôsob sprístupnenia jednotlivých častí jaskyne, ich osvetlenie i celkovú koncepciu úpravy a spôsob budúcej prevádzky. Práce na dokompletizácii vnútorného vybavenia jaskyne Slovenské banské projekty následne skončili do 31. decembra 1960.

V súlade s projektom mala sa v 1. etape vybudovať príjazdová komunikácia a začať raziť mierne uklonená vstupná štôlňa do jaskyne s dĺžkou cca 142 m. Podľa harmonogramu sa práce na nej mali začať v závere roka 1962. Nestalo sa však tak. Popri iných okolnostiach s tým súvisel zánik Turistu, podniku cestovného ruchu, podľa výnosu ministra vnútorného obchodu z 18. mája 1963. Po jeho zrušení Tatranské hotely v Starom Smokovci ako jeden z právnych nástupcov prevzali Ochtinskú aragonitovú jaskyňu do svojej správy. V rámci delimitácie k 1. júnu 1963 prevzali od bývalého Turistu, p. c. r. úvodný a zadávací projekt stavby starý 5 rokov, ktorý však už nevyhovoval. Tatranské hotely preto v máji 1964 prerokovali s Banskými projektmi Bratislava, strediskom v Prievidzi možnosť prepracovania celej projektovo-rozpočtovej dokumentácie na sprístupnenie Ochtinskej aragonitovej jaskyne. V súlade s rokovaním sa začali následne rozbiehať niektoré projekčné a prípravné práce.

Podľa rozhodnutia dokumentačnej komisie Ústrednej správy CR v Prahe zo dňa 1. marca 1965 vznikla potreba vypracovať na sprístupnenie Ochtinskej aragonitovej jaskyne novú investičnú úlohu. Poradný zbor pre jaskyne a krasové javy začiatkom apríla 1965 predložil k nej svoje kladné stanovisko. Začiatkom mája 1965 Tatranské hotely odstúpili investičnú úlohu na prerokovanie Dokumentačnej komisii Ústrednej správy Čedoku v Prahe. Investičnú úlohu na sprístupnenie jaskyne s celkovým investičným nákladom 3,5 mil. Kčs schválila Ústredná správa Čedoku koncom mája 1965. Oproti pôvodnému návrhu sa z nej vypustila lôžková kapacita pri jaskyni, čo sa považovalo za neúčelnú investíciu. Tento krok však znamenal zmenu všetkých termínov, ktoré súviseli s vypracovaním a schválením úvodného projektu i jednotlivých etáp výstavby a so začatím vlastnej prevádzky jaskyne.

Nová projektová dokumentácia uvažovala s tromi stavbami a zahŕňala razenie vstupnej štôlne, sprístupnenie jaskyne – mimoglobálne zariadenie staveniska a vybudovanie čerpacej stanice i vodovodu. Úvodný a vykonávací projekt, ktorý počítal s dvoma etapami stavby, vypracovali v septembri 1965 Banské projekty Bratislava. Prvá etapa prác pozostávala z vyrazenia prístupovej chodby do jaskyne, vybudovania príjazdovej komunikácie a vybudovania zdroja vody a elektrickej energie. Ukončiť sa mala do konca júna 1967. Druhú etapu prác tvorili stavebné úpravy v jaskyni, inštalácia jej osvetlenia, vybudovanie vstupného objektu, vodovodu, kanalizácie a septiku.

Generálne riaditeľstvo Čedoku v Prahe schválilo úvodný projekt na sprístupnenie Ochtinskej aragonitovej jaskyne koncom novembra 1965. Už predtým, 10. novembra 1965, sa uskutočnila delimitácia jaskyne pod správu Východoslovenského múzea v Košiciach. Ako vyplýva zo zápisnice, Tatranské hotely mali v tom čase k dispozícii vykonávací projekt príjazdovej komunikácie, telefónnej i elektrickej prípojky a vstupnej štôlne. Ostatné časti (stavebné úpravy v jaskyni, jej osvetlenie, vstupný objekt a i.) jestvovali len na úrovni úvodného projektu, pričom neboli riadne zabezpečené ani z dodávateľskej stránky.

JASKYŇA V SPRÁVE VÝCHODOSLOVENSKÉHO MÚZEA

Jaskyňu napokon začalo sprístupňovať Východoslovenské múzeum v Košiciach. Na základe projektovej dokumentácie delimitovanej od Tatranských hotelov sprístupnenie jaskyne sa zadalo Banským stavbám Prievidza, závodu 02 Lubeník. Okrem vstupnej chodby, kde sa hneď začalo pracovať, celý projekt sa musel podrobiť revízii. K tomuto kroku viedlo niekoľko dôvodov. Ukázali sa chyby v projektovaní príjazdovej komunikácie, ktoré neumožňovali jej pripojenie na štátnu cestu. Projektovaný stav osvetlenia a chodníkov v jaskyni nezodpovedal skutočnému stavu jaskyne. Aj zameranie, ktoré sa realizovalo predtým, malo oproti skutočnosti odchýlky. Finančné náklady plánované na projektovaný vstupný areál sa krátili tým, že hotelová časť sa vynechala a zariadenia pre pracovníkov jaskyne a jej prevádzku sa nezahrnuli do ponechanej časti projektu. Po revízii a prehodnotení cien sa pôvodne plánovaný rozpočet projektu zdvojnásobil.

Odovzdanie staveniska sa komisionálne uskutočnilo 15. júna 1966. Pracovníci Banských stavieb Prievidza, závod Lubeník, od júla 1966 vykonávali prípravné práce (elektrická prípojka, vodovod, úprava miesta prerážky a i.) potrebné k razeniu vstupného diela. S razením vstupného diela do jaskyne sa začalo v septembri 1966 a do konca roku sa vyrazilo 66 bm. Vstupnú chodbu s dĺžkou 143,5 m a výškovým rozdielom 24,5 m dokončili v roku 1967. Z celkovej dĺžky horizontálna štôlňa tvorila 68 m, úpadnica 51 m a spodná horizontálna časť 24,5 m. Začiatkom decembra 1967 sa za účasti zástupcov Východoslovenského múzea a Banských stavieb Prievidza i závodu v Lubeníku rokovalo o spôsobe prebudovania povrchového pásma

prístupovej štôlne v úseku medzi 55 – 60 m z dôvodu odstránenia jestvujúcej okrovej poruchy. Vstupné dielo, ktorým sa značne uľahčil a zjednodušil vstup do priestorov jaskyne, sa komisionálne prevzalo 5. marca 1968. Zúčastnené strany konštatovali, že dielo svojím charakterom plne zodpovedá projektu a všetky práce sa vykonali v požadovanej kvalite.

Vo vzťahu k realizácii vstupnej chodby do jaskyne treba sa zmieniť o niektorých s tým súvisiacich okolnostiach. Za účasti zástupcov Povereníctva SNR pre školstvo a kultúru, SÚPSOP-u Bratislava, Východoslovenského múzea v Košiciach a MNV Ochtiná sa 1. decembra 1966 uskutočnilo komisionálne odovzdanie kľúčov od železnej brány Ochtinskej aragonitovej jaskyne, ktoré dovtedy uschovával MNV Ochtiná. Týmto krokom Východoslovenské múzeum v Košiciach prebralo na seba zodpovednosť za dodržiavanie všetkých zásad ochrany prírody podľa zákona SNR č. 1/1955.

Ešte vo februári 1966 Generálne riaditeľstvo Rudných baní a magnezitových závodov v Prahe v súlade so žiadosťou Železorudných baní v Rožňave nariadilo prešetriť bezpečnostnú otázku Ochtinskej aragonitovej jaskyne v okolí dobývacieho priestoru Ochtiná na Hornom Hrádku. Šetrením sa zistilo, že dobývanie sideritového ložiska sa zastavilo pre jeho vyčerpanie, a konštatovalo sa, že jaskyňa neleží v dobývacom priestore. Od najbližšieho banského diela sa nachádzala vo vzdialenosti 420 m, nedalo sa vniknúť do nej cez úvodné banské diela, ktorými sa zabezpečovalo dobývanie ložiska. Východoslovenské múzeum preto ako správca jaskyne súhlasilo so zrušením dobývacieho priestoru. Odstránila sa tým posledná podmienka, týkajúca sa možného vrátenia štôlne Kapusta banským účelom, ktorá vo vzťahu k jaskyni jestvovala podľa dohody zo dňa 14. januára 1955. Zrušením banského poľa v tejto oblasti definitívne zanikla možnosť pokračovania v ťažbe či geologickom rudnom prieskume.

Záverom roku 1966 a začiatkom roku 1967 sa do priestorov jaskyne nasťahovali bratislavskí filmári. Na uľahčenie prístupu brigádnici na krátky čas opravili vstupnú štôlňu Kapusta a pracovníci štátneho filmu tu natáčali farebný film o nevšedných krásach jaskyne. Premiéru mal neskôr v československom pavilóne na svetovej výstave v kanadskom Montreali.

Koncom augusta 1967 zavítala do chaty Magnezit na Hrádku skupina nováčikov z vojenského útvaru v Jelšave, kde sa dozvedeli o existencii blízkej aragonitovej jaskyne. Navštívili ju 2. septembra 1967. Poškodili zámky na vstupných dverách štôlne a cez mrežu prenikli do jej vnútra. Nasledujúci deň vyzbrojení svietidlami a inými pomôckami a rozdelení na dve skupiny vnikli opäť do jaskynných priestorov. Na podnet vedúceho skupiny V. Trapla začali tu dýkami ulamovať aragonitovú výplň. Týmto konaním poškodili a zničili značnú časť aragonitových ružíc. Východoslovenské múzeum v Košiciach zistilo, že aragonitová výplň bola poškodená na viacerých miestach medzi Vstupnou a Mramorovou sieňou a vo Hviezdnej sieni. Ďalšie škody a najväčšmi poškodené ružice sa identifikovali v Sieni mliečnej cesty. Rozsiahle škody sa zaregistrovali aj v Oválnej chodbe, kde bola aragonitová výplň najviac dostupná, potom v Nízkej chodbe a na niektorých iných miestach. Autori znaleckého posudku odhadovali, že celková škoda sa pohybovala v rozsahu 3 – 5 % aragonitovej výplne jaskyne.[11]

Výstavbu príjazdovej komunikácie, ktorej projektovú dokumentáciu ešte v roku 1964 vyhotovili Banské projekty Bratislava, napokon realizovali Cestné stavby, n. p. Košice. Práce na príjazdovej komunikácii s dĺžkou 2,5 km prebiehali od júna 1966 do konca októbra 1967. Potom, čo Banské stavby Prievidza odmietli vykonávať generálneho dodávateľa, prevzal túto úlohu na seba Geologický prieskum v Spišskej Novej Vsi. Preto sa vo februári 1968 uskutočnilo komisionálne odovzdanie staveniska Geologickému prieskumu, závodu v Rožňave.

[11] Podľa komisie zloženej z pracovníkov SÚPSOP-u Bratislava, Východoslovenského múzea v Košiciach a MNV v Ochtinej páchatelia násilným spôsobom vylámali cca 37 väčších alebo menších aragonitových ružíc. Toto vandalstvo sa síce skončilo pred Vojenským súdom v Prešove, o ich ďalšom osude však nie je nič bližšie známe.

Obr. 6. Výstavba zrubovej chatky pri vchode do jaskyne v rámci jej provizórneho sprístupnenia v roku 1972. Foto: B. Šrol. Fotoarchív SMOPaJ
Fig. 6. Building of the log cabin near entrance to the Cave under on the occasion of temporary opening to the public in 1972. Photo: B. Šrol. Photoarchive SMOPaJ

V roku 1968, na základe záväznej objednávky Geologického prieskumu v Spišskej Novej Vsi, vypracoval monopolný dodávateľ pohyblivých schodov Transporta – oborový podnik, závod Chrudim štúdiu úprav vstupného diela pre atypický exkavátor dĺžky 60 m, ktorým sa malo prekonať tunajšie jestvujúce prevýšenie. Keďže ani jeden z nimi vyrábaných komponentov nevyhovoval podmienkam jaskyne a charakter požadovaných stavebných úprav predstavoval výrazný zásah do už realizovaného vstupného diela, montáž pohyblivých schodov sa napokon neuskutočnila.

Práce na jednostupňovom projekte vstupného areálu sa ukončili až začiatkom roku 1968, keďže jeho pôvodnú verziu neschválil poradný zbor pre odborné riadenie jaskýň pri Východoslovenskom múzeu ani jeho technická komisia. Schvaľovacie konanie prebehlo koncom januára 1968 a v polovici mája 1968 sa uskutočnilo odovzdanie projektovej dokumentácie súvisiacej s realizáciou stavebných úprav v jaskyni. Na jej základe výstavbu chodníkov a osvetlenia jaskyne začali zabezpečovať pracovníci Geologického prieskumu v Rožňave. Do konca roku 1969 sa urobili práce na chodníkoch v jaskyni, vonkajší vodovod, časť terénnych úprav a niektoré ďalšie práce v okolí vstupu do jaskyne.

Podľa všetkého práve so štúdiou úpravy vstupného diela pre potreby montáže pohyblivých schodov súvisela aj myšlienka jeho ďalšieho využitia na propagáciu jaskýň Východoslovenského kraja v správe Východoslovenského múzea v Košiciach múzejným spôsobom. Tým, že k inštalácii pohyblivých schodov nedošlo, myšlienka stratila svoje opodstatnenie. Múzejná forma propagácie ostatných sprístupnených jaskýň vo Východoslovenskom kraji celkom určite predpokladala použitie vitrín a iných komponentov, čo sa bez zmeny parametrov vstupného diela nedalo prakticky dosiahnuť.

V roku 1969 sa Východoslovenské múzeum v Košiciach podujalo na prieskum horných častí jaskyne. Existenciu ďalšieho poschodia nad dovtedy známymi priestormi podľa informácie baníkov, ktorí počas objavu jaskyne v roku 1954 pracovali v štôlni Kapusta, výstup do týchto častí nepotvrdil. V tomto smere negatívne vyznel aj prieskum, ktorý v horných častiach jaskyne uskutočnila poľská horolezecká skupina.

CENTRALIZÁCIA SLOVENSKÉHO JASKYNIARSTVA

V súvislosti s centralizáciou slovenského jaskyniarstva od 1. januára 1970 sa Ochtinská aragonitová jaskyňa dostala pod pôsobnosť Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Napokon až jej pričinením sa vo vnútornom prostredí jaskyne v rokoch 1970 – 1972 ukončili všetky záverečné práce vrátane jej elektroinštalácie. Ako svetelné zdroje sa použili atypické svietidlá dvoch typov so žiarovkami s výkonom 100 a 200 W. Atypické svietidlá vyrobilo výrobné družstvo v Brne a v jaskyni slúžili štvrťstoročie. Pre správu jaskyne sa postavila zrubová chata. Do kategórie týchto prác patrí aj zameranie prístupovej cesty k jaskyni Ing. Krajňákom v roku 1971 metódou číselnej tachymetrie a následné vyhotovenie pôdorysného a výškopisného plánu v mierke 1 : 500. Dňom 1. júla 1972, čiže po dokončení všetkých uvedených prác, Správa slovenských jaskýň pristúpila k provizórnemu sprístupneniu jaskyne.[12] V tom čase tu ešte chýbala plánovaná prevádzková budova a požadovaným prevádzkovým parametrom nezodpovedal ani vonkajší areál. Napriek tomu v tento deň už do jaskyne oficiálne zavítali prví návštevníci.[13] Koncom roku 1972 Ministerstvo kultúry SSR úpravou z 28. decembra 1972 vyhlásilo Ochtinskú aragonitovú jaskyňu za CHPV.

Pôvodne vyhotovený územný plán a projekt vstupnej budovy, ktorý SSJ prevzala od predchádzajúceho správcu, už nezodpovedal kultúrnym ani ochranárskym predstavám. Na vypracovanie nového územného plánu a projektu vstupného areálu jaskyne sa podujal Ústav pre vývoj a projektovanie stavieb kultúry a obnovu pamiatok v Bratislave.[14] Po jeho schválení sa práce na výstavbe prevádzkovej budovy jaskyne – jej vstupného objektu začali v roku 1973. Výstavbu zabezpečoval Okresný stavebný podnik v Rožňave. Spoločným úsilím všetkých zainteresovaných napokon pred vstupom do jaskyne vyrástol vstupný objekt tvaru 24-bokého zrezaného kužeľa. Po dokončení všetkých úprav vrátane prístupovej komunikácie a úprav okolitého terénu ho odovzdali do užívania za prítomnosti námestníka ministra kultúry O. Rácza 29. augusta 1976.

Výstavba prevádzkovej budovy jaskyne nepredstavovala v tom čase iba ojedinelý typ stavby, ale v podmienkach centralizácie slovenského jaskyniarstva išlo aj o vybudovanie vstupného areálu, aký sa v rámci sprístupnených jaskýň na Slovensku dovtedy nikdy nerealizoval. To nemalo len vplyv na charakter tunajších prác, ale svojím spôsobom podmieňovalo aj samotnú prevádzku jaskyne. Od roku 1972 sa jaskyňa počas turistickej sezóny začala stávať objektom pravidelného záujmu návštevníkov. V septembri 1973 si dokonca jej priestory prehliadli aj účastníci pokongresových exkurzií 6. medzinárodného speleologického kongresu, ktorý sa za

[12] Aj v čase provizórneho sprístupnenia jaskyne sa tu uplatňoval režim jej sezónnej prevádzky. Jaskyňa je od roku 1972 verejnosti prístupná iba počas letnej turistickej sezóny, ktorej dĺžka sa upravovala v závislosti od prevádzkových podmienkok organizácie spravujúcej sprístupnené jaskyne na Slovensku.

[13] Ešte predtým, presnejšie 11. júna 1970, do jaskyne v rámci exkurzie zavítali účastníci vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, ktorú usporiadala Správa slovenských jaskýň pri príležitosti 100. výročia Dobšinskej ľadovej jaskyne v Dedinkách pri Hnileckej priehrade.

[14] Autormi projektu vstupného objektu Ochtinskej aragonitovej jaskyne sú Ing. arch. Hlavica a Ing. arch. Droppa, vtedajší pracovníci Ústavu pre vývoj a projektovanie stavieb kultúry a obnovy pamiatok v Bratislave.

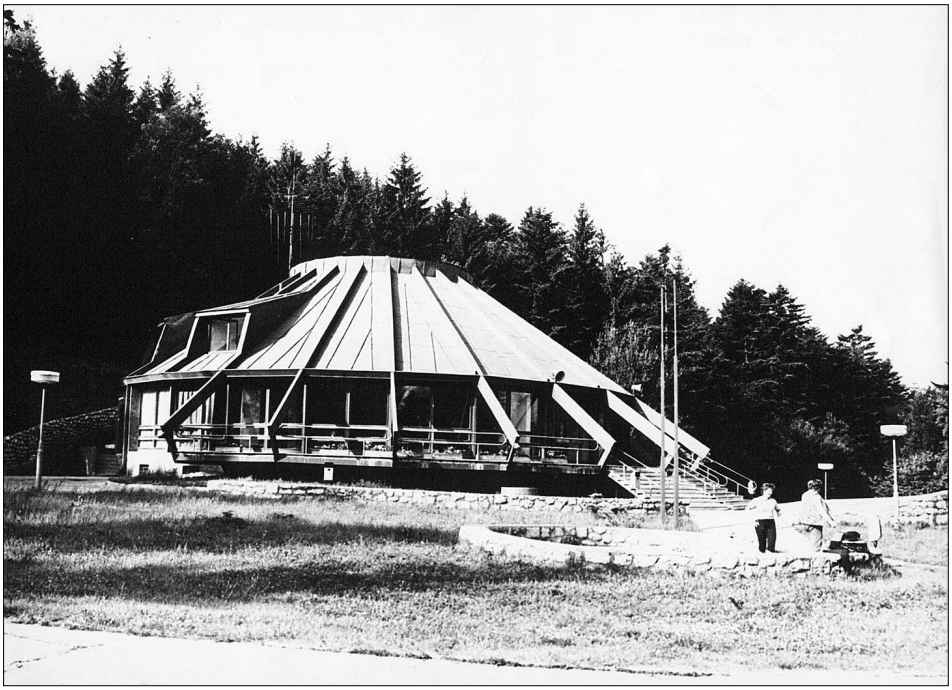
Obr. 7. Príhovor V. Nemca, riaditeľa Múzea slovenského krasu k účastníkom provizórneho sprístupnenia jaskyne 1. 7. 1972. Fotoarchív autora
Fig. 7. Speech of V. Nemec, director of the Museum of Slovak Karst to participants of temporary opening to the public at 1. 7. 1972. Author´s photoarchive

spolupráce Správy slovenských jaskýň uskutočnil v Olomouci, a účastníci Medzinárodného speleologického tábora UIS, ktorý sa konal pri Gombaseckej jaskyni v Slovenskom krase.

Po roku 1976 sa naplno rozbehla prevádzka jaskyne, čo sa prejavilo najmä vo zvýšení počtu jej návštevníkov. Ešte predtým však jaskyňa, a to nielen charakterom svojej aragonitovej výplne, upútala pozornosť príslušných odborných kruhov. Popri experimentálnom výskume, ktorý už od roku 1967 zabezpečovali pracovníci Speleolaboratória pri Gombaseckej jaskyni, ďalšia odborná činnosť mala neskôr dokumentačno-prieskumný charakter. Práve jej prostredníctvom sa výrazným spôsobom rozšírili poznatky o existencii ďalších jaskýň v štôlni Kapusta.

V roku 1970 Š. Homza, L. Rajman a Š. Roda publikovali poznatky so zameraním na vznik a vývoj krasového fenoménu jaskyne. O dva roky neskôr L. Rajman a Š. Roda na základe pozorovania prebiehajúcich fyzikálnych a chemických procesov dospeli k názoru, že v jaskyni nastávajú zmeny jaskynnej mikroklímy, čo sa prejavovalo rozpúšťaním excentrických aragonitových útvarov. Tieto zmeny spôsobovala vybudovaná vstupná štôlňa do jaskyne svojimi parametrami. Na podklade ich poznatkov sa potom v praxi akceptoval návrh na zabudovanie troch protiprievanových dverí do štôlne, čím sa v krátkom čase dosiahol pôvodný stav. Keď sa od 1. júla 1981 jaskyňa dostala pod pôsobnosť Ústredia štátnej ochrany prírody v Liptovskom Mikuláši, začali sa od roku 1982 prostredníctvom Katedry úpravníctva a ochrany životného prostredia Baníckej fakulty VŠT v Košiciach v jaskyni zabezpečovať kontrolné merania aktivity rozpadových produktov radónu.

Ešte v lete roku 1973 pracovníci Múzea slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši realizovali výškové meranie s cieľom určiť nadmorskú výšku vchodu do jaskyne. V roku 1980



Obr. 8. Nový vstupný objekt jaskyne odovzdaný do užívania 29. 8. 1976. Foto: M. Eliáš. Fotoarchív SMOPaJ
Fig. 8. The new entrance building get started to the usage at 29. 8. 1976. Photo: M. Eliáš. Photoarchive SMOPaJ

sa vstupný areál jaskyne pripojil na systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK) a v roku 1983 meračské oddelenie ÚŠOP-u v Liptovskom Mikuláši zabezpečilo v súlade s požiadavkou Bezpečnostného predpisu SBÚ pre jaskyne č. 3000/1975 vyhotovenie základnej mapy jaskyne a mapy povrchovej situácie v mierke 1 : 500. O dva roky neskôr sa pristúpilo aj k zameraniu a vyhotoveniu (rozvinutého) pozdĺžneho profilu vedeného prehliadkovou trasou jaskyne a vyhotovili sa priečne rezy na najcharakteristickejších miestach jaskyne, tiež v mierke 1 : 500.

Na podnet Pavla Mittera v máji 1985 zorganizoval Matej Gaál z oblastnej skupiny SSS v Šafárikove prieskumný tábor s cieľom odkryť už úplne zavalený otvor štôlne Kapusta. Po dvoch dňoch kopania 19. mája 1985 skupina jaskyniarov v zložení M. Gaál, Ľ. Bálint, M. Tóth, A. Bozová, E. Potočník a P. Pázmany otvorila vchod do štôlne Kapusta a zamerala existujúce banské dielo v dĺžke 1146 m. Identifikovala v ňom 15 ďalších dutín, ktoré sa farebnosťou, ako i veľkosťou vyrovnajú Ochtinskej aragonitovej jaskyni a v ktorých sa sporadicky vyskytovala aragonitová výzdoba. V roku 1986 po prekopaní Modrého sifónu vo Festivalovej jaskyni[15] skupina objavila nové priestory s ojedinelou neporušenou aragonitovou výzdobou v dĺžke 100 m, čím dĺžka všetkých jaskýň v štôlni Kapusta dosiahla 550 m. V nasledujúcom období členovia oblastnej skupiny preskúmali a napokon i zamerali 15 jaskýň, pričom v roku 1987 objavili nové priestory v dĺžke 35 m aj v 238 m dlhej Mramorovej jaskyni, ktorá sa nachádza v severnej časti SV smernej chodby. Po ukončení prác oblastná skupina SSS Šafárikovo opätovne uzatvorila vchod do štôlne Kapusta.

[15] Ide o len o iné pomenovanie jaskyne, ktorú v roku 1957 A. Droppa nazval Suchou jaskyňou.

Pod vplyvom kreovania Slovenskej komisie pre životné prostredie sa dňom 1. júla 1990 v Liptovskom Mikuláši opätovne obnovila Správa slovenských jaskýň. Ochtinská aragonitová jaskyňa, podobne ako ostatné sprístupnené jaskyne na Slovensku, sa stala jej súčasťou. Pokiaľ išlo o jaskyňu, do popredia záujmu obnovenej organizácie sa dostali otázky, ktoré na jednej strane súviseli so skvalitnením jej prevádzky, ale zároveň sa týkali zvýšenia starostlivosti o jej prírodné hodnoty a prehĺbenia poznatkov o nej na báze monitoringu a realizovaného výskumu.

V oblasti prevádzky jaskyne sa predovšetkým v rokoch 1994 až 1995 realizovali nevyhnutné udržiavacie práce na vstupnom objekte. V septembri 1996 SSJ zabezpečila odstránenie asi dvoch tretín starých neestetických pletivových ochranných zábran, ktoré sa v rámci sprístupnenia jaskyne inštalovali na niektorých exponovaných miestach prehliadkového chodníka. O ochranu aragonitovej výzdoby sa od roku 1997 začal starať zvýšený počtet sezónnych pracovníkov a iba na dvoch miestach sa nainštalovali nové zábrany z plastu. Potreba zvýšenej ochrany jaskyne si vyžiadala aj stanovenie maximálneho počtu desiatich návštevníkov na jedného sprievodcu.

Na základe revízie elektrického zariadenia, ktorá sa vykonala v roku 1996 a ktorá limitovala prevádzku jaskyne do konca kalendárneho roka, pristúpilo sa po skončení turistickej sezóny k vypracovaniu svetelno-technickej štúdie rekonštrukcie osvetlenia. Pracovníci firmy Comlux z Bratislavy ju tvorili priamo v jaskyni skúšobným fixovaním rôznych svetelných zdrojov na jednotlivých stanovištiach. Štúdia slúžila ako podklad pre vykonávací projekt. Elektromontážne práce, t. j. uloženie káblových rozvodov, inštaláciu ovládacích prvkov – plastových dvojtlačidiel a 156 kusov svietidiel talianskej výroby, zabezpečilo stavebné družstvo Robstav Liptovský Mikuláš. Miesto pôvodných 5 osvetľovacích okruhov sa z úsporných dôvodov zriadilo 8 okruhov. V niektorých častiach jaskyne (Mramorová sieň, Sieň mliečnej cesty a i.) základné osvetlenie doplnili vhodné svetelné efekty. Inštalovaný príkon sa tým znížil o cca 33 % a kontrolu osvetlenia jednotlivých úsekov jaskyne v závislosti od pohybu návštevníkov umožnil svetelnosignalizačný panel inštalovaný vo vstupnom objekte. Modernizácia neobišla ani dovtedy používaný komunikačný a dorozumievací systém medzi pokladňou a jaskyňou, ktorý vybavili kvalitnejšími a vzhľadovo estetickejšími reproduktormi.

Obr. 9. Informačný pútač Ochtinskej aragonitovej jaskyne pri cestnej komunikácii z prvej polovice 70. rokov. Fotoarchív SMOPaJ

Fig. 9. Advertisment of the Ochtiná Aragonite Cave by the road from 1th half of 70-ties. Photoarchive SMOPaJ

V decembri 1998 SSJ prikročila k úprave vstupnej chodby a prehliadkového chodníka. Práce, ktoré realizovala firma Robstav z Liptovského Mikuláša, pozostávali z presmerovania spádových pomerov prehĺbením zberného kanála v hornom úseku vstupnej chodby, úpravy povrchu podlahy v jej hornej a dolnej časti miernym zošikmením do jednej strany

a výmeny bočných dverí uzatvárajúcich priechod do starej banskej štôlne. V priľahlej časti jaskyne sa vybudoval nový odtokový kanál. Odstránila sa aj stará neestetická oblúková konštrukcia s pletivom na ochranu aragonitu v Čarovnej chodbe a urobila pribierka boku chodby, čo umožnilo rozšíriť chodník do šírky 70 cm. Firma IMAD z Dúbravy v tomto úseku potom inštalovala nové a estetickejšie sieťové zábrany na ochranu aragonitovej výzdoby.

Po skončení turistickej sezóny v roku 1998 sa na základe banskobezpečnostnej prehliadky prikročilo k úprave zábradlia v jaskyni a niektorých častí prehliadkovej trasy. Na hornom úseku vstupnej chodby sa inštalovali svetelné zákazové tabule. Koncom turistickej sezóny 2000 firma IMAD z Dúbravy pristúpila k úpravám prehliadkovej trasy v Hlbokom dóme a okolí Siene Mliečnej cesty. Išlo o zníženie počvy chodníka v Hlbokom dóme na prechode z konca Oválnej chodby, odkiaľ sa návštevníci vydávajú na spiatočnú cestu. Z prevádzkových dôvodov sa rozšírila i priľahlá úzka časť chodníka v Hlbokom dóme a chodník v úseku, ktorým návštevníci vychádzajú zo Siene mliečnej cesty do Čarovnej chodby. V máji 2001 pracovníci firmy TELSYS Liptovský Mikuláš uskutočnili pre potreby prevádzky a ochrany jaskyne dodávku a montáž kamerového systému. Systém pozostával z 9 kamier, ktoré rozmiestnili v jaskyni a vo vstupnej hale, a umožnil sledovať obraz jednej a viacerých kamier, prípadne všetkých súčasne na farebnom monitore. Patril k nemu aj záznam videosignálu na pomalobežné video v rozsahu 168 hodín.

Na zasadnutí Výboru pre svetové dedičstvo v dňoch 4. – 9. decembra 1995 v Berlíne Ochtinskú aragonitovú jaskyňu v rámci spoločného slovensko-maďarského bilaterálneho projektu Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu zaradili do Zoznamu svetového kultúrneho a prírodného dedičstva. Pri tejto príležitosti Správa slovenských jaskýň vo vstupnom areáli jaskyne inštalovala stálu výstavu, ktorá je od júla 1996 prístupná návštevníkom. Z obsahového hľadiska sa orientuje na základné poznatky o rozšírení krasu a jaskýň na Slovensku, problematiku svetového kultúrneho a prírodného dedičstva a vedecký i odborný význam jaskyne.

S Ochtinskou aragonitovou jaskyňou súvisel slávnostný akt odovzdania certifikátu UNESCO o zápise jaskýň Slovenského a Aggtelekského krasu do Zoznamu svetového kultúrneho a prírodného dedičstva. Uskutočnil sa vo vstupnom areáli jaskyne 13. septembra 1996 za prítomnosti zástupcu Centra pre svetové dedičstvo a ministrov životného prostredia Slovenskej a Maďarskej republiky. Záujem o jaskyňu v roku 1996 prejavili aj parlamentné delegácie Národnej rady SR a Národného zhromaždenia Maďarskej republiky. Do programu spoločného zasadnutia Výboru pre životné prostredie a ochranu prírody NR SR a Výboru na ochranu životného prostredia Národného zhromaždenia Maďarskej republiky, ktoré sa uskutočnilo v hoteli Ruffíny v osade Dobšinská ľadová jaskyňa patrila, 15. novembra 1996 aj prehliadka priestorov Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Význam jaskyne umocnila aj udalosť, ktorá sa odohrala 12. júna 1997 v priestoroch starej radnice v Rožňave. Súvisela s inauguráciou prvých dvoch slovenských poštových známok s tematikou jaskýň. V sérii *Krásy našej vlasti*, ktorú vydalo Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií, našla svoje miesto i Ochtinská aragonitová jaskyňa vo výtvarnom návrhu M. Činovského znázorňujúcom Srdce Hrádku.

Obr. 10. Srdce Hrádku na známke M. Činovského z roku 1997
Fig. 10. Srdce Hrádku on the postage stamp by M. Činovský from 1997

Správa slovenských jaskýň po svojom opätovnom obnovení začala v rokoch 1996 a 1997 monitorovať zmeny mikroklímy vplyvom návštevnosti jaskyne s cieľom predísť neúmernému

narušovaniu jej prírodného prostredia. Pri monitoringu sa využila meracia registračná aparatúra talianskej výroby, ktorá sa získala v rámci projektu PHARE *Ochrana prírodných zdrojov v krase.* V tejto súvislosti firma ORNTH z Banskej Bystrice na požiadanie SSJ zabezpečila v roku 1997 zameranie profilov chodieb jaskyne s cieľom vyhotovenia jej digitálneho trojrozmerného modelu. Pri meračských prácach sa použila elektronická totálna stanica a ručný laserový diaľkomer DISTO.

V roku 1997 uskutočnil V. Cílek s kolektívom spolupracovníkov predbežnú rekognoskáciu jaskyne so zameraním na problémy speleogenézy. Pri tejto príležitosti vykonal odber vzoriek na mineralogický výskum so zameraním na dovtedy prehliadané okre. Výskum priniesol celý rad poznatkov o aragonite a niekoľkých novoobjavených mineráloch v krasových výplniach. Detailnejším geomorfologickým výskumom jaskyne sa v rokoch 1997 a 1998 zaoberal P. Bella. V tejto súvislosti už v roku 1997 zverejnil prehľad dovtedajších názorov na vznik a vek jaskynných priestorov. O rok neskôr potom na základe výskumu a štúdia zahraničnej speleologickej literatúry publikoval svoje poznatky o morfologických a genetických znakoch jaskyne a načrtol postupnosti jej vývoja.

Geologický ústav Akadémie vied Českej republiky v Prahe na základe dohody o vedeckej spolupráci so SSJ uskutočnil v roku 1999 výskum jaskyne spojený s rádioizotopovým datovaním a paleomagnetickým výskumom sedimentov. V spolupráci s Ústavom geotechniky SAV v Košiciach sa Správa slovenských jaskýň v rokoch 1998 – 2000 zaoberala výskytom zvýšeného obsahu oxidu uhličitého v jaskynnom ovzduší a jeho vplyvom na prevádzku jaskyne. Z výsledkov výskumu vyplynulo, že hodnoty namerané v jaskyni predstavujú 40 % prípustnej koncentrácie, čo z hygienického aspektu nepredstavuje pre pracovníkov aj pri dlhodobejšom pobyte výrazné riziko. S plnením programu starostlivosti o svetové dedičstvo súvisela problematika fyzikálno-chemických vlastností priesakových vôd v jaskyni, ktorej sa v rokoch 1999 – 2001 venoval M. Peško. V roku 2002 P. Bella a K. Urata publikovali výsledky svojich detailnejších geomorfologických pozorovaní, ktoré uskutočnili v apríli 2002 na báze podporného projektu Japonskej agentúry pre medzinárodnú spoluprácu.

LITERATÚRA

BEJDA, F. (1967). Rabovačka v jaskyni (Škoda za 200 000 Kčs), In: Práca, 19. 9. 1967.

BELLA, P. (1996). Nová výstava vo vstupnom areáli Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Aragonit 1, Liptovský Mikuláš, s. 21.

BELLA, P. (1997). Názory na genézu Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Aragonit 2, Liptovský Mikuláš, s. 13 – 14.

BELLA, P. (1997). Domica a Ochtinská aragonitová jaskyňa na poštových známkach, In: Aragonit 2, Liptovský Mikuláš, s. 23.

BELLA, P. (1997). Poslanci v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Aragonit 2, Liptovský Mikuláš, s. 40.

BELLA, P. (1998). Morfologické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Aragonit 3, Liptovský Mikuláš, s. 3 – 7.

BELLA, P. – LALKOVIČ, M. (2001). Ochtinská aragonitová jaskyňa, Liptovský Mikuláš, 16 s.

BELLA, P. – URATA, K. (2002). Podsedimentové korózne tvary skalného georeliéfu v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Aragonit 7, Liptovský Mikuláš, s. 8 – 11.

BENICKÝ, V. (1958). Hrádocká jaskyňa, In: Slovenský kras 1, Liptovský Mikuláš, s. 59 – 61.

BLAHA, L. (1955). Aragonitová jaskyňa pri Hornom Hrádku. In: Krásy Slovenska 32, Bratislava, s. 434 – 436.

BOBRO, M. – HANČUĽÁK, J. – ZELINKA, J. – KUPKA, D. (2002). Výskyt oxidu uhličitého v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referáov, Liptovský Mikuláš, s. 145 – 152.

CÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. (1998). Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni, In: Aragonit 3, Liptovský Mikuláš, s. 7 – 12.

DROPPA, A. (1957). Ochtinská aragonitová jaskyňa, In: Geografický časopis 9, Bratislava, s. 169 – 184.
DZÚR, J. (2002). Kamerový systém v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Aragonit 7, Liptovský Mikuláš, s. 41.
GAÁL, Ľ. (1996). Prieskum a ochrana aragonitových jaskýň v okolí Hrádku, In: Sprístupnené jaskyne, výskum, ochrana a využívanie – zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 130 – 133.
GAÁL, Ľ. (1998). Krasové javy v okolí Hrádku a ich vzťah k Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 44 – 52.
GAÁL, Ľ. (2003). Rozkvet a pád jednej aragonitovej jaskyne (a spravodlivosti) v Slovenskom rudohorí, In: Aragonit 8, Liptovský Mikuláš, s. 42 – 44.
GRENDA, J. (1964). Zanedbané jaskyne – skvosty prírody, In: Východoslovenské noviny 25. februára 1964.
HLAVÁČ, J. (1985). Činnosť Slovenskej speleologickej spoločnosti v roku 1985, In: Spravodaj SSS 3 – 4/1985, Liptovský Mikuláš, s. 13 – 22.
HLAVÁČ, J. (1986). Slovenská speleologická spoločnosť v roku 1986, In: Spravodaj SSS 3 – 4/1986, Liptovský Mikuláš, s. 13 – 23.
HLAVÁČ, J. (1988). Slovenská speleologická spoločnosť v roku 1987, In: Spravodaj SSS 1 – 2/1988, Liptovský Mikuláš, s. 21 – 31.
HLAVÁČ, J. (1989). Slovenská speleologická spoločnosť v roku 1988, In: Spravodaj SSS 1/1989, Liptovský Mikuláš, s.12 – 22.
HLAVÁČ, J. (1997). Vyhlásenia jaskýň Slovenského a Aggtelekského krasu za svetové dedičstvo, In: Aragonit 2, Liptovský Mikuláš, s. 34 – 35.
HLAVÁČ, J. – BELLA, P. (1996). Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu vo svetovom prírodnom dedičstve, In: Aragonit 1, Liptovský Mikuláš, s. 3 – 5.
HOMZA, Š. – RAJMAN, J. – RODA, Š. (1970). Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Slovenský kras 8, Liptovský Mikuláš, s. 21 – 68.
JAKÁL, J. (1996). Správa slovenských jaskýň – integrujúci prvok slovenského jaskyniarstva, In: Aragonit 1, Liptovský Mikuláš, s. 24 – 26.
JANÍČEK, V. (1996). Údržba vstupných areálov jaskyne Domica a Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Aragonit 1, Liptovský Mikuláš, s. 22 – 23.
KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – ZELINKA, J. (1997). Speleoklimatický monitoring Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Aragonit 2, Liptovský Mikuláš, s. 3 – 5.
KRÁLÍK, F. – SKŘIVÁNEK, F. (1963). Aragonit v československých jeskyních, In: Československý kras 15, Praha, s. 11 – 35 .
KUBÍNY, D. (1959). Aragonitová jaskyňa na Slovensku, In: Ochrana přírody 14, Praha, s. 17 – 18.
LALKOVIČ, M. (1995). 40 ročné jubileum Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Sinter 3, Liptovský Mikuláš, s. 22 – 23.
LALKOVIČ, M. (1998). Bývalé poškodzovanie aragonitovej výplne Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 87 – 95.
LALKOVIČ, M. (1998). Z histórie Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 129 – 136.
LALKOVIČ, M. (2001). Ján Majko, životné osudy jaskyniara, Liptovský Mikuláš, 183 s.
LUCINKIEWICZ, A. (1976). Vstupný areál Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Krásy Slovenska 53, Bratislava, s. 556 – 558.
MATEIČKA, E. (1972). Ochtinská aragonitová jaskyňa sprístupnená, In: Krásy Slovenska 49, Bratislava, s. 539 – 541.
MITTER, P. (1984). Jedna z troch podobných na svete, In: Krásy Slovenska 61, 12, Bratislava, s. 12 – 14.
(mr) (1956) . Podzemný skvost Slovenského rudohoria, In: Práca, 3. februára 1957, s. 5.
PAULUS, J. (1999). Úprava vstupnej štôlne a prehliadkového chodníka v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Aragonit 4, Liptovský Mikuláš, s. 28.
PEŠKO, M. (2001). Úprava prehliadkového chodníka v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Aragonit 6, Liptovský Mikuláš, s. 36 – 37.
PEŠKO, M. (2002). Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 108 – 111.
RAJMAN, J. – RODA, Š. (1972). Zmeny mikroklímy a ich následky v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, In: Slovenský kras 10, Liptovský Mikuláš, s. 90 – 93.
RODA, Š. – RAJMAN, L. – ŠČUKA, J. (1989). Dvadsať rokov činnosti speleolaboratória pri Gombasckej jaskyni, In: Slovenský kras 27, Liptovský Mikuláš, s. 195 – 197.
SENEŠ, J. (1960). Zpráva o výskume Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Krásy Slovenska 37, Bratislava, s. 94 – 95.

SLAČÍK, J. (1984) . Luminiscenční průzkum v Ochtinské aragonitové jeskyni, In: Československý kras 34, Praha, s. 120 – 122 .
SOVA, O. (1969). Jaskyne v organizácii Východoslovenského múzea, In: Múzeum 14, Bratislava, s. 136 – 139 .
SÝKORA, J. (1998). Meranie a mapovanie Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 147 – 150.
ŠEVČÍK, R. – KANTOR, J. (1956). Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave, In: Geologické práce, Zprávy 7, Bratislava, s. 161 – 171.
UJHÁZY, J. (1997). 25 rokov sprístupnenia Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Aragonit 2, Liptovský Mikuláš, s. 25.
UJHÁZY, J. (1998). Prevádzka Ochtinskej aragonitovej jaskyne, In: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, s. 107 – 108.

Adresa autora: Ing. Marcel Lalkovič, CSc., Katedra ekomuzeológie Fakulty prírodných vied UMB, Kammerhofská 25, 969 00 Banská Štiavnica

BEITRAG ZUR HISTORIE DER ARAGONITHÖHLE VON OCHTINÁ

Zusammenfassung

Die Aragonithöhle von Ochtiná wurde den 7. Dezember 1954 beim Vortreiben eines geologischen Forschungsstollens Kapusta von Mitarbeitern der Ostslowakischen Erzuntersuchung in Jelšava M. Cangár und J. Prošek zufällig entdeckt. Nach einer Version, die die Interpretation der Ansichten von J. Prošek ist, war gerade er, der schon den 6. Dezember 1954 in den ziemlich kleinen Saal eintrat, und erst danach traten in die Höhle M. Cangár und weitere ein. Nach anderer Version, mit der die Bestandteile der Nationalen Front in Ochtina identifiziert wurden, traten wie die erste in die Höhle die Bergleute von Ochtiná – O. Šefčík und M. Bosý ein. Weitere Umgebung und die Höhle verarbeiteten im Jahr 1955 vom geologischen Gesichtspunkt R. Šefčík und J. Kantor. Bei dieser Gelegenheit vermaß die Höhle R. Šefčík und er verfasste auch den Plan der Höhlenräume.

In den Anfängen das Betrieb Turista n. p. in Bratislava widmete kein Augenmerk auf die Information über die Entdeckung der unikaten Höhle. Seine Angestellten unter der Führung von L. Bláha führten eine informative speläologische Untersuchung erst im Juli 1955 durch. Im September 1955 führte eine vorläufige geologische und geomorphologische Untersuchung der Höhle die Fachkommission des Speläologischen Beratungskörpers der Slowakischen Akademie der Wissenschaften durch. Nach Abschluss der geologischen Untersuchungen im Bereich Horný Hrádok Anfang 1956 wurde der Stollen Kapusta vom Betrieb Turista n. p. übernommen. Damit entstand ihm die Pflicht zur Verschließung und Bewachtung des Stollens Kapusta. Obwohl seit dem 15. Januar 1956 sicherte die Bewachtung O. Baláž, aber trotzdem wurde die Höhle von der Öffentlichkeit oft besucht, die in der Höhle die Aragonitausfüllung beschädigte. Auf dieses Problem lenkte die Aufmerksamkeit Bezirkskonservator J. Piljan. Seit der Hälfte Oktober 1956 machte die Gruppe von Mitarbeitern unter Führung von F. Pleva in der Höhle Untersuchungs- und Sondierungsarbeiten, ohne die Entdeckung der neuen Räume. Auf Verlangen des Beratungskörper für Höhlen und Karsterscheinungen machte A. Droppa im Oktober 1956 geomorphologische Untersuchungen und Messungen der Höhle.

Entdeckungsweise der Höhle beeinflusste auch ihre Benennung. Ihr jetziger Stand ging mit der bestimmten Entwicklung durch und bei ihrer Bildung wurden zwei Aspekte angewendet. Auf einer Seite wurde bei der Bildung der Benennung vom charakteristischen Typ der Höhlenausfüllung ausgegangen, aber kam im Betracht auch der Ort von der Lokalität. In diesem Fall setzte sich die Benennung durch, die ihre Kombination ist. Sie charakterisiert nicht nur den Charakter der Höhlenausfüllung, sondern auch das Gemeindekataster, auf dem Gebiet derer sich die Höhle befindet.

Aufgrund der positiven Investitionsaufgabe von 1958 und der Projektdokumentation sollten die Erschließungsarbeiten 1962 angefangen werden. Infolge wurden sie nicht realisiert. Im Juli 1963 wurde die Höhle vom Betrieb Tatranske hotely in Starý Smokovec übernommen, der neue Projektdokumentation sicherte. Im November 1965 wurde die Höhle unter die Verwaltung vom Ostslowakischen Museum in Košice übernommen, das ganze Dokumentation der Revision unterzog, erst dann begannen die Erschließungsarbeiten. In Jahren 1966-67 wurde in die Höhle der neue Eingangsstollen vorgetrieben. Durch diesen Stollen im August 1967 trat in die Höhle eine Gruppe von Rekruten der Militärformation ein und beschädigte ihre Aragonitbildungen. In Jahren 1968-69 begann in der Höhle die Errichtung von Gehwegen und Beleuchtung.

Im Zusammenhang mit der Zentralisierung der slowakischen Höhlen im Jahr 1970 wurde die Höhle von der Verwaltung der slowakischen Höhlen in Liptovský Mikuláš übernommen. Erst durch ihre Bemühung in Jahren 1970-72 wurden alle Erschließungsarbeiten geschlossen. Nach dem Ende dieser Arbeiten wurde die Höhle für die Öffentlichkeit den 1. Juli 1972 zugänglich gemacht. Ende 1972 wurde die Höhle zur geschützten Naturschöpfung erklärt. Der Bau des Eingangsobjekts der Höhle wurde 1976 beendet. In Gebrauch wurde es den 29. August 1976 übergeben.

Seit Ende der 60-er Jahre des 20. Jahrhunderts beschäftigten sich mit der Problematik der Höhle auch die Fachkreise. Neben der Experimentaluntersuchung von Mitarbeitern des Speläolabors bei der Höhle Gombasek, hatte die weitere Fachtätigkeit später Dokumentations- und Untersuchungscharakter. Nebst der Höhlenvermessung und Verfertigung der Grundmeßdokumentation in Jahr 1985-88 verbreiterten sich Erkenntnisse über Existenz weiteren Höhlen im Kapusta Stollen. Nach dem Jahr 1990 wurden von der Seite der Verwaltung der slowakischen Höhlen die Fragen gelöst, die mit dem Prozess der systematischen Qualitätsverbesserung ihres Betriebs zusammengehangen. Im Dezember wurde die Höhle im Rahmen des Nominationsprojektes „Höhlen des Slowakischen und Aggteleker Karstes“ ins Weltnaturerbe eingegliedert.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	37 – 56	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

GEOLÓGIA OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

ĽUDOVÍT GAÁL

The Ochtiná Aragonite Cave was created in lower Devonian carbonate lens in the northern slope of the Hrádok Hill (Slovenské rudohorie Mts.). This lens consists of ankerite, ochres, grey laminated crystalline limestone and white crystalline limestone (marble). They rised to the surface only in its small part. The lens is enclosed by sericite-graphitic and sericite-chloritic phyllites, which are covered by Permian metamorphic sandstone and conglomerate. The carbonate lens primary originated on the neritic shelf from lime mud and reef, which slid to deeper sea with flyshoidal sedimentation. During the Variscian orogene the limestones were folded, metamorphed and metasomaticaly depressed by warm Fe-solutions to the ankerite. More than 40 % of underground spaces are built of ankerite. Some tectonic structures, mainly folds, normal dip-slip faults, strike-slip faults, cleavage, fold-thrust faults and others were uncovered on cave walls.

Key words**:** aragonite cave, laminated limestones, marble, ochres, ankerite, tectonic structures

1. ÚVOD

S retrospektívou 50 rokov môžeme konštatovať, že Ochtinská aragonitová jaskyňa sa dostala do povedomia odbornej verejnosti tak doma, ako aj v zahraničí. V nemalej miere sa o to zaslúžili práce, ktoré boli publikované v početných domácich i zahraničných periodikách. Po prvých správach (napr. Blaha, 1955; Benický, 1957) boli podrobne opísané priestory jaskyne s riešením ich genézy (Droppa, 1957), skúmala sa jej aragonitová výplň (Ševčík – Kantor, 1956; Homza – Rajman – Roda, 1970; Rajman – Roda – Roda – Ščuka, 1993; Cílek et al., 1998; Bosák et al., 2002), boli zhodnotené genetické vzťahy podzemných priestorov vo svetle moderných geomorfologických poznatkov (Bella 1997, 1998), pravidelne sa sledovali mikroklimatické pomery jaskyne (Klaučo – Filová – Zelinka, 1997; Zelinka – Filová – Klaučo, 1997; Zelinka, 2002) a boli načrtnuté aj problémy riešenia účinnej ochrany najmä v súvislosti sa zaradením lokality do zoznamu svetového prírodného a kultúrneho dedičstva v rámci projektu „Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu“ (Bella – Zelinka – Peško – Gažík, 2000). Údaje o geologickej stavbe jaskyne a okolia však už neboli súhrnne spracované; nachádzame ich pomerne roztrúsene, čiastočne v uvedených publikáciách, v geologickej literatúre a v rôznych archívnych správach o geologických prieskumoch železorudných ložísk tejto oblasti. Doposiaľ nebola publikovaná ani geologická mapa jaskyne. Z týchto dôvodov sme sa rozhodli doterajšie geologické práce zosumarizovať, aktualizovať, kriticky ich prehodnotiť v zmysle novších poznatkov, doplniť ich vlastnými pozorovaniami a zrevidovať geologickú mapu ochranného pásma jaskyne v mierke 1 : 5000.

2. PREHĽAD DOTERAJŠÍCH GEOLOGICKÝCH PRÁC

Výskyt železných rúd priťahoval do oblasti Hrádku medzi Štítnikom a Jelšavou prospektorov a baníkov už pred niekoľkými stáročiami. Prvé zmienky o ťažbe sideritu na ložisku Dolný Hrádok (Banská dolina) pochádzajú z 12. storočia. Rudu neskoršie spracovávali v Štítniku. Štyri sideritové žily ložiska s názvami Hlavná, Prostredná, Spoločná a Ručná boli najinten-

zívnejšie dobývané v 19. storočí. Zásoby však neboli veľké a v prvej polovici 20. storočia ložisko bolo už vyťažené.

Začiatkom 19. storočia sa začali dobývať ložiská na Hornom Hrádku najmä pre vyšší obsah medi. Štôlne Stefania, Porciunkula, Bezmenná, Alžbeta, Anežka, Dolná Mária a Horná Mária boli situované západne od vrchu Hrádok (809,3 m) prevažne v permských pieskovcoch, bridliciach a zlepencoch (Bystrický – Fusán 1951, 1954, ktorí uvádzajú ešte ich karbónsky vek). Prevádzka týchto baní bola zastavená v roku 1927, kutacie práce na krátke obdobie však obnovili počas druhej svetovej vojny.

Prvý geologický prieskum v okolí Hrádku vykonal H. Böckh (1905). Zlepencom na Hrádku správne pripísal permský vek a pravdivé sa ukázali aj jeho pozorovania o nepravidelnosti rozloženia rudných telies ložiska – na rozdiel od J. Ahlburga (1912), ktorý aj zlepence považoval za predkarbónske.

V súvislosti s overením výskytu ankeritu medzi oboma ložiskami zmapoval M. Mišík (1953) širšie okolie Hrádku v mierke 1 : 25 000 a J. Bystrický s O. Fusánom (1951) ankeritový pruh na severných svahoch v mierke 1 : 1000. Túto mapu v roku 1953 doplnil R. Ševčík. Prieskum bol ukončený záverečnou správou v roku 1951, závažnejšie poznatky z neho boli aj publikované (Bystrický – Fusán, 1954). Fylity s ankeritovými šošovkami považovali za staropaleozoické, nadložné zlepence za karbónske. Dôležité však bolo ich zistenie, že styk zlepencov s podložnými staropaleozoickými fylitmi nie je tektonický. Výsledky prieskumu M. Mišíka boli publikované v roku 1953.

Na základe uvedených poznatkov začali v roku 1952 raziť pracovníci Východoslovenského rudného prieskumu Jelšava prieskumné štôlne s názvami Kapusta a Ankerit na overenie zásob ankeritu na severovýchodnom svahu Hrádku. Z tohto obdobia pochádzajú zrejme aj početné prieskumné ryhy vykopané najmä nad súčasným areálom Ochtinskej aragonitovej jaskyne. V čelbe juhozápadnej, 9. smernej chodby štôlne Kapusta dňa 7. 12. 1954 potom objavili baníci M. Cangár a J. Prošek jaskynné priestory s aragonitovou výzdobou, terajšiu Ochtinskú aragonitovú jaskyňu (Benický, 1958; Lalkovič, 1998). Prieskum, ktorý okrem spomenutých štôlní sa realizoval aj na ložisku Dolný Hrádok, bol ukončený záverečnou správou s výpočtom zásob k 31. 12. 1954 (Korpeľ et al., 1954). V rámci prieskumu boli na severnom až severovýchodnom svahu Hrádku (ložisko Horný Hrádok) overené tri ankeritové šošovky smeru SV – JZ v celkovej dĺžke 850 m s maximálnou mocnosťou 70 m, ktoré sa na oboch koncoch ponárajú pod permské zlepence. Zásoby tu boli vypočítané na 16 137 260,6 tony ankeritu a 439 524,2 tony okra (na Dolnom Hrádku ankeritu bolo 688 917,9 tony, okra 584 065,3 tony). Získali sa pritom aj cenné poznatky o geologicko-tektonickej pozícii vápencových šošoviek a boli vykonané chemické analýzy ankeritu a okrov. Novší ložiskový výskum tu uskutočnil ešte T. Gregor (1964), ktorý však už nepriniesol závažnejšie výsledky.

Po objavení Ochtinskej aragonitovej jaskyne prvý dôkladný prieskum podzemných priestorov vykonali R. Ševčík, geológ Východoslovenského rudného prieskumu v Jelšave, a J. Kantor, mineralóg Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave (Ševčík – Kantor, 1956). Publikovali geologickú mapku okolia a náčrt jaskyne, opísali geologickú stavbu oblasti Hrádku a mineralogicky charakterizovali aragonitovú výzdobu. Pravdepodobne z tohto obdobia pochádza aj nepublikovaná tektonická mapa jaskyne od L. Rozložníka, ktorá sa nachádza v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši.

V podstate o prácu Ševčíka a Kantora (l. c.) sa opierali aj neskorší autori, ktorí sa dotkli opisu geologických pomerov jaskyne, ako A. Droppa (1957), D. Kubíny (1959), J. Seneš (1960) a Š. Homza – L. Rajman – Š. Roda (1970). Kubíny (1959) pri tvorbe jaskynných priestorov pripisoval dôležitý význam nadložnému súvrstviu zlepencov, kremencov a bridlíc, pretože „zrážkové vody, ktoré presakujú týmto súvrstvím hlavne po puklinách a trhlinách, nasycujú

aj podložné ankeritizované vápence pravidelnejšie a sústavnejšie ako tam, kde toto súvrstvie nie je a kde zrážkové vody rýchlo stekajú". Treba vyzdvihnúť aj prácu A. Droppu (1957), ktorý rozpoznal kľúčovú úlohu oxidačného rozpadu a následného odnosu ankeritu, ako aj hlavných tektonických porúch pri koróznom vzniku jaskyne. V podstate podobný názor na genézu jaskyne prezentovali Ľ. Gaál – P. Ženiš (1986), ktorí v zmysle novej geologickej mapy Spišsko-gemerského rudohoria (Bajaník et.al., 1983) spresnili aj stratigrafické zaradenie fylitov so šošovkami ankeritu na drnavské súvrstvie gelnickej skupiny s predpokladaným vekom spodný devón, prípadne vrchný silúr.

Dôležité spresnenie genetických vzťahov podzemných priestorov jaskyne priniesla súborná práca P. Bosáka so širokým autorským kolektívom v roku 2002. Opísali výskyt viacerých minerálov, paleomagneticky datovali jemné sedimenty v Oválnej chodbe na staršie ako 780 ka a na základe rádioizotopového datovania aragonitovej výzdoby z rôznych miest jaskyne stanovili vek najstaršej generácie na 450 ka, resp. na 138 – 121 ka a mladšej generácie na 14 ka. Na základe získaných údajov načrtli jednotlivé etapy geologického vývoja jaskyne. Pri vzniku podzemných priestorov autori pripisovali dôležitú úlohu okrem oxidačného rozpadu ankeritu aj koróznym procesom so zvýšenou agresivitou infiltrujúcich vôd následkom zmiešanej korózie a uvoľnenia CO_2 z procesu premeny ankeritu na goethit. Podľa nich pri vzniku aragonitu dôležitú mikroklimatickú stabilizačnú úlohu hrajú aj okre, ktoré obsahujú približne až 50 % vody. Na základe prítomnosti niektorých alogénnych minerálov sa domnievali, že komunikácia medzi podzemnými priestormi a povrchom je slabá, uskutočňuje sa len zúženými puklinami.

3. GEOLOGICKÉ POMERY OKOLIA JASKYNE

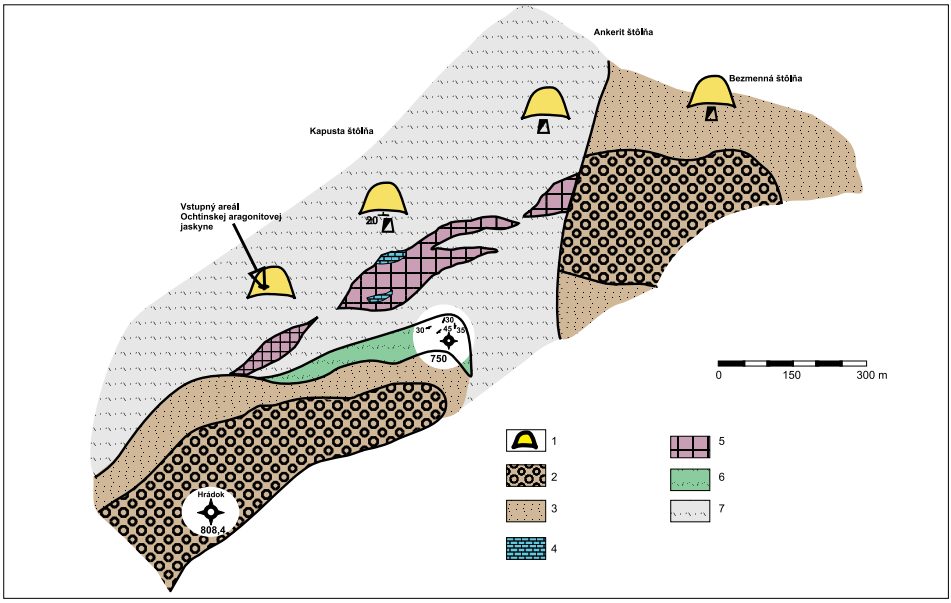
Pri geologickom výskume povrchu som sa zameral na revíziu a doplnenie geologickej mapy územia publikovanú R. Ševčíkom (Ševčík – Kantor, 1956) v medziach navrhovaného ochranného pásma Ochtinskej aragonitovej jaskyne (obr. 1). Revízne mapovacie práce som uskutočnil v mierke 1 : 5000. Na základe spracovanej mapy sa na stavbe územia podieľajú dve stratigrafické jednotky gemerika: drnavské súvrstvie gelnickej skupiny a rožňavské súvrstvie gočaltovskej skupiny.

3.1. GELNICKÁ SKUPINA, DRNAVSKÉ SÚVRSTVIE

Drnavské súvrstvie predstavuje vyše 1 km hrubý flyšoidný súbor prevažne hlbokovodných turbiditových klastických sedimentov gemerika, ktoré obsahujú šošovky lyditov a kryštalických vápencov, ako aj redeponované ryolit-dacitové vulkanoklastiká (Bajaník et al., 1983). Celé súvrstvie je epizonálne metamorfované. V záujmovom území sú zastúpené tri litofácie súvrstvia: sericiticko-grafitické fylity, šošovky ankeritu s kryštalickými vápencami a chloriticko-sericitické fylity. Na povrch vystupujú na severnom až severovýchodnom svahu Hrádku.

3.1.1. SERICITICKO-GRAFITICKÉ FYLITY

Na zasutinovaných svahoch spravidla vystupujú len v úlomkoch. Ryhy nad vstupným areálom jaskyne z obdobia prieskumu z roku 1952 sú už čiastočne zasypané, zasutinované, fylity sa v nich taktiež vyskytujú len v úlomkoch. Preto sú ich úložné pomery ťažko zistiteľné. Podľa celkovej geologickej situácie však predpokladáme ich generálny smer SV – JZ. Priame výstupy sme zdokumentovali len v ústí štôlne Kapusta (úložné pomery 10º/20º), kde sú však svetlejšej farby, obsahujú menej grafitickej prímesi. Prítomnosť takýchto svetlejších fylitov sme roztrú-



Obr. 1. Geologická mapa okolia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. S použitím podkladov R. Ševčíka (1956) zostavil autor. Vysvetlivky: 1. haldy a odvaly, 2. metamorfované konglomeráty, 3. kremenné droby (2 – 3 rožňavské súvrstvie, perm), 4. sivý kryštalický vápenec, 5. zokrovatený ankerit a ankerit, 6. chloriticko-sericitické fylity, 7. sericiticko-grafitické fylity (4 – 7 drnavské súvrstvie, spodný devón)
Fig. 1. Geological map of the Ochtiná Aragonite Cave environment. Compiled by author according to Ševčík (1956). Explanations: 1. heaps and spoils, 2. metamorphed conglomerate, 3. quartzite graywacke (2 – 3 Rožňava Formation, Permian), 4. gray crystalline limestone, 5. Ankerite with ochre, 6. Chloritic-sericitic phyllite, 7. Sericitic-graphitic phyllite (4 – 7. Drnava Formation, Lower Devonian)

sene zistili aj na iných miestach, napr. v niektorých prieskumných ryhách nad areálom jaskyne. Fylitové úlomky v prevažnej väčšine územia majú tmavosivú farbu, sú spravidla laminované a miestami aj kremité. Na plochách bridličnatosti je hojný lesklý sericit. Po puklinách a po bridličnatých plochách sú často zatekané oxidmi železa.

Grafitické fylity čiernej farby sme zaregistrovali na halde pred štôlňou Ankerit.

Opísané sedimenty vznikali pôvodne v redukčnom sedimentačnom prostredí málo vetraného morského prostredia. Podobné prostredie pretrvávalo čiastočne zrejme aj počas vzniku karbonátových sedimentov.

Z horizontu fylitov na lokalite Tekvičník bol P. Snopkovou (1984) na základe palynomorf doložený spodnodevónsky vek (gedin – siegen) drnavského súvrstvia.

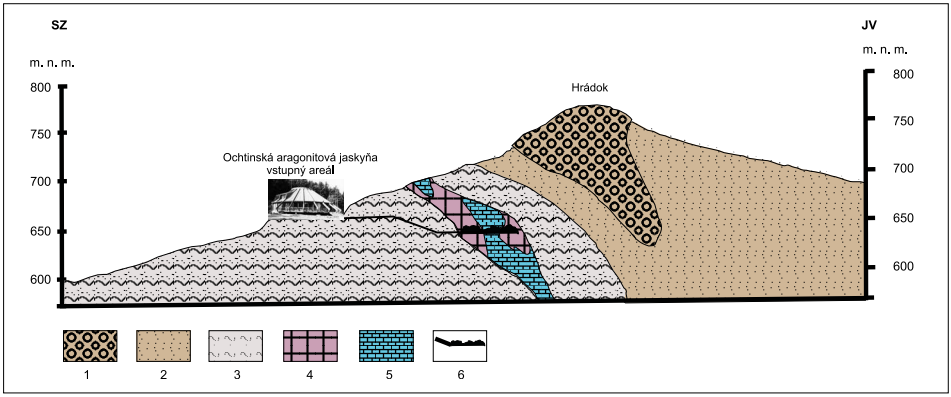
3.1.2. KARBONÁTOVÉ ŠOŠOVKY

Zmapovať a kartograficky vymedziť priebeh karbonátových šošoviek je v súčasnosti už veľmi obťažné, lebo staré prieskumné ryhy sú zasutinované a karbonáty vystupujú prevažne len v úlomkoch. Priame výstupy sú zdokumentovateľné len v dvoch odkryvoch. Prvý je v odkope 10 × 5 m pri strednej lesnej ceste 250 m východne od vstupnej budovy jaskyne. Na pravej strane odkopu tu vystupuje tmavosivý celistvý kryštalický vápenec na ploche 2 m (výška) × 1,5 m (šírka). Oproti na ľavej strane vystupujú bloky hnedých okrov. Druhý odkryv je pri lesnej ceste nad štôlňou Kapusta, kde v starom odkope 7 × 10 m vystupujú sivé kryštalické

vápence a sčasti zokrovatené ankerity. V ostatných častiach územia sa okre a ojedinele aj tmavé vápence vyskytujú len v sporadických úlomkoch. Z tohto dôvodu sme povrchové vymedzenie karbonátových šošoviek prevzali z mapy R. Ševčíka (Ševčík – Kantor, 1956) s predpokladom, že v čase ich prieskumu boli ryhy čerstvé a spoľahlivejšie zdokumentovateľné. Napriek tomu sa nám zdá, že povrchové rozšírenie karbonátových šošoviek oproti citovanej mape je menšie. Maximálna pravá mocnosť šošovky, v ktorej je vytvorená Ochtinská aragonitová jaskyňa, je podľa našich zistení 50 m, sklon je 45º k JV (obr. 2, 3). Mocnosť strednej šošovky pritom môže byť oveľa väčšia.

Podľa údajov R. Ševčíka (l. c.) sú na severovýchodnom svahu Hrádku rozšírené tri karbonátové šošovky, ktoré sa dajú sledovať v smere SV – JZ v celkovej dĺžke 800 m. Ďalšia menšia šošovka bola zistená vo východnom cípe ochranného pásma jaskyne, jej povrchový prejav som však nezistil pre značnú zasutinovanosť územia.

Podľa úlomkov na povrchu sú v pripovrchových častiach karbonátovej šošovky zastúpené najmä okre, rezistentnejšie kremene, limonitové zvyšky a len ojedinele vápence.



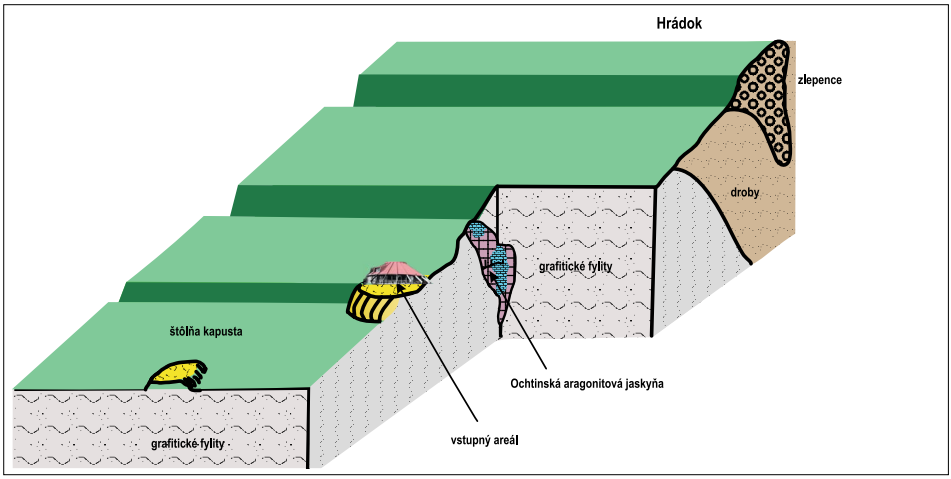
Obr. 2. Geologický rez Ochtinskou aragonitovou jaskyňou. Zostavil autor. Vysvetlivky: 1. metamorfované konglomeráty, 2. kremenné droby, 3. sericiticko-grafitické fylity, 4. zokrovatený ankerit, 5. kryštalický vápenec, 6. vstupná štôlňa a priestory jaskyne
Fig. 2. Geological section of the Ochtiná Aragonite Cave. Compiled by author. Explanations: 1. metamorphic conglomerate, 2. quartzite graywacke, 3. Sericitic-graphitic phyllite, 4. Ankerite with ochre, 5. Crystalline limestone, 6. Mining tunnel and underground spaces of cave

3.1.3. CHLORITICKO-SERICITICKÉ A PIESČITÉ FYLITY

Zistili sa v umelom odkryve mohutnej ryhy pod kótou 750 m n. m., 500 m severovýchodne od hlavnej kóty Hrádku. Ryha je dlhá 120 m so šírkou 4 m a s maximálnou hĺbkou 4 m. Priamo v nej vystupujú zelenkasté, sivozelené fylity a piesčité fylity, ktoré na východnom okraji ryhy prechádzajú do tmavosivých sericiticko-grafitických fylitov. V západnej časti ryhy boli namerané úložné pomery (smer sklonu/sklon v stupňoch) 140º/30º a 110º/35º, vo východnej časti 90º/50º, 80º/30º, 95º/35º. Poruchy majú rôzne hodnoty – 11º/50º, 85º/55º, 235º/70º, 35º/85º.

Podobné, avšak trochu tmavšie fylity vystupujú v 4 m vysokom prirodzenom odkryve na kóte 750 na severovýchodnom konci hrebeňa Hrádku. Obsahujú drobné žily a hniezda kremeňa. Sú uložené v smere sklonu 140º/45º.

Chloriticko-sericitické fylity do podložných sericiticko-grafitických fylitov prechádzajú pozvoľne. Ich nadložie na predmetnej lokalite tvoria pieskovce a kremence rožňavského súvrstvia.



Obr. 3. Blokdiagram okolia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Zostavil autor
Fig. 3. Blockdiagram of environment of the Ochtiná Aragonite Cave. Compiled by author

3.2. GOČALTOVSKÁ SKUPINA, ROŽŇAVSKÉ SÚVRSTVIE

Predstavuje prevažne hruboúlomkovitý súbor sedimentov kontinentálneho pôvodu. Vzhľadom k staropaleozoickému podložiu je rožňavské súvrstvie uložené v uhlovej diskordancii, čo môžu potvrdiť aj naše pozorovania. Terigénny materiál súvrstvia bol transportovaný z vyššie položených tektonicky aktívnych okrajov kontinentálneho sedimentačného bazénu krátkymi tokmi. Prevládajú v nich korytové a povodňové fácie (Vozárová, 1977). Súčasne so sedimentáciou rožňavského súvrstvia sa prejavila aj vulkanická činnosť, zvyšky ktorej sa vyskytujú vo forme ryodacitových tufov aj v tesnej blízkosti záujmového územia južne od sedla pri Hrádku. Vek rožňavského súvrstvia podľa mikroflóry z rôznych lokalít južného gemerika je permský (Planderová, 1980).

3.2.1. KREMENNÉ DROBY

Mierne metamorfované droby (pieskovce s vyšším obsahom živcov alebo ílovito-prachovcovej zložky, prípadne úlomkov iných hornín) lemujú metakonglomeráty hrebeňa na Hrádku z oboch strán. Vystupujú v ramenách asymetrickej synklinály, uklonenej k juhu. Sú svetlosivej alebo hnedosivej, hrdzavej farby. Zrnitosť je spravidla nerovnomerná, miestami obsahujú hrubozrnnejšie polohy, často aj s kremennými obliakmi. V materiáli jednoznačne prevláda kremeň.

Ich styk s podložnými staropaleozoickými fylitmi je diskordantný, na zasutinovanom svahu je však ťažké vymedziť styčnú plochu. Zreteľnejšia je hranica s nadložnými zlepencami, ktorá sa prejavuje aj morfologicky strmými bralnatými výstupmi na hrebeni Hrádku a na vedľajšom hrebeni severovýchodne od neho.

3.2.2. METAMORFOVANÉ KONGLOMERÁTY

Tvoria vrcholové časti hrebeňa Hrádku a kopca severovýchodne od neho. Vystupujú v jadre stlačenej, k juhu uklonenej synklinály. Na vrchole Hrádku v nich preto môžeme pozorovať aj veľmi strmé úklony.

V obliakovom materiáli zlepencov prevláda kremeň, v bazálnej časti sú však zastúpené aj fylity alebo iné horniny. Majú preto oligomiktný charakter. Hornina je veľmi odolná, čo potvrdzujú strmé bralnaté výstupy, ale aj veľké balvany takmer všade na okolitých svahoch.

Na kopci severovýchodne od Hrádku sa v zlepencoch nachádzajú mohutné pingy a prepadliská, ktoré sú pozostatkami starších banských prác na ložiskách Dolný Hrádok.

4. GEOLOGICKÉ POMERY JASKYNE

4.1. LITOLÓGIA A STRATIGRAFIA

Podzemné priestory Ochtinskej aragonitovej jaskyne sú vytvorené v kryštalických vápencoch (56,3 % celkovej plochy podzemných priestorov) a v zokrovatených ankeritoch (43,7 % plochy, obr. 4). Oba horninové typy sú podľa geologickej mapy Slovenského rudohoria (Bajaník et al., 1983) začlenené stratigraficky ku karbonátom drnavského súvrstvia gelnickej skupiny. Vek drnavského súvrstvia bol na základe palynomorf stanovený na spodný devón (Snopková – Snopko, 1979; Snopková, 1984), t. j. medzi 386 a 400 miliónov rokov.

4.1.1. KRYŠTALICKÉ VÁPENCE

Kryštalické vápence tvoria viac ako polovicu priestorov jaskyne najmä v jej južnej a juhovýchodnej časti. Na stenách a stropoch sú spravidla dobre odkryté, obnažené sú najmä v hornej polovici chodieb (nad šikmými, ku dnu klesajúcimi stenami). Všade sú silne rekryštalizované, metamorfne zmenené na mramor. Môžeme v nich rozlíšiť dva faciálne typy: sivé laminované vápence a biele vápence.

Sivé laminované vápence sú koncentrované na stredné a severné časti vápencami tvorených priestorov jaskyne (najmä Hviezdnej siene, Mliečnej cesty, Oválnej chodby, Hlbokého dómu a severnej časti Mramorového dómu). Pozostávajú z nepravidelne sa striedajúcich lamín sivých vápencov s tmavosivými až modrosivými laminami. Miestami, najmä v blízkosti bielych vápencov, sa objavujú aj laminy svetlosivých až bielych vápencov. Laminy majú nepravidelnú hrúbku, miestami sú tenké okolo 2 – 4 mm, inde okolo 2 – 3 cm, ojedinele sú miesta aj s 10 – 15 cm hrubými tmavšími polohami.

Mikroskopicky sú vysoko rekryštalizované, nie je možné v nich rozlíšiť žiadne mikrofácie alebo fantómy organizmov. Zo vzoriek odobraných z odpadov pri výstavbe chodníka medzi Hlbokým dómom a Oválnou chodbou boli vyhotovené dva výbrusy. Prvá vzorka (OAJ-6) pozostáva z jemno- až strednozrnných kalcitových kryštálov s výrazne usmernenou textúrou s pôvodne mikritovými šmuhami (obr. 5). Veľkosť kalcitových zŕn je 0,25 – 0,5 mm. Sporadické sú väčšie sparitové polia alebo kalcitové žilky. Kalcit má slabú pseudoabsorpciu, časté je dvojčatné lamelovanie. Druhá vzorka (OAJ-7) má taktiež výrazne usmernenú textúru s pôvode mikritovými šmuhami. Obsahuje veľmi jemnozrnné kalcitové kryštály, ktoré sú prerážané kalcitovými a kremennými žilami. Miestami sa v nich vyskytujú aj väčšie zrnká alebo hniezda kalcitu s hrúbkou 0,5 – 1 mm. Ďalšia vzorka (OAJ-9) bola odobraná z Mramorovej siene. Má mierne usmernenú textúru, strednozrnné kryštály kalcitu s častými klencami sú hrubé do 2 mm (obr. 6). Ojedinele sa v nich vyskytujú kremenné zrná veľkosti 1 – 1,5 mm.

Na chemickú analýzu sa odobrali dve vzorky z toho istého miesta: OAJ-1 sivý laminovaný vápenec na žilkách so železitým pigmentom a OAJ-2 čistý sivý laminovaný vápenec. Chemická analýza bola vykonaná v Geoanalytickom laboratóriu Spišská Nová Ves Štátneho geologického ústavu D. Štúra 1. 3. 2004.

Meraná veličina	Jednotka	OAJ-1	OAJ-2
SiO_2	%	0,72	1,09
TiO_2	%	0,018	0,029
Al_2O_3	%	0,35	0,26
Fe_2O_3	%	15,48	0,57
FeO	%	11,72	0,54
MgO	%	9,86	0,48
CaO	%	30,21	54,49
MnO	%	1,202	0,105
Na_2O	%	0,04	0,01
K_2O	%	0,12	0,09
P_2O_5	%	0,02	0,02
CO_2	%	40,70	41,32
BaO	ppm	21	17
SrO	ppm	64	221
NiO	ppm	7	<5
La_2O_3	ppm	5	8
Nd_2O_3	ppm	16	9
Strata žíhaním	%	41,86	42,77
H_2O^-	%	0,15	0,16

Z chemickej analýzy je nápadný vyšší obsah Fe_2O_3, FeO a MgO v prípade znečisteného vápenca vzorky OAJ-1. Prínos Fe a Mg nesporne súvisí s metasomatickým zatláčaním vápencov, ktoré viedlo k vzniku ankeritu. Sivý laminovaný vápenec vzorky OAJ-2 je veľmi čistý, s vysokým obsahom CaO (54,5 %). V oboch prípadoch je však zreteľný relatívne vyšší obsah BaO (21, resp. 17 ppm) a SrO (64, resp. 221 ppm), ktoré za istých okolností môžu byť zdrojom dvojmocných iónov pri tvorbe aragonitu (podľa predpokladu autorov Homza – Rajman – Roda, 1970, s. 48, najmä ióny Sr môžu byť relevantné pri kryštalizácii aragonitov).

Vzorka OAJ-1 s hmotnosťou 3 kg bola ďalej rozpustená v 10% kyseline octovej na zistenie prítomnosti konodontovej mikrofauny. Nerozpustný zvyšok však neobsahoval žiadne fosílne zvyšky. Pozostával najmä z kalcitových, menej často aj z dolomitových klencov a zŕn, hydroxidov železa, drobných sľudových (pravdepodobne sericitových) šupiniek, drobných úlomkov kremeňa, miestami amfibolu, limonitu a idiomorfných hexaédrov a pentagonálnych dodekaédrov pyritu.

Z uvedených poznatkov vyplýva, že sivé laminované vápence sa vytvorili v sedimentačnej oblasti hlbšieho neritika (s hĺbkou mora do 200 m). Tmavá farba, jemnozrnný charakter tmavších lamín a mikroskopický obraz indikuje pelitický charakter sedimentu, teda vápence sa pôvodne vytvorili prevažne z vápnitého kalu v prostredí menej vetraného sedimentačného bazénu s nedostatočným rozložením organickej hmoty. Môžu o tom svedčiť aj pomerne časté pyritové zrnká. Počas sedimentácie však dochádzalo k častým, čiastočne periodickým zmenám klimatických alebo iných podmienok (tektonické oscilácie, zmeny zloženia morskej vody, morské prúdy a pod.), čo viedlo k striedaniu svetlejších a tmavších vápencových lamín.

Obr. 4. Geologická mapa Ochtinskej aragonitovej jaskyne. S použitím podkladov L. Rozložníka zostavil autor. Vysvetlivky: 1. oker, zokrovatený ankerit, 2. sivý až tmavosivý laminovaný kryštalický vápenec, 3. biely kryštalický vápenec, 4. hlavné zlomové línie s udaním sklonu, 5. smer a sklon laminovaných vápencov
Fig. 4. Geological map of the Ochtiná Aragonite Cave. Compiled by author according to L. Rozložník. Explanations: 1. Ochre, ankerite with ochre, 2. grey and dark-grey laminated crystalline limestones, 3. white crystalline limestones, 4. main faults with their inclination, 5. direction and inclination of laminated limestone

Biele vápence vystupujú v spodnej časti súboru najmä v Mramorovej sieni, pri Čarovnom jazierku, v Ježovitej chodbe a v Hlbokom dóme. Sú masívne, mliečnobielej alebo mierne žltkastej farby, na okrajoch spravidla s tmavšími prúžkami. Výstup 3 m hrubej vrstvy bielych vápencov môžeme pozorovať na východnej stene Mramorovej siene. Biele vápence sú tu odkryté medzi sivými laminovanými vápencami v dĺžke 3,9 m s úklonom 60º (pri nadložnej časti), resp. 30º (pri podloží). V nadložnej časti je prechod z prúžkovaných do bielych vápencov pozvoľný, ale v podložnej časti je ostrý. V bielych vápencoch tu môžeme pozorovať len nepatrné železité znečistenie na paralelných litoklázach a stylolitoch, ktoré súvisia zrejme s metamorfózou. Táto poloha sa objavuje aj pri Čarovnom jazierku a ďalej pokračuje k Hlbokému dómu, kde sa však rozpadáva a tvorí viac šošoviek biohermného charakteru.

Biele vápence sa vytvorili z útesových telies v dobre okysličenom, pravdepodobne teplom morskom prostredí v oblasti plytšieho neritika. Zloženie útesov pre vysoký stupeň rekryštalizácie vápencov v súčasnosti už nie je možné zistiť, pravdepodobne však boli tvorené sesilnými organizmami s vápnitou schránkou. Niektoré útesy mali biostrómový charakter, napr. vo vrstve bielych vápencov pomerne konštantnej hrúbky medzi sivými prúžkovanými vápencami v Mramorovej sieni a pri Čarovnom jazierku. V blízkosti Hlbokého dómu však majú skôr biohermný charakter.

Vápencový súbor sa pôvodne vytvoril v plytkej šelfovej zóne na okraji hlbokovodného bazénu s flyšoidnou sedimentáciou. Plytkovodné podmienky sedimentácie vápencov predpokladáme z dôvodu prítomnosti útesových telies bielych vápencov v spodných častiach vápencového súboru (v južnejšie ležiacich priestoroch jaskyne). Skutočnosť, že vápence sa v súčasnosti nachádzajú uprostred flyšoidných sedimentov (fylitov) hlbokovodného charakteru,

môžeme vysvetliť alodapickým skĺznutím karbonátového telesa do hlbších častí sedimentačného bazénu. Alodapický charakter plytkovodných karbonátov v súbore hlbokovodnejších fylitov drnavského súvrstvia spomínala už A. Vozárová (1993). K alodapickému sklzu útesových telies vo forme mohutného olistolitu došlo pravdepodobne na okraji kontinentálneho svahu (obr. 13). Spolu s útesmi sa však skĺzli zrejme aj okolité sedimenty charakteru vápnitého kalu, ktorých pôvodná štruktúra bola neskoršie zotretá metamorfózou.

4.1.2. OKER, ZOKROVATENÝ ANKERIT

Sú v nich vytvorené priestory pozdĺž Hlavnej chodby, najmä Vstupná sieň a zadné časti Mramorovej siene, ale objavujú sa aj v Priepasťovej chodbe, Čarovnej chodbe a v menších šošovkách a hniezdach aj v ostatných častiach jaskyne.

Makroskopicky sú hrdzavohnedé, okrovohnedé, miestami až tmavohnedé. Sčasti sú kompaktné, inde zemité, rozsypavé. Kompaktné časti sú prestúpené značným množstvom kremenných žíl a zhlukov, ktoré tvoria akýsi skelet horniny a spravidla aj morfologicky vystupujú z jaskynnej steny. Vyskytujú sa v nich aj drobnejšie, čiastočne deformované žilky kalcitu. Okre na jaskynnej stene absorbujú značné množstvo voľnej vody (podľa Bosáka et al., 2002 až 50 %), ktorá sa miestami hneď prejavuje pri stlačení horniny alebo pri dotyku.

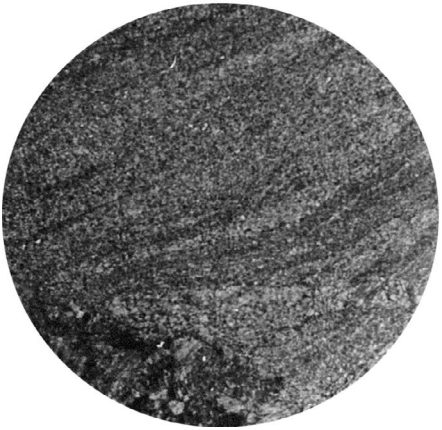
Treba dodať, že pôvodný ankerit, prípadne siderit sa v súčasnosti na jaskynnej stene priamo nikde nevyskytuje. Bol následkom oxidačných procesov všade zmenený na oker (na ložisku v karbonátovej šošovke prevažne vystupoval stredno- a jemnozrnný ankerit, t. j. $CaFe(CO_3)_2$, siderit, t. j. $FeCO_3$, bol len podradný).

Okre vystupujú ako produkt zvetrávania v oxidačnej zóne ankeritového alebo sideritového telesa najmä popri zlomových líniách, cez ktoré bol zabezpečený dostatočný prístup presakujúcich atmosférických vôd. Došlo tak k limonitizácii ankeritu.

Okre sú v súčasnosti tvorené prevažne kryptokryštalickým goethitom, čo potvrdili už predchádzajúci autori (napr. Ševčík – Kantor 1956, novšie Bosák et al., 2002). Tmavohnedé až čierne časti majú zvýšený obsah mangánu. Mangán je častým sprievodným prvkom ankeritu.

Chemická analýza tmavohnedého zemitého okra vzorky OAJ-5 odobratej z Mramorovej siene, vykonaná v Geoanalytickom laboratóriu Spišská Nová Ves Štátneho geologického ústavu D. Štúra 1. 3. 2004:

Meraná veličina	**Jednotka**	**OAJ-5**
TiO_2	%	0,040
Al_2O_3	%	1,24
Fe_2O_3	%	71,85
FeO	%	<0,01
CaO	%	0,91
MnO	%	5,603
CO_2	%	0,33
H_2O^+	%	11,09
H_2O^-	%	1,65
As	ppm	103
Cr	ppm	8
Ga	ppm	<5
Ni	ppm	<10



Obr. 5. Mikrofotografia rekryštalizovaného sivého laminovaného vápenca s výrazne usmernenou textúrou, s pôvodne mikritovými šmuhami (vzorka OAJ-6 od Hlbokého dómu). Zväčšené 5×.
Foto: J. Mello
Fig. 5. Microphotography of recrystallized grey laminated limestone with markedly directed texture, primary cords of micrite and dikes of calcite. Extens. 5×. Photo: J. Mello

Obr. 6. Mikrofotografia rekryštalizovaného sivého laminovaného vápenca s hrubými kalcitovými kryštálmi (vzorka OAJ-9 z Mramorovej siene). Zväčšené 18×. Foto: J. Mello
Fig. 6. Microphotography of recrystallized grey laminated limestones with moderately directed texture. Extens. 18×. Photo: J. Mello

V ložiskovej literatúre (Korpeľ et al., 1954) sa uvádzajú ďalšie fyzikálno-mechanické vlastnosti okrov z tejto oblasti, ako: objemová váha 1,37, špecifická váha 2,72, vlhkosť 40,09 %, sypná váha 1,2, koeficient nakyprenia 1,14.

Okre a zokrovatené ankerity sledujú predovšetkým zlomové línie, ale nápadná je ich koncentrácia aj na vrstevných plochách, na plochách vrásových prešmykov alebo v jadrovej časti vrás. Svedčí to o postupe hydrotermálnych roztokov v dobe, keď bola hornina už tektonicky prepracovaná a vytvorili sa aj plochy tektonických diskontinuít (zlomové a dislokačné línie, priestory medzi vrstevnými plochami následkom vrásových sklzov a prešmykov).

4.2. METAMORFNÉ PROCESY

Vznik metamorfných procesov vrátane hydrotermálnych a metasomatických aktivít v prípade karbonátového telesa jaskyne a okolitých súborov sa všeobecne spája s varískou horotvornou etapou (napr. Fusán 1957, Grecula 1982, Bajaník et al., 1983 a ďalší). Znamená to, že po usadení karbonátov najneskôr v spodnom devóne a po ich diagenetickom spevnení dochádzalo začiatkom mladšieho paleozoika k vyvrásneniu sedimentačného bazénu, k vzniku vrásovo-prešmykových štruktúr, k metamorfóze a v subdukovaných komplexoch k parciálnemu pretaveniu hornín v hlbšej časti zemskej kôry. Odohralo sa to pravdepodobne v bretónskej alebo v sudetskej fáze varískej etapy vrásnenia. Dôkazom toho je obsah úlomkov metamorfovaných hornín z gelnickej skupiny v bazálnej časti kontinentálnych molasových usadenín s vekom stefan-autun (vrchný karbón – spodný perm, Vozárová 1973).

Táto metamorfóza bola pomerne nízkoteplotná a nízkotlaková, zodpovedala spodnej časti fácie zelených bridlíc. Na základe stanovenia b_0 hodnôt muskovitov metamorfné procesy zodpovedali tlakom v rozsahu 200 – 300 MPa pri teplotách okolo 350 – 370 ºC a pri vysokom

geotermálnom gradiente okolo 40 ºC/km pri vyvrcholení metamorfózy (Sassi – Vozárová, 1987). Pri takej teplote a tlaku sa spevnené vápencové vrstvy správali plasticky a za pôsobenia tangenciálneho tlaku došlo k vrásovým deformáciám.

S variskými metamorfnými procesmi bol spojený pravdepodobne aj vznik ankeritových šošoviek. Hydrotermálne roztoky, ktoré vznikali v hlbšej časti zemskej kôry s termodynamickými podmienkami vyššej, amfibolitovej metamorfnej fácie, transportovali vyluhované kovové prvky (v našom prípade najmä Fe a Mg) do nižšieho metamorfného prostredia fácie zelených bridlíc, kde sa v obdobiach relatívneho tektonického pokoja vyzrážali na zlomových a vrásovo-prešmykových štruktúrach. Súčasne pravdepodobne nastalo aj konvekčné prúdenie roztokov, ktorým sa následkom zvýšenej teploty po zvrásnení zvýšil aj ich chemický gradient, a tým aj schopnosť vyluhovať prvky aj zo silikátov a prenášať ich po poruchách do vrchnej, chladnejšej časti zemskej kôry (Grecula 1982). Pôvod prvkov Fe a Mg sa odvodzuje predovšetkým z bázických vulkanitov, najmä z metabazaltov a ich tufov gelnickej skupiny v podloží karbonátov drnavského súvrstvia. Popri vzniku hydrotermálnych žíl a impregnácií došlo tak aj k hydrotermálnej metasomatóze karbonátových šošoviek, ktoré tvorili ideálne prostredie pre prenik roztokov po puklinách, vrásovo-prešmykových a medzivrstevných plochách. Z toho vyplýva, že najstaršou generáciou zlomov v priestoroch Ochtinskej aragonitovej jaskyne sú hlavné poruchy smeru SV – JZ.

Novšie práce spájajú proces vzniku kryštalizácie kremeň-ankerit-sulfidickej rudy s hlbokou cirkuláciou pôvodných morských slaných vôd, ktoré sa vylúčili počas tlakov vzniknutých pri kontinentálnej kolízii Meliatského oceánu, t. j. v spodnej alebo strednej kriede (Hurai et al., 2002).

Alpínska metamorfóza sa prejavuje menej výrazne ako varíska. V oblasti južného gemerika bola alpínskou metamorfózou postihnutá najmä obalová séria, t. j. sedimenty gočaltovskej skupiny v podmienkach anchizóny alebo epizóny v spodnej časti fácie zelených bridlíc. V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa alpínske procesy prejavujú najmä výraznou klivážou.

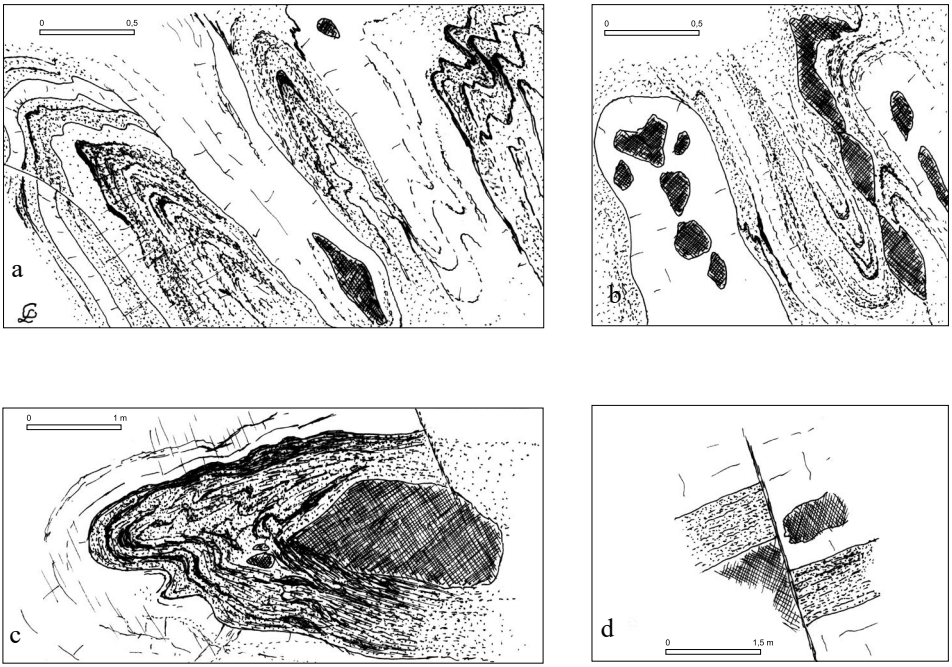
4.3. POZNÁMKY K TEKTONICKEJ STAVBE

Z tektonickej stránky sa v jaskyni prejavujú vrásové a zlomové deformácie. Ako sme vyššie uviedli, predpokladáme ich varísky vek s tým, že k rejuvenizácii niektorých (najmä hlavných) zlomových porúch mohlo dôjsť v alpínskej etape.

Generálny smer karbonátovej šošovky na základe povrchovej geologickej mapy je SV – JZ so sklonom okolo 40º – 45º k juhovýchodu (obr. 2). V jaskyni sú sklony vrstiev vápencov v južnejšej časti priestorov spravidla strmšie (okolo 60º – 85º), ako v jej severnej časti (okolo 30º – 50º). Súvisí to zrejme so strmým upadaním karbonátovej šošovky na jej južnom konci. Stredná hodnota z 30 nameraných sklonov vápencových vrstiev v jaskyni je 53º.

Vrásové deformácie sa vyskytujú na dobre odkrytých jaskynných stenách viacerých častí podzemných priestorov, najmä v zadných výbežkoch a na západnej stene Mramorovej siene alebo na križovatke Ježovitej chodby s Mliečnou cestou. Často sú ukážkovo vyvinuté, čo značne zvyšuje náučnú hodnotu jaskyne (obr. 7).

V zadnom výbežku Mramorovej siene je ležatá vrása tmavých laminovaných vápencov s amplitúdou vrásy vyše 3 m. Môžeme v nej pozorovať disharmonicky zvrásnené laminy a v jadre antiklinály zokrovatené ankeritové hniezdo (obr. 11). Na západnej stene sú ďalej odkryté izoklinálne vrásy s amplitúdami okolo 2 m a so šírkami cca 80 cm. Ich osová rovina je uklonená pod uhlom 70º k SSV. Môžeme tu pozorovať redukciu vrásových ramien, následkom čoho sa vytvorila vrásovo-prešmyková alebo až šupinovitá stavba. Jadrá synklinál a antiklinál sú mierne odškrtené, v jadrách antiklinál bielych vápencov, ako aj na vrásovo-prešmykových plochách sa vyskytujú drobné hniezda zokrovateného ankeritu (obr. 10).



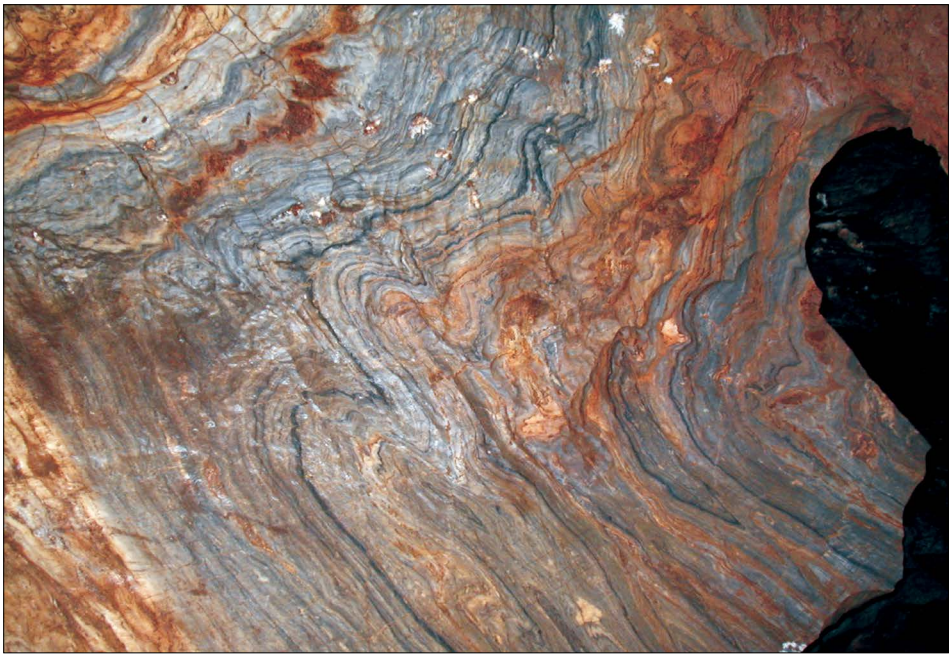
Obr. 7. Ukážky tektonických štruktúr z jaskyne. Autorove kresby. a – izoklinálne, mierne odškrtené vrásy s vrásovo-prešmykovou stavbou tmavosivých laminovaných vápencov (v antiklinálach) a bielych kryštalických vápencov (v synklinálach) na križovatke Mliečnej cesty s Ježovitou chodbou, b – izoklinálne vrásy v Mramorovej sieni, v jadrách a na vrásovo-prešmykovej ploche s hniezdami zokrovateného ankeritu (s tmavým šrafovaním), c – ležatá vrása disharmonicky zvrásnených tmavých vápencov uložená v bielych vápencoch, v jadre s hniezdom zokrovateného ankeritu (tmavé šrafovanie) vo výbežku Mramorovej siene, d – pokles signalizovaný vrstvou tmavosivých laminovaných vápencov v bielych vápencoch vo výbežku Mramorovej siene

Fig. 7. Demonstration of some tectonic structures of the cave. Drawing by author. A – Isocline folds with thrust fault structure in dark-grey laminated limestone (in anticline) and white crystalline limestones (in syncline), b – isocline folds with the ochres (dark shaded lining) in the core of folds and the thrust fault lines, c – leaning fold with disharmonical folding and the ochre in its core, d – normal dip-slip faulting signalized by layer of dark laminated limestone

Ďalšie vrásové prešmyky sú odkryté na jaskynnej stene v križovatke Ježovitej chodby s Mliečnou cestou. V antiklinálach vystupujú prevažne tmavé laminované vápence, v synklinálach biele vápence. Ich osová rovina je uklonená pod uhlom 60º k severu, amplitúda 2 – 2,5 m, šírka 40 – 80 cm. Miestami sa v nich vyskytujú detailné disharmonické vrásy lamín (obr. 8) a v ich jadre drobné hniezda okrov.

Zaujímavým javom je výskyt drobných bielych šošoviek v zámkach vrás alebo na niektorých medzivrstevných plochách. Predstavujú druhotne vyzrážaný kalcit v prázdnych priestoroch na styčných plochách lamín, vytvorených následkom ich diferenciálneho sklzového pohybu počas vzniku vrásových ohybov.

Zo zlomových deformácií sa v jaskyni výrazne prejavujú tri hlavné poruchy smeru SV – JZ, ktoré vo vzťahu ku generálnemu smeru karbonátových šošoviek sa javia ako smerné, ale v jaskyni režú šikmo smer vápencových vrstiev (obr. 12). Najvýraznejšou je porucha pozdĺž Hlavnej chodby, ktorá vo Vstupnej sieni má smer sklonu 300º/70º, na začiatku Mramorovej siene 290º/80º a na konci 284º/70º. Je teda strmo uklonená k severozápadu. V jaskynných

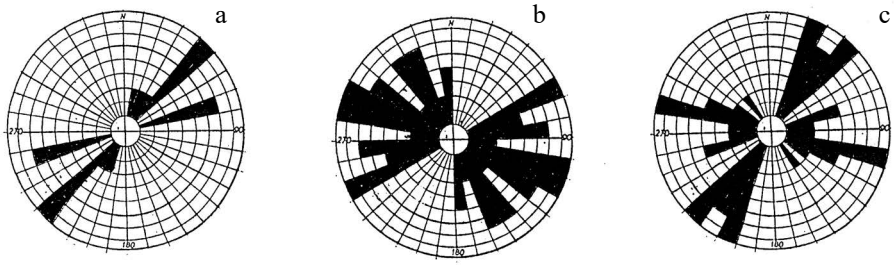


Obr. 8. Detailné vrásy tmavých laminovaných vápencov na križovatke Mliečnej cesty a Ježovitej chodby. Foto: P. Bella
Fig. 8. Detail folds of dark laminated limestone. Photo: P. Bella

Obr. 9. Horizontálny posun v tmavých laminovaných vápencoch pri Čarovnom jazierku. Foto: Ľ. Gaál
Fig. 9. Strike-slip faulting in the dark laminated limestone. Photo: Ľ. Gaál

Obr. 10. Selektívne vyvetrané hniezda okrových ankeritov. Foto: Ľ. Gaál
Fig. 10. Selectively weathered nests of ankerite with ochre. Photo: Ľ. Gaál

Obr. 11. Ležatá vrása v Mramorovej sieni. Foto: Ľ. Gaál
Fig. 11. Horizontal fold in the Mramorová (Marble) Hall. Photo: Ľ. Gaál



Obr. 12. Stereogramy: a – smerov hlavných tektonických porúch jaskyne, b – smerov vrstiev laminovaných vápencov v jaskyni, c – smerov podzemných chodieb jaskyne
Obr. 12. Stereogram of: a – directions of main cave tectonic faults, b – directions of strata of laminated limestones in the cave, c – directions of underground corridors

priestoroch je silne rozšírená koróziou až do 0,5 – 1,5 m, ale smerom k povrchu a pri prechode do fylitov sa výrazne zužuje. Napriek tomu je schopná prepúšťať aj silnejšie prúdy presakujúcej vody. V Mramorovej sieni sa k nej pripájajú tri ďalšie diagonálne poruchy s hodnotami 305º/70, 345º/80º a 340º/85º, ktoré sú signalizované aj morfologickými výklenkami v zadnej časti siene. V malom bočnom výklenku na poklesnutej vrstve tmavých vápencov vidieť, že hlavná porucha predstavuje vlastne dislokačnú poklesovú plochu, podľa ktorej je severozápadná kryha voči juhovýchodnej poklesnutá o 1,5 m.

Porucha 345º/80º v strednom výklenku tej istej siene spôsobila pravdepodobne horizontálny posun, pretože ležatá vrása sa v protiľahlej stene už neobjavuje.

Na východnej stene začiatku Mramorovej siene sa k hlavnej poruche pripája aj brekciovitá poloha v sivých laminovaných vápencoch. Predstavuje pravdepodobne variskú tektonickú brekciu, ktorá zostala alpínskou rejuvenizáciou nedotknutá.

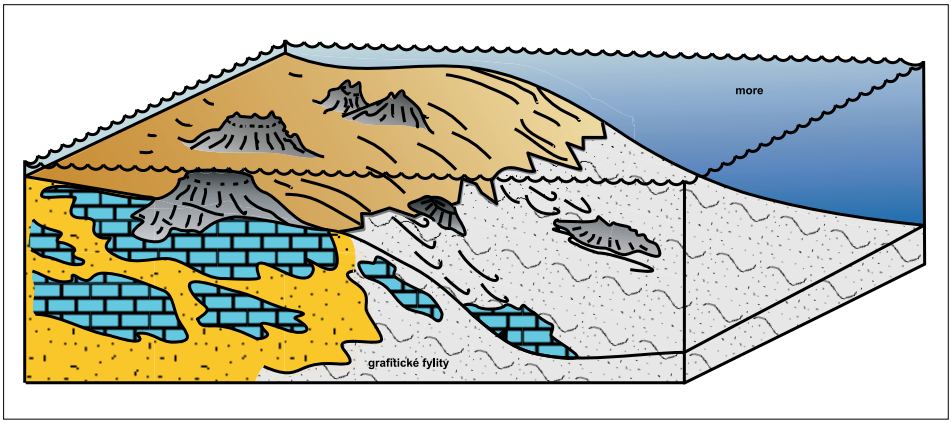
Menej otvorená je porucha po Mliečnej ceste so smerom sklonu 310º/85º. Je však dobre sledovateľná pozdĺž celého úseku podzemného priestoru. Jej schopnosť prepúšťať atmosférické vody vo veľmi obmedzenom množstve prezrádza línia bohatého výskytu aragonitových výrastkov.

Posledným výrazným zlomom je porucha so smerom sklonu 310º/70º prebiehajúca Hlbokým dómom. Je čiastočne otvorená, priepustná pre vodu, čo signalizuje aj prítomnosť jazierka na dne dómu.

Ďalšie zlomy približne paralelné s vrstvami, miestami sa vyskytujúce diagonálne poruchy (napr. pri Čarovnom jazierku so smerom sklonu 114º/10º – 20º) alebo spomínaná paralelná kliváž sa dnes javia ako uzavreté a zrejme mali už menší vplyv na vývoj jaskyne.

Staropaleozoický fundament gemerika bol vrásnený a tektonicky prepracovaný aj počas alpínskej orogenézy. V karbonátovej šošovke Ochtinskej aragonitovej jaskyne došlo ku vzniku tektonickej kliváže so smerom 140º – 320º až 170º – 350º, orientovanej v uhle 105º k staršiemu (varískemu) systému paralelných smerných zlomov so smerom sklonu 345º/85º, ktorý len nepatrne porušuje. Je to pozorovateľné v celej jaskyni, najvýraznejšie napríklad na strope Ježovitej chodby, pri Oválnej chodbe, pri Mliečnej ceste alebo na stenách Mramorovej siene. Alpínske sú pravdepodobne aj niektoré posuny subhorizontálneho charakteru, ktoré mierne porušujú vápencové laminy (obr. 9).

V alpínskej etape boli pravdepodobne rejuvenizované aj pôvodné varíske zlomy smeru SV – JZ, ktoré sa neskoršie rozšírili do súčasnej podoby.



Obr. 13. Blokdiagram vzniku alodapických karbonátových šošoviek na úpätí šelfového svahu. Zostavil autor
Fig. 13. Blockdiagram of the allodapic carbonate lenses origine on the shelf slope foot. Compiled by author

5. ZÁVER

Najdôležitejšie nové poznatky príspevku môžeme zhrnúť do nasledujúcich bodov:

– Ochtinská aragonitová jaskyňa je vytvorená v prvej z troch karbonátových šošoviek (od západu) na severovýchodnom svahu Hrádku. Táto šošovka má smer SV – JZ, sklon 45º k JV a maximálnu pravú mocnosť 50 m. Na povrch vychádza na ploche približne 200 × 40 m v podobe zokrovatených ankeritov a len ojedinele vápencov. Tieto vápence však pravdepodobne nemajú priame spojenie s hlavnou vápencovou časťou šošovky, v ktorej je vyvinutá Ochtinská aragonitová jaskyňa;

– karbonátová šošovka je zo všetkých strán obklopená fylitmi. Na povrchu nad jaskynnými priestormi zasahujú aj kremenné droby rožňavského súvrstvia, ktoré teoreticky môžu ovplyvňovať režim presakovania atmosférických vôd;

– podzemné priestory Ochtinskej aragonitovej jaskyne sú vyvinuté v kryštalických vápencoch (56,3 % celkovej plochy jaskyne) a v ankeritoch (43,7 %). Sivé laminované vápence sa pôvodne vytvorili z vápnitého kalu hlbšieho neritika šelfovej zóny na okraji hlbokovodného sedimentačného bazénu. Morské dno bolo nedostatočne prekysličené s nedostatočným rozložením organických látok, podobne ako prostredie okolitých grafitických fylitov. Priaznivejšie podmienky na rozvoj útesotvorných organizmov sa vytvorili len čiastočne v plytkom neritiku s častou osciláciou morského dna, čo sa v jaskyni prejavuje podradným výskytom bielych vápencov. Karbonátové teleso neskoršie skĺzlo do hlbokovodného bazénu s flyšoidnou sedimentáciou vo forme alodapickej šošovky;

– vápence boli pravdepodobne vo variskej etape orogenézy zvrásnené, metamorfované v nízkotlakových a nízkoteplotných podmienkach a metasomaticky čiastočne zatláčané hydrotermálnymi Fe-roztokmi na ankerit. V alpínskej etape vrásnenia boli niektoré zlomy rejuvenizované a vytvorila sa kliváž, ktorá mierne porušuje variský zlomový systém;

– dobre odkryté vápence na jaskynných stenách majú vysokú náučnú hodnotu s ukážkovými typmi izoklinálnych vrás vrásovo-prešmykovej stavby, ležatých vrás, disharmonických vrás (Mramorová sieň, križovatka Ježovitej chodby a Mliečnej cesty), kalcitovej výplne vo

vrásových zámkach, ale aj zlomovej tektoniky s prejavom poklesu (Mramorová sieň), kliváže a porušenia zlomov mladšími poruchami v rôznych častiach jaskyne;

– jaskynné chodby sa vytvorili v nasledujúcich troch generáciách:

1. po zlomoch a dislokáciách smeru SV – JZ (Hlavná chodba, Mliečna cesta, Hlboký dóm),

2. po vrstevných plochách strmo uklonených vápencových lamín, v ktorých korózia postupovala v smeroch V – Z, VSV – ZJZ a SV – JZ (Priepasťová chodba, Hviezdna sieň, Oválna chodba),

3. po ostatných koróznych spojovacích chodbách.

Záverom chcem poďakovať najmä pracovníkom Štátneho geologického ústavu D. Štúra v Bratislave RNDr. Jánovi Mellovi, CSc., za cenné rady a vyhotovenie mikrofotografií, RNDr. Zuzane Siráňovej za pomoc pri mikroskopickej zrnitostnej analýze, Ladislavovi Dugovičovi za spracovanie vzoriek, ďalej prof. RNDr. Anne Vozárovej, DrSc. a Doc. RNDr. Vratislavovi Huraiovi, PhD. z Katedry mineralógie a petrológie PFUK Bratislava za cenné konzultácie, recenzentovi RNDr. Ladislavovi Novotnému za pripomienky a kolegom RNDr. Pavlovi Bellovi, PhD., Ing. Milanovi Marušinovi, Ladislavovi Iždinskému a Jánovi Ujházymu za všestrannú podporu pri terénnych prácach a pri spracovaní materiálu.

LITERATÚRA

AHLBURG, J. (1912). Über die Natur und das Alter der Erzlagerstütten des oberungarischen Erzgebirges. Mitt. A. D. Jahrb. D. k. Ung. Geol. Anst. 20, 7, Budapest.

BAJANÍK, Š. et al. (1983). Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – východ, 1 : 50 000. Geol. ústav D. Štúra Bratislava, 1 – 223.

BELLA, P. (1997). Názory na genézu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit 2, Žilina 13 – 14.

BELLA, P. (1998). Morfologické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit 3, Žilina, 3 – 7.

BELLA, P. – ZELINKA, J. – PEŠKO, M. – GAŽÍK, P. (2000). Natural phenomena and protection of the Ochtina Aragonite Cave (Slovakia). In Song, L. (ed.): Show Caves Protection and Restoration, Proceed., Yaolin – Tonglu, 22 – 36.

BENICKÝ, J. (1958). Hrádocká jaskyňa. Slovenský kras 1. Martin, 59 – 61.

BLAHA, L. (1955). Aragonitová jaskyňa pri Hornom Hrádku. Krásy Slov., 32, 11, Bratislava, 434 – 436.

BOSÁK, P. – BELLA, P. – CÍLEK, V. – FORD, C. D. – 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, Bratislava, 399 – 410.

BÖCKH, H. (1905). Die geologischen Verhältnisse des Vashegy, des Hradek und der Umgebung dieser (Komitat Gömör). Mitt. A. D. Jahrb. d. k. Ung. Geol. Anst. 14, 3, Budapest.

BYSTRICKÝ, J. – FUSÁN, O. (1951). Zpráva o geologických a rudných pomeroch v oblasti Štítnik – Jelšava. Manuskript, archív Geofondu, Bratislava, ev. č. 3515.

BYSTRICKÝ, J. – FUSÁN, O. (1954). Geologické pomery Hrádku pri Štítniku. Geol. sborn. 5, Bratislava, 140 – 143.

CÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. (1998). Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni. Aragonit 3, Žilina, 7 – 12.

DROPPA, A. (1957). Ochtinská aragonitová jaskyňa. Geograf. časopis 9, 3, Bratislava, 169 – 184.

FUSÁN, O. (1957). Paleozoikum gemeríd. Geol. práce, Zoš. 46, Bratislava, 17 – 36.

GAÁL, Ľ. – ŽENIŠ, P. (1986): Kras Revúckej vrchoviny. Slovenský kras, 24, Martin, 27 – 60.

GRECULA, P. (1982). Gemerikum – segment riftogenného bazénu Paleotetýdy. Bratislava, 1 – 263.

GREGOR, T. (1964). Štruktúrno-geologický a ložiskový výskum v oblasti Hrádku. Ročná správa za rok 1963. Manuskript, archív Geofondu, Bratislava.

HOMZA, Š. – RAJMAN, L. – RODA, Š. (1970). Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slov. kras 8, Martin, 21 – 68.

HURAI, V. – HARČOVÁ, E. – HURAIOVÁ, M. – OZDÍN, D. – PROCHASKA, W. – WIEGEROVÁ, V. (2002). Origin of siderite veins in the Western Carpathians I. P-T-X-δ^{13} C-δ^{18} O relations in ore-forming brines of the Rudňany deposits. Ore Geology Reviews 21, Elsevier, 67 – 101.

KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – ZELINKA, J. (1997). Speleoklimatický monitoring Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit 2, Žilina, 3 – 5.
KORPEĽ, P. et al. (1954). Záverečná zpráva a výpočet zásob z ložiska Hrádok – ankerit – oker so stavom ku dňu 31. 12. 1954. Manuskript, archív Geofondu, Bratislava, 1 – 278.
KUBÍNY, D. (1959). Aragonitová jaskyňa na Slovensku. Ochrana přírody 14, 1, Praha, 17–18.
LALKOVIČ, M. (1998). Z histórie Ochtinskej aragonitovej jaskyne. In Bella, P. (ed.): Výskum, využ. a ochrana jaskýň, Zborník ref., Liptovský Mikuláš, 129 – 136.
MIŠÍK, M. (1953). Geologické pomery územia medzi Jelšavou a Štítnikom. Geol. sborn. 4, Bratislava, 557 – 587.
PLANDEROVÁ, E. (1980). Nové poznatky o veku „rožňavsko-železníckej" skupiny. Geol. Práce, Spr. 74, Bratislava, 113 – 129.
RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. ml. – ŠČUKA, J. (1993). Untersuchungen über die Genese der Aragonithöhle von Ochtiná (Slowakei). Die Höhle 44, 1, Wien, 1 – 8.
SASSI, F. P. – VOZÁROVÁ, A. (1987). The pressure character of the Hercynian metamorphism in the Gemericum (West Carpathians Czechoslovakia). Rend. d. Soc. Italiana di Mineral. Petrologia 42, 1, Milano, 73 – 81.
SENEŠ, J. (1960). Zpráva o výskume Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Krásy Slov. 37, Bratislava, 94 – 95.
SNOPKOVÁ, P. (1984). Lower Devonian palynomorphs from Drnava Formation of Gelnica Group in Spišsko-gemerské rudohorie Mts. (West Carpathians). Západné Karpaty, Séria Paleont. 9, Bratislava, 137 – 156.
SNOPKOVÁ, P. – SNOPKO, L. (1979). Biostratigrafia gelnickej série v Spišsko-gemerskom rudohorí na základe palinologických výsledkov (Západné Karpaty – paleozoikum). Západné Karpaty, Séria Geol. 5, Bratislava, 57 – 102.
ŠEVČÍK, R. – KANTOR, J. (1956). Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. Geol. práce, Zprávy 7, Bratislava, 161 – 171.
VOZÁROVÁ, A. (1973). Valúnová analýza mladopaleozoických zlepencov Spišsko-gemerského rudohoria. Zborn. geol. vied, Západné Karpaty 18, Bratislava, 7 – 98.
VOZÁROVÁ, A. (1977). Petrografia mladopaleozoických sedimentov jv. časti Spišsko-gemerského rudohoria. Západné Karpaty, Séria Min. Petrogr. Geochém. Metalogen. 3, Bratislava, 147 – 174.
VOZÁROVÁ, A. (1993). Proveniencia metapieskovcov gelnickej skupiny a vzťah k paleotektonike sedimentačného bazénu. Západné Karpaty, Séria Min. Petrogr. Geochém. Metalogen. 16, Bratislava, 7 – 54.
ZELINKA, J. – FILOVÁ, J. – KLAUČO, S. (1997). Speleoclimatic monitoring of Ochtinska Aragonite Cave. In (Dupej, J. ed.): Protection and Medical Utilisation of Karst Environment. Banská Bystrica, 31 – 32.
ZELINKA, J. (2002). Microclimatic monitoring in the Ochtinska aragonite cave. In Carrasco, F. et al. (eds.): Karst and Environment. Nerja, 521 – 527.

Adresa autora: RNDr. Ľudovít Gaál, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš,
e-mail: gaal@ssj.sk

GEOLOGY OF THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE

Summary

During the geological investigation in the Ochtiná Aragonite Cave some new knowledge was obtained. Following are the most important ones:

Ochtiná Aragonite Cave originated in the first of three carbonate (ankerite + limestone) lenses in the north-eastern slope of the Hrádok Hill (Slovenské rudohorie Mts.). These lenses are coming out to the surface as ankerite and in a little part as limestone. The limestone on the surface is probably not connected with the limestone in the depth around the aragonite cave.

The carbonate lens is circumscribed by phyllite. In its superincumbent beds are Permian greywacke, which may influence of the karst water precipitation.

Underground spaces of the Ochtiná Aragonite Cave originated in the Lower Devonian crystalline limestone (56.3 % of the whole spaces) and the ankerite (43.7 %). Grey laminated limestone was created from the lime mud in the neritic shelf zone at the marginal part of a deeper sedimentation basin. There are also some lime reefs in this shelf. Later, the fragment of this limestone was slid to the deeper part as alodapical lens (olistolite).

The limestone was folded and metamorphosed probably in the Variscan Orogene, when the lens was metasomatically affected with the hydrothermal Fe-solutions. In the Alpine Orogene some fractures were rejuvenated and a cleavage originated in the cave.

The crystalline limestone (marble) is very well represented on the cave walls. Visitors can study demonstration samples of the isoclyne folds, laid folds, disharmonic folds, decline, fractures and cleavages. Therefore, the cave has a high educational value as a geological locality.

Cave corridors originated in three generations: the 1st one after the fractures and dislocations with direction of the NE-SW (Hlavná chodba, Mliečna cesta, Hlboký dóm), the 2nd one between the beds of laminated limestone with steep inclination in directions of E-W, ENE-WSW and NE-SW (Priepasťová chodba, Hviezdna sieň, Oválna chodba) and the 3rd one after corrosion of other corridors.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	57 – 88	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

GEOMORFOLOGICKÉ POMERY OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

PAVEL BELLA

The Ochtiná Aragonite Cave (Revúcka Highlands, Slovakia) presents an unique natural phenomenon with exceptional geomorphological and mineralogical values. From a geomorphological point of view, it is characterized by remarkable morphological and genetic features (e. g. flat roof – *Laugdecken*, planes of repose – *Facetten*, lateral notches, convection ceiling cupolas, spongework hollows). The origin of the cave is determined by particular lithological and hydrogeological conditions of the Ochtiná cryptokarst. The Paleozoic crystalline limestones, partly metasomatically altered to ankerite and siderite, occur in the several isolated lenses in insoluble rocks. Atmospheric water seeping along the tectonic faults caused ankerite/siderite weathering and production of ochres. The cave consists of parallel tectonically determined simple linear sections linked to geometrically irregular spongework labyrinths remodelled by fluctuated and stagnant water levels. On the basis of systemic approach of cave scientific research, several hierarchical units (speleomorphotopes, speleomorphochores and set of speleomorphochores) reflected of spatial structure of cave georelief are distinguished. New knowledge on the morphology and genesis of cave georelief are summarized and presented in this paper. Results of detail geomorphological and mineralogical research do not verify some previous opinions on hydrothermal genesis of this cave. Also several problems of next geomorphological research of the cave are discussed.

Key words**:** geomorphology, cave georelief, cave morphology and genesis, flat roof, planes of repose, cryptokarst, Ochtiná Aragonite Cave, Western Carpathians, Slovakia

1. ÚVOD

Národná prírodná pamiatka Ochtinská aragonitová jaskyňa predstavuje unikátny prírodný fenomém s mimoriadnymi mineralogickými a geomorfologickými hodnotami. Vyznačuje sa bohatou a rôznorodou aragonitovou výplňou i svojráznou genézou podzemných priestorov. Z geomorfologického hľadiska sú porozuhodné viaceré názorné príklady koróznych foriem jaskynného georeliéfu, ktoré vznikli vplyvom konvekcie vody a stagnujúceho úrovňového zaplavenia podzemných priestorov v špecifických podmienkach zvodnenia šošovky krasových hornín.

V rámci bilaterálneho slovensko-maďarského nominačného projektu *Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu* je Ochtinská aragonitová jaskyňa od decembra 1995 zaradená do svetového prírodného dedičstva. Nachádza sa v Ochtinskom kryptokrase vo východnej časti Revúckej vrchoviny (súčasť Slovenského rudohoria) na severozápadnom svahu Hrádku (809 m) medzi Jelšavou a Štítnikom v okrese Rožňava. Jaskyňu náhodne objavili v roku 1954 pri razení geologickej prieskumnej štôlne Kapusta. V rokoch 1966 – 1967 vyrazili 145 m dlhú vstupnú štôlňu, ktorá do jaskynných priestorov ústi v nadmorskej výške 642 m. Pre verejnosť je jaskyňa sprístupnená od roku 1972.

Okrem prvotného geomorfologického opisu jaskyne od A. Droppu (1957) sa až do polovice 90. rokov minulého storočia v jaskyni realizoval najmä geologický a mineralogický výskum. Upriamil sa najmä na podmienky a procesy vzniku, ako aj na formy aragonitovej výplne. Menšia pozornosť sa venovala samotnej genéze jaskynných priestorov, na čo poukázali Ľ. Gaál a P. Ženiš (1986). Preto sa v posledných rokoch vykonali viaceré geovedné výskumy, ktoré

vychádzali najmä z požiadavky spresnenia genézy jaskyne. Na základe detailného geomorfologického mapovania, datovania jaskynných sedimentov i doplňujúceho mineralogického výskumu sa získali viaceré nové poznatky o morfológii a genéze jaskyne. V predloženej štúdii sa okrem základnej morfogenetickej charakteristiky jaskyne zaoberáme problematikou priestorovej štruktúry jaskynného georeliéfu a načrtávame zámery a problémy ďalšieho geomorfologického výskumu.

2. GEOLOGICKÉ POMERY

V oblasti Ochtinského kryptokrasu prvohorné devónske kryštalické vápence vystupujú na povrch v drobných šošovkách vo veľmi úzkom SV – JZ pásme na severnom svahu Hrádku (809 m) uprostred grafitických a sericiticko-grafitických fylitov drnavského súvrstvia gelnickej skupiny, ktoré vystupuje vo forme tektonicky zredukovanej, strmo uloženej brachyantiklinálnej štruktúry (Bajaník – Vozárová a kol., 1983). Predpokladaný vek vápencov je spodný devón, prípadne vrchný silúr (Gaál – Ženiš, 1986). Ich časť bola v druhohorách vo vrchnej kriede hydrotermálne premenená na ankerity a siderity. V prípade Ochtinského kryptokrasu metasomatickú premenu kryštalického vápenca na ankerit spôsobili horečnato-železité termálne roztoky pri výstupe z hĺbky do vyšších polôh (Mišík, 1953). Vznik hydrotermálneho zrudnenia a metasomatózy Ochtinského kryptokrasu je viazaný na tektonickú etapu gemeridných granitov (Andrusov, 1958), ktorého vek J. Kantor určil metódou A/K^{40} približne na 96 miliónov rokov a zodpovedá vrchnej kriede (Homza et al., 1970).

Vo vápencových šošovkách sú zastúpené svetlé kryštalické vápence i tmavosivé jemnokryštalické vápence (mramory). Vzhľadom na malé plošné zastúpenie vápencových šošoviek na povrchu, ako aj na ich izolované pozície v štôlni Kapusta možno predpokladať, že povrchové výstupy vápencov nemusia súvisieť s podzemnými šošovkami v oblasti Ochtinskej aragonitovej jaskyne (Gaál, 1998). Rudná mineralizácia okolitých hornín (hlavne pyrit) pravdepodobne ovplyvnila chemizmus presakujúcich atmosférických vôd a ich agresivitu (Rajman et al., 1990, 1993). Korózia narastala v dôsledku sulfitického zvetrávania ložiska minerálov a uvoľňovania oxidu uhličitého pri rozklade sideritov a ankeritov (Bosák et al., 2002).

3. HYDROGEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMERY

Oblasť Ochtinskej aragonitovej jaskyne patrí do povodia Štítnika. Eróznu bázu predstavuje údolná niva tohto potoka pri obci Ochtinská v nadmorskej výške 310 m. Napájajú ho puklinovo-sutinové a sutinové pramene s pomerne nízkou výdatnosťou. Stredná rozkolísanosť ich výdatnosti signalizuje plytšiu cirkuláciu podzemných vôd. Na paleozoické nekrasové horniny je viazaná pórová, puklinovo-pórová a puklinová priepustnosť, na šošovky karbonátových hornín puklinovo-krasová priepustnosť. Hydrologický režim okolia Ochtinskej aragonitovej jaskyne je v značnej miere ovplyvnený existenciou pomerne rozsiahleho systému starých banských diel, ktoré zasahujú do prirodzených podmienok infiltrácie a akumulácie podzemných vôd. Hydrogeologické a hydrologické pomery v okolí jaskyne detailnejšie opisuje A. Droppa (1957) a M. Peško (2002).

Severozápadný svah Hrádku odvodňuje Ochtinský potok, do ktorého ústia pramene z okolitých banských štôlní. Najvyššie položený prameň sa nachádza severovýchodne od štôlne Kapusta v nadmorskej výške 613 m. Jeho výdatnosť nepresahuje 0,7 $l.s^{-1}$. Pramene nemajú krasový charakter, ich výdatnosť závisí od zrážok (ročne 780 až 820 mm). V šošovkách

vápencov podzemné vody prenikajú po sklone vrstiev na severovýchodnú stranu Hrádku do potoka v Banskej doline, kde sa objavujú aj výdatnejšie pramene. Tieto sú situované o 100 m nižšie, ako je poloha Ochtinskej aragonitovej jaskyne (Droppa, 1957).

V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa priesak atmoférických vôd najintenzívnejšie prejavuje v Hlavnej chodbe a v Mramorovej sieni, ktoré sú založené na výraznej tektonickej poruche SSV – JJZ smeru. V tejto sieni sa pozoruje asi päť miest sústredeného priesaku vôd. V ostatných jaskynných priestoroch sa vyskytujú len sporadické priesaky, najmä vo forme plošných vodných „filmov" na skalných stenách. Priesakové vody sa kumulujú v malom jazierku na okraji Hviezdnej siene a najmä v jazere na dne Hlbokého dómu, ktoré presahuje hĺbku 3 m. Jeho hladina kolíše v závislosti od intenzity priesaku zrážkových vôd. Kolísanie vodnej hladiny jazera v Hlbokom dóme i vytváranie občasného plytkého jazera na dne Vstupnej siene pravdepodobne súvisí s opakujúcim sa nahromadením vody v karbonátovej šošovke hornín, ktorá nestačí odtiecť puklinami cez nižšie situované nekrasové horniny. Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v jaskyni charakterizuje M. Peško (2002).

4. PREHĽAD VÝSKUMOV A POZNATKOV SÚVISIACICH S MORFOLÓGIOU A GENÉZOU JASKYNE

Prvý stručný morfologický opis jaskyne je v práci R. Ševčíka a J. Kantora (1956). Základný morfologický opis jaskyne podáva A. Droppa (1957). Poukazuje na existenciu rúrovitých foriem jaskynných dutín s evorznými hrncami, ktoré pripomínajú typické erózne tvary modelované podzemnými vodnými tokmi. Podľa povrchovej morfológie však konštatuje, že hlavným činiteľom na tvorbe jaskyne bola korózia atmosférických vôd, ktoré presakovali pozdĺž tektonických puklín. Splavovaním produktov chemického zvetrávania ankeritov nastala ich sedimentácia v dolných častiach podzemných dutín a upchatie odtokových ciest. Vznik rúrovitých a evorzných foriem vysvetľuje pôsobením hydrostatického tlaku a agresívneho korózneho pôsobenia vôd, ktoré úplne zaplavili voľné dutiny.

P. Mitter (1981) opisuje priestory pozdĺž vertikálnych puklín v úseku medzi Vstupnou a Mramorovou sieňou, ktoré miestami presahujú výšku 30 m. Vznikli následkom priesaku atmosférických vôd. Na skalnej stene Vstupnej chodby, ktorou stekajú priesakové vody, sú vytvorené valcovité škrapy.

Ľ. Gaál a P. Ženiš (1986) uvádzajú, že presakujúce atmosférické vody spôsobili oxidáciu železa viazaného v ankerite, čím vznikli rezistentné hydroxidy železa (okre). Ďalej píšu, že väčšie priestory sa utvárali pravdepodobne eróznym odnosom okrov a reliktov ankeritov do spodnejších častí. V hrubých črtách je morfológia jaskynných priestorov daná tvarom pôvodného metasomatického ankeritového telesa vo vápencoch. Súčasné tvary sú výsledkom následného dotvárania vápencových stien jaskyne, čiastočne i pod hladinou podzemnej vody vo freatickej zóne. Podobne Ľ. Gaál (1996) ako genetického činiteľa uvádza koróziu vápenca a oxidačný rozpad ankeritových polôh. Pripúšťa, že v čase väčších zrážok sa mohla časť vápencových šošoviek následkom nepriepustných fylitov v podloží naplniť vodou, pričom uvádza hĺbku priesaku max. 200 m.

L. Rajman et al. (1990, 1993) sa zaoberajú koróznym procesom vzniku jaskynných priestorov. Okrem oxidácie (limonitizácie) siderit-ankeritového zrudnenia vo vlastnom karbonátovom telese zdôrazňujú vplyv zrudňovacích procesov na morfogenézu krasového fenoménu. Rudná mineralizácia okolitých hornín (hlavne pyrit) pravdepodobne výrazne ovplyvnila chemizmus presakujúcich atmosférických vôd a oproti klasickým krasovým vodám zvyšovala ich koróznu agresivitu. Túto skutočnosť potvrdzuje aj P. Bosák et al. (2002). V jaskynných priestoroch sa

zistil alofán, ktorý pravdepodobne vznikol kyzovým zvetrávaním podmieneným prítomnosťou pyritu (Cílek et al., 1998). Ľ. Gaál (1996) poukazuje na agresivitu atmosférických vôd, ktoré presakujú cez permské zlepence a pozdĺž tektonických puklín aj cez fylity.

J. Choppy (1994) spomína Ochtinskú aragonitovú jaskyňu v kontexte práce J. Nicoda (1974) pri charakterizovaní hydrotermálneho krasu, čo rozšírilo polemiku o jej genéze. Ľ. Gaál (1996) podotýka, že hydrotermálne procesy vo vrchnej kriede sa odohrávali v podstatne hlbšej pozícii vápencov, ako sú známe v súčasnosti. Ďalej uvádza, že neskoršie výzdvihy Slovenského rudohoria v terciéri a kvartéri zintenzívnili krasovú koróziu, ktorá úplne „zotrela" stopy pôvodnej hydrotermálnej činnosti. Na mladšie výstupy termálnych vôd nie sú podľa Ľ. Gaála (1996) v tejto oblasti geologické a hydrogeologické predpoklady. Navyše v jaskyni nie je doteraz známy výskyt minerálov hydrotermálneho pôvodu (Cílek – Šmejkal, 1986; Rajman et al., 1990, 1993; Cílek et al., 1998; Bosák et al., 2002).

Na výskyt plochých stropov v jaskyni, ktoré sa vyskytujú bez ohľadu na geologickú štruktúru, resp. úložné pomery karbonátových hornín, poukazujú D. C. Ford a P. W. Williams (1989). Ochtinskú aragonitovú jaskyňu uvádzajú spolu s Jaskyňou na Špicáku na severnej Morave (Česká republika) ako vzácne a pozoruhodné príklady koróznych zarovnaných stropov vo vápencových jaskyniach, ktoré boli opísané ako vylúhované stropy Laugdecken v sadrovcových jaskyniach (Kempe, 1970, 1996; Kempe et al., 1975).

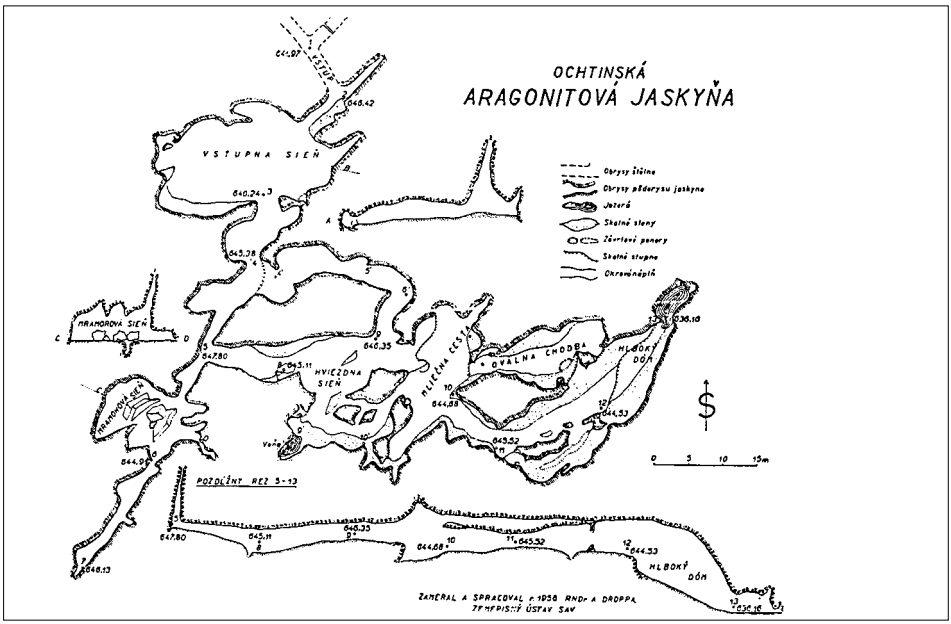
Detailné geomorfologické mapovanie jaskyne vykonal P. Bella (1998); na základe mapovania sa spresnili a doplnili dovtedajšie názory na genézu podzemných priestorov. Morfogenetická charakteristika a klasifikácia jednotlivých tvarov jaskynného georeliéfu viedla k rekonštrukcii bývalých hydrografických a hydraulických podmienok, ktoré súviseli s izolovanou pozíciou šošovky kryštalických vápencov v nekrasových horninách. Krasovú hydrogeologickú štruktúru Ochtinskej aragonitovej jaskyne dotujú atmosférické vody presakujúce pozdĺž tektonických porúch. Nepravidelné výklenky a kupoly, situované nad mladšími koróznymi zarovnanými stropmi, sú pozostatkami najstarších dutín, ktoré vznikli konvekciou vody následkom jej gravitačnej separácie spôsobenej hustotnými gradientmi a teplotnými anomáliami. Zarovnané stropy sa vytvorili rozpúšťaním horniny v prostredí stagnujúcej vody pozdĺž jej hladiny (pozri tiež Lange, 1962, 1968). Vyskytujú sa vo viacerých výškových úrovniach. Úrovni hladín stagnujúcich vôd zodpovedajú i bočné zárezy na stenách viacerých častí jaskyne. V mnohých častiach jaskyne spodné časti chodieb tvoria šikmé ploché skalné steny zbiehajúce sa ku dnu – *planes of repose*, ktoré podľa A. L. Langeho (1963, 1968) a R. L. Goodmana (1964) vznikli rozpúšťaním počas pomalej cirkulácie vôd, keď usadené nerozpustné zvyšky na dne a šikmých stenách tvorili bariéru pre ich korózne rozširovanie v zaplavenej časti jaskynných priestorov. Takéto šikmé ploché steny sa v nemeckej literatúre označujú *Facetten*. Spolu s vylúhovanými zarovnanými stropmi *Laugdecken* vytvárajú trojuholníkový priečny profil, ktorého vznik sa vysvetľuje konvekciou málo nasýtenej vody (Kempe et al., 1975; Kempe, 1996). O paralelnom „ústupe" Facetten pri rozširovaní trojuholníkového priečneho profilu podľa Kempeho modelu však polemizuje F. Reinboth (1971, 1992), čo doteraz nie jednoznačne vysvetlené a dokázané.

S uvedeným inovovaným názorom na genézu jaskyne viac-menej korešpondujú aj niektoré poznatky z komplexného mineralogického výskumu jaskyne (Cílek et al., 1998; Bosák et al., 2002). Na viacerých miestach sa v jemných sedimentoch nachádzajú čierne Mn-okre s asbolanom obsahujúcim Ni a birnessitom, ktoré pravdepodobne vznikli mikrobiálnym vyzrážaním na dne plytkých vodných nádrží (pozri tiež Andrejchuk – Klimchouk, 2001). V jaskyni sa vyskytujú iba také alochtónne minerály (muskovit $2M_1$ a ílové minerály), ktoré boli splavené priesakovou vodou úzkymi či zaplnenými puklinami.

Súčasne ako sa dotvárali názory a poznatky o morfológii a morfogenetických procesoch, uvažovalo sa aj o veku jaskynných priestorov. Na základe nezvetraného povrchu koróznych foriem na skalných stenách A. Droppa (1957) predpokladal pomerne mladý vek jaskynných priestorov – ich vytváranie radí do začiatku holocénu. Podľa D. Kubínyho (1959) sa podzemné dutiny vytvorili najskôr v časovom období glaciálnych dôb. V neskorších prácach (Homza et al., 1970; Rajman et al., 1990) sa uvádza, že zvetrávanie ankeritov a postupné vyplavovanie okrov nastalo v treťohorách a štvrtohorách, pričom prebieha aj v súčasnosti.

Presnejšie údaje o vývoji jaskynných priestorov podávajú výsledky datovania jaskynných sedimentov. Najskôr sa pristúpilo k rádioizotopovému datovaniu vybraných foriem aragonitovej výplne (Rajman et al., 1990, 1993). Nasledovali datovania rekryštalizovaných i korodovaných foriem aragonitu, resp. kalcitu vo viacerých superpozičných polohách, ako aj paleomagnetický výskum sedimentov. Zistilo sa, že jemné sedimenty v spodnej časti Oválnej chodby, ktorá je takisto charakteristická zarovnaným stropom, majú inverznú magnetickú polaritu a sú staršie ako 780-tisíc rokov (v hornej časti profilu majú sedimenty normálnu magnetickú polaritu a sú pokryté sintrovou kôrou starou 177-tisíc rokov). Preto hlavné morfologické tvary jaskyne sa vytvorili v období staršieho pleistocénu, pričom iniciálne dutiny sa mohli vytvárať už skôr v treťohorách (Pruner et al., 2000; Bosák et al., 2002).

Datované sú viaceré generácie aragonitovej výplne staré 500- až 450-tisíc rokov (kalcit rekryštalizovaný z aragonitu, korodovaný a miestami „zrezaný“ zarovnaným stropom), 138- až 121-tisíc rokov (mladšie rekryštalizované a korózne remodelované formy, obličkovité formy aragonitu), 14-tisíc rokov (agregáty ihlicovitých a zakrivených foriem aragonitu, ich tvorba pokračuje až do súčasnosti) a súčasná generácia aragonitu (drobné agregáty a miniatúrne heliktity rastúce na sedimentoch alebo Fe-okroch). Izotopové dáta poukazujú, že novotvorený aragonit má takmer identické zloženie ako ihlicovitý aragonit druhej generáce, t. j. oba typy



Obr. 1. Mapa Ochtinskej aragonitovej jaskyne (Droppa, 1956)
Fig. 1. Map of the Ochtiná Aragonite Cave (Droppa, 1956)

aragonitu vznikali za rovnakých podmienok, ktoré boli podobné súčasným podmienkam (Cílek et al., 1998; Bosák et al. 2002).

5. GEORELIÉF OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE – PRIESTOROVÁ ŠTRUKTÚRA, MORFOLÓGIA A GENÉZA

Ochtinská aragonitová jaskyňa dosahuje dĺžku 300 m. Vertikálne pukliny v úseku medzi Vstupnou a Mramorovou sieňou miestami presahujú výšku 30 m (Mitter, 1981), čím jaskyňa v pomere k svojej dĺžke nadobúda dosť výraznú vertikálnu disekciu. V kontexte morfologických klasifikácií (Palmer, 1975, 2000, 2002; White, 1983; Bella, 1995b) sa považuje za vertikálno-horizontálnu kombinovanú jaskyňu s jednoduchými lineárnymi partiami a labyrintovými, geometricky nepravidelnými špongiovitými partiami.

Jaskyňa ako celok pozostáva z dvoch geneticky rozdielnych typov podzemných priestorov, čo sa pomerne výrazne odráža v ich morfológii. Úzke a vysoké puklinové priestory sú zastúpené v hornej časti Vstupnej siene, v Hlavnej chodbe a Mramorovej sieni. V ostatných častiach jaskyne dominujú oválne chodby a siene, na mnohých miestach so zarovnanými stropmi a šikmými plochými spodnými časťami skalných stien zbiehajúcimi sa ku dnu. Na stenách, stropoch i dne chodieb a sení je množstvo menších až drobných foriem jaskynného georeliéfu, najmä korózneho pôvodu.

5.1. PRIESTOROVÁ ŠTRUKTÚRA A MORFOLÓGIA JASKYNNÉHO GEORELIÉFU

Podzemný georeliéf mnohých jaskýň sa vyznačuje zložitým a rôznorodým vnútorným zložením. V. N. Malkov et al. (2001) rozlišujú jaskynný makroreliéf (viacúrovňové jaskyne, jednotlivé úrovne jaskýň a pod.), mezoreliéf (kanály, siene, priepasti a iné formy, z ktorých sa skladajú formy makroreliéfu) a mikroreliéf (menšie formy na mezoformách, napr. zárezy na stenách alebo podlahe a pod.), ako aj menšie formy jaskynného georeliéfu, ktoré zodpovedajú nanoúrovni (napr. medzivrstevné anastomózne a iné ranofreatické kanály) a najnižšej pikoúrovni (prúdové facety – *scallops* – a iné skulptúrne drobné formy odrážajúce podmienky cirkulácie podzemných vôd).

Uvedené hierarchické úrovne foriem jaskynného georeliéfu možno rozlíšiť aj v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Puklinové priestory v úseku Vstupná sieň – Hlavná chodba – Mramorová sieň a morfologicky odlišné ostatné časti jaskyne bez prejavov alebo s menšími prejavmi tektonických porúch predstavujú dve základné formy jaskynného makroreliéfu. Mezoreliéf tvoria jednotlivé chodby a siene, z ktorých sa skladajú uvedené väčšie formy jaskynného georeliéfu. Mikroreliéf jaskyne pozostáva zo stropných kupolovitých vyhĺbenín, zarovnaných stropov, úrovňových pozdĺžnych zárezov a vyhĺbenín, šikmých plochých skalných stien chodieb a sení zbiehajúcich sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*) a mnohých ďalších menších až drobných korózno-denudačných foriem, ako aj zo štruktúrno-tektonických, akumulačných i eróznych foriem. K nanoreliéfu patria „neprielezné“ a zväčša slepé rúrovité skalné diery, k nanoreliéfu plytké oválne vyhĺbeniny a iné drobné korózne jamkovité vyhĺbeniny na skalných stenách a stropoch.

Keďže rozsiahlejšie jaskyne sú zvyčajne morfologicky i morfometricky heterogénne, okrem určenia hierarchických úrovní foriem jaskynného georeliéfu je dôležitá aj interpretácia ich priestorového rozloženia. Menšie formy sú hierarchicky usporiadané v rámci väčších, formy rovnakého hierarchického rádu so vzájomnou priestorovou kontinuitou tvoria kompaktný

celok. V rámci geosystémovej interpretácie priestorovej štruktúry jaskynných geosystémov P. Bella (1995a, 1998) rozlišuje ich parciálne i komplexné topické a chorické jednotky. V prípade jaskynného georeliéfu ide o speleomorfotopy, speleomorfochory a súbory speleomorfochor. V rámci speleomorfotopov sa navyše vyčleňujú ich parciálne povrchy (Bella, 2001). Jednotlivým segmentom jaskynného georeliéfu možno v zmysle J. Minára (1996, 2000) priraďovať morfometrické, morfogenetické, morfochronologické i morfodynamické údaje, čo detailnejšie charakterizuje P. Bella (2001).

Porovnávajúc hierarchické úrovne jaskynného georeliéfu podľa V. N. Malkova et al. (2001) speleomorfochory a súbory speleomorfochor zodpovedajú jaskynnému makrogeoreliéfu, speleomorfotopy jaskynnému mezoreliéfu, parciálne povrchy speleotopov a výraznejšie formy na parciálnych povrchoch jaskynnému mikroreliéfu.

5.1.1. CHODBY A SIENE

Ochtinská aragonitová jaskyňa pozostáva z viacerých sení a chodieb, ktoré možno morfologicky rozdeliť do viacerých kategórií. Zastúpené sú puklinové chodby, viac-menej oválne siene s puklinovými stropnými časťami, siene a chodby s oválnym klenbovitým stropom a šikmými plochými spodnými časťami skalných stien zbiehajúcimi sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*), „trojuholníkové“ chodby so zarovnaným stropom (*Laugdecken*) a so šikmými plochými spodnými časťami stien (*planes of repose, Facetten*), ako aj bočné sieňovité výklenky a menšie oválne chodby.

Pre puklinové chodby, ktoré sú predisponované výraznými tektonickými poruchami, je typický úzky klinovitý, nadol sa rozširujúci priečny profil. V jaskyni sú zastúpené vysoké puklinové chodby (Hlavná chodba medzi Vstupnou a Mramorovou sieňou) a nevysoké puklinové chodby (pokračujúca chodba za Mramorovou sieňou).

V rámci sení s puklinovými stropnými časťami sa rozlišujú siene s výraznými úzkymi puklinovými stropnými časťami (Vstupná a Mramorová sieň, Hlboký dóm) a viac-menej klenbovité siene s menej výraznými puklinovými stropnými časťami a stropnými oválnymi vyhĺbeninami (Sieň Mliečnej cesty).

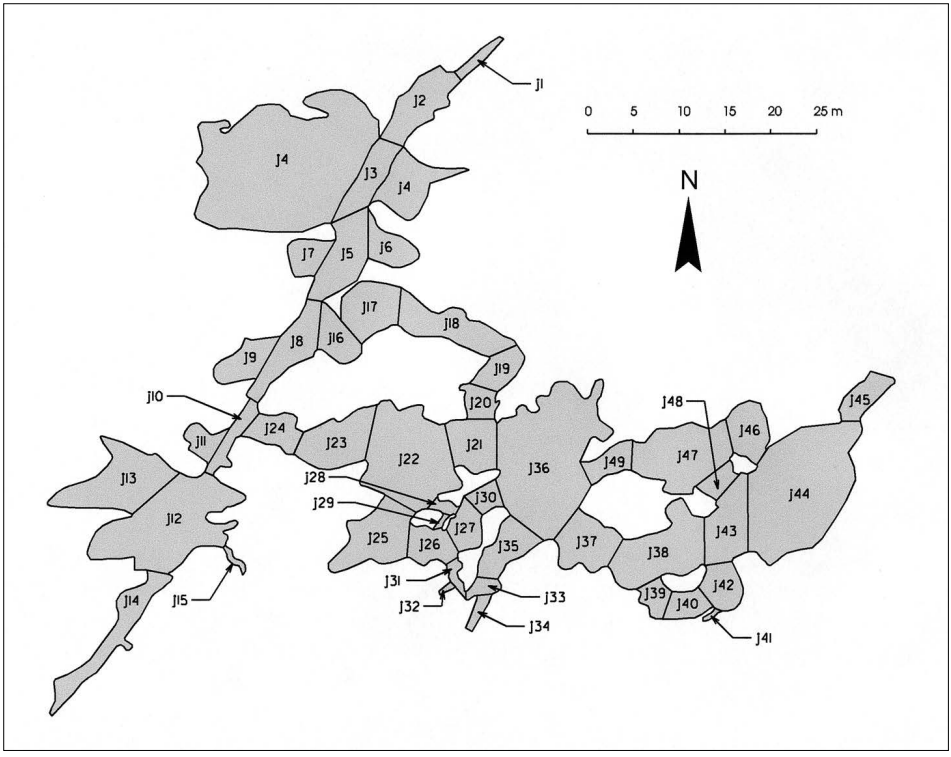
Značnú časť jaskyne zaberajú oválne siene s menšími stropnými vyhĺbeninami a šikmými plochými spodnými časťami skalných stien zbiehajúcimi sa ku dnu (Hviezdna sieň, sieň medzi Oválnou chodbou a Hlbokým dómom), chodby s oválnym klenbovitým stropom, menšími stropnými vyhĺbeninami a šikmými plochými spodnými časťami skalných stien zbiehajúcimi sa ku dnu (Čarovná chodba, chodba Srdca Hrádku medzi Hviezdnou sieňou a Sieňou Mliečnej cesty), oválne chodby so zarovnaným stropom a šikmými plochými skalnými stenami zbiehajúcimi sa ku dnu (Oválna a Ježovitá chodba, Aragonitová záhrada), oválne chodby s jednoduchým klenbovitým stropom a šikmými plochými stenami zbiehajúcimi sa ku dnu (bočná chodba ústiaca do chodby Srdca Hrádku)

Po okrajoch Hlavnej chodby, ktorá je puklinového charakteru, sú morfologicky výrazné bočné sieňovité výklenky. Výklenky v jej úseku medzi Vstupnou sieňou a ústím Čarovnej chodby majú oválny tvar. Oproti Čarovnej chodbe je pozoruhodný výklenok so zarovnaným stropom.

Pomerne krátke úseky zaberajú oválne chodby (bočná chodba klesajúca z Aragonitovej záhrady, spodná chodba medzi Aragonitovou záhradou a Ježovitou chodbou, spodná chodba vedúca z Hviezdnej siene do chodby Srdca Hrádku).

Speleomorfotopy. Siene a chodby alebo ich časti predstavujú speleomorfotopy – parciálne topické jednotky jaskyne, ktoré sú kvázihomogénne z hľadiska sklonu, smeru

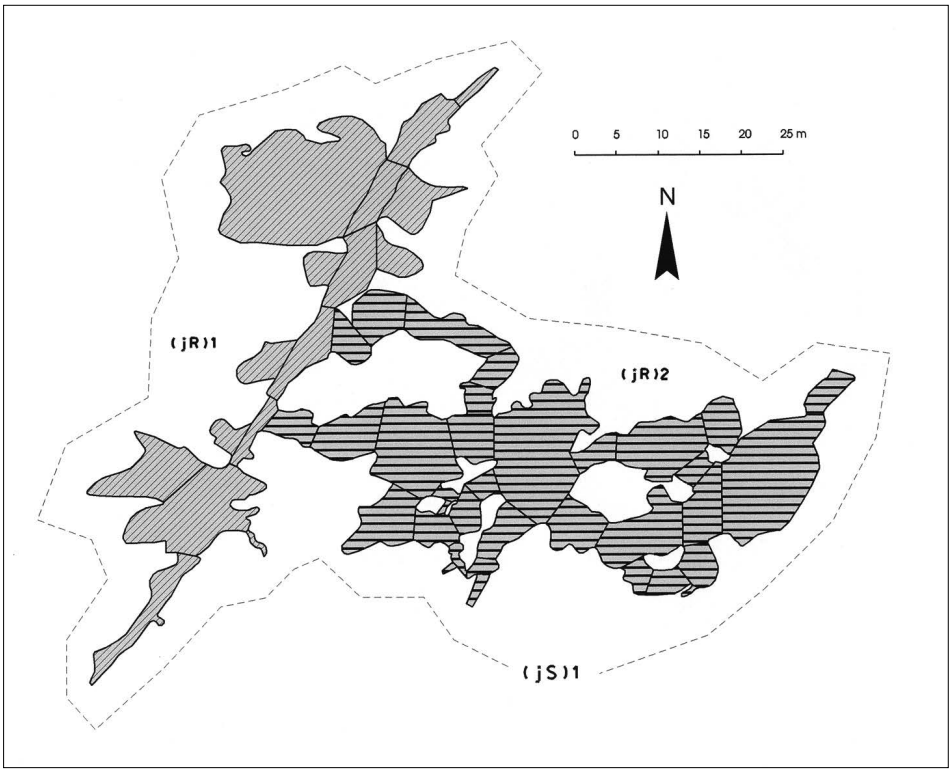
sklonu, morfológie, morfometrických ukazovateľov priečneho profilu, genézy, súčasných geomorfologických procesov a pod. V Ochtinskej aragonitovej jaskyni je vyčlenených 49 speleomorfotopov (obr. 2). Jednotlivé skupiny speleomorfotopov sa vzťahujú na puklinové priestory predisponované výraznými tektonickými poruchami (Hlavná chodba, bočná chodba za Mramorovou sieňou), oválne siene so šikmými plochými skalnými stenami zbiehajúcimi sa ku dnu a úzkymi puklinovými stropnými časťami (Vstupná a Mramorová sieň, Hlboký dóm), ako aj na oválne siene a chodby so stropnými vyhĺbeninami, zarovnaným alebo klenbovitým stropom a šikmými plochými skalnými stenami zbiehajúcimi sa ku dnu (Priepasťová a Čarovná chodba, Hviezdna sieň, chodba Srdca Hrádku, Sieň Mliečnej cesty, Oválna a Ježovitá chodba i Aragonitová záhrada). Speleomorfotopy sú vyhraničené dvoma základnými druhmi segmentov hraníc: 1. parciálnymi povrchmi, ktorých nositeľom je horninové prostredie respektíve litosféra; 2. okrajovými „kontaktnými" priečnymi profilmi – dutými geometrickými plochami po obvode tvorenými horninovým prostredím, ktoré ohraničujú, resp. spájajú susedné speleomorfotopy (Bella, 2001).



Obr. 2. Vymedzenie speleomorfotopov v Ochtinskej aragonitovej jaskyni
Fig. 2. Determination of speleomorphotops in the Ochtiná Aragonite Cave

Usporiadanosť speleomorfotopov v priestore predstavuje v mnohých prípadoch zložitú sieť v horizontálnej i vertikálnej dimenzii. V rámci štúdia jaskyne ako morfogeografického systému sa zdôrazňujú nielen vzťahy medzi speleomorfotopmi, ale aj ich priestorové usporiadanie v rámci podzemnej formy vyššieho hierarchického rádu chorickej dimenzie (Bella, 1995a, 2001).

Speleomorfochory. V kontexte definície speleochor (Bella, 1998) speleomorfochory predstavujú zákonite usporiadané skupiny príbuzných speleomorfotopov ako dôsledok ich horizontálnych vzťahov. J. Minár (2000) rozlišuje historickú (genetickú) alebo súčasnú (morfodynamickú) priestorovú interakciu elementov georeliéfu. Môže ísť o skupinu elementov georeliéfu zjednotenú pôsobením jedného súboru činiteľov utvárajúcich relatívne homogénne celky vyššieho rádu alebo o paradynamické systémy (kaskády, katény) s kontrastnými zložkami spojenými výrazným tokom látky a energie. Vstupná sieň, Hlavná chodba a Mramorová sieň predstavujú priesakovú koróznu speleomorfochoru $(J_R)_1$, miestami s bývalou stagnáciou vody (speleomorfotopy J_1 až J_{15}, spolu 16 speleomorfotopov). Vody, ktoré zaplavili prvotné priestory jaskyne a dlhšiu dobu v nich stagnovali, presakovali zo zrážok pozdĺž výraznej tektonickej poruchy. Ostatné časti jaskyne (Priepasťová chodba, Hviezdna sieň, Čarovná chodba, Sieň Mliečnej cesty, Ježovitá a Oválna chodba, Aragonitová záhrada a Hlboký dóm) možno klasifikovať ako koróznu viacfázovú speleomorfochoru $(J_R)_2$ bývalej stagnácie vody



Obr. 3. Vymedzenie spelomorfochor a súboru speleomorfochor v Ochtinskej aragonitovej jaskyni: $(j_R)_1$ – priesaková korózna speleomorfochora, miestami s bývalou stagnáciou vody (speleomorfotopy j_1 až j_{15}); $(j_R)_2$ – viacfázová speleomorfochora bývalej stagnácie vody (speleomorfotopy j_{16} až j_{49}) s koróznym rozšírením a remodeláciou prvotných jaskynných priestorov; $(j_s)_1$ – synchrónny harmonický konjunktívno-disjunktívny súbor speleomorfochor zložený z 2 speleomorfochor a 49 speleomorfotopov

Fig. 3. Determination of speleomorphochores and set of speleomorphochores in the Ochtiná Aragonite Cave: $(j_R)_1$ – seeping corrosion speleomorphochore, locally with a past water stagnation (speleomorphotopes j_1 to j_{15}; $(j_R)_2$ – more-phase speleomorphochore of a past water stagnation (speleomorphotopes j_{16} to j_{49}) with the corrosion enlargement and remodelling of primary cavities; $(j_s)_1$ – synchronous harmonic conjunctive-disjunctive set of speleomorphochores consisted from 2 speleomorphochores and 49 speleomorphotopes

(speleomorfotopy J_{16} až J_{49}, spolu 33 speleomorfotopov). Pritom došlo ku koróznemu rozšíreniu a remodelácii prvotných jaskynných priestorov.

Súbory speleomorfochor. Rozsiahlejšie a morfologicky kontrastnejšie jaskyne sa zvyčajne skladajú z viacerých speleomorfochor, ktoré tvoria súbor speleomorfochor (Bella, 1998). Ochtinská aragonitová jaskyňa ako celok predstavuje synchrónny harmonický konjunktívno-disjunktívny súbor speleomorfochor $(J_S)_1$, ktorý zahŕňa 2 speleomorfochory a 49 speleomorfotopov (obr. 2 a 3).

Pri interpretácii priestorovej štruktúry jaskynných priestorov možno využiť teóriu grafov. Na základe grafovej analýzy štruktúry speleomorfotopov v zmysle C. Bergeho (1962 in Howard, 1971; pozri tiež Bella, 1995b) je Ochtinská aragonitová jaskyňa charakteristická malými slučkami a dendritickou štruktúrou chorických jednotiek jaskynného georeliéfu (n = 18, e = 13, t = 38, i = 8; α = 0,018, β = 1,226, γ = 0,437; alternatívne verzie: α = 0,107, β = 1,175, γ = 0,412).

5.1.2. MENŠIE A DROBNÉ FORMY JASKYNNÉHO GEORELIÉFU

V rámci väčších morfologických tvarov sa vyskytujú menšie až drobné tvary jaskynného georeliéfu, ktoré sú neodeliteľnou súčasťou celkového morfologického obrazu jaskyne. Morfologicky kombinovaný speleomorfotop možno aproximovať na niekoľko parciálnych geometrických povrchov, ktoré zodpovedajú jeho základným morfologickým tvarom, napr. plochý alebo klenbovitý strop; zvislá, šikmá alebo rozčlenená stena; plochá, šikmá alebo rozčlenená podlaha a pod. (Bella, 2001). Jaskynný mikrogeoreliéf je vytvorený na monomorfných speleomorfotopoch (morfologicky viac-menej homogénnych, bez rozlíšenia parciálnych geometrických povrchov, napr. rúrovitá chodba) alebo na parciálnych povrchoch polymorfných speleomorfotopov. Ranofreatické formy – skalné diery, kanáliky a iné podobné tvary, podľa V. N. Malkova et al. (2001) zodpovedajúce nanoúrovni jaskynného georeliéfu, z genetického hľadiska viac-menej predstavujú miniatúrne speleomorfotopy, ktoré sú v iniciálnom štádiu vývoja alebo ich vývoj nepokračuje vzhľadom na zmenu hydrografických pomerov jaskyne. Drobné skulptúrne formy, ktoré odrážajú podmienky cirkulácie podzemných vôd zodpovedajú najnižšej pikoúrovni jaskynného georeliéfu; vytvorené sú v rámci foriem jaskynného mikroreliéfu alebo priamo na monomorfných speleomorfotopoch či parciálnych povrchoch morfologicky kombinovaných speleomorfotopov.

V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sú okrem prevládajúcich skalných korózno-denudačných a štruktúrno-tektonických foriem jaskynného georeliéfu zastúpené i akumulačné a erózne formy viažuce sa na usadeniny a nánosy ílovitých a hlinitých sedimentov. Detailne ich charakterizuje P. Bella (1998) vrátane ich zobrazenia na geomorfologickej mape jaskyne (pozri tiež Bella et al., 2000, 2001; Bosák et al., 2002). Podsedimentové korózne formy jaskynného georeliéfu opisujú P. Bella a K. Urata (2002). P. Bella (2003) charakterizuje zarovnané stropy a podmienky ich genézy. V jaskyni sa vyskytujú aj planárne kupoly a niektoré ďalšie menšie korózne formy s planárnymi plochami (planárne platne s výklenkovým zárezom, planárne výklenky), na ktoré poukazuje P. Bella (2004).

Korózno-denudačné formy. Vytvorené chemickým rozpúšťaním vápencov spôsobeným konvekciou vody (freatická a epifreatická zóna), fluktuáciou a stagnáciami vodnej hladiny (epifreatická zóna), vlhkosťou sedimentov alebo priesakom – stekaním alebo kvapkaním atmosférických vôd (vadózna zóna).

Rovinné formy: *zarovnané stropy (Laugdecken)* v Oválnej a Ježovitej chodbe, Aragonitovej záhrade i v bočnom výklenku Hlavnej chodby oproti Čarovnej chodbe; *šikmé ploché*

skalné steny chodieb a sení zbiehahúce sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*) po okrajoch Priepasťovej chodby, Hviezdnej siene, chodby Srdca Hrádku, Siene Mliečnej cesty, Oválnej a Ježovitej chodby, Aragonitovej záhrady a siene medzi Oválnou chodbou a Hlbokým dómom. V jaskyni sa vyskytujú aj menšie korózne formy s planárnymi plochami: *stropná platňa s okrajovým výklenkovitým zárezom* na okraji Hlbokého dómu pri Ježovitej chodbe; *plytká a široká planárna stropná kupolovitá vyhĺbenina* v chodbe medzi Hviezdnou sieňou a Srdcom Hrádku; *výklenok s planárnou stropnou plochou* pri okraji Hviezdnej siene na prechode do Čarovnej chodby.

Vyhĺbené formy: *nepravidelné menšie i väčšie špongiovité vyhĺbeniny* vytvorené konvekciou vody na stenách a stropoch Mramorovej siene, Hlavnej chodby, Hviezdnej siene, Hlbokého dómu i v iných častiach jaskyne; *hlbšie stropné kupolovité vyhĺbeniny* vytvorené konvekciou vody v sieni medzi Oválnou chodbou a Hlbokým dómom, v Ježovitej a Čarovnej chodbe, Hviezdnej sieni, chodbe Srdca Hrádku i v niektorých ďalších častiach jaskyne; stropné menej hlboké *miskovité* a plytké *tanierovité kupoly*; *bočné hrncovité vyhĺbeniny* v skalných stenách najmä na okraji Hviezdnej siene medzi Sieňou Mliečnej cesty a Čarovnou chodbou, ich spodné časti boli rozšírené koróziou pri stagnujúcej vodnej hladine; *menšie i väčšie plytké nepravidelné jamkovité vyhĺbeniny* (miestami lyžicovitého tvaru) vytvorené menšími konvekčnými pohybmi vody na skalných stropoch a stenách v chodbe Srdca Hrádku, Sieni mliečnej cesty i v iných častiach jaskyne; *plytké vertikálne rebrovité žliabky* najmä po obvodových stranách planárnych kupol a okrajových výklenkovitých zárezov s planárnymi stropnými plochami; stropné pozdĺžne plytké vyhĺbeniny na strope Hviezdnej siene smerujúce od Priepasťovej chodby k ústiu Čarovnej chodby do Siene Mliečnej cesty; *stenové bočné oválne pozdĺžne výklenky* v Oválnej a Ježovitej chodbe, v Sieni Mliečnej cesty, na východnej stene Vstupnej siene i na okrajoch Mramorovej siene; *úrovňové pozdĺžne zárezy a vyhĺbeniny* na skalných stenách v úrovni bývalej vodnej hladiny v chodbe Srdca Hrádku, Mramorovej sieni, po okrajoch Siene Mliečnej cesty a bočného priľahlého priestoru; korózne *rozšírená tektonická porucha s pozdĺžnou stropnou plochou* pripomínajúcou stropné koryto – vytvorená na východnom okraji Mramorovej siene a vzťahujúca sa k bývalej hladine stagnujúcej vody; *slepé rúrovité skalné diery* v Priepasťovej a Oválnej chodbe, na južnom okraji Hviezdnej siene, v hornom bočnom výklenku na východnom okraji Mramorovej siene; *skalné okná* v dolnom bočnom výklenku vo východnej časti Mramorovej siene, v západnej časti Hviezdnej siene a vo východnej časti siene medzi Oválnou chodbou a Hlbokým dómom; podsedimentovou koróziou *prehĺbené dná chodieb* medzi šikmými plochými skalnými stenami chodieb zbiehajúcimi sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*), podsedimentovou koróziou vytvorené *strmé sokle, stenové polvalcovité, vaňovité, misovité a žľabovité vyhĺbeniny* na šikmých plochách skalných stien chodieb a sení zbiehajúcich sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*) vyskytujúce sa najmä v Ježovitej chodbe, chodbe Srdca Hrádku, Aragonitovej záhrade a vo Hviezdnej sieni; podsedimentovou koróziou vytvorená *podlahová vaňovitá vyhĺbenina* na vyvýšenom západnom okraji Siene Mliečnej cesty a *žľabovité vyhĺbeniny* v bočnej chodbe ústiacej do chodby Srdca Hrádku; *úzke strmé korózne dutiny pozdĺž výrazných tektonických puklín* v horných častiach Hlavnej chodby, Vstupnej a Mramorovej siene, vyklinujúca sa severovýchodná horná časť Siene Mliečnej cesty a horná časť Hlbokého dómu; *plytké žľabovité vyhĺbenin*y vytvorené stekajúcou atmosférickou vodou na strmej východnej stene Vstupnej siene predisponovanej vertikálnou tektonickou poruchou; valcovité škrapy vytvorené stekajúcou atmosférickou vodou na strmej východnej stene priestorov medzi Vstupnou a Mramorovou sieňou (Mitter, 1981), *drobné puklinové škrapy* na zrútených balvanoch v Mramorovej sieni, *egutačné jamky* vytvorené kvapkajúcou vodou na zrútených balvanoch v Mramorovej sieni.

Vyduté formy: mohutné, korózne vypreparované *nepravidelné stropné skalné ostrohy* v Mramorovej sieni, na styku Hlavnej chodby s Čarovnou chodbou, v Sieni Mliečnej cesty, Ježovitej chodbe a Hlbokom dóme; mohutné štruktúrno-tektonicky predisponované, avšak výrazne korózne vypreparované *pozdĺžne stropné skalné ostrohy* v Mramorovej a Vstupnej sieni, na okraji Siene Mliečnej cesty a v Hlbokom dóme; vrstevne podmienené *pozdĺžne, menej výrazné stropné skalné ostrohy* medzi pozdĺžnymi plytkými vyhĺbeninami na širokom strope Hviezdnej siene; menšie *skalné visiaky* v chodbe Srdca Hrádku pri jazierku, Sieni mliečnej cesty a Ježovitej chodbe; ostrohranné obkorodované tenšie *skalné nože; pozdĺžne stenové skalné ostrohy nad úrovňovými zárezmi* ohraničujúce úzky puklinový a širší oválny profil v stropnej časti Siene Mliečnej cesty, stropné ohraničenie bočného výklenku v Hlavnej chodbe oproti Čarovnej chodbe, podkorodovaný skalný výčnelok nad bývalou vodnou hladinou v Hlbokom dóme; podsedimentovou koróziou zaoblené *podlahové skalné ostrohy*, *resp. výčnelky skalného podložia* vo Hviezdnej sieni, Čarovnej chodbe, Hlbokom dóme a na okraji siene medzi Oválnou chodbou a Hlbokým dómom.

Štruktúrno-tektonické formy. Vytvorené gravitačným, štruktúrno-tektonicky podmieneným rútením pravdepodobne v čase aerickej pozície najmä horných častí skalných stien jaskynných priestorov, odkiaľ sa odlúčili a zrútili skalné bloky.

Rovinné formy: *odlučné skalné plochy po rútení bez koróznej modelácie* sú na šikmej stropnej južnej časti Mramorovej siene. Do tejto kategórie možno zaradiť aj *šikmé, viac--menej ploché skalné steny chodieb a sení podmienené štruktúrno-tektonickými pomermi s menšími koróznymi vyhĺbenými a vydutými tvarmi* v horných častiach Vstupnej chodby a Mramorovej siene i v západnej časti Hlbokého dómu.

Akumulačné formy. Vytvorené počas vyplňovania jaskynných priestorov sedimentmi. Pôvodné tvary boli rozbrázdené, resp. pozmenené počas vyplavovania sedimentov. Takisto pri sprístupňovaní jaskyne sa na viacerých miestach splanírovali alebo inak upravili pôvodné povrchy akumulácií sedimentov na podlahe chodieb a sení.

Mocnejšie, zväčša *horizontálne vrstevnaté nánosy sedimentov* možno sledovať v odkryve na dne Oválnej chodby a Hviezdnej siene (skalné podložie v hĺbke 50 cm; Droppa, 1957). Na viacerých miestach sú *kužeľovité a pozdĺžne šikmé povrchy nánosov sedimentov na úpätí skalných stien*, napr. náplavový kužeľ vytvorený splavovaním sedimentov presakujúcou vodou na juhozápadnom okraji Vstupnej siene, mocné akumulácie sedimentov so šikmým klesajúcim povrchom na severnom okraji Vstupnej siene a v Hlbokom dóme medzi prehliadkovým chodníkom a jazerom. Na dne Vstupnej siene medzi náplavovým kužeľom a šikmými uloženinami sedimentov na jej protiľahlej strane je *rovný akumulačný povrch* vytvorený počas občasných záplav. Nepravidelné *zoskupenie zrútených balvanov* je na dne Mramorovej siene.

Erózno-denudačné formy. Drobné depresné tvary vytvorené denudačnou činnosťou tečúcej alebo kvapkajúcej vody na ílovitých sedimentoch.

Vyhĺbené formy: *erózny kanál* v sedimentoch na južnom okraji Vstupnej siene pred splanírovaním strmého svahu počas sprístupňovacích prác dosahoval hĺbku 50 cm (Ševčík – Kantor, 1956; Droppa, 1957); *meandrový kanálik* vytvorený odtekajúcou vodou na takmer rovnom akumulačnom povrchu na dne Vstupnej siene; *egutačné jamky* vytvorené kvapkajúcou vodou takisto na akumulačnom povrchu na dne Vstupnej siene (Ševčík – Kantor, 1956). Pri sprístupňovaní jaskyne sa antropogénnym odstránením časti skalnej steny rozšíril prechod medzi Hlavnou a Čarovnou chodbou.

5.2. GENÉZA JASKYNNÝCH PRIESTOROV

Morfológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne je odrazom pomerne zložitého vývoja jaskyne za špecifických litologických a hydrogeologických podmienok. Izolované šošovky kryštalických vápencov v nekrasových horninách sa vyznačujú osobitnými podmienkami zvodnenia s kolísaním vodnej hladiny v závislosti od množstva a intenzity dotujúcich a unikajúcich vôd.

Atmosférické vody presakujúce pozdĺž strmých tektonických porúch (najmä pozdĺž dominantnej tektonickej poruchy v úseku Vstupná sieň – Hlavná chodba – Mramorová sieň) sa v podzemí kumulovali a za hydraulických podmienok pomalého konvekčného prúdenia vody prenikali pozdĺž drobných štruktúrno-tektonických diskontinuít do bočných sektorov medzi paralelnými tektonickými poruchami. Spôsobili koróziu kryštalických vápencov a zvetrávanie (oxidáciu) ankeritov a sideritov s tvorbou okrov. Ako sme už uviedli, rudná mineralizácia okolitých hornín (hlavne pyrit), resp. zvetrávanie ložiska sulfidických minerálov a uvoľňovanie oxidu uhličitého pri rozklade sideritov a ankeritov výrazne ovplyvnili chemizmus presakujúcich atmosférických vôd a oproti klasickým krasovým vodám zvyšovali ich koróznu agresivitu (Rajman et al., 1990, 1993; Cílek et al., 1998; Bosák et al., 2002; pozri tiež Kempe, 1998). Medzi paralelnými tektonickými puklinami, ktoré sa prejavujú v úseku medzi Vstupnou a Mramorovou sieňou, v stropnej časti Siene Mliečnej cesty a v Hlbokom dóme, sú vytvorené prevažne horizontálne priestory s rôznymi nepravidelnými, najmä špongiovitými a kupolovitými koróznymi oválnymi tvarmi.

5.2.1. FREATICKÁ MODELÁCIA

Prvotné korózne podzemné priestory boli zaplavené. Z pôvodných freatických tvarov sa zachovali iba nepravidelné špongiovité vyhĺbeniny a stropné kupoly, ktoré vznikli konvekciou vody následkom jej gravitačnej separácie spôsobenej hustotnými gradientmi a teplotnými anomáliami. Príčiny a podmienky takejto konvekcie vody analyzujú R. L. Curl (1966), N. J. Cordingley (1991) a A. Klimchouk (1997, 2000); jej pôsobením môžu vznikať viaceré morfologické tvary podobné hydrotermálnej modelácii (Dublyansky, 1989, 2000; Rudnicki, 1989; Szunyogh, 1989). Rozpúšťaním horniny sa zväčšuje hustota vodného roztoku. V prípade kontinuálneho alebo periodického priesaku „čerstvých“ vôd do zvodneného prostredia dochádza k jeho hustotným gradientom. V dôsledku gravitačnej separácie (stratifikácie) vôd nastáva ich prírodná konvekčná cirkulácia, ktorá spôsobuje diferencované rozpúšťanie s vytváraním stropných kupolovitých a rúrovitých vyhĺbenín.

S. Kempe (1996) uvádza, že pomalou konvekciou takmer nasýtenej vody vznikajú stropné kupoly, rýchlym rozpúšťaním horniny málo nasýtenou vodou zarovnané stropy. Podobne A. Klimchouk (1997) píše, že konvekciou vody vznikajú aj rovné stropy, dovnútra inklinujúce skalné steny, dokonca i horizontálne zárezy. V prípade Ochtinskej aragonitove jaskyne sa však vytváranie zarovnaných stropov vysvetľuje epifreatickou modeláciou vo vzťahu k stagnujúcej vodnej hladine.

5.2.2. EPIFREATICKÁ MODELÁCIA

S poklesom vodnej hladiny sa začali korózne rozširovať najmä stredné a spodné časti dutín, ktoré sa zväčšovali aj vyplavovaním okrov. Pozdĺž hladiny stagnujúcej vody sa neskôr vytvorili korózne zarovnané stropy (*Laugdecken*), ktoré sú výrazné v Oválnej a Ježovitej chodbe i v Aragonitovej záhrade. Situované sú pod staršími stropnými výklenkami a kupolami vytvorenými konvekciou vody vo freatických podmienkach.

Obr. 4. Špongiovité vyhĺbeniny v Mramorovej sieni, Ochtinská aragonitová jaskyňa.
Foto: P. Bella
Fig. 4. Spongework hollows in the Marble Hall, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

Obr. 5. Hlboké stropné kupolovité vyhĺbeniny vo Hviezdnej sieni, Ochtinská aragonitová jaskyňa.
Foto: P. Bella
Fig. 5. Deep ceiling cupola-like hollows in the Star Hall, Ochtiná Aragonite Cave.
Photo: P. Bella

Obr. 6. Laterálne hladinové zárezy v hornej časti Mramorovej siene, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 6. Lateral water level notches in the upper part of Marble Hall, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

Obr. 7. Zarovnaný strop a šikmé ploché skalné steny medzi Ježovitou chodbou a Aragonitovou záhradou, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 7. Solution flat roof and planes of repose between the Hedgehog Passage and Aragonite Garden, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

Obr. 8. Zarovnaný strop a šikmé ploché skalné steny v Ježovitej chodbe, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 8. Solution flat roof and planes of repose in the Hedgehog Passage, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

Obr. 9. Oválny strop a šikmé ploché skalné steny v bočnej chodbe pri Srdci Hrádku, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 9. Oval ceiling and planes of repose in the adjoining pasage at the Hrádok Heart, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

Na mieru zarovnania stropov vplýva okrem dĺžky doby stagnácie vodnej hladiny a intenzity konvekcie vody aj vrstevnatosť vápencov. Na strope Oválnej chodby sú obkorodované výčnelky strmých vrstiev, ktoré majú smer uloženia pozdĺž jej osi. Naopak v Ježovitej chodbe a Aragonitovej záhrade horizontálna poloha vrstiev zvýhodňovala vytváranie rovného stropu, pričom však majú korózny povrch, miestami s nevýraznými plytkými vyhĺbeninami. V prípade šikmého uloženia vrstiev pomerne široké ploché, zarovnané povrchy potvrdzujú korózny pôvod stropov. V časti Ježovitej chodby pri Hlbokom dóme sa v úrovni jej stropu na styku so stropnou vyhĺbeninou pri Hlbokom dóme zachoval korózne „zrezaný" karbonátový nátek, čo takisto svedčí o koróznom zarovnávaní (Bella, 1998).

Zarovnané stropy v Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa vytvorili najmä epifreatickou planáciou a remodeláciou freatických alebo epifreatických dutín pozdĺž lokálnej hladiny podzemnej vody vo visutej pozícii nad eróznou bázou územia v izolovanej ostrovnej polohe krasovej hydrogeologickej štruktúry s podzemnými jazerami dotovanými priesakom zrážkových vôd (Bella, 2003). Pri vytváraní zarovnaných stropov mohlo spolupôsobiť aj konvekčné prúdenie vody v plytkej freatickej zóne tesne pod lokálnou hladinou podzemnej vody podľa Kempeho modelu (Kempe et al., 1975; Kempe, 1996). Úrovni hladín stagnujúcich vôd zodpovedajú aj bočné korózne vyhĺbeniny na skalných stenách vo viacerých častiach jaskyne, čím sa podzemné priestory značne rozšírili.

Na mnohých miestach jaskyne spodné časti chodieb a siení tvoria šikmé ploché skalné steny zbiehajúce sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*), ktoré spolu so zarovnanými stropmi (*Laugdecken*) majú dôležitú výpovednú hodnotu pri rekonštrukcii genézy jaskyne (Bella, 1998, 2003; Bosák et al., 2002). *Planes of repose* sa vyskytujú aj v spodných častiach oválnych chodieb. A. L. Lange (1963, 1968) a L. R. Goodman (1964) predpokladajú, že v zaplavenej časti jaskynných priestorov akumulácia nerozpustných zvyškov prekáža koróznemu rozširovaniu dna a šikmých skalných stien, na ktorých sa ukladajú usadeniny. Podobne V. S. Lukin (1967 in Andrejchuk, 1992, 1996) vysvetľuje vznik polygonálnych priečnych profilov vrátane šikmých plôch na spodných častiach jaskynných chodieb hydrochemickou stratifikáciou vody a ochranným efektom pokryvu jemných sedimentov, ktoré sa ukladajú na dovnútra sklonených plochých skalných stenách. Podľa S. Kempeho et al. (1975) v chodbách so zarovnaným stropom (*Laugdecken*) sú šikmé ploché skalné steny zužujúce sa k dnu (*Facetten*) vytvorené konvekčným prúdením vody od stropu nadol, na základe čoho sa pri rozširovaní trojuholníkového priečneho profilu predpokladá postupné paralelné zarezávanie a rozširovanie *Facetten*.

5.2.3. VADÓZNA MODELÁCIA

Korózia presakujúcich atmosférických vôd v horných častiach Vstupnej siene, Hlavnej chodby a Mramorovej siene pôsobí už od času stagnácie hladiny podzemnej vody, ktorej zodpovedajú laterálne zárezy na stenách Mramorovej siene. Po poklese vodnej hladiny do najnižších častí jaskyne sa na miestach pokrytých jemnými lakustrickými sedimentmi uplatnila podsedimentová korózia. Miestami sú ňou na šikmých plochých skalných stenách zbiehajúcich sa ku dnu (*planes of repose*) vytvorené polvalcovité, vaňovité, misovité a žľabovité vyhĺbeniny i strmé sokle, ako aj prehĺbené dná chodieb medzi zbiehajúcimi sa šikmými skalnými stenami či iné podlahové vaňovité a žľabovité vyhĺbeniny i zaoblené výčnelky skalného podložia (Bella – Urata, 2002). Tieto formy sú vytvorené iba na skalných povrchoch, ktoré boli „postihnuté" bývalou jazernou stagnáciou vody s akumuláciou jemných sedimentov. Tie po poklese až ústupe podzemného jazera zadržiavali vodou, ktorá korózne vytvárala uvedené tvary (podobne ako podpôdne škrapy na povrchu).

5.3. SUPERPOZIČNÉ POLOHY KORÓZNYCH FORIEM A SEDIMENTOV, DISKUSIA O GENÉZE NIEKTORÝCH FORIEM JASKYNNÉHO GEORELIÉFU

V Ochtinskej aragonitovej jaskyni je niekoľko superpozičných polôh koróznych foriem jaskynného georeliéfu a zvyškov karbonátových i nekarbonátových sedimentov, ktoré možno využiť pri detailnejšej rekonštrukcii vývoja podzemných priestorov. Genéza niektorých foriem jaskynného georeliéfu vyskytujúcich sa v tejto jaskyni nie je presne objasnená alebo existujú viaceré názory, čo je predmetom diskusie.

Rozdielne výškové úrovne a planácia zarovnaných stropov. Zarovnané stropy sa v jaskyni vyskytujú v troch výškových úrovniach, na základe čoho sa predpokladá, že vznikli v nadväznosti na etapovité poklesy a stagnácie vodnej hladiny. Najvyšší z nich sa zachoval v Oválnej chodbe. Nižší zarovnaný strop je v Ježovitej chodbe a Aragonitovej záhrade, vystupuje asi 2 m pod stropom v Oválnej chodbe. Pred vyústením Ježovitej chodby do Hlbokého dómu je skalný visiak, ktorý je korózne „zrezaný" v úrovni 0,4 m pod jej stropom. Na najnižšie zarovnanie poukazujú i nižšie polohy stropu v Aragonitovej záhrade pri Hlbokom dóme. Tento predpoklad zodpovedá tvorbe horizontálnych planárnych foriem jaskynného skalného georeliéfu pozdĺž stabilnej hladiny podzemných vôd podľa A. L. Langeho (1962, 1968).

Podľa Kempeho modelu sa v jaskynných priestoroch vytvorených pozdĺž vertikálnych tektonických porúch zarovnané stropy vytvárajú v plytkej freatickej zóne asi 1 – 2 m pod stagnujúcou hladinou podzemnej vody. Vznikajú rýchlym rozpúšťaním horniny málo nasýtenou vodou, t. j. vodou s nízkou saturáciou (Kempe, 1996).

V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sú však zarovnané stropy najlepšie vytvorené v chodbách, ktoré nie sú podmienené strmými tektonickými poruchami umožňujúcimi dotovanie zaplavenej chodby „čerstvými" priesakmi atmosférických vôd. Chodby so zarovnanými stropmi (Oválna a Ježovitá chodba, Aragonitová záhrada, Priepasťová chodba) sa nachádzajú medzi Hlavnou chodbou a Hviezdnou sieňou, a najmä medzi Sieňou Mliečnej cesty a Hlbokým dómom, t. j. naprieč medzi tektonicky predisponovanými podzemnými priestormi. Horné časti tektonicky predisponovaných podzemných priestorov sú rozšírené koróziou spôsobenou presakujúcimi atmosférickými vodami. V určitej vývojovej fáze existovala v týchto priestoroch voľná hladina podzemnej vody, na čo poukazujú úrovňové pozdĺžne hladinové zárezy a vyhĺbeniny na skalných stenách (najmä v chodbe Srdca Hrádku, po okrajoch Siene Mliečnej cesty a v Mramorovej sieni). Najintenzívnejšie priesaky atmosférických vôd boli a sú pozdĺž najvýraznejšej tektonickej poruchy v úseku Vstupná sieň – Hlavná chodba – Mramorová sieň. Vo freatickej i epifreatickej fáze vývoja jaskyne „prichádzajúca" voda spôsobovala pomalé tlakové prúdenie jazernej vody smerom do Hviezdnej siene a ďalších častí jaskyne, na čo vplývali aj termické a chemické gradienty miešajúcich sa vôd. Preto možno polemizovať, či v týchto prepojovacích chodbách dlhodobejšie prevládala pomalá vertikálna konvekcia vody podľa Kempeho modelu. Na pomalé, viac-menej horizontálne prúdenie vody poukazujú pozdĺžne plytké vyhĺbeniny na strope Hviezdnej siene smerujúce od Priepasťovej chodby k ústiu Čarovnej chodby do Siene mliečnej cesty.

Keďže celkový výškový rozdiel medzi jednotlivými zarovnanými stropmi je asi 2 – 2,5 m, možno nastoliť otázku, či sa jednotlivé zarovnané stropy v rozdielnych výškových úrovniach vytvárali postupne odhora nadol v závislosti od poklesov a stagnácií vodnej hladiny, alebo či sa vytvárali súčasne konvekciou vody podľa Kempeho modelu tesne pod stagnujúcou voľnou vodnou hladinou v susedných sieňovitých priestoroch, ktoré neboli úplne vyplnené vodou. V ďalších fázach poklesu a stagnácie vodnej hladiny mohli byť rozšírené pozdĺž stagnujúcej

vodnej hladiny. V chodbách s vyššími zarovnanými stropmi, ktorých spodné časti stien presahujú výškovú úroveň nižších zarovnaných stropov, nie sú na šikmých plochých skalných stenách zbiehajúcich sa ku dnu (*planes of repose*) výrazné úrovňové pozdĺžne zárezy a vyhĺbeniny, ktoré by jednoznačne zodpovedali bývalej koróznej remodelácii chodieb v úrovni poklesnutej a stagnujúcej vodnej hladiny. Túto remodeláciu mohla eliminovať sedimentárna výplň chodieb alebo pokryv jemných sedimentov na šikmých skalných stenách.

Dominantné zarovnané stropy v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, najmä v Ježovitej chodbe, majú takmer úplne hladký skalný povrch, čo takisto poukazuje na ich planárnu modeláciu v nadväznosti na stabilizovanú hladinu podzemnej vody. Nie sú rozčlenené drobnými koróznymi jamkovitými vyhĺbeninami veľkosti špičky prstu – *Laugnäpfe*, ktoré sú podľa S. Kempeho (1969, 1996) vymodelované malými konvekčnými bunkami – *saltfingers* na zarovnaných stropoch vytvorených konvekciou vody.

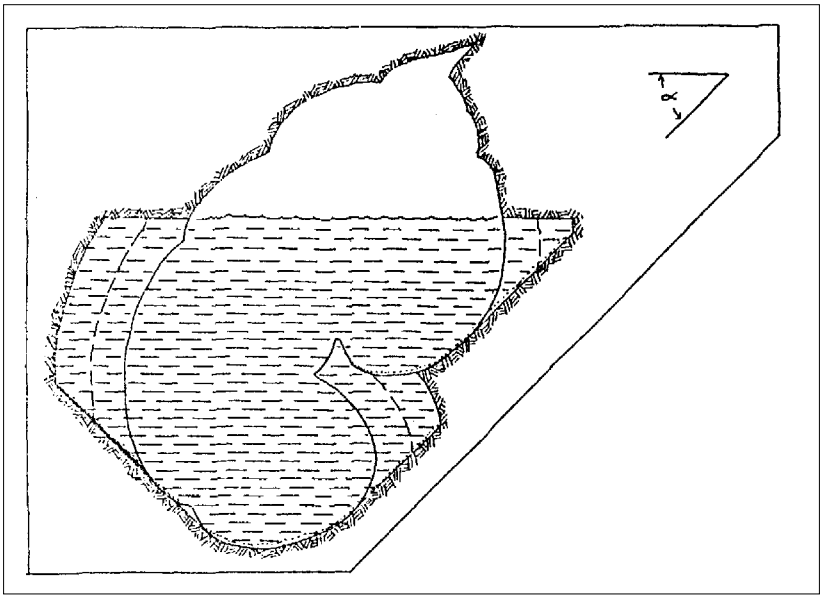
K zaujatiu presnejšieho názoru na spôsob vytvárania zarovnaných stropov v Ochtinskej aragonitovej jaskyni je dôležité aj poznanie vývoja skalných stien a podlahy chodieb a sienî, nad ktorými sa zarovnané stropy nachádzajú.

Vytváranie šikmých plochých skalných stien chodieb a sienî zbiehajúcich sa ku dnu *(planes of repose, Facetten).* Podobne ako zarovnané stropy, aj *planes of repose*, resp. *Facetten* nie sú v jednej výškovej úrovni. Dno Ježovitej chodby je skoro 2 m nižšie ako dno Oválnej chodby, čo takisto viac-menej korešponduje s úvahou o etapovitých poklesoch a stagnáciách vodnej hladiny, resp. zvodnenia jaskynných priestorov. V súčasnosti je stále jazero v najnižšej časti Hlbokého dómu.

Na viacerých miestach jaskyne možno pozorovať, že najmä dolné časti chodieb a sienî boli alebo sú pokryté bývalými jazernými sedimentmi (profil sedimentov v Oválnej chodbe, visutá karbonátová kôra v Čarovnej chodbe a visutá koreňová časť stalagmitu v Aragonitovej záhrade vytvorená na povrchu bývalých, neskôr odplavených sedimentov). Dokonca aj v stropnej pozícii medzi sieňou pri Oválnej chodbe a Hlbokým dómom sa zachoval útvar rekryštalizovaného kalcitu, ktorého spodná časť bola na povrchu bývalých sedimentov.

Ak by sa chodby s trojuholníkovým profilom (zarovnaným stropom a plochými skalnými stenami zbiehajúcimi sa ku dnu) vytvárali konvekciou vody podľa Kempeho modelu, ktorý nevysvetľuje akumuláciu sedimentov súčasne s koróznym pôsobením konvekcie vody, jemné sedimenty sa mohli usadiť až po vytvorení týchto chodieb. Podľa S. Kempeho (1970) sa *Facetten* korózne rozširujú paralelne so šikmými a plochými stenami vytvorenými v ich prvotnom vývojovom štádiu. K. Gripp (1912), ktorý sa ako prvý začal zaoberať problematikou genézy šikmých skalných stien v sadrovcových jaskyniach, však ich vznik vysvetľuje ako dôsledok rozpúšťania podľa gradientu koncentrácie chemického zloženia vody (rýchlejšie rozpúšťanie je v hornej, menej nasýtenej zóne vodného prostredia ako v jeho nižších častiach). A. L. Lange (1963) podotýka, že tento mechanizmus vytvárania šikmých skalných stien je možný v podmienkach takmer stagnujúcej vody a extrémne rozpustných hornín. Takisto F. Rainboth (1971) poukazuje na „narastanie“ *Facetten* v šikmom smere odspodu nahor, čím polemizuje s názorom S. Kempeho (1970), resp. S. Kempe et al. (1975).

Na vzájomné protipôsobenie korózie a akumulácie sedimentov pri vytváraní uvedených tvarov skalných stien spodných častí chodieb poukazujú A. L. Lange (1963, 1968), L. R. Goodman (1964) i V. S. Lukin (1967 in Andrejchuk, 1992, 1996). Predpokladajú, že akumulácia jemných sedimentov prekáža koróznemu rozširovaniu skalného dna a šikmých stien (približne so sklonom 45° a menším) v zaplavenej časti jaskynných priestorov, resp. pokryv jemných sedimentov na dovnútra sklonených plochých skalných stenách spôsobuje ochranný protikorózny efekt. Najmä v podmienkach stagnujúcej alebo pomaly prúdiacej vody sa jemné



Obr. 10. Vytváranie hladinových zárezov a šikmých plochých skalných stien. V čiastočne zaplavenom jaskynnom priestore so sedimentáciou sa pod vodou vytvárajú šikmé ploché skalné steny zbiehajúce sa ku dnu a pozdĺž vodnej hladiny planárne stropné plochy (Lange, 1963)
Fig. 10. Origin of water-level horizons and planes of repose. Water-level planes developed at water line and planes of repose under water in the partially submerged cave chamber with a sedimentation (Lange, 1963)

Obr. 11. Stupienkovité výklenky (nepokryté jemnými sedimentmi) a podsedimentové žľaby na šikmej skalnej stene v Ježovitej chodbe, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 11. Small steep niches (non-covered by fine sediments) and below-sediment grooves on a slope rocky wall in the Hedgehog Passage, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

sedimenty usadzujú na skalnom dne i šikmých stenách, ktorých sklon nie je viac-menej väčší ako 45°. Tým sa usmerňuje pôsobenie korózie nad horný okraj pokryvu sedimentov, kde sa strmé horné, resp. podstropné časti skalných stien postupne rozširujú do bočného zárezu, až kým novovytvorený skalný podlahový povrch zárezu nadobudne sklon, na ktorom sa začnú usadzovať sedimenty zastavujúce koróziu (Lange, 1963; obr. 10). Z toho vyplýva, že korózia a akumulácia sedimentov protikladne pôsobili súčasne v určitej fáze vývoja jaskyne.

V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa vyskytujú šikmé skalné steny zbiehajúce sa ku dnu v chodbách so zarovnaným stropom, ako aj v chodbách a sieňach s oválnym klenbovitým stropom. V niektorých, najmä bočných chodbách (napr. medzi Hviezdnou sieňou a Srdcom Hrádku) horné časti šikmých skalných stien nie sú od horného klenbovitého stropu oddelené laterálnymi zárezmi. Ich vznik možno vysvetliť podľa názoru A. L. Langeho (1963, 1968), ktorý objasňuje vytváranie *planes of repose* aj v kruhovitých a eleptických rúrovitých chodbách vyplnených vodou, t. j. pod úrovňou vodnej hladiny.

Stupienkovité výklenky na šikmých plochých skalných stenách. Na severozápadnej šikmej stene Ježovitej chodby sú dva morfologicky odlišné druhy vyhĺbenín, ktoré narušujú celistvosť skalného povrchu *plane of repose*. Mladšie zaoblené žľabovité vyhĺbeniny vznikli podsedimentovou koróziou (Bella – Urata, 2002). Nad hornou časťou žľabovitých vyhĺbenín sú malé korózne stupňovité výklenky, ktorých zvislé stienky s drobnými a plytkými jamkovitými vyhĺbeninami nie sú na rozdiel od *plane of repose* pokryté tenkým povlakom jemných sedimentov. Na obr. 10, prevzatom od A. L. Langeho (1963), možno sledovať podobnú situáciu, keď dva susedné *planes of repose* na jednej strane chodby sú oddelené skalným previsovým stupienkom bez povlaku sedimentov. Z nákresu vyplýva, že tento skalný stupienok vznikol oddenudovaním bývalého skalného výčnelku v nadpodlahovej pozícii skalnej steny v nadväznosti na postupné korózne rozširovanie nižšie situovaného šikmého plochého skalného povrchu (*plane of repose*). V nadväznosti na bývalú visutú priehlbinu medzi okrajom tohto skalného výčnelku a skalnou stenou sa vytvoril vyšší šikmý plochý skalný povrch (*plane of repose*), ktorý je od takéhoto nižšieho povrchu oddelený skalným stupienkom. Mocnejší pokryv sedimentov v Ježovitej chodbie siahal iba po horný okraj žľabovitých vyhĺbenín, pretože uvedené malé výklenkovité zárezy nie sú remodelované podsedimentovou koróziou.

Vývojové súvislosti medzi zarovnanými stropmi a šikmými plochými skalnými stenami chodieb a siení zbiehajúcimi sa ku dnu *(planes of repose, Facetten).* Ako sme už uviedli, dominantné zarovnané stropy v Ochtinskej aragonitovej jaskyni majú viaceré znaky planačnej modelácie pozdĺž stagnujúcej hladiny podzemnej vody (pozri tiež Lange, 1962, 1968). Planes of repose sa začali vytvárať pred poklesom a stagnáciou vodnej hladiny, čo pretrvávalo aj neskôr počas planačnej modelácie stropov. Zvetrávaním ankeritov a sideritov sa tvorili okre, ktoré sa v jazernom prostredí ukladali na dne a šikmých skalných stenách chodieb a siení, čo korešponduje s horeuvedeným názorom A. L. Langeho (1963, 1968) na vznik *planes of repose* s protikoróznym vplyvom pokryvu sedimentov.

Na porovnanie treba uviesť, že podľa Kempeho modelu sa zarovnaný strop (*Laugdecken*) i šikmé skalné steny (*Facetten*) vytvárajú, resp. rozširujú súčasne. Konvekčný prúd vody je usmernený od stropu nadol pozdĺž skalných stien; od dna vystupuje stredom trojuholníkového priečneho profilu nahor späť k stropu, kde sa delí na obidve strany zarovnaného stropu.

Na základe uvedených názorov a skutočností možno konštatovať, že vývoj *planes of repose* nemusí priamo súvisieť s planačnou modeláciou zarovnaného stropu pozdĺž hladiny podzemnej vody. *Planes of repose* sa vytvárajú aj v chodbách bez zarovnaného stropu; v chodbách so zarovnaným stropom sú planes of repose staršie, pričom ich vývoj pokračuje aj v čase planačnej modelácie stropu.

Šikmé až strmé kanály a diery pod podlahami chodieb a sení, resp. zrezané šikmými plochými skalnými stenami *(planes of repose, Facetten).* Pozorujú sa najmä v Priepasťovitej chodbe, medzi Hviezdnou sieňou a chodbou Srdca Hrádku, ako aj medzi Ježovitou chodbou a Aragonitovou záhradou. Vyhĺbeniny majú prevažne nepravidelné, viac-menej špongiovité tvary zodpovedajúce znakom modelácie spôsobenej konvekciou vody. Zväčša ide o prejavy prvotnej freatickej modelácie, ktoré v mladších fázach vývoja jaskyne predstavovali freatické kolená alebo do väčšej hĺbky vedúce freatické chodby pod dnom bývalého podzemného jazera. Vo fázach stagnácie i fluktuácie hladiny podzemnej vody boli čiastočne korózne remodelované. Niektoré z nich sú sčasti alebo úplne vyplné jemnými sedimentmi. Miestami sú takéto kanály a diery zrezané mladšími šikmými skalnými stenami *(planes of repose, Facetten).*

Freatické a epifreatické jamkovité vyhĺbeniny. Na trojuholníkových plochách medzi susednými šikmými plochými skalnými stenami chodieb a sení (*planes of repose, Facetten*) v miestach spájania sa susedných chodieb (napr. chodby Srdca Hrádku a južnej výklenkovej časti Siene Mliečnej cesty, Ježovitej chodby a siene pri Oválnej chodbe), ako aj na výklenkoch pod *planes of repose* (napr. po okrajoch Siene Mliečnej cesty) sú menšie i väčšie jamkovité vyhĺbeniny lyžicovitého, resp. miskovitého tvaru. Hoci tvarom pripomínajú prúdové facety (*scallops*), viac-menej boli vymodelované nepravidelnou konvekciou vody, resp. menšími konvekčnými „bunkami". Podľa asymetrie tvaru zväčša nie sú zoradené vzhľadom na smer dominujúceho jednosmerného prúdu vody ako prúdové facety. Takéto drobné vyhĺbeniny sa pravdepodobne vyskytovali aj na skalných povrchoch prvotných dutín, ktoré boli neskôr rozšírené a remodelované do podoby *planes of repose*. Zachovali sa iba na miestach, kde sa „mladšia" hladká modelácia skalných stien neuplatnila. Menšie, prevažne nepravidelne usporiadané lyžicovité vyhĺbeniny na strmých až previsnutých skalných povrchoch mohli byť vymodelované menej výraznou konvekciou vody, resp. konvekčnými „bunkami" aj v čase vytvárania *planes of repose*. Stropné pozdĺžne plytké vyhĺbeniny na strope Hviezdnej siene smerujúce od Priepasťovej chodby do Siene Mliečnej cesty poukazujú na smer bývalého pomalého prúdenia vody, ktorá – ako sme už uviedli – do jaskyne presakovala najmä pozdĺž výraznej tektonickej poruchy v úseku Vstupná sieň – Hlavná chodba – Mramorová sieň a dotovala bývalé zaplavenie podzemných priestorov.

Trojuholníková plocha na juhozápadnom okraji Siene Mliečnej cesty, medzi susednými „rozbiehajúcimi" sa šikmými plochými skalnými stenami (*planes of repose, Facetten*) chodby Srdca Hrádku a južnej výklenkovej časti tejto siene, je modelovaná do podoby plytkého vysokého výklenku s nepravidelnými lyžicovitými a miskovitými vyhĺbeninami. Dno výklenku sa od podlahy siene, resp. od betónovej plochy prehliadkovej trasy znižuje, až sa stretáva s mierne previsnutou skalnou stenou. Podobné vyhĺbeniny sú aj v nadpodlahovom klesajúcom výklenku v malom bočnom sieňovitom priestore na východnom okraji Mramorovej siene. Možno predpokladať, že sa v týchto znížených miestach udržiavala voda aj po jej poklese z vyšších častí jaskyne. V týchto miestach pravdepodobne dochádzalo k stúpaniu, resp. úniku podzemnej vody. Do karbonátovej šošovky Ochtinskej aragonitovej jaskyne okrem vôd presakujúcich pozdĺž vertikálnych tektonických porúch prenikali pozdĺž drobných štruktúrno-tektonických diskontinuít aj vody z „ohraničujúcich" nekrasových hornín. Od pomeru pristupujúcich a unikajúcich vôd z karbonátovej šošovky závisela fluktuácia bývalej hladiny podzemných vôd v jaskyni. Kolísanie hladiny jazera na dne Hlbokého dómu následkom zvýšenia hladiny podzemnej vody pretrváva i v súčasnosti.

Spodné časti hlbokých stropných kupol zrezané zarovnaným stropom. Na viacerých miestach jaskyne sú nad zarovnanými stropmi výrazné stropné kupoly. V Ježovitej chodbe hladký skalný povrch zarovnaného stropu morfologicky ostro kontrastuje s hlbokými stropnými kupolami. Tie sa vytvorili vírivou konvekciou vody v prvotnej freatickej fáze vývoja

Obr. 12. Zarovnaný strop so zrezanou stropnou kupolou v Ježovitej chodbe, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 12. Flat roof with a truncated ceiling cupola in the Hedgehog Passage, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

Obr. 13. Členitá kupolovitá vyhĺbenina zrezaná zarovnaným stropom v Ježovitej chodbe, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 13. Dissected ceiling cupola truncated by solution flat roof in the Hedgehog Passage, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

jaskyne. Ich spodné časti sú zrezané mladším zarovnaným stropom, resp. boli zdenudované počas epifreatickej fázy vývoja jaskyne, keď sa tvorili chodby s už charakterizovanými šikmými skalnými stenami a zarovnaným stropom. Výrazné stropné špongiovité vyhĺbeniny sú aj vo Hviezdnej sieni, kde vo freatickej fáze vývoja pravdepodobne dochádzalo k pomalej turbulencii vody, ktorá do tohto priestoru pod tlakom prenikala z Hlavnej chodby cez Priepasťovú a Čarovnú chodbu.

Plytké planárne stropné kupoly vyhĺbené do rozšírených a viac-menej zarovnaných stropných povrchov. Okrem viac zahĺbených stropných kupol sa v Ochtinskej aragonitovej jaskyni vyskytujú aj plytšie a širšie stropné vyhĺbeniny. Z nich najpozoruhodnejšia je plytká elipsovitá planárna kupola medzi Hviezdnou sieňou a Srdcom Hrádku (Bella, 2004). Jej horizontálna korózna stropná plocha však nie je úplné hladká, ale s drobnými nerovnosťami. Navyše je rozčlenená aj staršími hlbšími oválnymi kupolovitými vyhĺbeninami. Takéto kupolovité vyhĺbeniny bývajú v jaskyniach vytvorené v zarovnanom alebo mierne členitom stropnom povrchu, čo takisto zodpovedá vyššie opísanému vytváraniu zarovnaných stropov v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Ak je strop blízko stagnujúcej vodnej hladiny, vytváranie planárnej stropnej kupoly môže iniciovať akákoľvek drobná diera – „vzduchová pasca“ (Lange, 1964). Vznik plytkých stropných kupol v zaplavovaných jaskynných chodbách následkom kondenzačnej korózie opisuje aj B. Mucke et al. (1983) či R. Völker (1989). Podobne B. Lismonde (2000) vysvetľuje vytváranie stropných kupol v súvislosti so zvýšením parciálneho tlaku oxidu uhličitého následkom stláčania vzduchu zdvíhajúcou sa vodou.

Horizontálne korózne stropné plochy planárnych kupol sa pravdepodobne vytvárali v nadväznosti na lokálne zvýšenú vodnú hladinu v iniciálnych a postupne sa rozširujúcich stropných kupolách remodeláciou ich stropných častí. Prvotné stropné kupoly sa vyplňovali

Obr. 14. Plytká planárna stropná kupola v chodbe Srdca Hrádku, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 14. Shallow planar ceiling cupola in the passage of Hrádok Heart, Ochtiná Aragonite Cave. Photo: P. Bella

vodou vo vzťahu k zvýšeniu, resp. kolísaniu vodnej hladiny, ktorá v susednom jaskynnom priestore dosahovala vyššiu hladinu, čo detailnejšie vysvetľuje A. L. Lange (1964). Aj po poklese vodnej hladiny v otvorenom susednom jaskynnom priestore, kde vodná hladina siahala do vyššej pozície, ako je vrchná časť stropnej kupoly, sa v dôsledku atmosférického tlaku vzduchu pôsobiaceho na poklesnutú vodnú hladinu „podporuje" udržanie vodného „stĺpca" v stropnej kupole. Obručovité zvyšky jemných sedimentov po okrajoch spodných častí niektorých stropných kupol poukazujú na existenciu bývalých vodných „stĺpcov".

Pre planárne kupoly sú typické rebrovité žliabky po obvodových stranách kupol (vrátane uvedenej planárnej stropnej kupoly v Ochtinskej aragonitovej jaskyni), ktoré sa mohli vytvárať aj v súvislosti s kolísaním vodnej hladiny a účinkom stekajúcej kondenzačnej vody. A. L. Lange (1964) však píše o paralelných „bublinových dráhach", ktoré sa údajne vytvorili „účinkom spreja z unikajúcich bublín", čo dokladuje výsledkom laboratórneho experimentu rozpúšťania spodnej časti karbonátovej platne ponorenej do roztoku (pozri tiež Kaye, 1957). Vznik vertikálnych žliabkov na previsnutých skalných povrchoch podobne vysvetľujú aj F. Cser a I. Szenthe (1986), resp. F. Cser (1988).

V nadväznosti na existujúce poznatky a názory o modelácii stropných kupol kondenzačnou koróziou (Mucke et al., 1983; Völker, 1989; Lismonde, 2000) možno nastoliť otázku, či takýmto procesom okrem plytkých tanierovitých kupolovitých vyhĺbenín nevznikli aj jednoduché miskovité kupolovité vyhĺbeniny, ktoré sú viac zahĺbené, avšak nie sú rozčlenené do viacerých stupňovito diferencovaných čiastkových dutín zodpovedajúcich pomalému vírivému efektu konvekcie vody.

Iné menšie korózne formy s planárnymi plochami. Okrem už opísaných planárnych stropných kupol sa v jaskyni vyskytujú aj ďalšie menšie korózne formy s planárnymi plochami,

Obr. 15. Výklenok s planárnou stropnou plochou pri Hviezdnej sieni, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella
Fig. 15. Niche with a planar ceiling surface at the Star Hall, Ochtiná Aragonite Cave.
Photo: P. Bella

z ktorých je pozoruhodný výklenok s planárnou stropnou plochou a korózna platňa s okrajovým výklenkovitým zárezom.

Na okraji Hviezdnej siene pri prechode do Čarovnej chodby je výklenok s planárnou stropnou plochou. Na vodorovnej planárnej stropnej ploche výklenku je malá polguľovitá vyhĺbenina, ktorá pripomína alebo predstavuje už spomenuté „vzduchové pasce". Na okrajoch stropnej planárnej plochy nie sú žiadne laterálne zárezy, ktoré by výškovo nadväzovali na planárnu stropnú plochu výklenku. Výklenok je vyhĺbený do strmej šikmej skalnej steny (*plane of repose, Facetten)*, ktorá sa s protiľahlou stenou zbieha k užšiemu dnu chodby vzhľadom na rozšírenú strednú časť priečneho profilu chodby. Planárna stropná plocha výklenku je výškovo pod laterálnym zárezom, ktorý zodpovedá najširšiemu miestu priečneho profilu chodby (Bella, 2004). Podobné výklenky v Moldavskej jaskyni, ktoré ležia vo viacerých výškových pozíciách a nie sú pozostatkami zarovnaných stropov, opisuje Z. Hochmuth (2004). Uvádza, že vznikli koróznou modeláciou stropu mikrojazierok, ktoré sa vytvorili lokálnou kumuláciou vadóznej (priesakovej) vody v miestach gravitačného „odľahčenia" ílovito-hlinitých sedimentov od horných previsových častí skalných stien jaskynných priestorov po poklese vodnej hladiny. Plytkú oválnu žľabovitú vyhĺbeninu na šikmej podlahovej ploche viac zahĺbených výklenkov považuje za prejav podsedimentovej korózie.

Podobný charakter ako uvedený výklenok s planárnou stropnou plochou má aj korózna platňa s okrajovým výklenkovitým zárezom na okraji Hlbokého dómu pri Ježovitej chodbe, ktorá je situovaná nad zarovnaným stropom Ježovitej chodby. V rámci tejto koróznej platne sú dve menšie stropné kupolovité vyhĺbeniny. Šikmý podstropný pásovitý povrch výklenkovitého zárezu je takisto rozčlenený vertikálnymi žliabkami (Bella, 2004), ktorých vznik možno vysvetliť podobne ako v prípade rebrovitých žliabkov po obvodových stranách planárnych kupol. Z. Hochmuth (2004) nastoľuje úvahu, či nejde o podsedimentové vertikálne žliabky, avšak ostré hrany medzi jednotlivými žliabkami viac-menej vylučujú tento predpoklad (podsedimentová korózia ostré hrany skôr zaobľuje).

Korózna remodelácia útvarov karbonátových výplní. Počas vývoja jaskyne boli opakovane zaplavené aj horné časti sieňovitých priestorov, o čom svedčia korodované zvyšky aragonitových foriem, zväčša rekryštalizovaných na kalcit, vyskytujúce sa v jej viacerých častiach (napr. v Hlbokom dóme a Hviezdnej sieni). Pozoruhodný je zvyšok takejto čiastočne rekryštalizovanej výplne v neveľkej stropnej vyhĺbenine, ktorý bol vytvorený na povrchu bývalých, neskôr odplavených sedimentov, resp. je korózne „zrezaný" zarovnaným stropom medzi sieňovitým priestorom pri Oválnej chodbe a Hlbokým dómom. Jeho vek sa určil na viac ako 350-tisíc rokov (Bosák et al., 2002).

5.4. ZÁKLADNÉ VÝVOJOVÉ FÁZY VYTVÁRANIA A MODELÁCIE JASKYNNÝCH PRIESTOROV

Na základe doterajších poznatkov o morfológii a genéze geomorfologických tvarov a datovania jaskynných sedimentov možno vyčleniť tieto základné vývojové fázy Ochtinskej aragonitovej jaskyne:

1. Vznik prvotných podzemných priestorov koróziou vápenca a oxidáciou ankeritu presakujúcimi atmosférickými vodami, ktoré prenikali pozdĺž tektonických porúch. V úsekoch medzi paralelnými tektonickými poruchami vody prenikali pozdĺž drobných štruktúrno-tektonických diskontinuít, pričom mohli využívať „línie" narušenia horninového prostredia, prípadne mikrodutiny vytvorené v dôsledku bývalej hydrotermálnej činnosti. Z terajšej morfológie tejto fáze vývoja jaskyne zodpovedajú stropné a stenové oválne vyhĺbeniny v korózne rozšírených tektonických poruchách, ako aj stropné kupoly nad zarovnanými stropmi vytvorené konvekciou

vody v úplne zvodnenom freatickom prostredí. Zvetrávaním ankeritu sa vytvárali okre, ktoré sčasti vyplnili podzemné dutiny.

2. Po poklesávaní vodnej hladiny sa v stropných „vodou nevyplnených" kupolách vytvárali podmienky na tvorbu karbonátových výplní. Ich korodované zvyšky sa zachovali v stropných polohách, aj nad výškovými pozíciami zarovnaných stropov vo viacerých častiach jaskyne. Poukazujú na fluktuáciu vodnej hladiny a opakujúce sa zaplavovanie podzemných priestorov, čo sa mohlo udiať v najstarších i mladších fázach vývoja jaskyne. V horných puklinových častiach Vstupnej siene, Hlavnej chodby a Mramorovej siene (nad vodnou hladinou) pôsobila korózia presakujúcich atmosférických vôd.

3. Etapovité poklesávanie vodnej hladiny a jej stagnácia na úrovni stropov Oválnej chodby, Ježovitej chodby a Aragonitovej záhrady s tvorbou zarovnaných stropov (*Laugdecken*) a šikmých plochých skalných stien zbiehajúcich sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*). V jazernom prostredí sa na dne chodieb sienî akumulovali jemné sedimenty. Miestami siahali až pod zarovnané stropy. V kupolovitých vyhĺbeninách nad zarovnanými stropmi sa vytvárali karbonátové výplne. Vek útvaru rekryštalizovaného kalcitu, ktorý sa zachoval v stropnej vyhĺbenine medzi sieňou pri Oválnej chodbe a Hlbokým dómom a jeho bazálna časť bola na bývalých sedimentoch, resp. bola zrezaná planárnou modeláciou stropu, je 450- až 500-tisíc rokov (Bosák et al., 2002).

4. Vyplavovanie dnových sedimentov, ktoré sa pravdepodobne uskutočnilo vo viacerých fázach. Na výšku bývalých jazerných sedimentov okrem uvedeného útvaru rekryštalizovaného kalcitu v stropnej pozícii medzi sieňou pri Oválnej chodbe a Hlbokým dómom poukazuje profil sedimentov v Oválnej chodbe pokrytý sintrovou kôrou starou 177-tisíc rokov (Bosák et el., 2002), visutá karbonátová kôra v Čarovnej chodbe i visutá koreňová časť stalagmitu v Aragonitovej záhrade.

5. Suchá fáza vývoja s tvorbou karbonátových výplní a opätovne opakujúce sa čiastočné zaplavovanie podzemných priestorov, na čo poukazujú povlaky kalu na karbonátových kôrach. V koróznych mikrodutinách v aragonitových útvaroch starých 121- až 138-tisíc rokov sa zistila sľuda a kremeň (Bosák et al., 2002). Vo vadóznych podmienkach horných častí jaskyne, ktoré sú predisponované strmými až vertikálnymi tektonickými poruchami (najmä v úseku Vstupná sieň – Hlavná chodba – Mramorová sieň), pokračovala korózia presakujúcich atmosférických vôd. Skalné povrchy po okrajoch stien a na podlahe sienî a chodieb, ktoré boli pokryté jemnými a vlhkými sedimentmi, sa na mnohých miestach remodelovali podsedimentovou koróziou.

6. Stagnácia vodnej hladiny v spodnej časti Hlbokého dómu s modeláciou bočného laterálneho zárezu približne v úrovni terajšieho prehliadkového chodníka a jej neskorší pokles k terajšiemu jazeru. Pokračovanie tvorby karbonátových výplní, korózie spôsobenej presakujúcimi atmosférickými vodami, ako aj podsedimentovej korózie v suchej fáze vývoja až po súčasnosť. Občasná jazerná sedimentácia vo Vstupnej sieni, ktorej podlahová časť býva zaplavovaná.

6. ZÁVER

V štúdii sú prezentované výsledky výskumných prác z posledných rokov, ktoré významne prispeli k spresneniu rekonštrukcie geomorfologického vývoja Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Viaceré výskumné činnosti, najmä paleomagnetický výskum a rádioizotopové datovanie jaskynných sedimentov vrátane karbonátových výplní, sa realizovali na základe širokej medzinárodnej spolupráce. Doplnené sú niektoré poznatky a názory o morfoskulptúrnom skalnom georeliéfe, ktoré dotvárajú celkový obraz o genéze tejto pozoruhodnej jaskyne.

Pozornosť sa upriamuje aj na niektoré menšie geomorfologické formy s planárnymi plochami, ktoré v Ochtinskej aragonitovej jaskyni doteraz neboli opísané. Napriek doterajším výskumom možno polemizovať o genéze niektorých menších až drobných foriem jaskynného georeliéfu – šikmých plochých skalných stien chodieb a sení zbiehajúcich sa ku dnu (*planes of repose, Facetten*), drobných freatických a epifreatických tvarov pod zarovnanými stropmi, menších koróznych foriem s planárnymi plochami výškovo nekorešpondujúcimi so zarovnanými stropmi alebo laterálnymi zárezmi na stenách a pod., čo sa odráža v zámeroch a problémoch ďalšieho geomorfologického výskumu jaskyne.

V štúdii je predložený aj základný teoreticko-metodologický prístup interpretácie Ochtinskej aragonitovej jaskyne ako morfogeografického systému, resp. priestorovej štruktúry jaskynného georeliéfu v nadväznosti na atribúty komplexného geomorfologického výskumu. Vyčlenené sú speleomorfotopy, speleomorfochory i súbor speleomorfochor. Na základe poznatkov o priestorovej štruktúre jaskynného georeliéfu a výsledkov komplexného geomorfologického výskumu, resp. komplexnej geomorfologickej mapy jaskyne možno pristúpiť k tvorbe geomorfologického informačného systému na platforme GIS, ktorý bude zdrojom mnohých dôležitých údajov a informácií pre ďalší geovedný výskum a štúdium jaskynných geosystémov.

LITERATÚRA

ANDREJCHUK, V. N. – KLIMCHOUK, A. B. (2001). Geomicrobiology and redox geochemistry of the karstified Miocene gypsum aquifer, Western Ukraine: The study from Zolushka Cave. Geomicrobiology Journal, 18, 275 – 295.

ANDRUSOV, D. (1958). Geológia československých Karpát, I. diel. SAV, Bratislava, 304 s.

BAJANÍK, Š. – VOZÁROVÁ, A. a kol. (1983). Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – východná časť, 1:50 000. GÚDŠ, Bratislava, 223 s.

BELLA, P. (1995a). Cave as a Morphogeographic System and Evaluation of Spatial Differentiation of Underground Geosystems. In Bella, P. (ed.): Caves and Man, Proceedings of International Symposium. Liptovský Mikuláš, 30 – 38.

BELLA, P. (1995b). Princípy a teoreticko-metodologické aspekty klasifikácie morfologických typov jaskýň. Slovenský kras, 33, 3 – 15.

BELLA, P. (1997). Názory na genézu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit, 2, 13 – 14.

BELLA, P. (1998a). Morfologické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit, 3, 3 – 7.

BELLA, P. (1998b). Priestorová a chronologická štruktúra jaskynných geosystémov. Základné teoreticko-metodologické aspekty. Slovenský kras, 36, 7 – 34.

BELLA, P. (2001). Geomorfologické aspekty tvorby informačného systému o jaskynnom georeliéfe. Geografické štúdie, 8, Banská Bystrica, 218 – 225.

BELLA, P. (2003). Zarovnané stropy – morfoskulptúrne planárne formy jaskynného georeliéfu. Slovenský kras, 41, 7 – 27.

BELLA (2004). Morfoskulptúrne planačné formy jaskynného georeliéfu. In Bella, P. (ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie. Liptovský Mikuláš, 20 – 34.

BELLA, P. – URATA, K. (2002). Podsedimentovité korózne tvary skalného georeliéfu v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Aragonit, 7, 8 – 11.

BELLA, P. – ZELINKA, J. – PEŠKO, P. – GAŽÍK, P. (2000). Natural Phenomena and Protection of the Ochtiná Aragonite Cave (Slovakia). In Song, L. (ed.): Show Caves Protection and Restoration, Proceedings of International Symposium. Yaolin – Tonglu (Zhejiang, China), 22 – 36.

BELLA, P. – ZELINKA, J. – PEŠKO, M. – GAŽÍK, P. (2001). Ochtinská aragonitová jaskyňa – nové poznatky z geovedného výskumu a monitoringu a ich aplikácia pri praktickej ochrane a starostlivosti. Slovenský kras, 39, 37 – 53.

BENICKÝ, V. (1958). Hrádocká jaskyňa. Slovenský kras, 1, 59 – 61.

BOSÁK, P. – BELLA, P. – CÍLEK, V. – FORD, D. C. – HERCMAN, H. – KADLEC, J. – OSBORNE, A. – PRUNER, P. (2002). Ochtinská Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the Fill and Genesis. Geologica Carpathica, 53, 6, 399 – 410.

CÍLEK, V. – ŠMEJKAL, V. (1986). Původ aragonitu v jeskyních. Studie stabilních izotopů. Československý kras, 37, 7 – 13.
CÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. (1997). Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni. Aragonit, 3, 7 – 12.
CORDINGLEY, N. J. (1991). Water stratification in active phreatic passages. Cave Science, 18, 3, 159.
CSER, F. (1988). Role and morphological traces of mixing corrosion in caves. International Symposium on Physical, Chemical and Hydrological Research of Karst, Communications, Košice, 132 – 145.
CSER, F. – SZENTHE, I. (1986). The way of cave formation by mixing corrosion. 9th International Congress of Speleology, Communications, 1, Barcelona, 277 – 280.
CURL, R. L. (1966). Cave conduit enlargement by natural convention. Cave Notes, 8, 1, 4 – 8.
DROPPA, A. (1957). Ochtinská aragonitová jaskyňa. Geografický časopis, 9, 3, 169 – 184.
DUBLYANSKY, Y. V. (1989). The main principles of development and diagnostic criteria of a carbonate hydrothermal karst. Proceedings of the 10th International Congress of Speleology (Budapest), 1, 77 – 79.
DUBLYANSKY, Y. V. (2000). Hydrothermal Speleogenesis – Its Settings and Peculiar Features. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. Huntsville, Alabama, U. S. A., 292 – 297.
FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. (1989). Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman, London – Boston – Sydney – Wellington, 601 s.
GAÁL, Ľ. (1996): Prieskum a ochrana aragonitových jaskýň v okolí Hrádku. In Bella, P. (ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie, zborník referátov z odborného seminára. Liptovský Mikuláš, 130 – 133.
GAÁL, Ľ. (1998). Krasové javy v okolí Hrádku a ich vzťah k Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z vedeckej konferencie. Liptovský Mikuláš, 44 – 52.
GAÁL, Ľ. – ŽENIŠ, P. (1986). Kras Revúckej vrchoviny. Slovenský kras, 24, 27 – 60.
GRIPP, K. (1912). Über den Gipsberg in Segeberg und die in ihm vorhandene Höhle. Hamburg wissenschaftliche Anstalten, 30, 6, 35 – 51.
GOODMAN, L. R. (1964). Planes of repose in Höllern, Germany. Cave Notes, 6, 3, 17 – 19.
HOCHMUTH, Z. (2004). Príspevok ku genéze drobných foriem modelácie jaskynných chodieb v Medzevskej pahorkatine. In Bella, P. (ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie. Liptovský Mikuláš, 35 – 42.
HOMZA, Š. – RAJMAN, L. – RODA, Š. (1970). Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 8, 21 – 68.
HOWARD, A. D. (1971). Quantitative Measures of Cave Patterns. Caves and Karst, 13, 1, 1 – 7.
CHOPPY, J. (1994). La premiere karstification. Synthese spéléologique et karstique, Les facteurs géographiques, 3, Spéléo-Club de Paris, Club Alpin Français, Paris, 70 s.
KAYE, C. (1957). The effect of solvent motion on limestone solution. Journal of Geology, 65, 35 – 46.
KEMPE, S. (1969). Laugnäpfe und ihre Entstehung. Die Höhle, 20, 4, 111 – 113.
KEMPE, S. (1970). Beiträge zum Problem der Speläogenese im Gips unter besonderer Berücksichtigung der Unterwasserphase. Die Höhle, 21, 3, 126 – 134.
KEMPE, S. (1996). Gypsum karst of Germany. In Klimchouk, A. – Lowe, D. – Cooper, A. – Sauro, U. (eds.): Gypsum karst of the world. International Journal of Speleology, 25, 3 – 4, 209 – 224.
KEMPE, S. (1998). Siderite weathering, a rare source of CO_2 for cave genesis: the Eisenstein Stollen System and adjacent caves in the Iberg, Harz Mountains, Germany (abs.). Journal of Cave and Karst Studies, 60, 3, 188.
KEMPE, S. – BRANDT, A. – SEEGER, M. – VLADI, F. (1975). "Facetten" and "Laugdecken", the typical morphological elements of caves developed in standing water. Annales des Spéléologie, 30, 4, 705 – 708.
KLIMCHOUK, A. (1997). Speleogenetic effects of water density differences. Proceedings of the 12 th International Congress of Speleology, 1, La Chaux-de-Fonds, 161 – 164.
KLIMCHOUK, A. (2000). Speleogenesis Under Deep-Seated and Confined Settings. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. Huntsville, Alabama, U. S. A., 244 – 260.
KUBÍNY, D. (1959). Aragonitová jaskyňa na Slovensku. Ochrana prírody, 14, 1, 17 – 18.
LANGE, A. L. (1962). Water level planes in caves. Cave Notes, 4, 2, 12 – 16.
LANGE, A. L. (1963). Planes of repose in caves. Cave Notes, 5, 6, 41 – 48.
LANGE, A. L. (1964). Planar domes in solution caves. Cave Notes, 6, 3, 20 – 23.
LANGE, A. L. (1968). The changing geometry of cave structures. Part III: Summary of solution processes. Caves and Karst, 10, 3, 29 – 32.

LAURITZEN, S. E. – LUNDBERG, J. (2000). Solutional and erosional morphology. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. Huntsville, Alabama, U. S. A., 408 – 426.
LISMONDE, B. (2000). Corrosion des cupoles de plafond par les fluctuations de pression de l´ air emprisoné. Karstologia, 35, 39 – 46.
MALKOV, V. N. – GURKALO, E. I. – MONACHOVA, L. B. – ŠAVRINA, E. V. – GURKALO, V. A. – FRANC, N. A. (2001). Karst i peščery Pinežja. Associacija EKOST, Moskva, 208 s.
MINÁR, J. (1996). Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo väzbe na tvorbu komplexných geomorfologických máp. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 36, Bratislava, 71 – 25.
MINÁR, J. (2000). Tvorba komplexnej geomorfologickej mapy Devínskej Kobyly (metodické poznámky). In Lacika, J. (ed.): Zborník referátov z 1. konferencie Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV. Bratislava, 86 – 90.
MIŠÍK, M. (1953). Geologické pomery územia medzi Jelšavou a Štítnikom. Geologický sborník, 4, 3 – 4, 557 – 587.
MITTER, P. (1981). Správa o prieskume statických pomerov horninového masívu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Manuskript, archív SMOPaJ, Liptovský Mikuláš.
MUCKE, B. – VÖLKER, R. – WADEWITZ, S. (1983). Cupola formation in occasionally inudated cave roofs. Evropejska regionalna konferencia po speleologija, Sbornik ot materiali, 2, Sofia, 129 – 132.
NICOD, J. (1974). Les régions karstiques de Slovaquie et de Hongrie Septentrionale. Bulletin de la Société de Géographie de Marseille, 32, Nouvelle Série, 12, 11 – 25.
PALMER, A. N. (1975). The Origin of Maze Caves. The NSS Bulletin, 37, 3, 57 – 76.
PALMER, A. N. (2000). Hydrogeologic Control of Cave Patterns. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. Huntsville, Alabama, U. S. A., 77 – 90.
PALMER, A. N. (2002). Speleogenesis in carbonate rocks. In Gabrovšek, F. (ed.): Evolution of Karst: From Prekarst to Cessation. Carsologica, ZRC SAZU, Ljubljana – Postojna, 43 – 59.
PEŠKO, M. (2002). Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 3. vedeckej konferencie. Liptovský Mikuláš, 108 – 111.
PRUNER, P. – BOSÁK, P. – KADLEC, J. – VENHODOVÁ, D. – BELLA, P. (2000). Paleomagnetický výzkum sedimentární výplní vybraných jeskyní na Slovensku. In Bella, P. (ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 2. vedeckej konferencie. Liptovský Mikuláš, 13 – 25.
RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. ml. – ŠČUKA, J. (1990). Fyzikálno-chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Záverečná správa, SMOPaJ Liptovský Mikuláš.
RAJMAN, L. – RODA, Š. jr. – RODA, Š. sen. – ŠČUKA, J. (1993). Unterchungen (ber die Genese der Aragonith(hle von Ochtinská (Slowakei). Die Höhle, 44, 1, 1 – 8.
REINBOTH, F. (1968). Beiträge zur Theorie der Gipshöhlenbildung. Die Höhle, 19, 3, 75 – 83.
REINBOTH, F. (1971). Zum Problem der Facetten- und Laugdeckenbildung in Gipshöhlen. Die Höhle, 22, 3, 88 – 92.
REINBOTH, F. (1992). Laborversuche zur Entstehung von Stillwasserfazetten und Laugdecken – mit einem kritischen Überblick zum Stand der Diskussion. Die Höhle, 43, 1, 1 – 18.
RUDNICKI, J. (1989). Relation between natural convention and cave formation in hydrothermal karst. Proceedings of the 10th International Congress of Speleology (Budapest), 1, 14 – 16.
SLABE, T. (1995). Cave rocky relief and its speleogenetical significance. Zbirka ZRC, 10, ZRC SAZU, Ljubljana, 128 s.
SZUNYOGH, G. (1989). Theoretical investigation of the development of spheroidal niches of thermal water origin – Second approximation. Proceedings of the 10th International Congress of Speleology (Budapest), 3, 766 – 768.
ŠČUKA, J. – RODA, Š., jun. – RAJMAN, L. – RODA, Š., sen. (1988). Problemy genezisa karstovogo fenomena Ochtinskoj aragonitovoj peščery. Communications, International Symposium on Physical, Chemical and Hydrological Research of Karst, Košice, 181 – 185.
ŠEVČÍK, R. – KANTOR, J. (1956). Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. Geologické práce, Správy, 7, 161 – 171.
VÖLKER, R. (1989). Die Kondenswasserkorrosion als höhlenraumbildender Faktor. Die Höhle, 40, 1, 1 – 10.
WHITE, W. B. (1988). Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford Univ. Press, Oxford – New York, 464 s.

Adresa autora: RNDr. Pavel Bella, PhD., Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, e-mail: bella@ssj.sk

GEOMORPHOLOGICAL SETTINGS OF THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE

Summary

The Ochtiná Aragonite Cave (World Heritage) is located in the Ochtiná cryptokarst on the north-western slope of Hrádok Hill (809 m a. s. l.) in the Revúcka Highlands. The cave presents a unique natural phenomenon with exceptional geomorphological and mineralogical values. It was formed in the isolated lens of Paleozoic crystalline limestones in insoluble graphitic and sericitic-graphitic phyllites. These limestones were partly metasomically altered to ankerite and siderite in the Upper Cretaceous period of the Mesozoic Era. The cave was discovered in 1954 while drilling the Kapusta Adit. It is opened to the public from 1972. An entrane adit created by digging in 1966 – 1967 is 145 m long and leads to the cave at the altitude of 642 m a. s. l. Underground waters penetrate through limestone lenses along bedding planes to the northeastern side of Hrádok Hill into the stream in the Banská Valley, where springs are situated about 100 m lower than the position of the cave.

The ore mineralization of surrounding rocks (mainly pyrite) lines up the chemical composition of percolating atmospheric waters and their aggressivity (Rajman et al., 1990, 1993). The corrosion was enhanced by sulphide weathering of gangue minerals and by carbon dioxide released from decomposition of siderite/ankerite (Bosák et al., 2002). Atmospheric waters seeping along tectonic faults caused the corrosion of crystalline limestones and weathering (oxidation) of ankerite and siderite and their transformation to ochres. Between parallel tectonic faults, underground cavities mostly of horizontal character with various irregular hollows were formed. After younger developmental phases, from the original shapes were preserved only irregular spongework hollows and cupolas, which were formed by water convection as a result of its gravitational separation caused by density gradients and temperature anomalies. They are situated above the younger solution flat roof.

Flat roof (*Laugdecken*) were formed by stagnant water in three height levels. At present, a pool is still in the lowest part of the Hlboký Dome. Lateral water level notches on the walls correspond to height levels of stagnant waters. The lower parts of oval passages and halls present more or less flat rocky walls inclined and narrowing towards the floor – planes of repose (*Facetten*). They were formed by the process of solution during slow water circulation, when the accumulation of solution residues and ochres created a barrier for widening the floor and slant walls in flooded part of cavities (in a sense of Lange, 1964). Inexpressive allochtonous very fine-grained sediments, partially morphologically destructed, were washed into the cave by only seeping atmospheric water through narrow or filled tectonic faults or fissures (Cílek et al., 1998).

The Ochtiná Aragonite Cave is 300 m long. It presents a cryptokarstic cavity with simple linear sections linked to a geometrically irregular spongework labyrinth. The cave consist of several halls and passages differented from a morphological point of view. There are fissure passages, oval halls with fissure narrow ceiling parts, halls and passages with oval ceiling and planes of repose, "trigonally" passages with horizontal flat ceiling and inclined planes of repose, also lateral small hall-like niches and small oval passages in the cave.

Halls and passages or their parts present speolomorphotopes, i. e. partial topic cave units that are quasi-homogenous from a point of view of inclination, direction of inclination, morphology, morphometric features of cross-section, genesis, actual geomorphologic processes and others similar parameters. Speleomorphochores are constituted by well-ordered groups of speleomorhotopes as the result of their horizontal relations from a point of view of historical (genetic) or actual (morphodynamic) spatial interaction of georelief elements: a group of georelief elements integrated by action of one set of factor producing relatively homogenous units of higher hierarchical range, paradynamic systems (cascades, catenes) with contrast components connected by mass and energy distinct flow. Larger and morphologically more contrast caves are composed from several speleomorphochores (Bella, 1988, 2000). The Ochtiná Aragonite Cave presents synchronous harmonic conjunctive-disjunctive set of speleomorphochores that includes 2 speleomorphochores and 49 speleomorphotopes (Figs. 2 and 3). On the basis of graph analysis of spatial patterns of speleomorphotopes (after Berge, 1962 in Howard, 1971), the Ochtiná Aragonite Cave is characterized by small loops and dendritic structure of cave georelief choric units ($n = 18$, $e = 13$, $t = 38$, $i = 8$; $\alpha = 0{,}018$, $\beta = 1{,}226$, $\gamma = 0{,}437$; alternative versions: $\alpha = 0{,}107$, $\beta = 1{,}175$, $\gamma = 0{,}412$).

Morphological and genetic features of the cave are detail characterized by P. Bella (1998a). Corrosion-denudation, structural-tectonic, depos itional and erosion forms of cave georelief are distinguished. Corrosion-denudation forms consist of planar speleogens (horizontal solutional flat roof, inclined planes of repose), concave speleogens (ceiling cupolas, spongework hollows, shallow elongated channel-shaped forms in roof, shallow ceiling planar cupolas, elongated water level notches on walls, blind lateral tube-like holes, rocky windows in bedrock, below-sediment grooves and others) and convex speleogens (large irregular bedrock roof protrusions, structurally-controlled large elongated roof bedrock juts, bedrock pendants and blades, elongated

bedrock protrusions above water level notches, oval below-sediment bedrock protrusions in floors and others). Structural-tectonic forms are represented by smooth breakdown surfaces without corrosional remodelled features. Depositional forms are predominantly formed by floor sequences of fine-grained sediments, also cones and bank formations of these sediments at the foot of rocky walls. Sporadic erosion forms – meandering channel and drip-holes – occur on the nearly flat floor accumulation surface in the Entrance Hall. The geomorphological map of the cave is published in several papers (Bella, 1998; Bella et al., 2000, 2001; Bosák et al., 2002).

The Brunhes/Matuyama paleomagnetic boundary was found in floor sediments of the Oválna Passage (its "trigonally" cross-section is composed from a horizontal flat solution roof and inclined planes of repose). Fine-grained sediments in the lower part of the sedimentary profile are older than 780 ka, in the upper part are younger than 780 ka. Flowstone covered these sediments is dated to 177 ka (Pruner et al., 2000; Bosák et al., 2002).

The initial and primary phreatic speleogens, older than 780 ka, were formed by dissolution in conditions of density-derived convectional cellular water very slow circulation. Thermohaline convection cells operating in the flooded cave have influenced its morphology. Later epiphreatic and vadose corrosional events have altered the original forms to a large extent. Water levels have fluctuated many times during the cave development as an accumulation of sediments during wet periods and a consequential repeated slowly drainage. Allophane was produced in the acidic environment of sulphide weathering. The oldest aragonite generation is preserved as corroded relics in ceiling hollows. In several places, these relics are truncated by corrosional flat roof. The ages of older aragonite generations (500 – 450 ka, 138 – 121 ka; determined by U-series dating) indicate several episodes of deposition during Quaternary warm periods (Bosák et al., 2002).

From the fifties of last century, the hydrological regime of the Ochtiná Aragonite Cave neighbourhood is considerably influenced by the existence of extensive system of minig adits, which interfere with natural conditions of circulation and accumulation of underground waters. The northwestern slope of Hrádok Hill is drained by the Ochtinský Stream, into which the springs of surrounding mining adits inflow.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	89 – 98	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

OCHTINSKÁ ARAGONITOVÁ JESKYNĚ V SLOVENSKÉM, EVROPSKÉM A SVĚTOVÉM KONTEXTU

VÁCLAV CÍLEK – RADKA SCHMELZOVÁ

Ochtiná Aragonite Cave was considered after its discovery 50 years ago to be „the largest and the most beautiful aragonite cave of the world". However recent discoveries of many other caves including two possibly largest aragonite caves of the world (Bohemia Cave in New Zealand and Emine Bojir Chasar Cave in Crimea, Ukraine, see bibliography) lead to a reconsideration of its position. The article describes other occurrences of cave aragonite (Hill and Forti 1997, Cílek 1998, Tásler et al. 2001) including rather enigmatic site Podrečany near Lučenec (Slovakia) where rich druses of aragonite needles up to 38 cm long were found in paleokarst cavities of magnesite deposit filled with ferruginneous ochres. The question of cave aesthetics is viewed within the context of land art and new media where active attitude of the visitor is a necessary part of the aesthetic experience of the nature, and where a question „what is the largest and the most beautiful" is losing its meaning, because external characteristics are less important then the internal meaning.

Key words: aragonite, cave mineralogy, aesthetics, protection

ÚVOD

Při příležitosti 50. výročí objevení Ochtinské aragonitové jeskyně byl jeden z autorů (V. Cílek) požádán pracovníky Správy slovenských jaskýň v Liptovském Mikuláši, aby sepsal příspěvek týkající se postavení Ochtinské jeskyně mezi ostatními světovými aragonitovými jeskyněmi. V. Cílek prováděl mineralogický výzkum kromě Ochtinské jeskyně (Cílek et al. 1998, Bosák et al. 2003) i na materiálu z pravděpodobně největší aragonitové jeskyni světa – Bohemia Cave na Novém Zélandě (Tásler – Cílek, 1999; Tásler et al., 2001) i na další světově významné jeskyni Emine Bojir Chasar na Krymu (Cílek 2004, Wagner 2004). Dále pracoval na řadě dalších aragonitových výskytů v Čechách, na Moravě i na Slovensku, a to i v prostředí starých dolů, kde aragonitové krápníky někdy nabývají pestrých, atraktivních barev (Cílek, 1998). Jeskyní s aragonitovou výzdobou je tak mnoho, že jakékoliv srovnání může být pouze orientační (Hill – Forti, 1997). Navíc podle ústních údajů francouzských speleologů nejsou některé atraktivní jeskyně s aragonitovou výzdobou zveřejňovány, aby se zabránilo jejich zničení sběrateli.

Základní postavení problému řešeného v tomto článku je následující: již několik desetiletí jsou návštěvníci Ochtinské aragonitové jeskyně informováni, že vstupují do nejkrásnější či největší aragonitové jeskyně světa. Je to však pravda? Nezměnily nové objevy a nové publikace jeskyní s aragonitovou výzdobou nějaký pomyslný žebříček? V tomto článku se snažíme ukázat, že Ochtinská jeskyně stále patří mezi základní aragonitové jeskyně světa. Součástí srovnání však musí být i úvaha na téma: Má vůbec otázka o nejkrásnější či největší aragonitové jeskyni Slovenska, Evropy či světa smysl? Dá se na ni odpovědět? Nevyplývá tato otázka z kontextu a hodnot 60. let minulého století, zatímco dnes se již pohybujeme v jiném diskurzu? Dá se říct, že například Domica je krásnější než Demänovský systém, anebo obě jeskyně mají své osobité krásy, přednosti či nedostatky? Tyto otázky po hodnocení přírodního krásna jsou převzaty z lidské zkušenosti, a proto podléhají proměnlivým sociálním podmínkám. Dnes vědomí globálního ohrožení přírody dává člověku prožít jeho závislost na přírodě

a sepětí s ní. Přírodní krásno se dnes chápe jako odpovědnost za obnovení harmonického poměru mezi přírodou a společností.

Velikost aragonitových výrůstků se dá změřit, ale jak je tomu s měřením jejich estetické hodnoty? Jako druhý autor byla k psaní článku přizvána R. Schmelzová, která sleduje problematiku vztahů moderního umění, přírody a společnosti, protože zadání problému se vymykalo rámci přírodních věd. V článku se nezabýváme genezí aragonitu ani jeho ochranou (viz citované práce). V jeho první části V. Cílek popisuje aragonitové jeskyně světa, v druhé části se snažíme o zařazení Ochtinské aragonitové jeskyně do širšího přírodního i společenského kontextu. V závěrečné části článku vyjadřujeme přesvědčení, že většina otázek typu „co je největší?, co je nejkrásnější?" nemíří k jádru problému. Kloníme s k názoru R. Cailloise (1968): … že sám termín krása je zbytečný: jsou jenom poznávací znamení mezi bytostmi stejného rodu, se stejným erbem ve štítě, tak jako snímek vln se zapisuje klikatými a temnými pruhy na tolika lasturách.

Ve skutečnosti se estetický zážitek vždy odehrává na rovině aktivní spoluúčasti diváka (Caillois 1968, Fischer 1967). Tento vcelku triviální a obecně uznávaný poznatek může ve skutečnosti mít dalekosáhlý dopad na provozování průvodcovské služby, respektive na rozšíření nabídky návštěvnických služeb zejména o doprovod malých skupin za nějakých speciálních podmínek jako jsou noční návštěvy anebo návštěvy jinak nepřístupných částí jeskyní či rezervací. Obsáhlá bibliografie týkající se aragonitových jeskyní světa je uvedena zejména v pracích Hillové a Fortiho (1997), pro území ČR a SR v článku Králíka a Skřivánka (1963) a Cílka (1998).

VÝZNAMNÉ ARAGONITOVÉ JESKYNĚ SLOVENSKA, EVROPY A SVĚTA

Aragonit patří po kalcitu společně s apatitem k nejhojnějším jeskynním minerálům. Jenom na území ČR a SR se nalézá na nejméně třiceti lokalitách a pokud by jeho výskytům byla věnována dostatečná pozornost, je pravděpodobné, že počet lokalit by mohl být zdvoj- či ztrojnásoben. Historie objevu aragonitu na území Československa je podrobně dokumentována v základní práci Králíka a Skřivánka (1963) a soupis základní literatury pro ČR a SR je uveden Cílkem (1998). Hillová a Forti (1997) zmiňují tyto hlavní lokality jeskynního aragonitu:

1. V nejmenované jeskyni v jižní Francii existuje výklenek o velikosti 2 × 9 × 6 m, který je vyplněn neobyčejně bohatou aragonitovou výzdobou, kdy krápníky o průměru až 120 cm jsou obrůstány jehlicemi aragonitu a železným květem. Část výzdoby je zbarvena malachitem do jasně zelené barvy, mladší krápníky jsou sněhobílé. Podle zveřejněných fotografií (obálka 1. vydání „Cave minerals") se jedná o jeden ze světových podzemních divů.

2. Modrý aragonit je znám z několika francouzských jeskyní včetně Modré jeskyně.

3. Rovněž na Sardínii existují jasně modré a zelené aragonitové speleotémy v dutinách důlního okrsku Iglesias. Část aragonitové výzdoby byla sběrateli zničena. Původně pokrýval jasně modrý aragonit ve vrstvě asi 1 m mocné stěny 110 m hluboké propasti. Tato vrstva však byla ještě přerůstána asi 80 cm mocnou polohou světle zeleného a modrého aragonitu.

4. Oranžové aragonity jsou známy z turkmenské jeskyně Cupp-Coutunn.

5. V jeskyni Obrečenata v Bulharsku byly nalezeny volné sněhobílé krystaly aragonitu o délce až 20 cm s výrůstky až 5 cm dlouhými. Z této jeskyně jsou rovněž známy jehlicovité, pseudohexagonální krystaly aragonitu o délce až 20 cm a průměru 1 cm.

6. Masivní aragonitové speleotémy jsou rovněž známy z hydrotermálních jeskyní Kef el Kaous a Aidour v Severním Alžírsku.

7. V maďarském hydrotermálním krasu je aragonit poměrně obvyklý v jeskyních Dorogu, Beremendu a Budapesti zejména ve formě vláknitých a radiálních výrůstků (Leél-Össy 1995

in Szakáll 2002). Z Rumunska je aragonit znám z řady výskytů – např. z jeskyní v okolí Rodny, jeskyně Valea Rea v Bihoru a na dalších místech.

Ostatních výskytů aragonitu běžného jeskynního aragonitu je v celosvětovém měřítku tolik, že se lokality nedají spočítat. Pokud na území ČR a SR je známo asi 30 jeskyní s aragonitem, pak ve světě musí být počet výskytů o nejméně tři řády vyšší. Na území ČR leží jediná relativně významná lokalita aragonitu – Zbrašovské aragonitové jeskyně (Michal, 1934). Zdejší původně sněhobílý aragonit v podobě aragonitové jinovatky, výrůstků a krápníků je dnes silně znečištěn. Pro aragonit je typická jehlicovitá forma krystalů, na které se nečistoty velmi dobře zachycují. Teplý vzduch stoupající od návštěvníků unáší textilní vlákna a nečistoty, ty se ukládají na krystalech, kde fungují jako substrát pro bakterie, které při svém metabolickém cyklu uvolňují CO_2, jež dále aragonit napadá (viz Morávek, 1992). Tento mechanismus degradace aragonitové výzdoby je pravděpodobně univerzální a je nutné s ním počítat při ochraně lokalit. Většina českých výskytů aragonitu je příliš nepatrná a příliš zničená (až z 90 %), než aby mohla být na tomto místě vůbec uváděna. Poněkud lepší je situace na Slovensku, kde byl nově potvrzen aragonit v Demänovských jeskyních (Cílek v tisku in Aragonit 9).

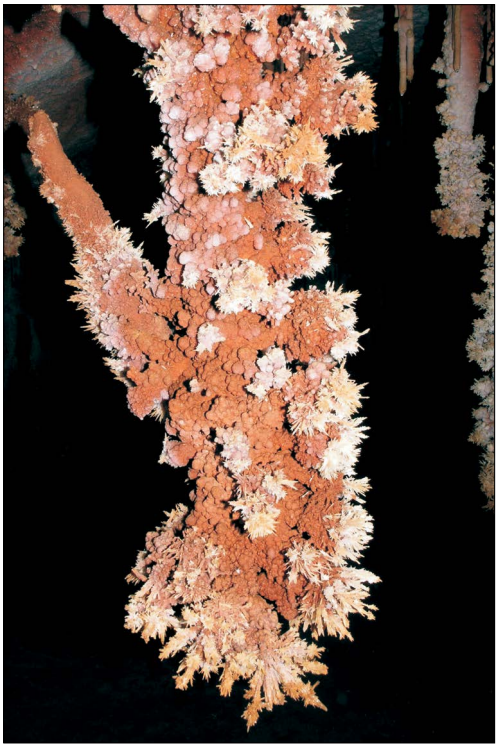
KLENOTNICE V DEMÄNOVSKÉ JESKYNI SLOBODY

Klenotnice v Demänovské jeskyni slobody představuje nejenom jeden z nejvýznamnějších komplexů krápníkové výzdoby na Slovensku, ale také po Ochtinské aragonitové jeskyni druhou nejdůležitější lokalitu jeskynního aragonitu na Slovensku vůbec. Na rozdíl od většiny aragonitových jeskyní uváděných Králíkem a Skřivánkem (1963), jejichž výzdoba byla v posledních desetiletích nenávratně poškozena, je v Klenotnici podle svědectví starých fotografií ve velmi dobrém stavu. Kromě běžného keříčkovitého a jehlicovitého aragonitu,vystupujícího zejména v podobě aragonitové jinovatky, zde byl poprvé v jeskynním prostředí na Slovensku nalezen hydromagnezit [$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2.4H_2O$]. Hydromagnezit je ve světě poměrně běžný jeskynní minerál, který se nejčastěji vyskytuje v podobě bílých, křídovatých povlaků na bocích krápníků anebo jako měkké „nickamínkovité“ agregáty o průměru několika (2 – 10 mm) na koncích aragonitových jehlic nebo v jejich shlucích. Zdejší hydromagnezit je makroskopicky i pozicí totožný s nově objeveným hydromagnezitem z jeskyně Zápoľná i z jeskyně Bohemia na Novém Zélandu. Byl nalezen jak v podobě 1 – 3 mm tenkých křídových poloh na bocích krápníků, tak „vpletený“ do jehlic aragonitové jinovatky.

Trsy aragonitové jinovatky běžně dosahují velikosti 10 – 30 mm. V zásadě se jedná o keříčkovité trsy, jež jsou dále porůstány dalšími jehlicemi nebo drobnějšími keříčky. Aragonitová jinovatka představuje nejkrásnější zdejší typ aragonitové výzdoby. Krápníky, ve kterých se střídají kalcitové a aragonitové partie, indikují podobně jako v Jeskyni v Záskočí (Cílek – Šmejkal, 1986) na střídavé klimatické režimy, během kterých byla jeskyně od povrchu víceméně izolována nebo naopak vchody byly otevřeny a v jeskyni probíhal dynamický režim proudění.

KRYMSKÁ JESKYNĚ EMINE BOJIR CHASAR

J. Wagner (2004, kráceno autory) popisuje tuto víc jak 2 km dlouhou jeskyni těmito slovy: „Jeskyně byla simferopolskými speleology objevena v roce 1976 a po zjištění co vše ukrývá, ihned uzavřena. Až v roce 1981 přizvali ke společné expedici speleology z Bohumína a dobře zamaskovaný vstup do podzemí o průměru třiceti centimetrů, uzavřený železobetonovou zátkou, byl opět otevřen. Jediná zahraniční výprava tehdy pracovala v podzemí nepřetržitě deset dní a kromě mapové a fotografické dokumentace se podařilo objevit i další pokračová-



Obr. 1. Aragonitová výzdoba v jeskyni Emine Bojir Chasar na Krymu. Foto: J. Wagner
Fig. 1. Aragonite decoration in the Emine Bojir Chasar Cave in Crimea. Photo: J. Wagner

ní jeskyně. Po skončení prací v podzemí byl vstup opět uzavřen na 20 let. Teprve v říjnu roku 2000 se simferopolští speleologové rozhodli jeskyni znovu na 10 dní otevřít pro expedici, k níž pouze přizvali opět bohumínské speleology. Kromě dalších výzkumných prací byla cílem i nová fotografická a filmová dokumentace, aby unikátní výzdoba jeskyně mohla být představena celému světu. Po skončení výpravy byl malý vstup opět uzavřen až do srpna roku 2002, kdy byl naposled na týden otevřen, aby mohla být bohumínskými speleology dokončena dokumentace a odebrány vzorky minerálů pro určení vývoje vzácných krystalických forem.

Proč vlastně mohlo vstoupit do podzemí dosud pouze 40 speleologů a proč je jeskyně tak přísně chráněna? Není jednoduché popsat slovy to, co zde příroda za statisíce let dokázala vytvořit. Stěny jeskynních chodeb a domů, krápníky i dno je pokryto miliardami krystalů kalcitu, ankeritu a aragonitu mnohdy tenkými jako vlas. Téměř všude jsou obrovské trsy bílých krystalů, připomínající tvary kamenné kytice chryzantém. Každý dotyk vyluzuje škálu zvonivých tónů a neopatrný pohyb znamená zničení velmi křehké krásy. Nejkrásnějším místem jeskyně je sál Nokturno. Osmdesát metrů dlouhý a třicet metrů vysoký dóm nemá jinou barvu než bílou. Husté jehlice krystalů pokryly vše. Po krystalech se zde i kráčí. Z Nokturna vede Mléčná chodba. Délka, bohatství a hustota krystalové výzdobyje zde fantastická. Člověku se až tají dech při pohledu na miliony bílých jehlic a stébel a připadá si jako v pohádkové zimní krajině. Drůzy jemných krystalů jsou zde srostlé v mohutné sloupy, dosahující výše až 10 metrů. Zcela opačně působí Sál Červených máků. Více jak sto metrů dlouhý dóm má sytě červenou barvu. Červené jsou i krápníky, na kterých vyrostly tisíce krystalů, které připomínají květy červených máků. Takové množství a bohatost tvarů krystalů není známo nikde na světě."

J. Wagner předal V. Cílkovi obsáhlý vzorkový materiál. Výsledky zatím nebyly s výjimkou krátké zprávy v časopisu Vesmír (Cílek, 2004; Cílek – Wagner, 2004) publikovány. Jeskyně Emine Bojir Chasar se nedá srovnat s jinými aragonitovými jeskyněmi, protože hlavní část výzdoby je tvořena obtížně popsatelnými shluky jehlic, které vytvářejí křehké, síťovité formy. Mineralogický výzkum prokázal jenom několik základních minerálů. Ve všech speleotémách převládá kalcit nad aragonitem. Jako běžná příměs se vyskytuje monohydrokalcit $CaCO_3 \cdot H_2O$. Vzácnější je křídě podobný hydromagnezit. Po aragonitu nejzajímavějším minerálem je železnatý dolomit, který běžně pokrývá v podobě hnědavých povlaků trsy aragonitových jehlic. Byl zjištěn jako pravidelný doprovod aragonitu. Aragonitové trsy z jeskyně Emin

Bojir Chasar jsou tvořeny jehlicemi tří generací. Nejrozšířenější je nejstarší generace dlouhých jehlic nepravidelně povlečených železitým dolomitem, který pro svůj vznik obvykle vyžaduje zvýšenou teplotu. Dolomitové povlaky se často vyskytují orientovaně z jedné strany agregátů, jako kdyby jeskyní jedním směrem proudily páry obsahující nějaký aerosol. Aragonit této jeskyně je s největší pravděpodobností aragonit horkých roztoků, které vnikly do již existující dutiny, dále ji rozšířily a snad na kontaktu studenějšího povrchového prostředí a teplejšího hydrotermálního systému vytvořily aragonitovou výzdobu, jaká není známa nikde jinde na světě. Výzkum speleotém není dosud uzavřen.

Obr. 2. Aragonitová výzdoba v jeskyni Bohemia na Novém Zélandu. Foto: R. Tásler
Fig. 2. Aragonite decoration in the Bohemia Cave in New Zealand. Photo: R. Tásler

JESKYNĚ BOHEMIA NA NOVÉM ZÉLANDĚ

Jeskyně objevená českými jeskyňáři leží na úpatí Mt. Owenu v provincii Nelson. Je vyvinutá ve slabě metamorfovaných vápencích a dolomitických mramorech svrchního ordoviku. Část dutin je lokalizována na kontaktu s hluboce zvětralými podložními fylity anebo je do nich zaříznuta hloubkovou erozí. Délka systému je 10,6 km, denivelace dosahuje 713 m. Dvě třetiny jeskyně jsou vyvinuty jako systém obřích dómů, mezi kterými vyniká Dóm albeřických jeskyňářů o délce 810 m, šířce mezi 50 – 110 m a výškou mezi 4 – 10 m. Jedná se o jednu z objemově největších jeskynních prostor světa (Tásler, 1991; Havlíček – Tásler, 1992).

Aragonit se vyskytuje jako průběžný minerál. Více než 70 % plochy jeskynního stropu v oblasti velkých dómů a více jak 50 % plochy stěn a podlahy jsou pokryty aragonitem. Aragonitové trsy a krápníky jsou hustě propletené a celkově velmi objemné. V Dómu albeřických jeskyňářů je aragonitem pokryto asi 30 000 m^2 stropu a 6 000 m^2 jeskynního dna. V tom nejsou zahrnuty desítky krychlových metrů aragonitové drtě ze starších, rozbitých speleotém. Aragonit tvoří jak gravitační formy výzdoby, t. j. různé krápníky o průměru až 75 cm, tak i pestrou škálu různých excentrických forem – jako je železný květ anebo červovité útvary o délce až 50 cm, blízké Ochtinské aragonitové jeskyni. Aragonit je překvapivě mladý – obě data získaná z jádra a vnějšího obalu mohutného, 2 m vysokého aragonitového krápníku ukazují na stáří 2250 – 2390 let! Analýzazaložená na stanovení poměru $^{230}Th/^{234}U$ je přitom spolehlivá, protože obsah uranu ve speleotémách je velmi vysoký (14,2 – 23,5 ppm U).

Aragonit je doprovázen kalcitem, hydromagnezitem, dolomitem, opálem, sádrovcem, sepiolitem a alochtonními minerály. Dolomit byl zjištěn jen v mikroskopické formě. Sepiolit se běžně vyskytuje jako vločkovitý, pravděpodobně autigenní minerál objevující se mezi

aragonitovými jehlicemi. Aragonit je schopen vytvářet i „aragonitovou trávu“ (podobně jako Hillová a Forti, 1997, uvádějí „sádrovcovou trávu“), tedy dlouhá, jemná aragonitová vlákna (Tásler – Cílek, 1999; Tásler et al., 2001). Obrovský rozsah dómů, hustý aragonitový pokryv, vývoj aragonitu v relativně velkých a hmotných formách (desítky cm, kilogramové kusy) nás vede k přesvědčení, že jeskyně Bohemia představuje největší aragonitovou jeskyni světa.

STARÉ DOLY A PODREČANY U LUČENCE

Ve starých dolech, zejména pokud mají žilnou výplň tvořenou hydrotermálními karbonáty, poměrně často nalézáme aragonitové krápníky, sintry a výrůstky typu železného květu. Na příbramském rudním ložisku před zatopením chodeb poměrně často docházelo k nálezům masivních aragonitových krápníků o délce až 20 cm a tlouštce při bázi kolem 4 cm v chodbách většinou ražených již v první polovině 19. století. Rychlost tvorby aragonitu je sice nižší než rychlost tvorby kalcitu, ale za vhodných podmínek může být nečekaně vysoká, t. j. až 1 cm aragonitového krápníku za 10 let, ale jen 1 – 2 mm železného květu za stejné období. Kromě toho zde byly běžné 1 – 2 cm dlouhé křivolaké výrůstky železného květu. Podobné vzorky se objevují na mineralogických burzách z téměř každého většího rudního revíru. Aragonitové krápníky bývají nejčastěji sametově bílé, ale mohou být zbarveny až kanárkově žlutě, temně hnědo-oranžově, mohou být skvrnité (na Příbrami s jasně modrými skvrnami vivianitu). Aragonit je hlavní složkou důlních speleotém na maďarském měděném ložisku Recsk (Szakáll, 2002).

Zvláštní postavení jak v rámci krasu (paleokrasu?), tak i z mineralogického hlediska patří lokalitě Podrečany u Lučence. Lokalita je známa nejméně od 19. století, kdy zde byly z rozvětralých partií magnezitových čoček obsahujících feromagnezit a ankerit těženy železné okry vázané na paleokrasové kaverny (Bednařík, 2001, Bohatý 2003). Těžba v Podrečanech byla nejprve prováděna povrchovým způsobem do hloubky 150 m a později hornickým způsobem. V roce 1983 došlo k události, která zařadila Podrečany mezi naleziště s nejkrásnějším aragonitem na světě. Při práci na čočce 1 na horizontu 120 m byla objevena kaverna o velikosti 4 × 2 m vyplněná okrem. Po odplavení okru se ukázalo, že stěny kaverny byly hustě pokryté aragonitovými krystaly o běžné délce 15 cm. Největší vydobytá aragonitová drůza měla velikost 70 × 70 cm! Již dříve byly na ložisku v okrových kavernách nalezeny jehlicovité krystaly o maximální délce až 38 cm (Bohatý, 2003)! Podrečany jsou dnes považovány za světovou lokalitu aragonitu. Těžba magnezitu zde již skončila a vydobytá jáma je postupně zatápěna – vznikne zde nejhlubší vodní nádrž Slovenska o hloubce kolem 100 m. „Okrové jeskyně“ podobné např. výskytům v okolí Bližné v Pošumaví (Cílek, 1997) nebyly, pokud nám je známo, z krasového hlediska dále zkoumány. Mohly by představovat zajímavou analogii Ochtinské aragonitové jeskyně.

SROVNÁNÍ S OCHTINSKOU ARAGONITOVOU JESKYNÍ

Ochtinská aragonitová jeskyně je asi 300 m dlouhá dutina nejasné, pravděpodobně smíšené geneze, ležící v metasomaticky postižené čočce spodnodevonských krystalických vápenců v rámci drnavského souvrství gelnické skupiny, které je v blízkém okolí jeskyně tvořené zejména sericitickými fylity a pestrou škálou dalších hornin včetně metaryolitů a metabazitů. Jeskyně díky své mimořádně vyvinuté aragonitové výzdobě patří mezi důležité evropské jeskyně a jako taková je součástí Světového přírodního dědictví UNESCO (Droppa, 1957; Homza et al., 1970; Gaál – Gaál, 1980; Gaál, 1996).

Aragonit je tradičně rozdělován podle morfologických kritérií na formu ledvinitou, jehlicovitou a spirálovitou (Rajman et al., 1993). Podle stáří však můžeme dělit zdejší aragonit do tří generací: A – nejstarší generace vytváří masivní, bílé, na povrchu mléčně zakalené sintry, ledvinité útvary a korodované relikty vzhledu polyedrů. Mocnost sintrů i velikost polyedrů dosahuje 10 – 30 cm (i více). Aragonit je částečně rekrystalizován, místy přeměněn na kalcit. Jeho stáří odpovídá podle výsledků D. Forda (Bosák et al., 2003; Rajman et al., 1993) širokému rozmezí 100 – 500 ka či více. B – hlavní a turisticky nejvíce atraktivní formou výzdoby je aragonit druhé generace, který se vyskytuje hlavně v podobě až několik dm dlouhých jehlic a heliktitů (tzv. jehlicovitá a spirálovitá forma). Tento aragonit dorůstá pomalu vzlínající vodou a pozicí dlouhých, jehlicovitých krystalů. Někdy se vyskytuje v asociaci s globulárním opálem. Podle datování D. Forda by tato generace měla náležet pozdnímu glaciálu – allörodu, ale terénní a mikroskopické pozorování svědčí o průběžném dorůstání aragonitu i v současné době. Ochtinská jeskyně je jediná často navštěvovaná jeskyně na území SR a ČR, kde si aragonit právě díky dorůstání udržuje bílou barvu a čistý vzhled. C – nejmladší generace aragonitu vytváří drobné vějířky o průměru 2 – 4 mm (někdy i více) a ojediněle i miniaturní heliktity o délce nepřesahující 40 mm. Heliktity obvykle vyrůstají ze středů radiálních agregátů. Tento aragonit je recentní. Z autigenních minerálů byl zjištěn apatit, v krápníčku ve vstupní štole hydromagnezit a ve výplních jsou běžné Fe- a Mn-okry zastoupené zvláště goethitem a birnessitem. Kromě toho byly nalezeny výplně tvořené bílým alofánem (Cílek et al., 1998).

Jaké jsou základní rysy Ochtinské aragonitové jeskyně ve vztahu k ostatním výše popsaným jeskyním?

– Ochtinská aragonitová jeskyně představuje ve srovnání s Emine Bojir Chasar a jeskyní Bohemia poměrně malou dutinu. Rovněž množství aragonitové výzdoby je nejméně tisíckrát menší než v obou výše zmíněných jeskyních. Žádná z jeskyní na území ČR, SR a střední Evropy se však kvalitou a množstvím aragonitu ani neblíží Ochtinské jeskyni. Poměrně málo jsme informováni o francouzských a asijských jeskyních, kde můžeme očekávat řadu překvapivých nálezů. Podle zveřejněných popisů a monografií není na území obou Amerik a Austrálie podobně kvalitní jeskyně. Ochtinská aragonitová jeskyně není ani největší ani nejbohatší aragonitovou jeskyní světa, ale v každém případě patří mezi několik hlavních světových lokalit jeskynního aragonitu,

– v různých jeskyních světa se místy nalézají jehlicovité a spirálovité formy aragonitu tvarem i vývojem podobné Ochtinské aragonitové jeskyni. Pokud se jedná o obvyklé, bílé útvary, je výskytů tolik, že je Hillová a Forti (1997) ani neuvádějí, ale místo toho se soustřeďují na popis dutin s barevnými aragonity. Jeskyně Emine Bojir Chasar má odlišný typ výzdoby než všechny ostatní nám známé aragonitové jeskyně a nelze ji srovnávat s jinými jeskyněmi,

– zatímco Ochtinská aragonitová jeskyně je dobře dostupná a zpřístupněná veřejnosti, leží ostatní aragonitové jeskyně v málo dostupných částech světa, přístup k nim je silně ztížen i pro jeskyňáře, anebo jsou tajeny. Je pravděpodobné, že pro běžného návštěvníka představuje Ochtinská aragonitová jeskyně „největší a nejkrásnější“ aragonitovou jeskyni světa, protože do jiných jeskyní se nedostane.

Ze subjektivního estetického a návštěvnického hlediska je dále nutné uvést tyto charakteristiky:

– pokud je jeskynní výzdoby příliš, jako v jeskyni Bohemia, dochází k přehlcení dojmy. Průběžná výzdoba bývá méně působivá, protože oko potřebuje změnu a kontrast. Pro Ochtinskou aragonitovou jeskyni je do určité míry charakteristický výskyt aragonitu ve shlucích oddělených pásy horniny bez výzdoby. Některá její místa připomínají výstavní síň či obrazárnu, ve které mají jednotlivé aragonitové trsy mezi sebou určitý odstup – stejně jako obrazy na výstavě,

– spleť aragonitových forem může být v konečném důsledku méně zajímavá než jedno či dvě vlákna v jinak dosti pusté prostoře. Každý fotograf zná roli pozadí – pokud pozoruji aragonitovou výzdobu na pozadí jiné aragonitové výzdoby, obě se překrývají a poněkud ruší. Naproti tomu jedno z kouzel Ochtinské jeskyně spočívá v kontrastu sněhobílého aragonitu na tmavším modrošedém mramorovém pozadí. Součástí působivosti ochtinského aragonitu je jemná, příjemná a na jeskyni nezvyklá barva vápencového pozadí i kontrast s železitými okry. Ve výtvarné ikonografii by bílému aragonitovému trsu rostoucímu ze zemitého okru odpovídal např. lotos, jehož magická barva světélkuje a září na temném pozadí bažiny např. na obraze O. Redona (1840 – 1916) – tyto analogie mohou působit až uměle, ale estetický zážitek je do značné míry podvědomý a reaguje na již zažité kulturní vzorce,

– v Ochtinské aragonitové jeskyni je správná vzdálenost mezi divákem a aragonitem, např. ve Zbrašovské aragonitové jeskyni je již příliš velká,

– pro ochtinský kryptokras je do určité míry charakteristický pocit skrytosti a izolovanosti od okolního světa, který v psychologické rovině odpovídá nějakému hlubokému, vnitřnímu prostoru, který však není pustý, ale představuje jakousi podzemní pokladnici či zahradu nerostných květů řečeno slovníkem evropského symbolismu konce 19. století. Působivost Ochtinské aragonitové jeskyně je do určité míry zvýrazněná tím, že v reálném životě ukazuje něco, s čím se návštěvník zatím setkával jen v pověstech a pohádkách o pokladech či trpaslících hlídajících skalní sluje,

– jiným výjimečným rysem Ochtinské jeskyně je pocit velmi pomale plynoucího času. Podle výsledků datování aragonitu je nejstarší generace pravděpodobně starší než půl milionu let (Bosák et al. 2003) a nejmladší je současná. Aragonit se zde tedy tvořil (pravděpodobně epizodicky) v průběhu půl milionu let! U druhé generace aragonitu (spirálová a jehlicovitá forma) může být datování posunuto k mladším hodnotám následkem mladého dorůstání jehlic. Naproti tomu většina ostatních aragonitových výskytů je holocenní či zřetelně mladá.

ESTETIKA JESKYNNÍHO PROSTORU

Z výše uvedeného stručného hodnocení vyplývá, že jeskyně i jejich speleotémy představují nejenom přírodní, ale také kulturní fenomén. Estetika ekologická je pokračováním klasické estetiky přírody. Příroda je pokládána za anorganické tělo a člověk je chápán jako přírodní bytost. Toto aktuální hodnocení není vyvoláno utrpením společnosti, nýbrž utrpením přírody, jejíž ničení zpětně postihuje člověka (Henckmann – Lotter 1995). V moderním umění zejména několika posledních desetiletí pozorujeme výraznou inspiraci dvěma velkými zdroji – pravěkým uměním a přírodními objekty. Zaměření tohoto časopisu a daný prostor příspěvku nedovoluje důkladnější zhodnocení stále obvyklejší situace, kdy příroda, krajina a obecněji životní prostředí a ekologie se stávají předmětem či lépe řečeno spoluúčastníkem umělecké akce; a jsou zpětně cíleny na komunitu, ve které mají probudit či povzbudit zájem o přírodu, její ochranu, ale také její krásu. O této problematice již existují desítky monografií a katalogů (Bargellesi-Severi, 1997; Flam, 1996; Fulton, 2001 a 2002; Buisman, 1992; Turrell, 1999).

Podstatný rys té nejvíc živé a nejintenzivněji se rozvíjející části moderního umění je zaměření na aktivní zapojení diváka a obecně na interakci s dílem. Vždy zůstanou klasické výstavy obrazů, které můžeme přirovnat k běžnému návštěvnickému provozu jeskyně. Menšinový, ale výrazný trend jsou různé umělecké dílny a další mezioborové akce, které diváka či návštěvníka vtahují do děje a přináší mu určitý aktivní zážitek a následovnou zkušenost a porozumění. Na krajinářských dílnách se například uplatňují techniky, které spočívají ve sledování linie horizontu, vytváření barevných škál z přírodních objektů. Jinou základní technikou je např. to, že skupina se krajinou pohybuje mlčky.

Tento trend aktivního prožívání umění, krajiny a přírody se v chráněných územích Evropy či USA projevuje např. alternativními typy návštěvnických služeb, které jsou zaměřeny na přímou, fyzickou zkušenost – od práce se zvířaty až po průvodcovskou službu do hodnotných částí rezervací. V neukázněném a právně nedokonalém prostředí např. ČR je nutné tyto aktivity přejímat opatrně, jinak se může stát, že lidi naučíme svévolně chodit do jeskyní či do rezervací. Jiné nebezpečí spočívá v tom, že první generace průvodců bývají nadšenci se zájmem o přírodu, ale tato skupina musí rychle vyklidit své pozice pod vlivem ekonomických aktivit dalších generací průvodců a celých organizací.

Nicméně si umíme představit prohlídku Ochtinské aragonitové jeskyně, která proběhne v noci a mlčky. Informace budou podány před vstupem do jeskyně a na konci akce účastníci pohovoří o tom, co viděli a prožívali. Jiná možnost je například rozdat dětem čtvrtky a nechat je v jeskyni kreslit. Toto je cesta, jak prostřednictvím aktivního zážitku vést návštěvníky k ochraně přírody a možná k pocitu, že právě tato jeskyně je na celém světě nejkrásnější.

ZÁVĚR

Počet jeskyní s prokazatelným výskytem aragonitu dosahuje na území ČR a SR asi třiceti (ale možná i více jak sta), takže lze očekávat, že ve světě může být až několik desítek tisíc jeskyní s aragonitem. Ochtinská aragonitová jeskyně představuje např. ve srovnání s Emine Bojir Chasar a jeskyní Bohemia poměrně malou dutinu. Rovněž množství aragonitové výzdoby je nejméně tisíckrát menší, než v obou výše zmíněných jeskyních. Ochtinská aragonitová jeskyně není ani největší ani nejbohatší aragonitovou jeskyní světa, ale v každém případě patří mezi několik hlavních světových lokalit jeskynního aragonitu. Z hlediska dalšího výzkumu aragonitu i paleokrasu považujeme za potřebné zabývat se lokalitou Podrečany u Lučence, kde se v kavernách magnezitového ložiska vyplněných železitými okry nalézaly jedny z nejkrásnějších aragonitů světa ve formě jehlic o délce 20 – 38 cm!

Z estetického hlediska patří mezi přednosti Ochtinské aragonitové jeskyně její rozměry – není ani příliš velká ani malá; správná vzdálenost mezi divákem a aragonitem; působivý kontrast mezi bílým aragonitem, okry a šedomodrými podložními mramory; pocit uzavřenosti, skrytosti, ticha a pomalého plynutí času, ve kterém se aragonit vytváří již půl milionu let. Otázka, zda se jedná o nejkrásnější aragonitovou jeskyni světa, je zodpověditelná jen na subjektivní úrovni a závisí nejenom na velikosti a tvaru aragonitových speleotém, ale také na schopnosti návštěvníka se na krásu jeskyně naladit a prožít ji.

Roger Caillois (1967), který již v 60. letech propagoval spojení přírodních věd, zejména paleontologie, s moderním uměním a novým vnímáním přírody, přibližoval umělcům geologický svět slovy: „Nechat sebou projít přírodu, to pro člověka znamená hádat až v ponurém nitru kamenů podobu vášně původní hybné síly. Třeba ten okamžik, kdy kameny na první křižovatce vynalezly krystal, první větvení, kde se minerálu naskytla šance krystalu. To přírodní struktury zakládají východisko i poslední odkaz každé představitelné krásy, i když je krása lidským oceněním. Protože však člověk sám patří k přírodě, kruh se snadno uzavírá a pocit krásy, který člověk zakouší, odráží jeho úděl živé bytosti a integrující části vesmíru. Příroda: jediný rejstřík, jediný repertoár, zjevná či tajná inspirace, totální souvislost, podloudná norma, skrytý a výlučný fond. Vyjádřeno slovníkem lidského údělu; kameny slovník nemají.”

LITERATURA

BARGELLESI-SEVERI, G. ed. (1997): Robert Smithson – Sideworks. Carlo Frua, 200 p.
BEDNAŘÍK, J. (2001): Aragonit z Podrečan. Minerál 9, 6, Brno, 432 – 434.

BOHATÝ, M. (2003): Podrečany, naleziště nejkrásnějších krystalů aragonitu. Minerál XI, 4, Brno, 270 – 272.
BOSÁK, P. – BELLA, P. – CÍLEK, V. – FORD, D. C. – HERCMAN, H. – KADLEC, J. – OSBORNE A. – PRUNER P. (2003): Ochtiná Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the Fill and Genesis. Geologica Carpathica 53,6, Bratislava, 399 – 410.
BUISMAN, S. (1992): Sjoerd Buisman: 1967 – 1992. Art Affairs. Amsterdam, 174 p.
CAILLOIS, R. (1968): Zobecněná estetika. Odeon, Praha, 192 – 241.
CANTZ, H. ed. (1999): James Turrell: The other Horizon. London. 246 p.
CÍLEK, V. (1997): Okrové jeskyně dolu Václav v Bližné v Pošumaví. Speleofórum 97, Praha, 23 – 25.
CÍLEK, V. (1998): Aragonit v jeskyních – geneze, destrukce a ochrana. In Bella P. ed. „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň", Liptovský Mikuláš, 16 – 20.
CÍLEK, V. (2004): Aragonitové jeskyně světa. Vesmír 2, 102, Praha.
CÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. (1998): Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni. Aragonit 3, Liptovský Mikuláš, 7 – 12.
CÍLEK, V. – ŠMEJKAL, V. (1986). Původ aragonitu v jeskyních. Studie stabilních izotopů. Československý kras 37, Praha, 7 – 13.
CÍLEK, V. – WAGNER, J. (2004): Mineralogické výzkumy v jeskyni Emine Bojir Chasar. Speleofórum, 59 – 60.
DROPPA, A. (1957): Demänovské jaskyne. Krasové zjavy Demänovskej doliny. Nakladateľstvo SAV, Bratislava. 289 s.
DROPPA, A. (1957): Ochtinská aragonitová jaskyňa. Geografický časopis 9, 3, Bratislava, 169 – 184.
FISCHER, E. (1967): O nezbytnosti umění. Svoboda, Praha, 152 – 162.
FLAM, J. ed. (1996): Robert Smithson: The collected writings. Ed. J. Flam. University of California Press. Berkeley. 390 p.
FULTON, H. (2001): Walking artist. Richter. London. 128 p.
FULTON, H. (2002): Walking Journey. Tate. 130 p
GAÁL, L. (1996): Prieskum a ochrana aragonitových jaskýň v okolí Hrádku. Sborník ze semináře „Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana, využívanie", Liptovský Mikuláš,130 – 133.
GAÁL, Ľ. – GAÁL, J. (1988): Jaskyne Jelšavského krasu. Slovenský kras, 29, Liptovský Mikuláš, 31 – 52.
HAVLÍČEK, D. – TÁSLER, R. (1992): Owen 90 – New Zealand. – Caves and Caving 58, London, 22 – 25.
HENCKMANN, V. – LOTTER, K. (1995): Estetický slovník, Nakladatelství Svoboda, Praha, 43, 58 – 59.
HILL, C. – FORTI, P. (1997, 2. vydání). Cave minerals of the world. NSS. Huntsville, 144 – 146.
HOMZA, Š. – RAJMAN, L. – RODA, Š. (1970): Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras 8, Liptovský Mikuláš, 21 – 68.
KRÁLÍK, F. – SKŘIVÁNEK, F. (1963). Aragonit v československých jeskyních. Československý kras 15, Praha, 11 – 36.
MICHAL, E. (1934): Aragonitové jeskyně v Hranickém krasu a nové objevy v nich. Věda přírodní 15, Nový Bydžov, 143 – 169.
MORÁVEK, R. (1992): K výzkumu napadení aragonitu ve Zbrašovských jeskyních. Ochrana přírody 47, 2, Praha, 46 – 50.
RAJMAN, L. – RODA, Š. jr.– RODA, Š. sen. – ŠČUKA, J. (1993): Untersuchungen über die Genese der Aragonithöhle von Ochtiná (Slowakei). Die Höhle 44, 1. Wien, 1 – 8.
SZAKÁLL S. ed. (2002): Minerals of the Carpathians. Granit. Praha. 241 p.
TÁSLER, R. ed. (1991): Owen 90 – New Zealand. Česká speleologická společnost ZO 5 – 02, Trutnov. 32 p.
TÁSLER, R. – CÍLEK, V. (1999): Výzdoba obřích dómů jeskyně Bohemia na Novém Zélandu: největší aragonitová jeskyně světa? Speleofórum 99, Praha. 35 – 40.
TÁSLER, R. – CÍLEK V. – HERCMAN H. (2001): Speleothem decoration of giant domes in Bohemia Cave (New Zealand). Cave and Karst Science 28, 3, 113 – 120.
WAGNER, J. (2004): Jeskyně Emine Bojir Chasar Nižnij. Vesmír 2, Praha, 96 – 99.
WERNER, J. (2003): Emine Bojir Chasar – aragonitová pokladnice. Minerál 11, 4, Brno, 272 – 275.

Adresy autorů:
RNDr. Václav Cílek, CSc., Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, Praha 6, 165 00, Česká republika
e-mail: cilek@gli.cas.cz
Bc. Radka Schmelzová, Přípotoční 35, Praha 10, 100 00, Česká republika

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	99 – 108	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA VÔD OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

DAGMAR HAVIAROVÁ – MATÚŠ PEŠKO

Infiltration water in the Ochtiná Aragonite Cave had a big influence on the origin and evolution of this cave and its fills. The knowledge of the basic characteristic of these waters is very important. Observations of the physical-chemical properties of seepage waters were realized in the cave by the Slovak Caves Administration during 1999 – 2002. The general aim was to describe quality and chemical composition of seepage waters, their changes in space and time. This report presents results of the observations and gives out information on hydrological and hydrogeological settings of this area.

Key words: seepage waters, observation, hydrology, hydrogeology

ÚVOD

Infiltračné vody v spojitosti s geologicko-tektonickou stavbou územia zohrávali dôležitú úlohu pri formovaní jedinečného jaskynného fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Vody presakujúce pozdĺž tektonických porúch horninového masívu spôsobili svojou činnosťou v priestoroch dnešnej jaskyne koróziu kryštalických vápencov a zvetrávanie ankeritov a sideritov s následnou tvorbou okrov. Špecifické hydrochemické pomery v spojitosti s mikroklimatickými podmienkami v uzatvorených podzemných priestoroch formovali vzácnu aragonitovú výzdobu. V období rokov 1999 až 2002 realizovali pracovníci Správy slovenských jaskýň sledovanie základných fyzikálno-chemických vlastností vodnej zložky jaskynného prostredia, ktorého cieľom bolo bližšie určenie jej základného chemického zloženia a kvality meniacej sa v priestore a čase. Výsledky pozorovaní spolu s opisom hydrologických a hydrogeologických pomerov okolia jaskyne prináša nasledujúci príspevok.

HYDROLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY OKOLIA JASKYNE

Ochtinská aragonitová jaskyňa spolu so svojím bezprostredným okolím patrí do povodia rieky Slaná, čiastkového povodia potoka Štítnik (pravostranný prítok rieky Slaná). Masív Hrádku, v ktorom sa jaskyňa nachádza, vytvára pramennú oblasť pre menšie potôčiky v okolitých dolinách. Severozápadný svah masívu odvodňuje Ochtinský potok, do ktorého vtekajú vody z blízkych starých banských štôlní. Severovýchodné svahy Hrádku prechádzajú do Banskej doliny, ktorej vody ústia do potoka Štítnik. Juhozápadné svahy masívu sú odvodňované do čiastkového povodia Muráňa. Rozvodnica čiastkových povodí Štítnika a Muráňa prechádza v blízkosti jaskyne hrebeňom Hrádku, odkiaľ vedie južným smerom na kótu Šebeková, severným smerom na kótu Magura a Homôlka, pokračujúc ďalej v smere SZ. Údolná niva potoka Štítnik v priestoroch obce Ochtiná leží v nadmorskej výške cca 310 m n. m., kde vystupuje ako erózna báza územia. Elementárny ročný odtok z tejto oblasti predstavuje 10 l/s z km^2 (Rajman – Roda – Roda ml.– Ščuka, 1990).

Výrazný vplyv na zvodnenie masívu Hrádok majú zrážkové vody. Po prestupe masívom reprezentujú zdrojnice okolitých prameňov, ktorých stredná rozkolísanosť signalizuje nehlbokú cirkuláciu podzemných vôd. Pramene majú prevažne puklinovo-sutinový a sutinový

charakter. Ich výdatnosť je nízka. Vyššiu výdatnosť majú pramene v Banskej doline, ktoré predstavujú výstup podzemných vôd prestupujúcich v smere sklonu vápencových vrstiev v šošovkách fylitov na severovýchodnú stranu Hrádku. Poloha týchto prameňov je približne o 100 m nižšie ako nadmorská výška Ochtinskej aragonitovej jaskyne.

V území sa môžeme stretnúť aj s výtokmi podzemnej vody z opustených banských diel. Ich výdatnosť prevyšuje výdatnosti prirodzených prameňov. Zvýšenie výdatnosti je dôsledkom vytvorenia umelých prívodných výstupných ciest, ktoré sústreďujú výtoky podzemnej vody z väčších zberných plôch.

Hydrogeologické pomery územia v podstatnej miere ovplyvňuje jeho geologicko-tektonická stavba, ktorá predurčuje charakter prúdenia podzemných vôd, ako aj stupeň zvodnenia jednotlivých litologických formácií. Tektonické línie odvádzajú podzemné vody, ktorých smer prúdenia vo veľkej miere podmieňuje existencia starých banských diel. Ich vznik súvisel s prítomnosťou rudných ložísk vyskytujúcich sa na Hornom a Dolnom Hrádku, ktorých postupným dobývaním datovaným od XII. storočia sa narušili infiltračno-akumulačné pomery územia, a tým aj prirodzené cesty obehu podzemných vôd.

Schopnosť horninového prostredia v území prepúšťať vodu nie je homogénna, jej charakter podmieňuje geologická stavba spojená s jeho tektonickou predispozíciou.

K stratigraficky najstarším horninám v okolí jaskyne patria horniny Gelnickej skupiny paleozoika zastúpené prevažne tmavými, sericitickými, sericiticko-grafitickými fylitmi. Vzťahuje sa na ne medzizrnová, medzizrnovo-puklinová a puklinová priepustnosť. V súvrství fylitov sa nachádzajú šošovky kryštalických vápencov, ktorých časť bola vo vrchnej kriede premenená na ankerity a siderity. Ich priepustnosť môže mať puklinový až puklinovo-krasový charakter. Pokryvné útvary kvartéru rôznych mocností zastúpené prevažne deluviálnymi hlinitokamenitými a kamenitými sedimentmi charakterizuje medzizrnová priepustnosť.

Charakter priepustnosti podmieňuje stupeň zvodnenia horninového prostredia. Najnižší stupeň je spojený s dominujúcou medzizrnovou priepustnosťou. Stredné zvodnenie sa spája s prostredím s puklinovou, prípadne kombinovanou medzizrnovo-puklinovou priepustnosťou. Najvyššie zvodnenie charakterizuje prostredie s puklinovo-krasovou priepustnosťou.

HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY PODZEMNÝCH VÔD V OKOLÍ JASKYNE

Chemizmus podzemných vôd ovplyvňuje niekoľko faktorov. Ich vzájomnou kombináciou sa formuje chemické zloženie podzemných vôd. Medzi základné faktory patrí jednak charakter horninového prostredia, ktorým atmosférické vody prestupujú do masívu a podieľajú sa na tvorbe podpovrchového a podzemného odtoku, jednak dĺžka obehu podzemných vôd, podmieňujúca zotrvanie týchto vôd v masíve, a tým dĺžku ich kontaktu s horninovým prostredím. Dĺžka obehu vôd je podmienená najmä mocnosťou nadložia, charakterom pokryvných útvarov, ako aj tektonickým porušením masívu. Dôležitú úlohu pri formovaní chemického zloženia podzemných vôd zohráva aj stupeň mineralizácie atmosférických vôd. Rôznou kombináciou uvedených faktorov sa v území sformovali tri rozdielne typy mineralizácie podzemných vôd (Rajman – Roda – Roda ml. – Ščuka, 1990).

Vody naviazané na nezrudnené karbonátové komplexy zodpovedajú svojím zložením chemizmu klasických krasových vôd. Tie majú slabý zásaditý charakter, podľa prevládajúcich katiónov predstavujú vápenato-horečnaté vody s nižším stupňom mineralizácie. Takéto sú napr. vody zo štôlne Kapusta, Dolná Mária a prameňa ležiaceho SV od ústia štôlne Kapusta v nadmorskej výške 619,3 m n. m. Druhú skupinu vôd tvoria kyslé, agresívne vody vznikajúce

v procese metagenézy prestupom zrážkových vôd cez zrudnené časti horninového masívu. Ide o chloridovo-síranové vody s vyšším stupňom mineralizácie. Vody tohto typu vytekajú zo štôlne Alžbeta. Poslednú skupinu tvoria zmiešané typy predchádzajúcich typov vôd (Rajman – Roda – Roda ml. – Ščuka, 1990).

POSÚDENIE MNOŽSTVA A FORIEM VODNEJ ZLOŽKY JASKYNNÉHO PROSTREDIA

Infiltračná voda

Dominantnú formu podzemnej vody v jaskyni predstavuje infiltračná voda, ktorá vzniká presakovaním atmosférických vôd do horninového prostredia. Táto voda vďaka svojej koróznej činnosti v spojitosti s priaznivou geologicko-tektonickou stavbou v prevažnej miere ovplyvnila vznik súčasnej krasovej kaverny. Jej prítomnosť sa viaže na miesta tektonického porušenia jaskyne. Najintenzívnejší priesak je spojený s hlavnou tektonickou poruchou smeru SSV – JJZ, ktorá prechádza jaskynnými priestormi v smere od Vstupnej siene cez Hlavnú chodbu až za Mramorovú sieň. Nižšou intenzitou priesaku sa vyznačujú menej výrazné tektonické pukliny situované rovnobežne s hlavnou tektonickou poruchou, nachádzajúce sa v priestoroch Hlbokého dómu a v Sieni mliečnej cesty.

Okrem vyššie uvedených miest s výrazným podielom infiltrujúcich vôd na celkovom objeme vôd vstupujúcich do jaskyne sa lokálne objavujú aj miesta s občasnými, pomerne málo intenzívnymi priesakmi. Tie vznikajú na systémoch podstatne menších, menej výrazných tektonických puklín a mikrotrhlín, ktoré umožňujú pomalší prestup zrážkových vôd do jaskynného prostredia. Ide o priestory Čarovnej chodby, Aragonitovej záhrady a niektorých častí Oválnej chodby.

Ostatné priestory, chodby a siene oválnych tvarov sú z hľadiska priesakov a ich súčasných prejavov takmer bezvýznamné. Tieto miesta ostávajú po väčšinu roka suché, v relatívne „vlhkejších“ obdobiach možno na stenách pozorovať formovanie jemného vodného filmu. Občas je možné zaregistrovať prejavy minimálneho priesaku aj na koncoch rôznych foriem jaskynnej výplne, kde sa postupne formujú drobné kvapky infiltrujúcej vody.

Sústredený priesak vôd zanecháva v horninovom masíve na niektorých miestach jaskyne rôzne morfologické prejavy. Najvýraznejšie sa nachádzajú v priestoroch Mramorovej siene, kde sa v sivomodrých kryštalických vápencoch dlhodobým účinkom presakujúcej vody z pomerne veľkej výšky vytvorili plytké egutačné jamky. V priestoroch siene je zreteľná aj remodelácia vápencov účinkom intenzívneho priesaku. V miestach s výskytom ankeritu, ktorý predstavuje oveľa menej odolnejší substrát, dopadajúca voda vytvára oveľa hlbšie egutačné jamky, v stenových výčnelkoch sú hlbšie erózno-korózne priehlbne s ostrohrannými okrajmi. Takéto prejavy je možné sledovať hlavne v priestoroch Hlavnej chodby, Priepasťovej chodby a vo vstupných častiach Čarovnej chodby s prítomnosťou ankeritu.

S cieľom orientačne stanoviť objem priesakových vôd v jaskyni, sa na vopred vytypovaných miestach realizovalo 11. 10. 2001 24-hodinové meranie kvantity priesaku (Peško, 2001). Stanovenie objemov bolo zamerané predovšetkým na tie miesta, kde je najintenzívnejšia koncentrácia priesaku, a tým aj najväčšie riziko transportu znečistenia.

Prvým zvoleným miestom bola Mramorová sieň, jej juhozápadná časť, kde sa v priebehu 24 hodín naakumulovalo 7,5 l priesakovej vody s teplotou 8,1 °C. Ďalším miestom bola križovatka Hlavnej a Čarovnej chodby, kde objem priesaku dosiahol 720 ml. Približne 4 m na SV v smere prehliadkovej trasy v strede prehliadkového chodníka predstavoval objem priesaku len 86 ml. V Čarovnej chodbe sa zaznamenal v priebehu 24 hodín objem 200 ml. Objemovo

najmenší priesak z najväčšieho aragonitového útvaru „Srdce Hrádku“ mal hodnotu len 18 ml. Zaznamenané množstvá infiltračných vôd naznačujú rozdiely v objemoch priesaku v jednotlivých častiach jaskyne a potvrdzujú ich charakter opísaný v predchádzajúcom texte. Objem infiltračných vôd v jaskyni priamo závisí od zrážkovej činnosti na povrchu. Aj preto by bolo potrebné na presnejšie definovanie týchto objemov vykonať opakované merania priesakov v časovo rozdielnych obdobiach, minimálne v období jarného topenia sa snehu a extrémnej letnej zrážkovej činnosti, kedy sa predpokladá najväčší prestup zrážkových vôd do jaskyne.

Infiltračno-akumulačná voda

V troch častiach jaskyne nastáva výraznejšia akumulácia priesakových vôd. Prvým miestom je západný výbežok okraja Hviezdnej siene, kde sa nachádza menšie elipsovité sintrové jazierko s rozmermi približne 2 × 1,2 m. Steny i dno jazierka vypĺňajú guľovité tvary vyzrážaného kalcitu. Na jeho hladine sú badateľné doskovité formy uhličitanu vápenatého. Hĺbka vody v jazierku závisí od intenzity priesaku atmosférických vôd.

Druhým priestorom akumulácie je Hlboký dóm. Na jeho dne na severovýchodnej strane sa vytvára jazierko orientované v smere tektonickej poruchy (SV – JZ), ktorá prechádza priestormi dómu. Jazero má elipsovitý tvar s rozmermi približne 6 × 2,5 m. Jazero pokračuje popod skalné sifonálne výbežky ďalej v smere pukliny (Droppa, 1957). Hladina vody v jazierku sa pohybuje v rozpätí niekoľkých metrov.

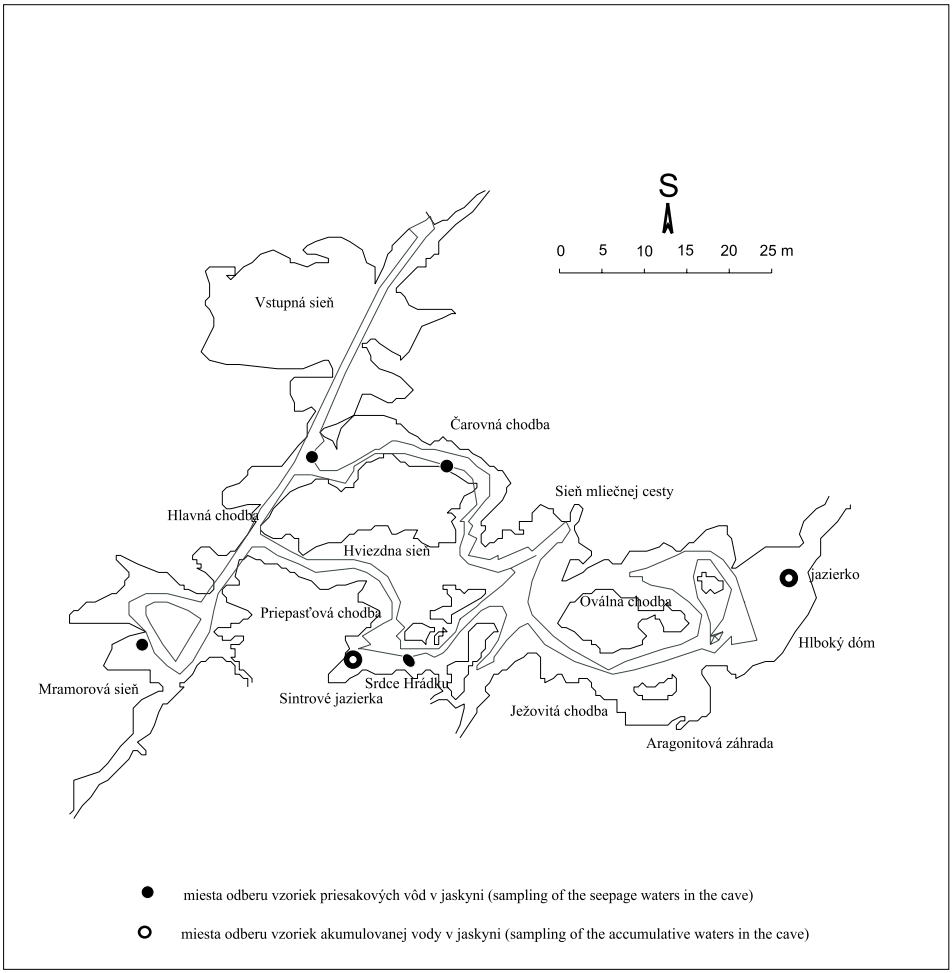
Posledným miestom, ktoré je spojené s výraznejšou akumuláciou vôd v jaskyni, sú dnové partie úvodných častí Vstupnej siene. V západnej časti siene udáva A. Droppa (1957) prítomnosť ponorového závrtu, ktorý odvádza priesakové vody z priestorov Vstupnej siene. V prípade ich zvýšeného množstva sa v týchto častiach formuje plytké jazierko.

FYZIKÁLNO-CHEMICKÉ VLASTNOSTI ZRÁŽKOVÝCH A PRIESAKOVÝCH VÔD

V rokoch 1999 až 2002 sa v Ochtinskej aragonitovej jaskyni realizovali hydrogeochemické pozorovania, zamerané na zistenie základných fyzikálno-chemických vlastností vôd presakujúcich do jaskyne. V jaskyni sa odobralo 44 vzoriek vôd, z toho 30 vzoriek priesakových vôd, 9 vzoriek vôd zo sintrového jazierka, 5 vzoriek z jazierka v Hlbokom dóme. Ďalších 11 vzoriek predstavovalo zrážkovú vodu. Vzorky sa odoberali v nepravidelných intervaloch. Vo všetkých prípadoch mali kumulovaný charakter, na mieste sa merala teplota a vodivosť vody. Analýzy vzoriek sa vykonali v chemických laboratóriach SeVaKu, odštepného závodu v Lipt. Mikuláši. Výsledky analýz boli porovnané s vyhláškou Ministerstva zdravotníctva SR „Vyhláška o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody“ č. 29/2002 Z. z., ktorá upravuje pôvodne používanú normu STN 75 711 Pitná voda v zmysle smernice EU 98/83 ES o kvalite pitnej vody. Prehľad rozmiestnenia odberov vzoriek v jaskyni udáva obr. 1.

Zrážková voda

Atmosférické vody predstavujú hlavný zdroj vodnej zložky jaskynného prostredia v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Svojím chemickým zložením sa v prevažnej miere podieľajú na formovaní základného chemizmu infiltračných vôd. Pôvodcom ich výraznejšieho znečistenia, v závislosti od prevládajúceho smeru vetra môžu byť magnezitové závody v Jelšave, prípadne železorudné bane v Nižnej Slanej. Emisie z nich predstavujú potenciálne zdroje zhoršenia kvality infiltračných vôd jaskyne.



Obr. 1. Mapka jaskyne s vyznačením odberných miest
Fig. 1. The map of the cave with places of water samplings

Počas monitorovacích prác sa odobralo z priestorov átria vstupnej budovy jaskyne 11 vzoriek zrážkovej vody s cieľom zistenia ich základných vlastností a následného porovnania s chemizmom vôd v jaskyni. Nepravidelné odbery potvrdili možnú variabilitu chemického zloženia vody v odobratých vzorkách, ktorá bola podmienená pravdepodobne ich lokálnym znečistením. Odobraté vzorky zrážkových vôd mali slabo alkalický charakter. Stupeň mineralizácie bol veľmi nízky, čo dokazujú hodnoty mernej elektrickej vodivosti pohybujúcej sa prevažne do 3 mS/m. V jednom prípade stúpla až na 14,89 mS/m.

Prehľad niektorých základných ukazovateľov kvality zrážkových vôd podáva tabuľka 1. Z tabuľky je zjavné zvýšenie obsahov amónnych iónov, ktoré prekračujú limitné hodnoty pitnej vody. Netypicky vysoká bola v jednom prípade (31. 5. 2000) zistená hodnota $CHSK_{Mn,}$ ktorá vyjadruje množstvo oxidačného činidla (manganistanu draselného) potrebného na oxidáciu prítomných organických látok, čím predstavuje nepriamy údaj o obsahu organických látok vo vode.

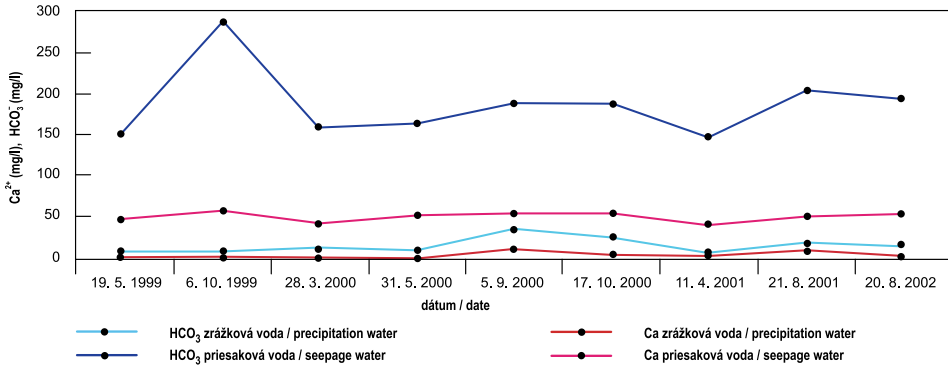
Tabuľka 1. Hodnotenie kvality zrážkových vôd
Table 1. The evaluation of the precipitation water quality

	Max.	Min.	Priem. / Avg.	Vyhláška MZ SR č.29/2002 Z. z.
pH	7,79	5,71	6,97	
NH_4^+ (mg/l)	1,25	0,16	5,51	MH 0,5
SO_4^{2-}(mg/l)	9,6	2	2,05	MH 250
NO_3^-(mg/l)	2,53	0,75	0,204	MH 50
PO_4^{3-}(mg/l)	1,72	0	3,02	
$CHSK_{Mn}$(mg/l)	12,8	1	2,93	MH 3
CI^-(mg/l)	11,5	0,88	6,97	MH 100

MH – medzná hodnota, limit value

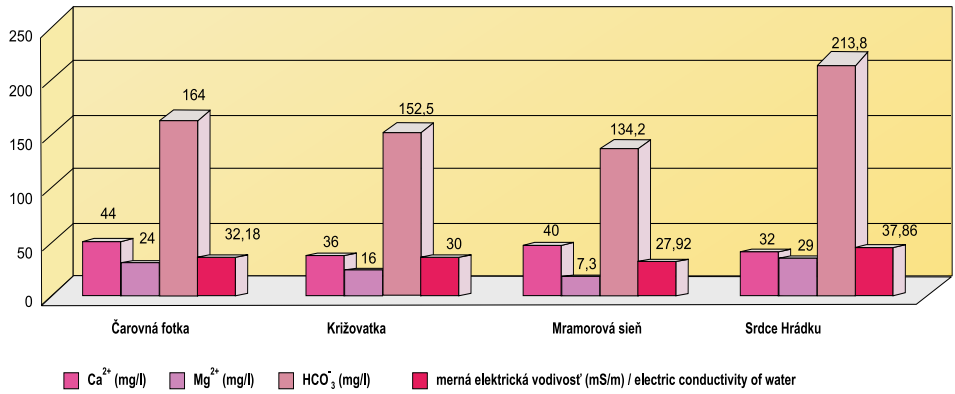
Infiltračné vody

Na stanovenie základného chemizmu infiltračných vôd bolo v jaskyni zvolených viacero odberných miest, ktoré mali zabezpečiť reprezentatívnosť získaných výsledkov. Pri ich výbere sme boli limitovaní morfológiou jaskynných priestorov (pomerne úzke chodby, malé siene), ktorá nás nútila zvoliť odberné stanoviská tak, aby odberné nádoby v jaskyni nepôsobili rušivým dojmom a neobmedzovali jej prevádzku. Infiltračné vody sa zachytávali v priestoroch Mramorovej siene, kde okrem odberného miesta bolo možné po takmer celé obdobie sledovania pozorovať prítomnosť ďalších minimálne piatich miest intenzívneho priesaku. Ďalším zvoleným priestorom bola križovatka Hlavnej a Čarovnej chodby, ktorá je spojená s pomerne intenzívnym priesakom vôd. Charakter priesakových vôd z aragonitovej výzdoby reprezentuje odberné miesto v Čarovnej chodbe, kde sa voda zachytávala z obličkovitých foriem aragonitovej výplne, a z jednorazového odberu z najväčšieho aragonitového útvaru jaskyne Srdca Hrádku (južná spojovacia chodba Hviezdnej siene a Mliečnej cesty).



Obr. 2. Porovnanie obsahov Ca^{2+} a HCO_3^- zrážkových vôd a priesakových vôd v Mramorovej sieni
Fig. 2. Comparison of the amount of Ca^{2+} and HCO_3^- in precipitation waters and seepage waters in the Marble Hall

Voda prestupujúca z povrchu do jaskynných priestorov podlieha procesom metagenézy, obohacuje sa o látky obsiahnuté v pôde, horninovom masíve, a tým postupne formuje svoj chemizmus a celkovú mineralizáciu. V porovnaní so zrážkovou vodou nastáva zvýšenie jej mernej elektrickej vodivosti, t. j. obsahu látok rozpustených vo vode, v našom prípade



Obr. 3. Porovnanie vybraných ukazovateľov chemického zloženia priesakových vôd na rôznych miestach jaskyne (dátum odberu 26. 3. 2002)
Fig. 3. Comparison of selected indicators of the chemical composition of seepage waters in different places in the cave (date of water sampling March 26, 2002)

8- až 13-násobne. Najväčšie zmeny súvisia s nárastom obsahu hydrogénuhličitanov, ktorý je podmienený prechodom zrážkových vôd cez šošovku vápencov a ich schopnosťou rozpúšťať karbonátové horniny. Daný proces zvyšuje aj obsahy vápenatých iónov v priesakových vodách. Priebeh zmien týchto dvoch základných zložiek vody v priesakových vodách v Mramorovej sieni v porovnaní so zrážkovými vodami zachytáva obr. 2. Obsahy železa a mangánu vo všetkých vzorkách boli veľmi nízke. Koncentrácie železa sa pohybovali prevažne do 0,2 mg/l (v jedinom prípade vystúpila hodnota na 18 mg/l), priemerná hodnota obsahu mangánu zodpovedala 0,05 mg/l.

Mierne rozdiely základného chemického zloženia priesakových vôd a s tým súvisiace rozdiely mernej elektrickej vodivosti je možné sledovať aj v rôznych častiach jaskyne. Najvyšší stupeň mineralizácie z vybraných stanovíšť bol zistený z aragonitu Srdce Hrádku a z priestorov Čarovnej chodby, kde následkom pomalšieho prestupu zrážkových vôd má voda dlhší kontakt s horninovým prostredím. Rozdielne koncentrácie hydrogenuhličitanov, vápenatých a horečnatých iónov zo štyroch rozdielnych miest v jaskyni zachytáva obr. 3.

Obsahy ďalších zložiek priesakových vôd (dusičnany, fosforečnany, sírany) v sledovanom období kolísali len nepatrne. Ich hodnoty neprekročili ani prísne limity vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. Vody mali prevažne slabo alkalický charakter. Prehľad najzákladnejších ukazovateľov chemického zloženia, ktoré môžu hovoriť o prípadnej kontaminácii týchto vôd, podáva tabuľka 2. Zaujímavým sa javí zistenie zvýšenia koncentrácie dusičnanov v priesakových vodách v porovnaní so zrážkovými vodami a poklesu obsahov amónnych iónov v niektorých prípadoch až na nulové hodnoty. Tento jav môže byť výsledkom biochemických premien (spoluúčasť mikroorganizmov) amónnych iónov v zrážkovej vode na dusičnanový produkt. Tento proces by ozrejmil aj zvýšenie obsahov dusičnanov v priesakových vodách, keďže priamy vplyv antropogénnej činnosti nad jaskyňou v spojitosti s poľnohospodárskou činnosťou môžeme za súčasného stavu takmer vylúčiť.

Charakter vôd akumulujúcich sa v sintrovom jazierku a v jazierku Hlbokého dómu zodpovedá základným vlastnostiam presakujúcich vôd, neprejavuje výraznejšie anomálie. Vody jazierka Hlbokého dómu sú menej mineralizované v porovnaní s vodami sintrového jazierka, v ktorých boli stanovené najvyššie obsahy horčíka zo všetkých priesakových vôd. Obsahy

hydrogénuhličitanových iónov kolísali v jazierku Hlbokého dómu v rozpätí 140 mg/l až 165 mg/l, v sintrovom jazierku boli tieto obsahy vyššie (177 – 262 mg/l). Podobná závislosť bola zistená aj pri koncentrácii vápenatých iónov, ktorá sa vo vzorkách z jazierka Hlbokého dómu pohybovala v rozpätí 30 mg/l až 36 mg/l. Vo vodách sintrového jazierka kolísali hodnoty vápenatých iónov od 40 mg/l do 50 mg/l. V obidvoch prípadoch sa zistili pomerne nízke koncentrácie chloridových (do 4,5 mg/l) a síranových (do 24,5 mg/l) iónov.

Teplota vody v jazierkach sa pohybovala v rozpätí 7,6 – 8,3 °C.

ZÁVER

Príspevok podáva základné výsledky sledovania fyzikálno-chemických vlastností priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, ktorých charakter je ovplyvnený predovšetkým geologickou a tektonickou stavbou okolia jaskyne. Geologické prostredie predurčuje priebeh obehových ciest zrážkových vôd a podmieňuje stupeň ich celkovej mineralizácie. Vypočítané indexy nerovnovážnosti pohybujúce sa v rozpätí od 1,17 až 0,11 v záporných hodnotách potvrdzujú nedosýtenie týchto vôd voči kalcitu a aragonitu. Z hľadiska kvality priesakové vody okrem niekoľkých výnimiek vo všetkých sledovaných parametroch vyhovujú prísnym kritériám pre kvalitu pitnej vody. Zistený pozitívny výsledok priamo súvisí s charakterom súčasného využívania územia v okolí jaskyne. V jej bezprostrednej blízkosti nedochádza k intenzívnemu využívaniu poľnohospodárskej pôdy a nadmernej akumulácii organickej hmoty z výkalov hospodárskych zvierat či aplikácie maštaľného hnoja.

Tabuľka 2. Hodnotenie kvality infiltračných vôd.

Table 2. The evaluation of the seepage water quality.

	Max.	Min.	Priem. / Avg.	Vyhláška MZ SR č. 29/2002 Z. z.
pH	8,08	6,5	7,6	
NH_4^+(mg/l)	0,268	0	0,1	MH 0,5
SO_4^{2-}(mg/l)	42,75	11,5	22,1	MH 250
NO_3^-(mg/l)	17,6	3,54	12,9	MH 50
PO_4^{3-}(mg/l)	0,181	0	0,037	
$CHSK_{Mn}$(mg/l)	2,6	0,3	1,18	MH 3
Cl^-(mg/l)	10,6	1,6	3,15	MH 100

MH – medzná hodnota, limit value

Ochranu podzemných vôd pozitívne ovplyvňujú aj prevládajúce lesné porasty nad jaskynnými priestormi a v blízkom okolí. Priaznivá drevinová skladba hlavne z porastov jedle a smreka zaručuje ich účinné retenčné a filtračné vlastnosti počas celého roka na rozdiel od listnatých drevín, pri ktorých retenčná a filtračná schopnosť v mimovegetačnom období výrazne klesá. Na ochranu kvality podzemných vôd má pozitívny vplyv aj prítomnosť vodného zdroja Ochtiná (prameň Breziny), ktorej vonkajšie PHO (pásmo hygienickej ochrany) sa nachádza v bezprostrednej blízkosti jaskyne. Rozhodnutím zo dňa 23. 6. 2003 sa aktualizovali podmienky z decembra r. 1989 o spôsobe hospodárenia v rámci PHO vodného zdroja, ktoré obmedzujú poľnohospodársku činnosť v tomto území, a tým znižujú riziko kontaminácie jaskynných vôd.

V prípade zmien obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy alebo iných zásahov do krajinného prostredia (lesné hospodárstvo) nemožno zhoršenie kvality vôd v jaskyni úplne vylúčiť. Na eliminovanie vyššie uvedených rizík výraznou mierou prispeje vyhlásenie ochranného pásma jaskyne v zmysle zákona NR SR č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny.

LITERATÚRA

DROPPA, A. (1957). Ochtinská aragonitová jaskyňa. Geografický časopis, 9, 3, Bratislava, 169 – 184.

PEŠKO, M. (2002). Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, 108 – 111.

RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. ml. – ŠČUKA, J. (1990). Fyzikálno-chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Záverečná správa, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Lipt. Mikuláš.

STANČÍK, Š. – HUNTEROVÁ, Š. – ORVAN, J. – SIVČÁK, M. (2001). Aktualizácia podmienok a spôsobu hospodárenia v pásmach hygienickej ochrany 2. stupňa pre vodný zdroj Ochtiná – prameň Breziny. Poľnohospodárska, inžinierska a poradenská služba, Žilina 2001.

Vyhláška MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.

Adresy autorov:
Mgr. Dagmar Haviarová, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš
e-mail: haviarova @ssj.sk
Mgr. Matúš Peško, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš
e-mail: pesko@ssj.sk

THE BASIC CHARACTERISTIC OF WATERS IN THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE

S u m m a r y

The Ochtiná Aragonite Cave represents a famous cave with unique aragonite fills, which are very rich and varied. The cave is situated in the Ochtinský cryptokarst on the north-western slope of the Hrádok Hill in the Revúcka Highland, between Jelšava and Štítnik. Seepage waters and favourable geological and tectonic setting had an influence on the origin of this natural phenomenon. The area around the cave belongs to the Slaná River basin. Hydrological regime is impacted by the existence of the system of old mines. This system has changed natural conditions of infiltration and accumulation of underground waters. The springs situated on the Hrádok Hill don't have big discharge. The springs with bigger discharge are located in the Banská Valley, about 100 m lower than the cave. Annual outflow from this area reaches up to 10 litres per second. Permeability of geological environment isn't homogeneous. Dominant is intergranular, intergranular-fissure and fissure permeability for the Palaeozoic rocks that don't have karst character. Fissure and fissure-karst permeability is typical for the crystalline limestones.

Seepage waters are very important for the cave. Their presence is connected with the fissure parts in the cave (Marble Hall, Main Passage, Entrance Hall, Deep Dome). Other spaces are less important. Here and there, a water film or subtle water stripes creating small drops are observed on the walls. The volume of seepage waters is related to the momentary precipitation intensity. Physical-chemical properties of seepage water in the cave were monitored in irregular intervals during 1999 – 2002. The samples had a cumulative character. Temperature and conductivity were measured in situ. Totally, 44 samples of cave waters and 11 samples of surface precipitation waters were taken. Physical and chemical properties of waters from different places were compared mutually. The results of these observations show slight difference among these waters in dependence on the character of cave fill (Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, conductivity) and tectonic failures. Water quality was also compared with the Ministry of Health Regulation for drinking waters. All samples confirm predominantly good quality of seepage waters. It is probably a result of low agricultural activity in this area, forest trees composition, which consists mostly of Silver Fir and Norway Spruce. The protection of surface infiltration waters is very important in connection with the protection of the Breziny water spring (zones of hygienic protection) which serves as the drinking water resource for the Ochtiná village and planned declaration of the cave protection zone.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	109 – 120	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

PREHĽAD NAJNOVŠÍCH POZNATKOV Z MIKROKLIMATICKÉHO MONITORINGU OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

JÁN ZELINKA

The national nature monument Ochtiná Aragonite Cave represents a unique natural phenomenon. Richness and diversity of aragonite fill and original genesis of underground spaces are characteristic for this cave. Cave aragonite was formed under specific hydrochemical and microclimatic conditions. These microclimatic conditions are, at the present period of cave development, one of the decisive factors that influence stability and preserving the aragonite fill. Microclimatic research has been set up in the past years in order to obtain its detail knowledge in connection with tourist utilisation of the cave and consequent effective protection. The research is done by using modern automatic measuring and registration devices, enabling a continuous recording of even minimal changes in monitored parameters of air. Detailed monitoring of speleoclimate was done in several phases. It was aimed to study long-termed trends and changes of microclimatic parameters and short-termed influence of the visitors on these parameters with the necessary time for regeneration. In parallel, a mineralogical research was realized. According to some of the results, it was proved that iron ochres contribute to the stabilization of the speleoclimate. The monitoring of the CO_2 levels was carried out as well. The measurements of natural radiation were also realized. This approach serves for setting the limits for the number of visitors and effective cave protection.

Key words: aragonite, cave, microclimate, monitoring

1. ÚVOD

Jaskyňa sa nachádza v centrálnej časti Slovenska, Ochtinskom kryptokrase, na severozápadnom svahu Hrádku (809 m) v Revúckej vrchovine, v katastrálnom území obce Ochtiná. Vstupná štôlňa ústi do jaskyne vo výške 642 m n. m.

Ochtinská aragonitová jaskyňa je unikátnym prírodným javom podzemného krasu, pútajúcim pozornosť bohatosťou a rôznorodosťou aragonitovej výplne i svojráznou genézou podzemných priestorov.

Jaskyňa je vytvorená v šošovke prvohorných devónskych kryštalických vápencov uprostred nekrasových hornín – fylitov. Časť vápencov bola v druhohorách vo vrchnej kriede hydrotermálne premenená na ankerity a siderity. Rudná mineralizácia okolitých hornín pravdepodobne ovplyvnila chemizmus atmosférických vôd a ich agresivitu. Atmosférické vody spôsobili koróziu vápencov a zvetrávanie ankeritov a sideritov s tvorbou okrov, ktorých vyplavovaním sa podzemné dutiny zväčšovali.

Aragonitová výplň vznikla za špecifických hydrochemických a klimatických pomerov v uzavretých podzemných priestoroch (vysoký obsah iónov Mg, Fe a Mn v krasových roztokoch; okre ako významný výmenník vlhkosti medzi stenami a ovzduším stabilizujúci mikroklímu). Aragonit sa najčastejšie vyskytuje v miestach vzlínajúcej alebo veľmi pomaly presakujúcej vody, ako aj nad vlhkými sedimentmi, ktoré pomaly uvoľňujú vlhkosť.

Jaskyňa sa nachádza v oblasti horskej chladnej a vlhkej klímy s priemernou teplotou vzduchu v januári –5 až –6,5 °C, v júli 13,5 až 16 °C, a ročnými zrážkami 800 – 1 100 mm (Tarábek, 1980).

1.1. HISTÓRIA

Jaskyňu náhodne objavili v roku 1954 pri razení geologickej prieskumnej štôlne. Od objavu do roku 1956 bol realizovaný geologický, geomorfologický a mineralogický výskum jaskyne a uskutočnili sa prieskumné sondovacie práce. V rokoch 1966 – 1967 sa vyrazila 145 m dlhá sprístupňovacia štôlňa, ktorá umožnila jaskyňu otvoriť pre verejnosť v roku 1972. Sprístupnených je 230 m.

Určité klimatické zmeny v jaskyni súviseli v minulosti s jej sprístupňovaním, následne s návštevnosťou, ktorá sa sústreďuje hlavne v letných mesiacoch. Pre verejnosť je otvorená od 1. 4. do 31. 10. V prvých rokoch po jej sprístupnení (1972 – 1976) jaskyňu navštívilo priemerne 15 000 návštevníkov. V nasledujúcich rokoch sa návštevnosť zvyšovala. Doteraz najvyššia ročná návštevnosť 43 520 osôb bola v roku 1989. Od druhej polovice 90. rokov sa celková ročná návštevnosť pohybovala od 26 487 do 30 482 osôb. Najvyššia návštevnosť bola v mesiacoch jún (7 430 až 11 019 osôb), júl (5 057 až 7 076 osôb) a august (6 880 až 8 432 osôb).

1.2. POSTAVENIE A LEGISLATÍVNA OCHRANA

Jaskyňu spravuje od roku 1970 Správa slovenských jaskýň so sídlom v Liptovskom Mikuláši. S jej sprístupnením a následným turistickým využívaním sa nastolila aj požiadavka jej ochrany týkajúca sa tiež zachovania pôvodného mikroklimatického režimu. Úpravou vtedajšieho ministerstva kultúry v roku 1972 jaskyňu vyhlásili za chránený prírodný výtvor, ktorý bol do konca roku 1994 súčasťou ochranného pásma chránenej krajinnej oblasti – biosférickej rezervácie Slovenský kras. Od roku 1996 je ustanovená za národnú prírodnú pamiatku. V decembri 1995 bola jaskyňa v rámci nominačného projektu „Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu“ zapísaná do Zoznamu svetového dedičstva. V rámci novelizácie Ústavy Slovenskej republiky je od roku 2001 spolu so všetkými jaskyňami vlastníctvom Slovenskej republiky.

2. STAV PROBLEMATIKY

Mikroklimatické pomery sú v súčasnom štádiu vývoja jaskyne jedným z rozhodujúcich faktorov, ktoré ovplyvňujú stabilitu jej unikátnych sekundárnych výplní, hlavne aragonitu. Od objavu jaskyne boli prieskumné a výskumné práce zamerané najmä na opis a vysvetlenie genézy aragonitovej výzdoby. Problematike sledovania a výskumu mikroklímy sa neprikladal požadovaný dôraz. V poslednom období je z tohto pohľadu najvýznamnejšou práca Rajman, L. et al. (1990). Jej ťažiskom bolo objasnenie genézy samotnej jaskyne, aragonitovej výzdoby a jej datovanie. Súčasťou výskumu bolo i pozorovanie ionizácie a obsahu radónu v jaskynnom ovzduší a tiež objasnenie jeho genézy. Práca sa osobitne nezameriavala na mikroklimatickú charakteristiku jaskyne. Z pohľadu nami riešenej problematiky autori práce navrhli usmerňovať mikroklimatické pomery tak, aby nedochádzalo ku kondenzácii vzdušnej vlhkosti na stenách jaskyne. Práve toto odporúčanie nás viedlo k detailnému sledovaniu mikroklimatických pomerov jaskyne a ich ovplyvňovania návštevníkmi.

3. NAJNOVŠIE VÝSLEDKY MIKROKLIMATICKÉHO MONITORINGU

V podmienkach Ochtinskej aragonitovej jaskyne sa podrobný mikroklimatický monitoring s kontinuálnym záznamom hodnôt prvýkrát realizoval v roku 1996 (Klaučo et al., 1996; Klaučo et al., 1997; Zelinka et al., 1997; Klaučo et al., 1998).

3.1. MIKROKLIMATICKÝ MONITORING REALIZOVANÝ V ROKOCH 1996 – 1997

3.1.1. CHARAKTERISTIKA MERACEJ TECHNIKY

Pri mikroklimatickom monitoringu sa použili automatické meracie a registračné stanice BABUC/A (výrobca: fa. LSI, Miláno, Taliansko). Stanica pozostáva zo snímačov a programovateľného datalogera s príslušenstvom, vložených v špeciálnych boxoch upravených proti vplyvu okolia. Umožňuje zaznamenávať širokú škálu mikroklimatických charakteristík. Interval záznamu sledovaných parametrov je možné nadstaviť podľa počtu pripojených senzorov už od niekoľko sekúnd, čo umožňuje uskutočniť i veľmi detailné merania zmien. Limitujúcim faktorom rozsahu a dĺžky jednej série merania je veľkosť pamäťovej jednotky 64 kB, čo umožňuje jednorazový záznam 20-tisíc údajov. Pri monitoringu sme zaznamenávali teplotu (suchú a mokrú), relatívnu vlhkosť a rýchlosť prúdenia vzduchu.

3.1.2. LOKALIZÁCIA MERACÍCH STANOVÍŠŤ

Pozorovacie stanovištia boli zvolené tak, aby bolo možné charakterizovať zmeny jaskynného ovzdušia vo všetkých mikroklimaticky odlišných častiach jaskyne. Merania sme uskutočňovali v dvoch variantoch umiestnenia snímačov. V prvom prípade boli stanice umiestnené na štyroch stanovištiach so snímačmi vo výške 1,3 m nad dnom priestoru. V centrálnej časti jaskyne, ktorou návštevníci prechádzajú dvakrát, boli snímače zoradené vo vertikálnom profile vo výškových úrovniach 0,5 a 1,7 m nad dnom a 0,5 m pod stropom priestoru.

3.1.3. SPÔSOB MONITOROVANIA

Na pozorovanie mikroklimatického režimu jaskyne a jeho ovplyvňovanie návštevníkmi sme zvolili dva spôsoby monitorovania, aplikované v celom systéme. Prvý, základný monitoring sa uskutočňoval s intervalom záznamu v období otvorenia jaskyne pre verejnosť 10 minút, v mimosezónnom období 20 minút. Jeho poslaním bolo zachytiť variabilitu speleoklimatických zmien za dlhšie časové obdobie. Okrem základného monitoringu sme uskutočnili v dňoch extrémnej návštevnosti tzv. mikrorežimové pozorovania, ktoré mali za cieľ zaznamenať detailný priebeh zmien mikroklímy vyvolaných návštevníkmi počas ich pobytu v jaskyni. V tomto prípade sa namerané hodnoty zaznamenávali v intervale 10 sekúnd. Okrem pozorovania zmien mikroklimatických parametrov sa zaznamenávali aj počet a dĺžka pobytu návštevníkov na danom stanovišti.

3.1.4. VÝSLEDKY MONITORINGU

I. etapa mikroklimatického monitoringu prebehla počas sezónneho otvorenia jaskyne pre návštevníkov v období od mája do novembra 1996. Jej cieľom bolo spoznanie zmien a vývoja speleoklimatického režimu sústavy v závislosti od návštevnosti jaskyne.

Monitoringom sme získali a spracovali vyše 650-tisíc údajov. Z pohľadu ochrany a možného ohrozenia študovaného geosystému uvádzame len najvýznamnejšie výsledky. Podľa teplotného a vlhkostného režimu môžeme jaskyňu rozdeliť na dva rozdielne speleoklimatopy: vstupnú, puklinovú časť, ktorá je relatívne chladnejšia a vlhšia (priemerná teplota a priemerná relatívna vlhkosť vzduchu v letnom období: 7,63 °C, 99,18 %) a centrálnu a zadnú časť, ktorá je teplejšia a suchšia (8,43 °C, 98,77 %). Pri mikrorežimovom pozorovaní sme zaznamenali

najväčšie speleoklimatické zmeny vyvolané návštevníkmi v relatívne menších a teplejších priestoroch. Zároveň ich maximálna intenzita bola identifikovaná v rámci vertikálneho vzdušného profilu v stropnej časti priestoru s najbohatším výskytom aragonitu. Všetky zmeny vyvolané návštevníkmi majú časovo ostro ohraničené trvanie. Po ich odchode zo sledovaných priestorov nastáva relatívne rýchla regenerácia pôvodných vlastností ovzdušia. Podstatná časť regeneračnej fázy spravidla netrvá dlhšie ako 1 hodinu. Výsledky pozorovaní naznačujú, že počas zmien vyvolaných prítomnosťou návštevníkov sa síce v ich dýchacej zóne zvyšuje relatívna vlhkosť oproti vyššie i nižšie situovaným vrstvám ovzdušia, avšak ani počas prítomnosti návštevníkov, ani po ich odchode vo fáze ochladenia ovzdušia nedochádza ku kondenzácii vodných pár.

Na základe poznatkov z realizovaného monitoringu bol znížený maximálny počet návštevníkov pri prehliadke jaskyne v jednej skupine z pôvodných 80 na maximálne 45 s predĺžením intervalov medzi skupinami na 20 minút.

Počas celého roku 1997 prebiehala II. etapa mikroklimatického monitoringu, ktorá bola zameraná na poznanie ročného chodu základných mikroklimatických parametrov jaskyne a overenie amplitúdy mikroklimatických zmien po radikálnej úprave vstupného poriadku. Monitoring sa realizoval na pôvodných stanovištiach vrátane vertikálneho profilu.

Dlhodobý monitoring preukázal, že aj napriek návštevnej sezóne sa v jaskyni zachováva prirodzený priebeh termodynamických zmien. Návštevnosť neovplyvňuje chod minimálnych ani priemerných denných teplôt, ktorých dlhodobé zmeny (letná kulminácia) nekorešpondujú s intenzitou návštevnosti. Bola potvrdená správnosť zníženia počtu návštevníkov na jeden vstup. Úpravou režimu vstupov sa minimalizovali zmeny sledovaných parametrov a efektívne sa skrátila aj doba regenerácie ovzdušia na pôvodné hodnoty po odchode návštevníkov.

3.2. MIKROKLIMATICKÝ MONITORING REALIZOVANÝ OD ROKU 2001

3.2.1. CHARAKTERISTIKA MERACEJ TECHNIKY

Po dlhodobej prevádzke v slovenských sprístupnených jaskyniach boli pôvodne používané monitorovacie a registračné stanice BABUC už značne opotrebované a poruchové. Následne sme ich pre zachovanie kontinuity dlhodobých pozorovaní nahradili novými datalogermi inej konštrukcie. Ide o záznamníky teploty a vlhkosti typu L 3120 a štvorkanálové záznamníky teploty L 0141 pre externé sondy s odporovým senzorom Ni 1000/6180 ppm, s možnosťou ich umiestnenia do 15 m od záznamníka tzv. vývojového radu „Čierna skrinka“. Vyrába ich firma Comet System, s. r. o., Rožnov pod Radhoštěm, Česká republika. Ich cena je pomerne nízka (cca 286 – 357 €). Majú malé rozmery (93 × 61 × 23 mm) a vlastný energetický zdroj s min. životnosťou 3 roky. Merajú v rozsahoch teplôt od –30 do +70 °C a relatívnej vlhkosti 0 do 100 %. Kapacita ich pamäte umožňuje jednorazovo uchovať až 32-tisíc údajov pri intervale záznamu od 10 sekúnd do 24 hodín. Pomocou IR-portu komunikujú s PC.

3.2.2. LOKALIZÁCIA MERACÍCH STANOVÍŠŤ

Na základe doterajších poznatkov z mikroklimatického monitoringu boli záznamníky teploty a vlhkosti umiestnené mimo dosahu návštevníkov vo výške 2 až 2,2 m, a to v najchladnejšej a najteplejšej časti jaskyne, a nie v centrálnej časti priestorov ako pri staniciach BABUC, ale na ich okrajoch. Zároveň v mieste s najbohatším výskytom aragonitu, ktorým návštevníci

prechádzajú dvakrát, sa umiestnil záznamník teploty pre štyri sondy. Tie snímali a zaznamenávali teplotu vzduchu 20 cm nad dnom a 30 cm pod stropom priestoru, povrchovú teplotu materskej horniny 30 cm nad dnom a povrchovú teplotu aragonitu na strope priestoru.

3.2.3. SPÔSOB MONITOROVANIA

Na všetkých stanovištiach sa počas návštevnej sezóny zaznamenávali namerané hodnoty v intervale 10 minút, v ostatnom období každú celú hodinu. Zvolené stanovištia, ako aj intervaly záznamu sa na základe doterajších poznatkov javia ako postačujúce, odrážajú variabilitu sledovaných parametrov a umožňujú sledovať nielen dlhodobý priebeh teplôt a relatívnej vlhkosti vzduchu, ale aj vplyv návštevníkov na ich zmeny. Dopĺňajú tak predchádzajúce pozorovania, a tým umožňujú podať reprezentatívny obraz o klimatickom režime jaskyne. Kontinuálne merania teplôt vo vertikálnom profile prebiehali nepretržite od 11. 4. 2001, merania teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu od 20. 12. 2001. Všetky merania sa ukončili 17. 3. 2004.

3.2.4. VÝSLEDKY MONITORINGU PODĽA POZOROVACÍCH STANOVÍŠŤ MRAMOROVÁ SIEŇ

Pozorovacie stanovište bolo situované 2,2 m nad chodníkom v ľavej vstupnej časti do Mramorovej siene, v skalnom výklenku nad ovládacími prvkami osvetlenia. Toto stanovište sa nachádza v jaskynnom priestore vytvorenom na výraznej tektonickej pukline, ktorá tu dosahuje miestami výšku viac ako 20 m. Vyznačuje sa stálym priesakom atmosférických vôd, najintenzívnejším v období topenia snehu a dlhšie trvajúcich letných zrážok. Preto aj lokálne hodnoty speleoklimatických prvkov – relatívne nižších teplôt a relatívnej vlhkosti vzduchu blízkej stavu nasýtenia, sú do značnej miery ovplyvňované týmto faktorom.

Za sledované obdobie sme na stanovišti získali 192 780 údajov. Na základe ich vyhodnotenia vychádzajú v Mramorovej sieni priemerné dvojročné hodnoty teploty vzduchu 8,1 °C, relatívnej vlhkosti 99,3 % a teploty rosného bodu 8,0 °C. Hodnoty priemerných maxím sledovaných parametrov sú 8,5 °C, 99,9 % a 8,3 °C, priemerné minimá dosiahli 7,9 °C, 98,3 % a 7,8 °C (obr. 1).

Napriek týmto hodnotám môžeme konštatovať, že priebeh teplôt i relatívnej vlhkosti vzduchu bol hlavne v letnom období úplne odlišný. Kým počas roku 2002 sa pokiaľ ide o teplotu aj vlhkosť dali jednoznačne rozlíšiť tri obdobia ich kulminácie, najvýraznejšie badateľné pri maximálnych teplotách a minimálnej vlhkosti (zhodne so závermi sezónneho monitoringu realizovaného v roku 1996), v turistickej sezóne 2003 ich charakterizoval pomerne plynulý

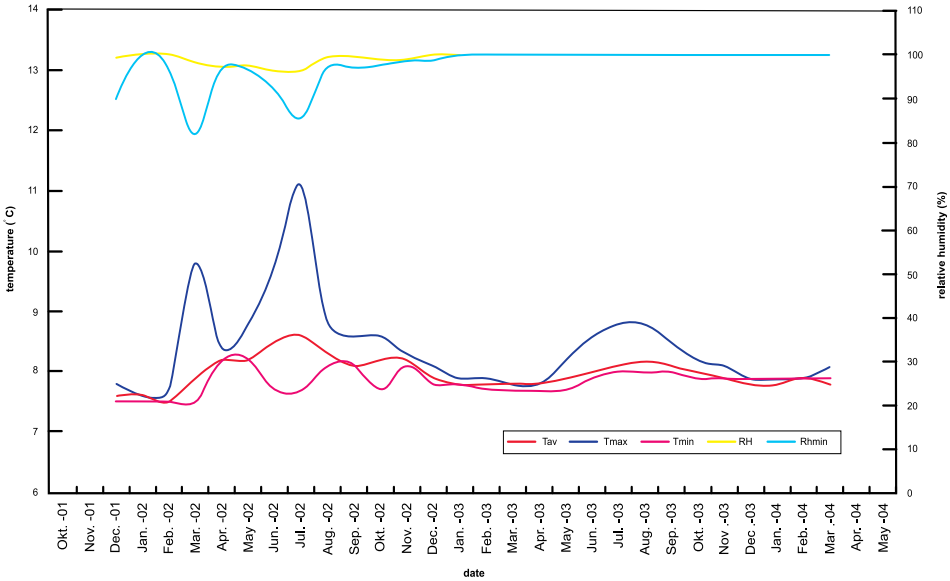
	Marble Hall			Deep Dome			Milky Way Hall			
	T (°C)	RH (%)	DP (°C)	T (°C)	RH (%)	DP (°C)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)
Average	8.1	99.3	8.0	9.5	95.4	8.8	7.5	7.6	7.4	7.1
Av_{max}	8.5	99.9	8.3	10.0	97.0	9.1	7.8	7.8	8.3	7.5
Av_{min}	7.9	98.3	7.8	9.2	92.8	8.6	7.4	7.6	7.3	7.1
Number of data	192 780			137 583			239 597			

Obr. 1. Tabuľka priemerných hodnôt teploty, relatívnej vlhkosti vzduchu a teploty rosného bodu na sledovaných stanovištiach za monitorované obdobie

Fig. 1. Table of the average temperatures, relative humidity of air and the temperature of dew point in the spaces observed during the period of the monitoring

sínusoidný priebeh. Predpokladáme, že počas sezóny 2002 na významné zmeny vplývali nielen predsezónne práce realizované v jaskyni, ale dôležitým faktorom bol aj vplyv návštevnosti. Oproti tomu v nasledujúcom roku dominovali prírodné podmienky. Išlo hlavne o dlhodobý intenzívny priesak atmosférických vôd do podzemia, ktorý dominantne vplýval na mikroklimatické parametre jaskynného prostredia. Aj napriek celkovo vyššej návštevnosti jaskyne v tomto roku (36 501 návštevníkov; rok 2002: 35 596 návštevníkov) tento faktor dokázal „zjemniť" antropogénny vplyv a urýchlil regeneračné schopnosti prostredia. Vplyv návštevnosti sa odrazil len pri maximálnych teplotách. Priemerné teploty sa približovali trendu minimálnym hodnôt. Dominanciu vplyvu presakujúcich vôd môžeme sledovať aj pri relatívnej vlhkosti ovzdušia, keď tá počas celého roku 2003 dosahovala hodnoty stavu nasýtenia. Porovnanie vyhodnocovaných parametrov ovzdušia Mramorovej siene dokumentuje obr. 2.

Absolútne minimum teploty vzduchu (7,5 °C) sme zaznamenali od konca januára do konca marca 2002, relatívnej vlhkosti vzduchu (92,2 %) počas júna 2002. Počas týchto mesiacov sa pravidelne približovali zaznamenané priemerné maximálne hodnoty teploty vzduchu k hodnotám priemerným a minimálnym.

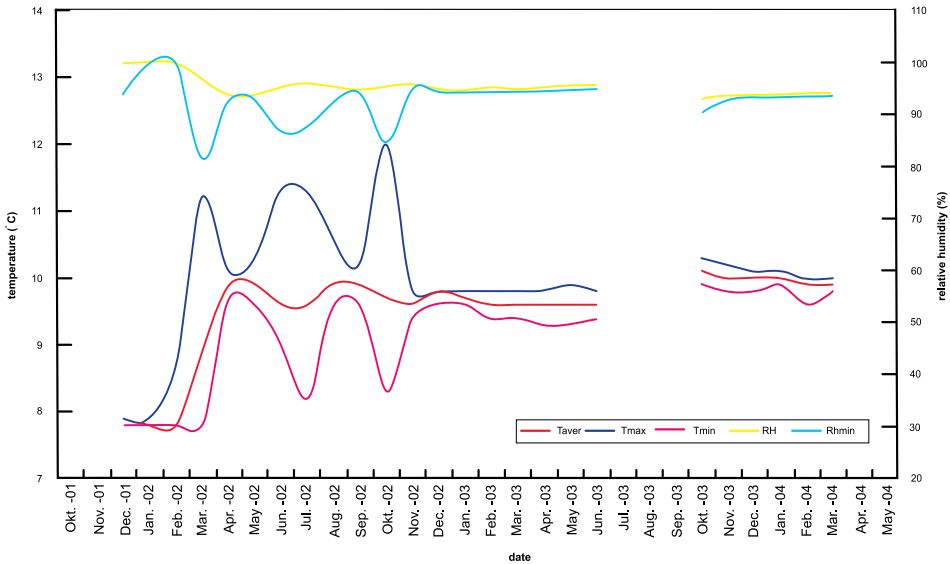


Obr. 2. Graf priemerných mesačných teplotných a vlhkostných parametrov ovzdušia Mramorovej siene za obdobie december 2001 až marec 2004

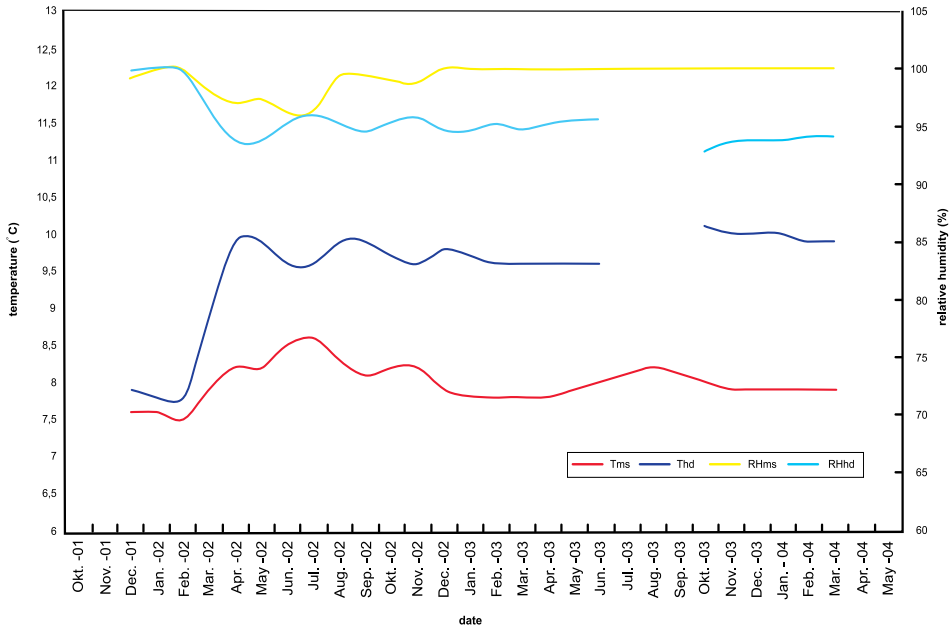
Fig. 2. Graph of the average month parameters of air temperature and humidity in the Marble Hall in the period from December 2001 to March 2004

HLBOKÝ DÓM

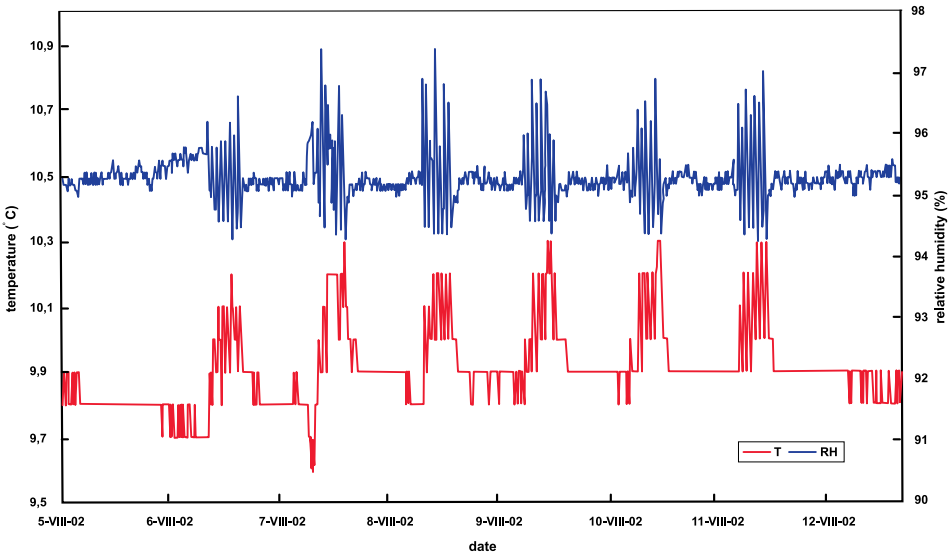
Pozorovacie stanovište bolo oproti sezónnym pozorovaniam z rokov 1996 – 1997 (vtedy v centrálnej časti priestoru vo výške 1,3 m) umiestnené v pravej okrajovej časti nad jazierkom, na úrovni zábradlia, vo výške 2 m. Monitorovaný priestor podľa doterajších pozorovaní predstavuje najteplejšiu a zároveň aj relatívne najsuchšiu časť jaskyne. Na vyhodnotenie teplotných a vlhkostných charakteristík priestoru sme spracovali 137 583 údajov. Pre poruchu datalogera v letných mesiacoch roku 2003 bola narušená kontinuita meraní. Zároveň až v poslednej sérii meraní sme zistili, že výrobca pri oprave prístroja nevykonal jeho kalibráciu, čo sa prejavilo malým zvýšením/znížením zaznamenaných hodnôt teploty/vlhkosti.



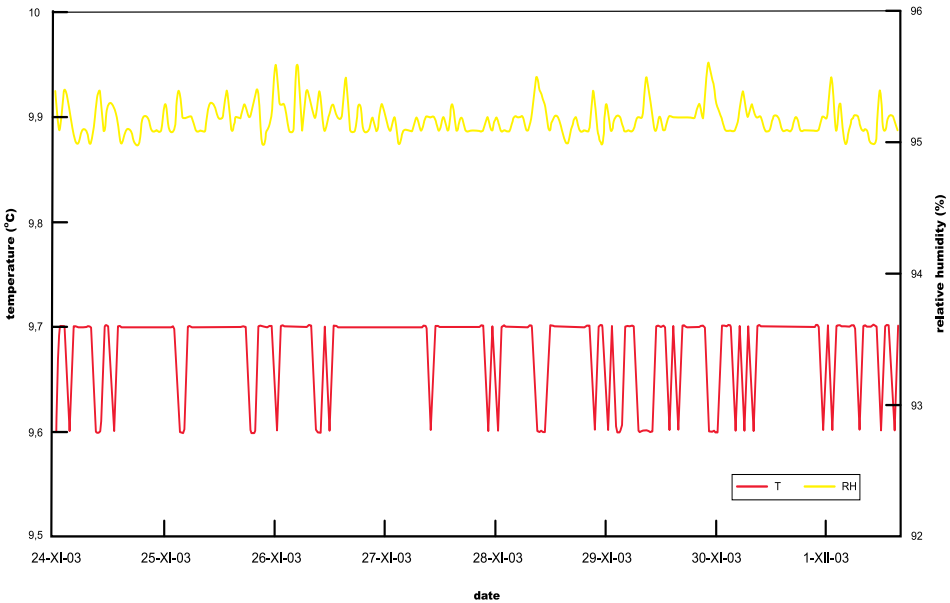
Obr. 3. Graf priemerných mesačných teplotných a vlhkostných parametrov ovzdušia Hlbokého dómu za obdobie december 2001 až marec 2004
Fig. 3. Graph of the average month parameters of air temperature and humidity in the Deep Dome in the period from December 2001 to March 2004



Obr. 4. Porovnanie priemerných mesačných teplotných a vlhkostných parametrov ovzdušia medzi Mramorovou sieňou a Hlbokým dómom za obdobie december 2001 až marec 2004
Fig. 4. Comparison of the average month parameters of air temperature and humidity between Marble Hall and Deep Dome in the period from December 2001 to March 2004



Obr. 5. Graf týždňových okamžitých hodnôt teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu Hlbokého dómu počas hlavnej turistickej sezóny
Fig. 5. Graph of the immediate temperature and relative air humidity in the Deep Dome during the major tourist season



Obr. 6. Graf týždňových okamžitých hodnôt teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu Hlbokého dómu počas obdobia pokoja
Fig. 6. Graph of the immediate temperature and relative air humidity in the Deep Dome during off the tourist season

Na základe vyhodnotenia dvojročného obdobia dosahujú priemerné hodnoty teploty ovzdušia hodnotu 9,5 °C, relatívnej vlhkosti 95,4 % a rosného bodu 8,8 °C. Hodnoty priemerných maxím sú: 10,0 °C, 97,0 % a 9,1 °C, priemerných miním: 9,2 °C, 92,8 % a 8,6 °C (obr. 1).

Podľa obr. 3 je zrejmé, že priebeh parametrov ovzdušia bol obdobný ako na stanovišti Mramorová sieň, samozrejme pri iných zaznamenaných hodnotách. Výraznejší a zaujímavý je efekt, keď pri kulminácii priemerných maximálnych teplôt a im zodpovedajúcich priemerných minimách relatívnej vlhkosti zaznamenávame pri priemerných a minimálnych teplotách výrazný negatívny pokles. Tento jav zatiaľ nevieme dostatočne zdôvodniť a bude si vyžadovať ďalšie štúdium. Zároveň sú zaujímavé okamžité poklesy teploty mimo návštevnej sezóny o 0,2 °C (napr. od 31. 11. do 12. 11. 2002), ktorých príčinu sa nám nepodarilo identifikovať. Teoreticky to môže byť spôsobené okamžitým stúpnutím hladiny stáleho jazierka v Hlbokom dóme, no nevieme hodnoty jeho vtedajšej teploty.

Absolútne minimum (7,7 °C) dosiahla teplota koncom februára 2002. Odvtedy minimálne hodnoty nepoklesli pod 8,2 °C.

Na porovnanie teploty a vlhkosti obidvoch vyššie uvedených sledovaných priestorov počas monitorovaného obdobia slúži obr. 4, na ktorom jednoznačne vidieť rozdiely v registrovaných speleoklimatických parametroch.

Na ilustráciu uvádzame zo stanovišťa tiež graf okamžitých hodnôt teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu počas jedného týždňa v období najväčšej návštevnosti (obr. 5) a v období pokoja (obr. 6).

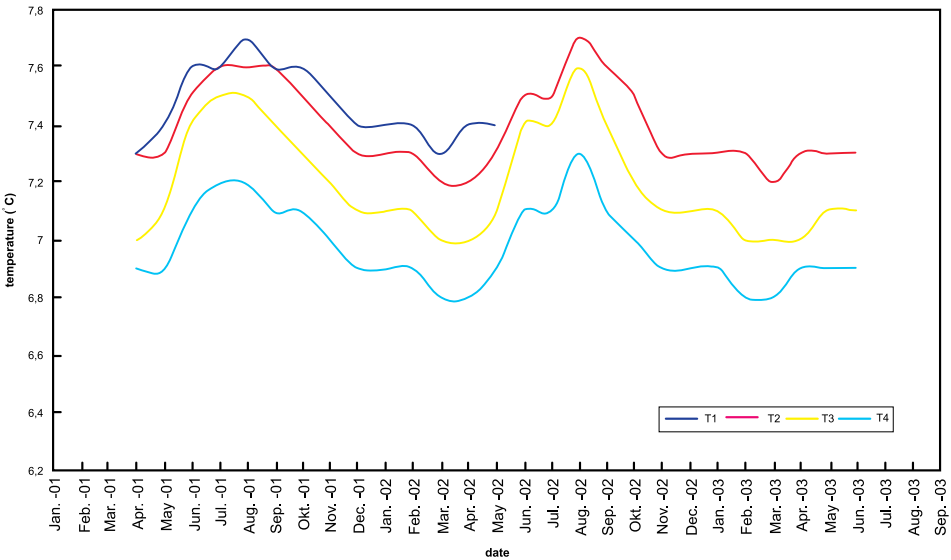
SIEŇ MLIEČNEJ CESTY

Pozorovacie stanovište bolo umiestnené na rovnakom mieste ako pri pozorovaniach v roku 1996. Tentokrát sa kontinuálne zaznamenávala len teplota, zato rozšírená o sledovanie zmien povrchovej teploty materskej horniny 0,3 m nad dnom a povrchovej teploty aragonitovej výzdoby na strope priestoru. Aby sa nepoškodil aragonit, umiestnenie kontaktného mosadzného snímača teploty nebolo ideáne, preto rátame pri výsledkoch s jeho čiastočným ovplyvňovaním teplotou vzduchu. Teplota vzduchu sa zaznamenávala 0,2 m nad dnom a 0,3 m pod stropom priestoru. Ako novinku sme prvý raz v jaskynnom prostredí využili na tento účel záznamník teploty pre štyri externé sondy na 15 m dlhých spojovacích kábloch. Zaznamenané teploty sú v porovnaní s očakávanými hodnotami, ako aj s dosiahnutými výsledkami v roku 1996 pomerne nízke, čo mohli spôsobiť káblové straty práve vinou ich dĺžky. Do budúcnosti bude potrebné konzultovať s ich výrobcom iný, serióznejší spôsob kalibrácie. Taktiež po 13 mesiacoch prevádzky nastala porucha sondy snímajúcej povrchovú teplotu aragonitu; sondu sa už do konca monitorovaného obdobia nepodarilo sfunkčniť. Záznam teplôt na stanovišti sme museli skončiť predčasne už v júni 2003, keď záznamník a spojovacie káble k sondám poškodil hlodavec, ktorý sa dostal do jaskyne vstupnou štôlňou.

Napriek uvedeným problémom je pre nás i tak zaujímavé spoznanie rýchlosti okamžitých teplotných zmien a času regenerácie sledovaných prostredí, o ktorých nám veľa napovie smerodajná odchýlka: pokiaľ táto dosahuje v mimosezónnom období pri všetkých zaznamenávaných teplotách nulové hodnoty, v mesiacoch s najvyšou návštevnosťou, resp. začiatkom sezóny sledujeme jej najväčší výkyv pri teplote vzduchu pod stropom priestoru, a to v rozmedzí od 0,2 do 0,3 (u ostatných 0,1).

Priebeh vyhodnotených priemerných mesačných hodnôt teploty vo vertikálnom profile inštalovanom na stanovišti zobrazuje obr. 7.

Po štatistickom vyhodnotení doteraz nameraných údajov sledujeme počas návštevnej sezóny v celej jaskyni rozkolísanie maximálnej dennej teploty v týždňových periódach oddelených



Obr. 7. Graf zmien teploty vo vertikálnom profile Siene Mliečnej cesty za obdobie apríl 2001 až jún 2003 (T1 – povrchová teplota aragonitu na strope; T2 – povrchová teplota horniny 0,3 m nad dnom priestoru; T3 – teplota vzduchu 0,3 m pod stropom; T4 – teplota vzduchu 0,2 m nad dnom)
Fig. 7. Graph of changes in temperature in the vertical profile of Milky way Hall in the period from April 2001 to Juny 2003 (T1 – surface temperature of aragonit on the ceiling; T2 – surface temperature of the rock 0,3 m above the bottom of the space; T3 – air temperature 0,3 m under the ceiling; T4 – air temperature 0,2 m above the bottom)

pondelkom, keď je jaskyňa mimo prevádzky. Amplitúda rozkyvu tejto teploty je vždy väčšia vo vzdialenejších častiach od vchodu jaskyne, ktoré sú objemovo oveľa menšie ako vstupné. Z pohľadu vertikálneho profilu je najmenší rozkyv maximálnej dennej teploty pri dne, najväčší pri strope priestoru. V prípade priemernej teploty ovzdušia sa denný rozkyv prejavuje v oveľa menšej miere, pri minimálnej teplote celkom zaniká. Tento priebeh jednoznačne dokladá časovo obmedzený vplyv návštevníkov na mikroklímu jaskyne. V čase mimo prevádzky sa maximálna denná teplota približuje trendu priemernej a minimálnej teploty. Pri vyhodnotení priebehu priemernej a minimálnej dennej teploty v sezónnom období konštatujeme, že nie sú ovplyvnené prvou intenzívnou etapou návštevnosti ani priebehom hlavnej sezóny. Ich prirodzený chod mierne vzrastá od jarného obdobia a kulminuje koncom hlavnej etapy návštevnosti. Tento jav jednoznačne dokladá, že i napriek relatívne intenzívnemu ovplyvneniu maximálnej dennej teploty návštevníkmi nie je narušený prirodzený chod teplôt. Pokiaľ pri maximálnej dennej návštevnosti sa zaznamenal okamžitý nárast teploty vzduchu pod stropom až o 2,5 °C, okamžite po odchode návštevníkov zo sledovaného priestoru nastáva rýchla regenerácia teplôt až na úroveň priemerných hodnôt. Zároveň sa zaznamenal aj vplyv návštevníkov na zmeny povrchovej teploty aragonitu i horniny o max. 0,3 °C, ktoré sa prejavili až po ich odchode zo stanovišťa. Návrat tejto teploty na pôvodné hodnoty je oproti regenerácii teploty vzduchu oveľa pomalší, a trvá v podstate až 12 hodín.

V zimnom období a začiatkom jari, keď je jaskyňa bez návštevníkov, dochádza k vyrovnávaniu a stabilizácii maximálnych, priemerných a minimálnych denných teplôt a ich miernemu poklesu. Rozdiel medzi zimnou a letnou kulmináciou priemerných denných teplôt je maximálne 0,5 °C.

3.3. FUNKCIA FE-OKROV VO VZŤAHU K SPELEOKLÍME

V roku 1997 bol vykonaný mineralogický výskum jaskyne v spolupráci s Geologickým ústavom Akadémie vied Českej republiky v Prahe a Universitou v Sydney, Austrália. Tento výskum vyvrátil hypotézy z výskumov realizovaných v minulosti (Rajman et al., 1990) a potvrdil tvorbu aragonitu aj v súčasných podmienkach. Aragonit sa tvorí na sedimentoch a železitých okroch, ktorým sa dovtedy nevenovala väčšia pozornosť. Okre obsahujú priemerne 47 – 56 hmotnostných % vody. Vyznačujú sa schopnosťou uvoľňovať i pohlcovať vzdušnú vlhkosť. Keďže pokrývajú podstatnú časť jaskyne, predstavujú dôležitý vlhkostný výmenník, čím výrazne prispievajú aj k stabilizácii jaskynnej mikroklímy (Cílek et al., 1997).

3.4. VÝSKUM CO_2

Na overenie v minulosti nameraných zvýšených obsahov a objasnenia genézy CO_2 v ovzduší jaskyne sme v rokoch 1998 a 2000 vykonali jeho opätovné diagnostikovanie rôznymi metódami a v extrémnych obdobiach návštevnosti. V spolupráci s Ústavom geotechniky Slovenskej akadémie vied, Košice, sme najprv odoberali ovzdušie do polyetylénových dvojvrstvových vriec a následne ho vyhodnotili na Orsetovom prístroji. Neskôr sme zrealizovali kontinuálny odber ovzdušia pomocou nedisperzného infračerveného (NDIR) analyzátora CO_2 (typ Guardian plus, Edinburg Sensors Ltd.), zaznamenávaného datalogerom Extech.

Maximálne namerané hodnoty CO_2 v jaskynnom ovzduší dosahujú 40 % normou stanovenej najvyššej prípustnej koncentrácie, ktorá je vo výške 6477 ppm, čím z hygienického hľadiska nepredstavujú riziko pre pracovníkov jaskyne ani jej návštevníkov. Obsah CO_2 je závislý od miestnych zdrojov (hnitie, tlenie, oxidácia karbonátov a i.). Zvýšené hodnoty CO_2 sú priamo závislé od počtu návštevníkov. Vo vode a jaskynných hlinitých sedimentoch nie je jeho zdroj (Bobro et al., 1998; Bobro et al., 2000).

Pri porovnávacích meraniach CO_2 v období najvyššej návštevnosti v mesiaci august 2000 boli za pomoci datalogera Dräger Multiwarn II SED s IR-senzorom potvrdené konštantné 0,24 % hodnoty koncentrácie CO_2, čo svedčí o úplnej izolácii jaskynného systému od vonkajšej klímy (Hebelka, 2001).

3.5. VÝSKUM A SLEDOVANIE PRIRODZENEJ RADIÁCIE

Vysoká objemová aktivita rozpadových produktov radónu v ovzduší jaskyne je podmienená geologickou stavbou územia. Autori Rajman, L. et al. (1990) na základe 60 meraní určili priemernú hodnotu objemovej aktivity ^{222}Rn na 1 842,95 $Bq.m^{-3}$ (min. 382,4 $Bq.m^{-3}$, max. 3727,6 $Bq.m^{-3}$) a ^{220}Rn na 4 446,62 $Bq.m^{-3}$ (min. 249,0 $Bq.m^{-3}$, max. 10 291,6 $Bq.m^{-3}$). Minimálne hodnoty boli namerané v chladnom zimnom období, maximálne hodnoty v jarnom a letnom období s intenzívnymi zrážkami. Podľa výsledkov meraní kolísanie hodnôt pravdepodobne súvisí s hydrologickou aktivitou priesakových vôd.

Podobné výsledky sa dosiahli aj gamaspektrometrickými meraniami prirodzenej rádioaktivity karbonátových hornín, aragonitových výplní a jaskynných hlín (Štelcl, Zimák, Zelinka, Hlaváč, 2002). Výsledky prináša samostatný príspevok, publikovaný v tomto čísle zborníka. Na ich základe môžeme považovať práve horninové prostredie jaskyne za potenciálne významný zdroj ^{222}Rn.

Obdobné hodnoty boli namerané aj Ústavom preventívneho lekárstva v rokoch 1995 – 1996. Realizátori meraní (Vičanová – Ďurčík – Nikodemová, 1997) poukazujú na málo výrazné sezónne zmeny objemovej aktivity radónu, čo dávajú do súvisu s obmedzením

ventilácie jaskynných priestorov z dôvodu ochrany aragonitovej výplne. V zmysle zákona (1996) a nariadenia vlády SR (1997) je Ochtinská aragonitová jaskyňa zaradená do kategórie pracovísk s ionizujúcim žiarením, na základe čoho každý jej pracovník je vybavený pravidelne vyhodnocovaným osobným dozimetrom.

LITERATÚRA

BELLA, P. – ZELINKA, J. – PEŠKO, M. (2000). Národná prírodná pamiatka Ochtinská aragonitová jaskyňa – Program záchrany. Manuskript, archív SSJ Liptovský Mikuláš, 27.

BOBRO, M. – HANČUĽÁK, J. – GEŠPEROVÁ, D. (1998). Meranie a odbery vzoriek ovzdušia v Ochtinskej aragonitovej jaskyni s dôrazom na CO_2. Expertíza, Manuskript, archív SSJ Liptovský Mikuláš, 6.

BOBRO, M. – KUPKA, D. – HANČUĽÁK, J. (2000). Protokol z merania CO_2 v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Expertíza, Manuskript, archív SSJ Liptovský Mikuláš, 19.

CÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. (1997). Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni. Aragonit, 3, 7 – 12.

HEBELKA, J. (2001). Výsledky měření koncentrace CO_2 ve zpřístupněných jeskyních České a Slovenské republiky. Aragonit, 6, 17 – 19.

KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – ZELINKA, J. (1996). Speleoklimatický monitoring Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Záverečná správa, archív SSJ Liptovský Mikuláš.

KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – ZELINKA, J. (1997). Speleoklimatický monitoring Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit, 2, 3 – 5.

KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – ZELINKA, J. (1998). Vplyv návštevnosti na speleoklímu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. In: Bella, P. (Ed.) Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, Zborník referátov, Liptovský Mikuláš, 75 – 86.

RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. jun. – ŠČUKA, J. (1990). Fyzikálno–chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Záverečná správa, archív SMOPaJ Liptovský Mikuláš.

RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. jun. – ŠČUKA, J. (1990). Výskum emanačných javov a sekundárnych aureol prírodných rádioizotopov v jaskyniach. Záverečná správa, archív SMOPaJ Liptovský Mikuláš.

ŠTELCL, J. – ZIMÁK, J. – ZELINKA, J. – HLAVÁČ, J. (2002). Výsledky gamaspektrometrických měření v Ochtinské aragonitové jeskyni. Záverečná správa, archív SSJ Liptovský Mikuláš.

TARÁBEK, K. (1980). Klimatogeografické typy. Atlas SSR, Bratislava.

VIČANOVÁ, M. – ĎURČÍK, M. – NIKODEMOVÁ, D. (1997). Sledovanie výskytu radónu v podzemných pracovných priestoroch a odhad individuálnej záťaže pracovníkov. Bezpečnosť a hygiena práce, 4, 27 – 30.

ZELINKA, J. (2002). Microclimatic monitoring in the Ochtinska aragonite cave. In: Carrasco, F., Durán, J. J., Andreo, B. (ed.): Karst and Environment, Málaga, 521–527.

ZELINKA, J. – FILOVÁ, J. – KLAUČO, S. (1997). Speleoclimatic monitoring of Ochtinska Aragonit Cave. Protection and Medical Utilisation of Karst Environment, Zborník referátov, Banská Bystrica, 31 – 32.

Adresa autora: RNDr. Ján Zelinka, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš,
e-mail: zelinka@ssj.sk

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	121 – 128	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ V OCHTINSKÉ ARAGONITOVÉ JESKYNI

JIŘÍ ZIMÁK – JINDŘICH ŠTELCL – VÁCLAV VÁVRA – JÁN ZELINKA

Results of all gamma-spectrometry measurements in the Ochtiná Aragonite Cave are summarized in this report. Contents of natural radioactive elements (K, U and Th) in the rock environment were monitored, namely in calcite marbles, ankerites of metasomatic origin, sinters and cave sediments. The results demonstrate that the natural radioactivity of all types of carbonate rocks in the cave is relatively high, mainly because of rather high contents of Uranium. That's why it is necessary to consider the rock cave environment a potentially significant source of ^{222}Rn. Several new pieces of information were included in the report concerning the composition of carbonate rocks, as well as the chemical, graining and phase composition of cave sediments.

Key words: gamma-spectrometry, natural radioactive elements, calcite marbles, ankerites, sinters, cave sediments

V príspevku sú zhrnuté výsledky gamaspektrometrických meraní v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Meraniami sa sledovali obsahy prirodzených rádioaktívnych prvkov (K, U a Th) v horninovom prostredí – v kalcitických mramoroch, „ankeritoch" metasomatického pôvodu, sintroch a jaskynných sedimentoch. Z výsledkov vyplýva, že prirodzená rádioaktivita všetkých typov karbonátových hornín nachádzajúcich sa v jaskyni je relatívne vysoká, a to vďaka pomerne vysokým obsahom uránu. Preto je treba považovať horninové prostredie jaskyne za potenciálne významný zdroj ^{222}Rn. Do príspevku boli začlenené aj niektoré nové poznatky o zložení karbonátových hornín, a tiež o chemizme, zrnitostnom a fázovom zložení jaskynných sedimentov.

ÚVOD

Ochtinská aragonitová jeskyně (dále jen OAJ) byla objevena v r. 1954 při ražbě překopu ve štole Kapusta v rámci vyhledávacího průzkumu v prostoru ložiska ankeritových rud Horný Hrádok (Ševčík – Kantor 1956). Toto ložisko je tvořeno několika čočkami kalcitických mramorů drnavského souvrství gelnické skupiny, místy hydrotermálně metasomatizovaných na ankerity, které byly později v připovrchových partiích a podél tektonických linií limonitizovány (Grecula et al., 1995). V prostoru OAJ je čočka kalcitických mramorů a ankeritů obklopena fylity a metavulkanity (paleoryolity a paleobazalty), které jsou rovněž součástí drnavského souvrství (Gaál 1998, Mello et al. 2002).

I když OAJ patří mezi geologicky nejlépe prostudované jeskyně na území Západních Karpat, systematické studium přirozené radioaktivity horninového prostředí zde bylo pomocí terénní gamaspektrometrie provedeno teprve v r. 2002 (Štelcl et al., 2002; Zimák et al., 2003). Výsledky gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tomto článku, do nějž byly začleněny i některé nové poznatky o složení karbonátových hornin v prostoru OAJ a také o chemismu, zrnitostním i fázovém složení jeskynních hlín.

POZNÁMKY K CHEMISMU KARBONÁTOVÝCH HORNIN

Vzhledem k tomu, že možnosti odběru horninových vzorků v OAJ byly velmi omezené a že v námi hodnoceném souboru nejsou zastoupeny některé variety karbonátových hornin (rozlišitelné již makroskopicky na stěnách chodeb v OAJ), omezujeme se v této kapitole pouze na stručné poznámky ke složení námi studovaných čtyř horninových vzorků: dvou vzorků kalcitických mramorů a dvou vzorků tzv. „ankeritů“. Základní údaje o jejich chemismu založené na výsledcích parciálních chemických analýz na mokré cestě jsou uvedeny v tabulce 1 (analyzoval P. Kadlec, PřF MU Brno). Vzorek Ocht-15 pochází z Mramorové síně, Ocht-45 ze štoly Kapusta; lokalizace vzorků A a B je nejasná, z prostoru OAJ byly vyvezeny při provádění stavebních úprav.

Chemismus kalcitických mramorů jasně ukazuje na dominanci kalcitu; pokud jsou v obou analyzovaných vzorcích přítomny i karbonáty dolomit-ankeritové řady, pak je jejich podíl zcela nepatrný. V obou vzorcích kalcitických mramorů je velmi nízké zastoupení nekarbonátové složky.

Zajímavé poznatky byly získány při studiu hrubě zrnitých karbonátových hornin, které jsou v publikacích věnovaných problematice OAJ označovány jako ankerity, jimž se makroskopicky podobají. V případě vzorku Ocht-45 je zcela zřejmé, že jde o horninu tvořenou karbonátem dolomit-ankeritové řady s výraznou převahou Mg nad Fe. To znamená, že v duchu současné mineralogické nomenklatury je dominantní složkou této horniny dolomit (resp. Fe-dolomit) a že by tato hornina měla být označována jako dolomitický mramor (krystalický dolomit). Vzorek Ocht-B reprezentuje horninu tvořenou ankeritem a kalcitem. Naše poznatky jsou poněkud v rozporu s daty uváděnými v literatuře, a proto se domníváme, že by bylo velmi užitečné provést detailní petrografický výzkum v prostoru OAJ, zaměřený na karbonátové horniny metasomatického původu. V následujícím textu označujeme všechny horniny této skupiny tradičně jako „ankerity“.

Tabulka 1. Chemismus kalcitických mramorů (vzorky Ocht-15 a A) a „ankeritů“ (vzorky Ocht-45 a B), přepočet na hlavní karbonátové molekuly (n. p. = nerozpustný podíl)
Table 1. Chemistry of calcite marbles (Samples Ocht-15 and A) and „ankerites“ (Samples Ocht-45 and B); conversion into main carbonate molecules (n. p. = insoluble residue; hm. % = wt%)

Vzorek	**Ocht-15**	**Ocht-A**	**Ocht-45**	**Ocht-B**
CaO (hm. %)	54,90	55,02	28,84	39,67
MgO (hm. %)	0,39	0,33	13,96	2,07
FeO (hm. %)	0,13	0,10	11,98	16,27
MnO (hm. %)	0,029	0,021	0,78	1,04
SrO (hm. %)	0,005	0,007	0,01	0,02
n. p. (hm. %)	0,63	0,50	0,48	2,66
$CaCO_3$ (mol. %)	98,79	99,00	49,52	70,73
$MgCO_3$ (mol. %)	0,98	0,82	33,35	5,14
$FeCO_3$ (mol. %)	0,18	0,14	16,06	22,64
$MnCO_3$ (mol. %)	0,04	0,03	1,06	1,47
$SrCO_3$ (mol. %)	0,01	0,01	0,01	0,02

CHARAKTERISTIKA JESKYNNÍCH HLÍN

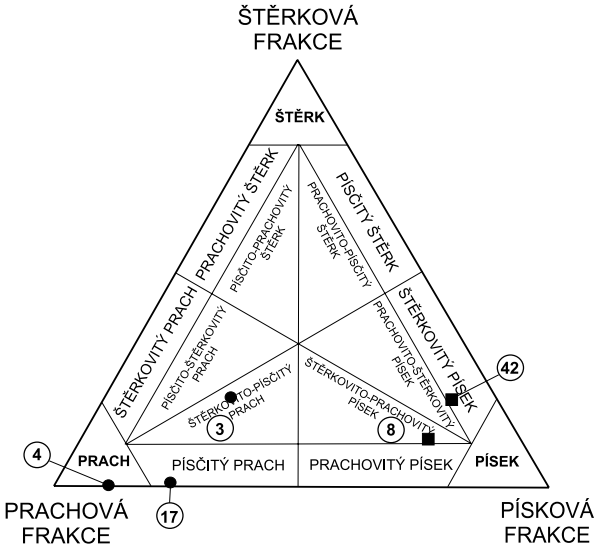
Jeskynní hlíny přítomné v OAJ mají charakter reziduí vznikajících v zóně supergeneze přeměnou „ankeritových“ těles. Tato rezidua jsou charakteristická vysokým podílem oxid-hydroxidů Fe a lokálně i oxidických minerálů Mn a také alofánu (Cílek et al. 1998, Bosák et al. 2002). V závislosti na složení mají tyto jeskynní hlíny rezavě hnědou barvu (při relativně nízkém obsahu Mn) nebo barvu hnědočernou až téměř černou (při relativně vysokém obsahu Mn-fází).

Sítováním za sucha bylo v pěti vzorcích jeskynních hlín stanoveno kvantitativní zastoupení tří zrnitostních frakcí: jílové a prachové frakce (částice o velikosti pod 0,06 mm), pískové frakce (0,06 až 2 mm), štěrkové frakce (nad 2 mm). Na základě provedených zrnitostních analýz lze studovaná rezidua klasifikovat za použití modifikovaného Kontova trojkomponentního diagramu prach – písek – štěrk (Konta 1969, Zimák et al. 2003), v němž jsou do kategorie prachu začleněny všechny částice o velikosti pod 0,06 mm (obr. 1). Rezavě hnědé jeskynní hlíny zrnitostně odpovídají prachu (Ocht-4), písčitému prachu (Ocht-17) nebo štěrkovito-písčitému prachu (Ocht-3); černohnědé až černé jeskynní hlíny se značným podílem Mn-fází (Ocht-8 a Ocht-42) mají vysoký podíl částic velikostí náležejících k pískové frakci (jde často o agregáty Mn-fází nebo o částice tvořené oxid-hydroxidy Fe, více či méně zpevněné Mn-fázemi).

Tabulka 2. Chemismus jeskynních hlín (celk. Fe stanoveno jako Fe_2O_3)
Table 2. Chemistry of cave soils (total Fe as Fe_2O_3; hm. % = wt%)

Vzorek	**Ocht-3**	**Ocht-42**
SiO_2 (hm. %)	22,69	28,67
TiO_2 (hm. %)	0,32	0,16
Al_2O_3 (hm. %)	12,78	20,14
$Fe_2O_3^{tot.}$ (hm. %)	36,77	6,46
MnO (hm. %)	3,49	6,20
CaO (hm. %)	1,95	3,75
MgO (hm. %)	1,86	1,34
K_2O (hm. %)	0,90	0,64
Na_2O (hm. %)	0,06	0,04
S (hm. %)	0	0
CO_2 (hm. %)	0,13	0,26
P_2O_5 (hm. %)	0,53	0,39
H_2O^- (hm. %)	7,51	19,56
H_2O^+ (hm. %)	11,33	11,59
Suma	100,32	99,20
Li_2O (ppm)	181	250

Údaje o chemismu dvou vzorků jeskyních hlín jsou uvedeny v tabulce 2 (analytik P. Kadlec, PřF MU Brno, lokalizace vzorků je zřejmá z textu k obr. 1). Vzorek Ocht-3 svým charakterem odpovídá limonitovým rudám, které běžně vznikají při supergenních procesech v připovrcho-



Obr. 1. Pozice studovaných jeskynních hlín v modifikovaném klasifikačním diagramu prach-písek-štěrk podle Konty (1969). Místa odběru vzorků: chodba vedoucí ze Vstupní síně k jihu, k první křižovatce na prohlídkové trase (vzorky Ocht-3 a 4), Hviezdna sieň (Ocht-17), chodba vedoucí z Mramorové síně k severu, cca 5 m sev. od okraje Mramorové síně (Ocht-8), Čarovná chodba (Ocht-42)

Fig. 1. Location of cave soils in the modificated triangular diagram silt-sand-gravel after Konta (1969). Explanation: prachová (+jílová) frakce = silt grains (+clay particles); písková frakce = sand grains; štěrková frakce = fragments over 2 mm

vých partiích sideritových nebo ankeritových akumulací. Vzorek Ocht-42 reprezentuje polohy s anomálně vysokými koncentracemi manganu, v nichž se ve značném množství vyskytuje alofán v podobě křídově bílých vrstviček a hlízek s charakteristickým kostičkovým rozpadem (podrobnou charakteristiku alofánu z OAJ uvádí Cílek et al. 1998 a Bosák et al. 2002). Na vysoký podíl alofánu ve vzorku Ocht-42 ukazuje značný obsah stanoveného Al_2O_3 (atomární poměr Si : Al = 1,2 : 1 velmi dobře odpovídá alofánu, nutno však poznamenat, že ve vzorku Ocht-42 byla rentgenometricky potvrzena přítomnost křemene).

RTG práškové difrakční záznamy vybraných vzorků jeskynních hlín z OAJ byly měřeny na difraktometru STOE Stadi P, v transmisním uspořádání, 40 kV, 25 mA, s primárním Ge(111) monochromátorem a lineárním pozičně citlivým detektorem, krok 1° 2Θ. Značný obsah Mn ve vzorcích a absence sekundárního monochromátoru v uspořádání přístroje je důvodem velmi vysoké fluorescence vzorku, která způsobila dramatický nárůst pozadí záznamů. Ve vzorcích „limonitu“ bylo možno pouze stanovit goethit (typické difrakce d = 4,185; 2,689 a 2,447 ve vzorku Ocht-3) a křemen. Analyzované partie alofánu (separované ze vzorku Ocht-42) jsou zcela amorfní, nelze proto předpokládat minerál s uspořádáním stavebních jednotek na dlouhou vzdálenost.

METODY GAMASPEKTROMETRICKÉHO MĚŘENÍ

Přirozená radioaktivita je jedním z významných fyzikálních parametrů horninového prostředí krasu. Její míra je dána zejména obsahem radioaktivních izotopů draslíku (^{40}K), uranu (^{235}U, ^{238}U) a thoria (^{232}Th). Gamaspektrometrická stanovení obsahů K, U a Th v kalcitických mra-

morech, „ankeritech“, sintrech a také v jeskynních hlínách byla provedena pomocí terénního gamaspektrometru GS-512 (výrobce Geofyzika Brno) v celé přístupné části OAJ na celkem 41 bodech – poloha jednotlivých bodů je vyznačena na schématickém nákresu OAJ (obr. 2), výsledky měření v jednotlivých bodech uvádí Štelcl et al. (2002). Ze stanovených koncentrací K, U a Th byla vypočtena hmotnostní aktivita ekvivalentu ^{226}Ra (a_m), jíž je pak vyjadřována gama-aktivita horniny. K získání hodnot a_m byly použity přepočtové koeficienty podle Matolína a Chlupáčové (1997):

1 % K v hornině = 313,00 $Bq.kg^{-1}$ ^{40}K

1 ppm U v hornině = 12,35 $Bq.kg^{-1}$ ^{226}Ra

1 ppm Th v hornině = 4,06 $Bq.kg^{-1}$ ^{232}Th

Hmotnostní aktivita byla vypočtena pomocí vztahu

a_m = 12,35U + (1,43x4,06Th) + (0,077x313K),

do nějž jsou obsahy U a Th dosazovány v ppm, obsah K v hm. %.

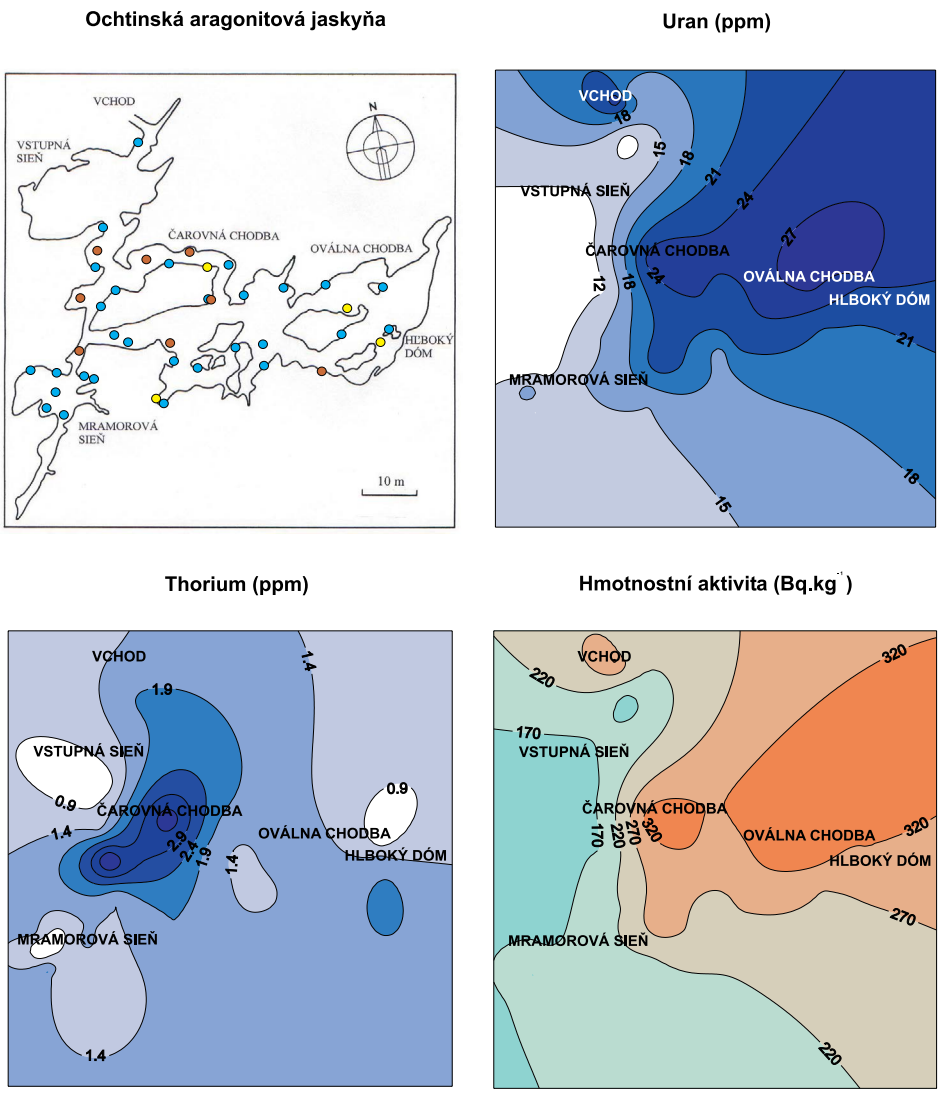
VÝSLEDKY GAMASPEKTROMETRICKÝCH MĚŘENÍ

Výsledky gamaspektrometrických měření v prostoru OAJ jsou sumarizovány v tabulce 3. Pro všechny sledované horninové typy jsou charakteristické relativně velmi vysoké obsahy uranu, které v sintrech dosahují průměrné hodnoty 31 ppm. Kalcitické mramory a jejich metasomatickým přepracováním vzniklé „ankerity“ mají obdobné obsahy K, U a Th. Obr. 2 vyjadřuje distribuci U, Th a vypočtených hodnot hmotnostní aktivity v obou typech karbonátových hornin v prostoru OAJ; závislost celkové gama-aktivity těchto hornin (vyjádřené formou a_m) na koncentraci uranu je z obr. 2 zcela zřejmá. Na obr. 3 je distribuce hmotnostní aktivity v kalcitických mramorech a „ankeritech“ znázorněna prostorovým diagramem.

Tabulka 3. Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th), vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m) a poměru Th/U v kalcitických mramorech, „ankeritech“, sintrech a jeskynních hlínách v Ochtinské aragonitové jeskyni

Table 3. Natural radioactive element (K, U, Th) contents and calculated mass activity (a_m) and Th/U ratio in calcite marbles, „ankerites“, sinters and cave soils in the Ochtiná Aragonite Cave

Hornina	**n**	**K (%)**		**U (ppm)**		**Th (ppm)**		**a_m ($Bq.kg^{-1}$)**		**Th/U**	
		rozpětí	∅	rozpětí	∅	rozpětí	∅	rozpětí	∅	rozpětí	∅
kalcitické mramory	18	0,0–0,4	0,2	10,6–27,9	19,1	0,3–4,1	1,7	147–363	251	0,0–0,3	0,1
„ankerity“	14	0,0–0,4	0,2	10,3–26,3	17,3	0,6–3,0	1,5	141–342	227	0,1–0,3	0,1
sintry	6	0,1–0,5	0,3	22,4–41,2	31,2	1,1–2,9	1,9	285–530	403	0,0–0,1	0,1
jeskynní hlíny	3	1,2–1,5	1,3	12,1–29,6	20,2	6,3–13,3	9,8	215–454	339	0,3–0,7	0,5

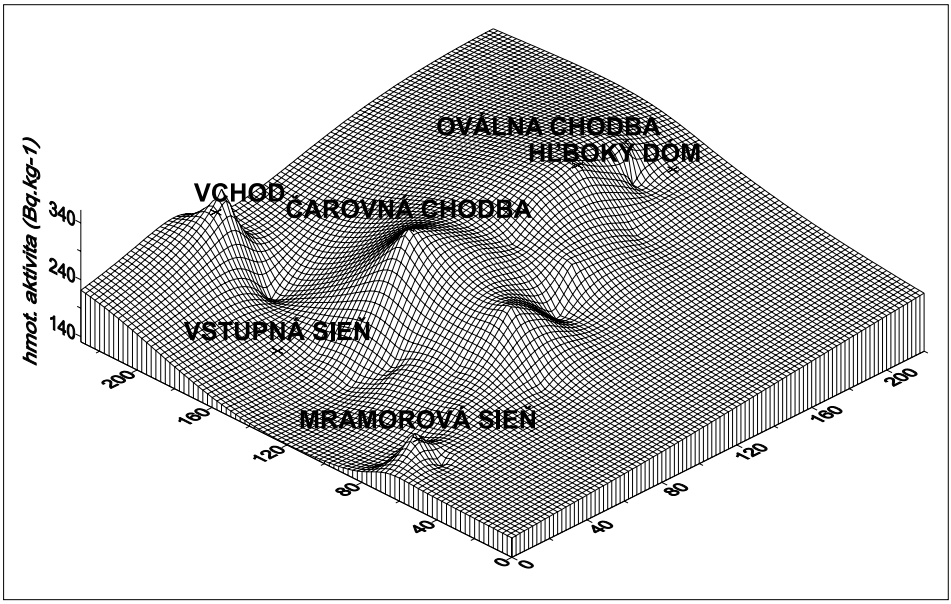


Obr. 2. Schématický nákres Ochtinské aragonitové jeskyně, distribuce obsahů uranu a thoria v karbonátových horninách (kalcitické mramory a „ankerity“) a vypočtená hmotnostní aktivita (a_m). Místa provádených měření ● kalcitických mramorů a ankeritů, ● aragonitových speleotém a ● jeskynních hlín s gossany

Fig. 2. Ground plan of the Ochtiná Aragonite Cave, distribution of uranium and thorium contents in carbonate rocks (calcite marbles and „ankerites“), and calculated mass activities (a_m)

ZÁVĚR

Z výsledků gamaspektrometrických měření v prostoru Ochtinské aragonitové jeskyně je zřejmé, že přirozená radioaktivita všech typů karbonátových hornin v jejím prostoru (kalcitických mramorů a „ankeritů“ metasomatického původu), jeskynních hlín a sintrů je relativně



Obr. 3. Prostorový diagram distribuce vypočtených hodnot hmotnostní aktivity (a_m) v karbonátových horninách (kalcitické mramory a „ankerity“)
Fig. 3. Distribution space diagram of calculated mass activities (a_m) in carbonate rocks (calcite marbles and „ankerites“)

vysoká, a to díky poměrně vysokým obsahům uranu. V případě výsledků některých měření na sintrech a jeskynních hlínách překračuje vypočtená hmotnostní aktivita hodnotu 370 $Bq.kg^{-1}$ (tj. limitní hodnotu uváděnou v normách zemí OECD pro tzv. „pobytové místnosti“, za něž lze považovat i veřejnosti přístupné jeskyně).

Horninové prostředí Ochtinské aragonitové jeskyně je nutno považovat za potenciálně významný zdroj ^{222}Rn. Jeskynní hlíny mají velmi variabilní propustnost vzhledem k radonu (nízkou až vysokou), převážně však nízkou, která omezuje možnost migrace radonu z podloží. Přesto nelze vyloučit lokální hromadění radonu v jeskynní atmosféře.

LITERATURA

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. – Geol. Carpath., 53, 399 – 410.

CÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. (1998). Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni. – Aragonit, 3, 7 – 12.

GAÁL, Ľ. (1998). Krasové javy v okolí Hrádku a ich vzťah k Ochtinskej aragonitovej jaskyni. – Výskum, využívanie a ochrana jaskýň – zborník referátov, 44 – 52. Liptovský Mikuláš.

GRECULA, P. et al. (1995). Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zväzok 1. Geocomplex Bratislava.

KONTA, J. (1969). Quantitative analytical petrological classification of sedimentary rocks. – Acta Univ. Carol., Geol. 1969, 175 – 253.

MATOLÍN, M. – CHLUPÁČOVÁ, M. (1997). Radioaktivní vlastnosti hornin. In: Kobr, M. et al.: Petrofyzika, 109 – 126. Vydavatelství Karolinum Praha.

MELLO, J. – VOZÁROVÁ, A. – IVANIČKA, J. (2002). Southern part of the Spišsko-gemerské rudohorie Mts – Gemericum, Meliaticum, Turnaicum and Silicicum Units. In XVIIth Congr. Of Carpathian-Balkan Geol. Association, Bratislava, Slovak Republic. Guide to geological excursions (Vozár, J., Vojtko, R., Sliva, Ľ. Eds.), 117 – 120. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. Bratislava.
ŠEVČÍK, R. – KANTOR, J. (1956). Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. – Geol. Práce, Zprávy 7, 161 – 171.
ŠTELCL, J. – ZIMÁK, J. – ZELINKA, J. – HLAVÁČ, J. (2002). Výsledky gamaspektrometrických měření v Ochtinské aragonitové jeskyni (závěrečná zpráva). MS. MU Brno – UP Olomouc – SSJ Liptovský Mikuláš.
ZIMÁK, J. – ŠTELCL, J. – ZELINKA, J. (2003). Přirozená radioaktivita horninového prostředí v jeskyních Slovenské republiky. Univerzita Palackého v Olomouci.

Adresy autorů:
Doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc., Katedra geologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc; e-mail: zimak@prfnw.upol.cz
RNDr. Jindřich Štelcl, CSc., Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: stelcl@sci.muni.cz
Václav Vávra, Ph.D., Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: vavra@sci.muni.cz
RNDr. Ján Zelinka, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš;
e-mail: zelinka@ssj.sk

NATURAL RADIOACTIVITY OF THE ROCK ENVIRONMENT IN THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE

S u m m a r y

The Ochtiná Aragonite Cave was created in Lower Paleozoic calcite marbles and metasomatic rocks composed mainly of carbonate of the dolomite-ankerite series (so-called „ankerites“). Concentrations of natural radioactive elements (K, U and Th) were measured in the rocks using a field gamma-ray spectrometer GS-512 (manufactured by Geofyzika Brno, Czech Republic). The monitored parts of the Ochtiná Aragonite Cave are characterized by increased contents of uranium and low contents of thorium both in calcite marbles (U 10.6 to 27.9, avg. 19.1 ppm; Th 0.3 to 4.1, avg. 1.7 ppm), and in „ankerites“ (U 10.3 to 26.3, avg. 17.3 ppm; Th 0.6 to 3.0, avg. 1.5 ppm), and in sinters (U 22.4 to 41.2, avg. 31.2 ppm; Th 1.1 to 2.9, avg. 1.9 ppm), and in cave soils (U 12.1 to 29.6, avg. 20.2 ppm; Th 6.3 to 13.3, avg. 9.8 ppm). Concentrations of K, U and Th were converted to the mass activity of ^{226}Ra equivalent (a_m) in order to present the gamma-ray activity of the locality in question. Average values a_m for calcite marbles, „ankerites“, sinters and cave soils are 251, 227, 403 and 339 Bq.kg^{-1}, respectively.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	129 – 136	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

PRVÉ ÚDAJE O BEZSTAVOVCOCH OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

ĽUBOMÍR KOVÁČ – ANDREJ MOCK – PETER ĽUPTÁČIK – IGOR HUDEC – VLADIMÍR KOŠEL – PETER FENĎA

The Ochtiná Aragonite Cave is situated within small isolated kryptokarstic area adjacent to the Slovak Karst region. The cave was created in Devonian carbonatic layers representing lenticular forms inside a massif principally consisted of metamorphic rocks. The locality is of the world importance with its rich aragonite decoration. Up to date no information was published on the cave invertebrates of this locality. The aims of the present study were (1) to collect basic data on structure of cavernicolous invertebrate communities of the cave, (2) to reveal presence of old and relic faunal forms potentially expected with regard to ancient geological origin of the rocks in which the cave was created, and (3) to analyse geographic similarity of the cave fauna of studied locality with adjacent karstic regions.

Key words: biospeleology, cave fauna, invertebrates, Slovak Karst, Slovakia

ÚVOD

Z literatúry nie sú známe žiadne údaje o faune bezstavovcov Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Fakt, že jaskyňa bola objavená len pomerne nedávno (r. 1954), ďalej izolovanosť lokality od väčších krasových území a absencia netopierov sú zrejme hlavnými príčinami, prečo jaskyňa doposiaľ zoológov neupútala.

V roku 2003 sme uskutočnili inventarizačný prieskum bezstavovcov jaskyne v rámci hlavnej úlohy výskumu Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Bol pokračovaním základného biospeleologického prieskumu sprístupnených jaskýň Slovenska. Cieľom tejto úlohy bolo (1) získať prvotné informácie o štruktúre kavernikolných zoocenóz Ochtinskej aragonitovej jaskyne, (2) zistiť, či sa v jaskyni vyskytujú starobylé, reliktné formy fauny vzhľadom na dávny geologický pôvod vrstiev, v ktorých bola jaskyňa vytvorená, a (3) analyzovať zoogeografickú príbuznosť fauny jaskyne s blízkymi krasovými oblasťami.

CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Ochtinská aragonitová jaskyňa sa nachádza v Ochtinskom kryptokrase na severozápadnom svahu Hrádku v Revúckej vrchovine medzi Jelšavou a Štítnikom. Jaskyňa je prístupná štôlňou dlhou 145 m, ktorá ústi do jaskynných priestorov v nadmorskej výške 642 m. Dĺžka jaskyne je 300 m. Vytvorená je v šošovke prvohorných devónskych kryštalických vápencov, ktorá je situovaná uprostred nekrasových hornín – fylitov. Časť vápencov bola v druhohorách vo vrchnej kriede hydrotermálne premenená. Jaskyňa predstavuje uzavreté podzemné dutiny bez „vzdušnej“ komunikácie s povrchom. Štôlne ústiace na povrch nie sú uzatvorené. Teplota vzduchu je 7,2 až 7,8 °C, relatívna vlhkosť 92 až 97 %. Podľa teplotného a vlhkostného režimu ovzdušia možno jaskyňu rozdeliť na dve odlišné časti. Relatívne chladnejšia a vlhšia je vstupná časť jaskyne v úseku Vstupná sieň – Hlavná chodba – Mramorová sieň. Teplejšia a suchšia je centrálna a zadná časť jaskyne v úseku Hviezdna sieň – Sieň Mliečnej cesty – Hlboký dóm (Bella – Lalkovič, 2001; Bella, 2003).

Statické pomery v jaskyni indikujú aj naše merania mikroklímy. Hodnoty teploty v °C na miestach, kde sme vykonávali prieskum, boli takéto:

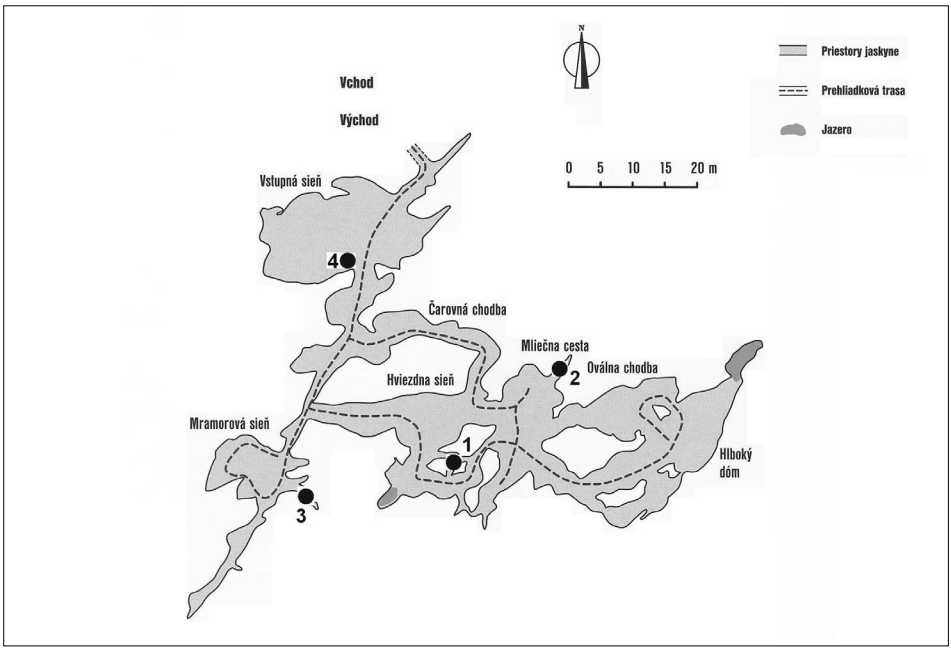
	6. V. 2003	15. X. 2003
Mramorová sieň	+7,9	+7,9
Sieň Hlbokého dómu	+8,1	+8,2
Sieň Mliečnej cesty	+8,2	+8,2
Spojovacia chodba	+7,7	+7,8

Počas druhej návštevy sme merali aj vlhkosť vzduchu termohygrometrom COMET C3120. Na všetkých štyroch miestach bola vlhkosť vzduchu vyššia ako 95 %. Nami namerané údaje teploty vzduchu sú v niektorých prípadoch vyššie, ako sa uvádzajú v literatúre (napr. Bella, 2003). Pri druhej návšteve jaskyne sme v Hlbokom dóme porovnávali hodnotu nášho meracieho prístroja s referenčným ortuťovým teplomerom, ktorý bol umiestnený na rovnakej ploche. Hodnoty oboch prístrojov boli zhodné (+8,2 °C).

Z hľadiska biospeleológie je jaskyňa charakteristická úplnou absenciou netopierov (Bernadovič, 2000), a teda aj guána netopierov ako potenciálneho trofického zdroja subteránnych biocenóz.

METÓDY

V jaskyni sme vybrali 4 stacionárne plochy na detailnejší prieskum suchozemskej (terestrickej) fauny, konkrétne v častiach: (1) Hlboký dóm, (2) Mliečna cesta, (3) Mramorová sieň a (4) Vstupná sieň (obr. 1). Plochy boli situované tak, aby boli skryté pred zrakmi návštevníkov, a zároveň nepoškodzovali výzdobu v jaskyni.



Obr. 1. Umiestnenie plôch na výskum terestrickej fauny v Ochtinskej aragonitovej jaskyni v roku 2003
Fig. 1. Location of investigation plots for terrestrial invertebrate fauna in the Ochtiná Aragonite Cave in 2003

Terestrickú faunu sme zbierali nasledujúcimi metódami:

a) priamy zber fauny zo stien a dna jaskyne, spod kameňov, z dreva a z povrchu stojatej vody (6. V. a 15. X. 2003),

b) odchyt do exponovaných zemných pascí s tromi druhmi fixačnej tekutiny: (95% benzínalkohol, 4% roztok formaldehydu a zmes glykol a pivo v pomere 1 : 1). Na každú plochu sme umiestnili po dve pasce s alkoholom a formalínom a po jednej pasci so zmesou glykolu a piva (vo Vstupnej sieni o jednu pascu glykol-pivo naviac). Pasce boli exponované v termíne 6. V. – 15. X. 2003,

c) na stacionáre sme ďalej umiestnili po jednom plastovom valci s bočnými otvormi naplnenom drevenými hoblinami. Valce sme zakopali po vrch vo zvislej polohe. Cieľom tohto pokusu je dlhodobé (2 – 3-ročné) sledovanie sukcesie spoločenstiev kavernikolnej fauny v priebehu dekompozície substrátu.

Zber vodnej fauny sme uskutočnili pomocou planktonickej sieťky z jazera v Hlbokom dóme (6. V. 2003) a tiež z Čarovného jazierka pri Hviezdnej sieni (6. V. a 15. X. 2003).

Roztoče skupiny Gamasida identifikoval do druhu Fenďa, chvostoksoky (Collembola) Kováč a dvojkrídlovce (Diptera) Košel.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Terestrická fauna

V jaskyni sme zistili spolu 14 taxónov terestrických bezstavovcov (tabuľka 1). Početnosťou jedincov a počtom druhov jednoznačne dominovali Collembola. Z hľadiska dominancie a frekvencie dôležitými skupinami boli aj roztoče zo skupiny Gamasida a ďalej dvojkrídlovce (Diptera). Úplne chýbali pavúky (Araneae), viacnôžky (Myriapoda) a chrobáky (Coleoptera). Spoločenstvo chvostoskokov tvorilo 8 druhov. *Entomobrya nivalis* je trogloxén, teda výskyt tohto druhu v jaskyni je náhodný. Do podzemia sa dostal pravdepodobne v srsti hlodavcov alebo na obuvi návštevníkov. Druhy *Willemia scandinavica* a *Protaphorura* cf. *s-vontoernei* možno považovať za troglofilné, keďže sú obyvateľmi humusovej vrstvy pôd a príležitostne nachádzajú zdroj potravy aj v jaskyniach. *Folsomia candida, Heteromurus nitidus* a *Arrhopalites pygmaeus* sú permanentnými obyvateľmi mnohých našich jaskýň. V tomto prostredí sú schopné sa aj trvalo rozmnožovať. Príležitostne sa môžu vyskytnúť aj v povrchových habitatoch, najčastejšie ako súčasť spoločenstiev pôdnej fauny. Zaraďujeme ich medzi eutroglofily. Pri prieskume sme zaznamenali dva troglobiontné druhy chvostoskokov, teda formy viazané svojím výskytom výlučne na subteránne prostredie. *Deuteraphorura* cf. *kratochvili* bol zároveň najfrekventovanejším druhom, zistili sme ho na troch stacionároch (tabuľka 1). Ďalší troglobiont *Pseudosinella aggtelekiensis* bol hojný, ale zaujímavo iba v priestoroch Vstupnej siene. Obidva spomínané druhy sú typickými obyvateľmi jaskýň Slovenského krasu (Kováč, 2000a, b). Z gamasidných roztočov sa vyskytol iba *Parasitus loricatus*, pomerne hojne najmä vo Vstupnej sieni. Na Slovensku bol zistený vo všetkých skúmaných jaskyniach s výnimkou Važeckej jaskyne (Mock et al., 2002). Bez výhrad možno súhlasiť s názorom, že je to „široko rozšírený kavernikolný roztoč, ktorý nechýba skoro v žiadnej jaskyni“ (Willmann, 1936). Takmer na všetkých sledovaných podzemných lokalitách patril medzi najčastejšie sa vyskytujúce druhy. Zaujímavý je výskyt zástupcu vidličiarok (Diplura) v Mramorovej sieni, ktorého bude ešte potrebné v spolupráci so špecialistom identifikovať na druhovej úrovni.

K trvalým osídlencom vnútra jaskyne možno počítať dvojkrídlovca *Camptochaeta ofenkaulis* z čeľade smútnicovitých (Sciaridae). Larvy tohto druhu sa vyvíjajú na organických zvyškoch, početnosť imág však naznačuje, že sú tu zastúpené v nízkej abundancii. Je to zriedkavejší druh, známy zatiaľ len z dvoch jaskynných lokalít na Slovensku (Košel, 2001).

Tabuľka 1. Prehľad bezstavovcov zistených pri prieskume Ochtinskej aragonitovej jaskyne v roku 2003 (1 až 4 – stacionáre – pozri kapitolu „Metodika", Pa – zemné pasce, Z – priamy zber jedincov, ● – troglobiont, ◙– eutroglofil, + – 1 jedinec, ++ – 2 až 10 jedincov, +++ – viac ako 10 jedincov)
Table 1. List of invertebrates of the Ochtiná Aragonite Cave based on data from 2003 (1 až 4 – stationary plots, Pa – pitfall traps, Z .– visual searching, ● – troglobite, ◙ – eutrophile, + – 1 individual, ++ – 2 – 10 individuals, +++ – more than 10 individuals)

Taxóny/Taxa	**1Pa**	**1Z**	**2Pa**	**2Z**	**3Pa**	**3Z**	**4Pa**	**4Z**
Oligochaeta								
Enchytraeidae	-	+	-	-	-	-	-	++
Acari								
Actinedida	-	-	-	-	-	-	+	-
Gamasida								
Parasitus loricatus (Wankel, 1861)	++	-	-	-	++	-	++	++
Diplura	-	-	-	-	+	-	-	-
Collembola								
Willemia scandinavica Stach, 1949	-	-	-	-	-	-	-	++
Protaphorura cf. *s-vontoernei* (Gisin, 1957)	-	-	-	-	-	-	++	++
● *Deuteraphorura* cf. *kratochvili* (Nosek, 1963)	-	-	-	+	-	++	-	+++
◙ *Folsomia candida* (Willem, 1902)	+	+++	-	-	-	-	-	-
Entomobrya nivalis (Linnaeus, 1758):	-	-	-	-	-	-	+	-
● *Pseudosinella aggtelekiensis* (Stach, 1929)	-	-	-	-	-	-	++	++
◙ *Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835)	-	-	-	-	-	+	++	+++
◙ *Arrhopalites pygmaeus* (Wankel, 1860)	-	-	-	-	-	-	+++	++
Diptera								
Camptochaeta ofenkaulis (Lengersdorf, 1925)	+	-	-	-	++	-	++	-
Phoridae gen. sp.	-	-	-	-	-	-	+	-

Zástupca z čeľade Phoridae je povrchového, resp. terestrického pôvodu a výskyt v hlbších častiach nie je pravdepodobný. Žijú v pôde a v podzemných norách cicavcov, kde je dostatok organického materiálu, napr. trusu.

Najvyšší počet foriem terestrických bezstavovcov sme zistili vo Vstupnej chodbe. Išlo totiž o jediné priestory jaskyne, kde sa hojnejšie vyskytovali malé kúsky rozkladajúceho sa dreva, zrejme zvyšok po predchádzajúcom čistení jej priestorov pri prehliadkovej trase. Môže ísť aj o efekt nadväznosti priestorov na štôlňu Kapusta, kde sa zrejme nachádza stará výdreva a možno tam očakávať bohatšie spoločenstvá fauny. Preto by bolo potrebné v budúcnosti venovať zvýšenú pozornosť práve týmto priestorom. Takmer úplne sterilnou časťou jaskyne sa z hľadiska bezstavovcov javí Sieň Mliečnej cesty.

Priamym zberom fauny a odchytom do pascí sme zachytili porovnateľný počet taxónov. Troglobiont *Deuteraphorura* cf. *kratochvili* bol zaregistrovaný zaujímavo iba pomocou priameho zberu. Pre malý počet odchytených jedincov sa ťažko dá hodnotiť účinnosť pascí s rozdielnou fixačnou látkou. Všeobecne slabý efekt mali pasce s benzínalkoholom. Vyššia kvantita fauny bola odchytená do jednej z pascí so zmesou glykol-pivo, ktorá bola umiestnená vo Vstupnej sieni v sutine v blízkosti mostíka pri prehliadkovej trase.

Obr. 2. Umiestnenie zemných pascí na stacionári
Fig. 2. Investigation plot with pitfall traps

Obr. 3. Čarovné jazierko
Fig. 3. "Čarovné jazierko" sinter pool

Obr. 4. Chvostoskok *Pseudosinella aggtelekiensis* – zástupca troglobiontnej fauny
Fig. 4. Troglobitic collembolan *Pseudosinella aggtelekiensis*

V prípade *Protaphorura* cf. *s-vontoernei* ide o veľmi zaujímavú formu, ktorá prejavuje veľkú morfologickú variabilitu v rámci tej istej populácie. Variabilita sa týka aj tvaru a veľkosti postantenálneho orgánu, ktorý je významný z hľadiska príslušnosti do rodu ako systematickej kategórie. V tejto súvislosti sa ukazuje možnosť vplyvu zvýšenej radiácie v jaskyni (Bella et al., 2001) na kavernikolnú faunu. V priebehu dlhodobého pôsobenia mohla totiž vyvolať morfologické zmeny v populáciách, nevylučujúc ani zmeny zásadnejšieho charakteru na úrovni druhu. Uvedená forma chvostoskoka si vyžaduje štúdium na ďalšom materiáli.

Podľa prítomných troglobiontných foriem Collembola (*Deuteraphorura* cf. *kratochvili* a *Pseudosinella aggtelekiensis*) možno kavernikolnú faunu Ochtinského kryptokrasu hodnotiť ako podobnú faune Slovenského krasu. V relatívne blízkych jaskyniach Slovenského raja a Muránskej planiny sa zistili príbuzné alopatrické formy *Deuteraphorura kratochvili* (Nosek, 1963) a *Pseudosinella paclti* Rusek, 1961 (Kováč et al., 1999, 2002). Naznačuje to opodstatnenosť detailnejšieho členenia navrhnutého zoogeografického nadregiónu gemersko-bukovsko-spišského na jednotlivé regióny na základe fauny krasových území (Košel, 2000). Otázkou však zostáva, aký je faunistický vzťah Ochtinského kryptokrasu k navrhnutým subregiónom Revúckej vrchoviny, vzhľadom na nedostatok údajov o kavernikolných živočíchoch týchto krasových území (Drienčanský kras, Burda).

Akvatická fauna

Vodná zložka fauny jaskyne sa javí ako veľmi chudobná. Pri prvej návšteve sme odobrali vzorku vody z Čarovného jazierka. Našli sme v nej iba jedného nedospelého jedinca kôrovca zo skupiny veslonôžok (Copepoda). Vzhľadom na to, že išlo o rané ontogenetické štádium, nie je možná jeho bližšia determinácia. Je pravdepodobné, že ide o zástupcu povrchových druhov obývajúcich vlhké machy.

Počas druhej návštevy sme opäť odobrali vzorku vody z tohto jazierka a navyše aj z jazera v Hlbokom dóme. Ani v jednej zo vzoriek sme však nenašli žiadneho jedinca vodných bezstavovcov. Napriek tomuto výsledku odporúčame aj naďalej sledovať vodnú faunu jaskyne. Pre nízky obsah organických látok v stojatej vode je prítomná fauna značne rozptýlená. Preto je prípadné zachytenie vzácnych obyvateľov týchto podzemných vôd často otázkou náhody.

ZÁVER

Výsledkom prieskumu sú prvé údaje o skladbe spoločenstiev suchozemskej a vodnej fauny Ochtinskej aragonitovej jaskyne.

Zloženie spoločenstiev suchozemských bezstavovcov jaskyne ovplyvnili dva významné faktory. Prvým z nich je absencia netopierov, a tým aj guána ako významného zdroja trofických sietí kavernikolných organizmov. Druhým faktorom je veľmi obmedzený výskyt ďalšieho typu organickej hmoty, akým je drevo. Ide síce o alochtónny materiál, ale jeho prítomnosť zásadným spôsobom determinuje rozvoj populácií hypogeickej fauny. Dominantnými a frekventovanými skupinami boli Collembola, Gamasida a Diptera. Z predátorov sme zistili iba dravé roztoče Gamasida, reprezentované druhom *Parasitus loricatus*. Makrofauna, s výnimkou spomínaných dvojkrídlovcov, v jaskyni chýbala.

Zatiaľ sa nepotvrdila očakávaná prezencia unikátnych foriem (endemitov) v jaskyni. Ich výskyt možno predpokladať vzhľadom na starobylý pôvod vrstiev hornín, v ktorých sa jaskyňa nachádza. Zaregistrovali sme tu však dva troglobiontné druhy chvostoskokov, ktoré sú endemitmi jaskýň Slovenského krasu. Indikujú spoločný vývoj subteránnej fauny masívu Hrádku s týmto územím. Celkový počet taxónov bezstavovcov zistený počas prvotného zoologického prieskumu nemožno považovať za konečný.

Dôležité údaje k spoločenstvám kavernikolnej fauny jaskyne možno očakávať z výsledkov dlhodobejšieho pokusu, pri ktorom sa sleduje rozvoj spoločenstiev bezstavovcov počas dekompozície exponovaného organického substrátu. Očakáva sa podchytenie ďalších druhov, ktoré mohli byť počas prvých sledovaní prehliadnuté.

Veľkou perspektívou je uskutočnenie výskumu v ďalších priestoroch jaskyne, konkrétne v prieskumných štôlniach. Z veľkého množstva prítomného dreva možno predpokladať zvýšenú koncentráciu jaskynných zoocenóz a tiež prítomnosť vzácnych foriem fauny.

Zaujímavou témou štúdií sa ukazuje aj vplyv prítomnej radiácie na kavernikolnú faunu. V populáciách prítomných druhov totiž možno očakávať zvýšený výskyt genetických mutácií vyvolaných týmto faktorom.

Vodná zložka fauny jaskyne je veľmi chudobná. Je však potrebné pokračovať v jej monitorovaní, pretože prítomnosť vzácnejších obyvateľov stojatej vody tejto zaujímavej podzemnej lokality nie je vylúčená.

Poďakovanie. Prieskum jaskyne sa uskutočnil v rámci projektov VEGA 1/0441/03 a 1/9203/02 a podporila ho aj Agentúra na podporu vedy a techniky prostredníctvom projektu č. APVT-20-035802. Ďakujeme Správe slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši za pomoc a podporu počas terénneho prieskumu. Naše poďakovanie tiež patrí pracovníkom jaskyne, ktorí nám pomohli pri výbere stacionárov a poskytli nám základné informácie o charaktere jej jednotlivých častí, ako aj Bc. Martinovi Lukáňovi, študentovi Prírodovedeckej fakulty UPJŠ v Košiciach, za aktívnu pomoc pri zbere fauny v jaskyni.

LITERATÚRA

BELLA, P. (2003). Slovensko – sprístupnené jaskyne. Grafon, Liptovský Mikuláš, 1 – 64.

BELLA, P. – LALKOVIČ, M. (2001). Ochtinská aragonitová jaskyňa. Grafon, Liptovský Mikuláš, 1 – 16.

BELLA, P. – ZELINKA, J. – PEŠKO, M. – GAŽÍK, P. (2001). Ochtinská aragonitová jaskyňa – nové poznatky z geovedného výskumu a monitoringu a ich aplikácia pri praktickej ochrane a starostlivosti. Slovenský kras, Liptovský Mikuláš, 39: 37 – 53.

BERNADOVIČ, F. (2000). Netopiere – tajomní obyvatelia jaskýň. Knižné centrum, Žilina, 1 – 120.

KOŠEL, V. (2000). Regionalizácia jaskynnej a krasovej fauny Západných Karpát. In: Mock A., Kováč Ľ., Fulín M. (eds.) Zbor. Ref. zo seminára „Fauna jaskýň (Cave Fauna)“, 20. – 21. 10. 1999 v Košiciach, Košice, 67 – 84.

KOŠEL, V. (2001). The Sciaridae (Diptera) from caves in Slovakia. Acta Univ. Carolinae, Biologica, 45: 73 – 78.

KOVÁČ, Ľ. (2000a). Porovnanie spoločenstiev chvostoskokov (Hexapoda, Collembola) v jaskyniach Ardovská, Domica a Čertova diera v Slovenskom krase. In: Mock A., Kováč Ľ., Fulín M. (eds.) Zbor. ref. zo seminára „Fauna jaskýň„, 20. – 21. 10. 1999 v Košiciach, Košice, 85 – 94.

KOVÁČ, Ľ. (2000b). A review of the distribution of cave Collembola (Hexapoda) in the Western Carpathians. Mémoires de Biospéologie, 27: 71 – 76.

KOVÁČ, Ľ. – KOŠEL, V. – MIKLISOVÁ, D. (1999). Collembola (Hexapoda) of the Slovak Paradise National Park associated with forest sites and caves. In: Tajovský K., Pižl V. (eds.) Soil Zoology in Central Europe. Proc. 5th Central European Workshop on Soil Zoology held in 27 – 30 April 1999, in České Budějovice, ISB AS CR, České Budějovice, Czech Republic, p. 161 – 167.

KOVÁČ, Ľ. – ĽUPTÁČIK, P. – MOCK, A. (2002). Článkonožce (Arthropoda) jaskyne Bobačka (Muránska planina). In: Uhrin M. (ed.): Výskum a ochrana prírody Muránskej planiny 3. ŠOP – Správa Národného parku Muránska planina, Revúca, 141 – 145.

MOCK, A. – KOVÁČ, Ľ. – ĽUPTÁČIK, P. – KOŠEL, V. – HUDEC, I. – FENĎA, P. (2002). Bezstavovce Važeckej jaskyne a vyvieračky Teplica (Kozie chrbty). Aragonit, Liptovský Mikuláš, 7: 30 – 32.

WILLMANN, C. (1936). Die Höhlenfauna des Glatzer Schneeberges. 7. Milben aus der Bergwerken beui Mährisch-Altstadt. Beitr. Biol. Glatz. Schneeberg., 2: 192 – 199.

Adresy autorov:
Doc. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Moyzesova 11, 040 01, Košice a Ústav zoológie SAV, Löfflerova 10, 040 01 Košice, e-mail: kovaclu@science.upjs.sk;
RNDr. Andrej Mock, PhD., Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Moyzesova 11, 040 01, Košice, e-mail: mocka@kosice.upjs.sk;
RNDr. Peter Ľuptáčik, Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Moyzesova 11, 040 01, Košice, e-mail: luptacik@kosice.upjs.sk;
Doc. RNDr. Igor Hudec, CSc., Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Moyzesova 11, 040 01, Košice a Ústav zoológie SAV, Löfflerova 10, 040 01 Košice, e-mail: hudec@saske.sk;
RNDr. Vladimír Košel, CSc., Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina B-1, 842 15 Bratislava, e-mail: kosel@fns.uniba.sk;
RNDr. Peter Fenďa, Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina B-1, 842 15 Bratislava, e-mail: fenda@fns.uniba.sk.

FIRST DATA ON INVERTEBRATES OF THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE (REVÚCKA VRCHOVINA MTS.)

S u m m a r y

The Ochtiná Aragonite Cave is situated in a small cryptokarstic area in the Revúcka vrchovina Mts. (Slovakia). An adit, 145 m long, enables access to the cave. Entrance is located 642 m a.s.l., length of the cave is roughly 300 m. The cave was created in a lens of Devonian crystalline limestones, deposited inside non-karstic rocks. It is composed of isolated subterranean cavities, originally without air communications with above ground. Air temperature ranges between 7.2 and 7.8 °C, relative air humidity being 92 – 97 %.

The cave was explored during two visits in 2003 (May and October). Investigations of the terrestrial cave invertebrates were carried out at four sites combining pitfall trapping (with several types of fixation liquids) and visual searching. Aquatic fauna was collected with planktonic net in a water pool and a small lake.

Composition of terrestrial invertebrate communities was mainly affected by total absence of bat guano, and limited occurrence of rotten wood, both important sources of subterranean trophic webs. Collembola, Acari – Gamasida and Diptera were dominant and frequent. From predators only Gamasida occurred, represented by *Parasitus loricatus*, while Araneae and predator Coleoptera (Carabidae, Staphylinidae) were absent. Totally, 14 invertebrate taxa were registered of which 8 species belonged to Collembola. The presence of local endemic taxa in the cave was not confirmed. *Deuteraphorura* cf. *kratochvili* and *Pseudosinella aggtelekiensis* are troglobitic forms inhabiting this hypogean locality and common in the caves of adjacent Slovak Karst region. Population of *Protaphorura* cf. *s-vontoernei* showed high variability in the morphological structure of the post-antennal organ as one of the possible consequences of high radiation level detected in the cave. Aquatic fauna of the cave seems to be very poor. From standing water present we collected only one juvenile specimen of Copepoda, that is likely representative of the above ground species dwelling wet mosses.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	129 – 139	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÝ SYSTÉM TECHNICKÝCH PRVKOV V OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNI

PETER GAŽÍK

Though mapped for several times, the Ochtiná Aragonite Cave has never been mapped comprehensively from the technical and service point of view. We present here an attempt to measure all the technical facilities in the cave in three-dimensional coordinates and to put them in a specialized technical geographic information system.

Key words: cave mapping, geographic information system, technical facilities, Ochtiná Aragonite Cave

ÚVOD

Ochtinskú aragonitovú jaskyňu v minulosti mapovali viackrát na rôzne účely. Po objavení jaskyne v roku 1954 zhotovil jej prvú mapu A. Droppa v roku 1956. Táto pôdorysná mapa nakreslená v mierke 1 : 500 podáva základný plán jaskyne s výstižným vykreslením najmä niektorých geomorfologických detailov tvaru hlavných chodieb a priestorov jaskyne. Keďže Banský bezpečnostný predpis pre jaskyne č. 3000/1975 prikazoval presné zameranie jaskyne, v zmysle tohto predpisu ďalšiu mapu vyhotovili J. Sýkora, J. Thuróczy a J. Kováč v roku 1983. Mapa bola vyhotovená podľa ČSN 013410 metódou číselnej tachymetrie a vyznačuje sa veľkou presnosťou polygónového ťahu, avšak obrysy chodieb sú ponímané viac schematicky v porovnaní s predchádzajúcou mapou. Súčasne sa zameral aj prístupový tunel, schodisko a chodník. Charakteristickým kvalitatívnym posunom bolo pripojenie mapy jaskyne na štandardnú československú trigonometrickú sieť – JTSK s výškovým systémom baltským po vyrovnaní. Vykreslená mapa bola v mierke 1 : 500 vložená do siete katastrálnych máp s udaním súradníc v JTSK. Takisto body polygónového ťahu majú vypočítané súradnice (x, y, z) v tejto sústave. Preto je mapa veľmi ľahko použiteľná aj v moderných geografických informačných systémoch. Práve zavedenie takéhoto systému na Správe slovenských jaskýň inšpirovalo spojiť obe vyššie spomenuté mapy, čo sa uskutočnilo počítačovým prispôsobovaním mapy A. Droppu presným súradniciam mapy J. Sýkoru. Tvary chodieb sa väčšinou prebrali od prvého autora. Vzniknutá nová mapa tak udáva v 2D priestore základný tvar pôdorysu jaskyne, ktorý je aj správne georeferencovaný.

Unikátnosť Ochtinskej aragonitovej jaskyne viedla k úvahám o ďalších možných prístupoch k jej čo najvýstižnejšiemu zmapovaniu. Po experimentovaní s viacerými počítačovými technológiami na priestorové mapovanie sme pristúpili k najsľubnejšiemu variantu z hľadiska možnosti realizácie a presnosti výstupu. Firma Ornth, s. r. o. z Banskej Bystrice, vedená priamo jej hlavným predstaviteľom J. Ornthom, zmapovala jaskyňu v roku 1997 podľa našich pokynov tak, aby bolo možné vytvoriť jej 3D (trojrozmerný) model. Prístup spočíval v zameraní priečnych profilov na charakteristických miestach chodieb a priestorov. Meranie bolo vykonané v 4. triede presnosti v systéme JTSK a BpV s pripojením na predchádzajúci polygónový ťah J. Sýkoru. Na určenie súradníc a bodov slúžila kombinácia merania a registrácie uhlov totálnou stanicou TOPCON GTS-212, pričom polygónové body sa zamerali na štandardnú výtyčku a registrovali sa aj merané dĺžky. Vzdialenosti podrobných bodov sa merali laserovým diaľkomerom DISTO s odrazom od povrchu steny jaskyne. Výsledné profily

boli navzájom počítačovo spojené do priestorového modelu jaskyne v programe Microstation s použitím strojárskej nadstavby Microstation Modeller. Vzniknutý model môže byť vhodnou bázou pre aplikáciu viacerých geovedných mapovaní viažucich sa na priestor (napr. geológia, hydrológia, geomorfológia, klimatológia, biospeleológia).

ZAMERANIE TECHNICKÝCH PRVKOV A TVORBA GIS

Bohaté možnosti počítačovej techniky umožňujú vzájomné prepojenia aj inak nezávislých programov do určitých spolupracujúcich systémov. Takéto systémy potom okrem iného umožňujú efektívnejšiu správu a evidenciu rôznych zariadení vrátane technického vybavenia jaskyne. V minulosti (1986) už doplnením mapy J. Sýkoru z roku 1983 vznikla mapa rozvodov energie a rozmiestnenia stálych svietidiel. Mapa dopĺňa pôdorys jaskyne o elektrické prvky, ako: tlačidlový spínač, elektrická rozvodová skriňa, jaskynný telefón, elektrické osvetľovacie teleso a hlavný silový kábel. Je to vlastne prvá mapa časti technických zariadení jaskyne. V roku 1996 sa v jaskyni zmenila elektroinštalácia, typy a umiestnenie svietidiel, ako aj vypínačov, pribudli ďalšie technické prvky.

Komplexné zameranie technických prvkov v Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa uskutočnilo až roku 2003. Meračská skupina J. Auxt, V. Horváth, M. Vími v novembri zamerala podľa našich požiadaviek všetky dostupné a viditeľné technické prvky v jaskyni: svietidlá, chodník, zábradlia, ochranné siete, inštalačné šachty, vodné ventily, vypínače a zásuvky, elektrické rozvádzače, pripojenia na walkmany, reproduktory a kamery. Okrem toho navyše aj dva biospeleologické stacionáre, inštaláciu klimatických sond (teplota horniny, vzduchu, aragonitu), miesta odberu priesakových vôd a aragonitový symbol jaskyne – Srdce Hrádku.

Meranie sa vykonalo polárnou metódou z bodov polygónového ťahu J. Sýkoru a z pomocných bodov. Tie boli určené metódou rajónov alebo pretínaním z dĺžok v súradnicovom systéme S-JTSK. Výšky sa určili trigonometrickou metódou vo výškovom systéme BpV. Na meranie sa použili prístroje LEICA TC 1800. Presnosť určenia súradníc meraných bodov zodpovedá 3. triede presnosti. Práca bola dodaná ako 2D výkres v programe Microstation s technickou správou a zoznamom všetkých meraných bodov s ich 3D súradnicami. Z tohto podkladu bolo potrebné vytvoriť geografický informačný systém, najlepšie v trojrozmernom priestore tak, aby presne zapadol najmä do vyššie spomenutého priestorového modelu jaskyne. Navyše sa v rámci tvorby GIS technické prvky zatriedili do kategórií podľa ich podstaty a k vybraným prvkom bola pripojená relačná databáza Access, bližšie charakterizujúca niektoré ich vlastnosti, konzultované s technickým úsekom SSJ (typ – značka, príkon, napätie, IP ochrana, popis).

Výsledkom je geografický informačný systém, v ktorom možno vyhľadávať a vyberať prvky na základe ich druhu, vlastnosti alebo kombinácie druhu a vlastnosti. Databázu možno nezávisle od grafiky aktualizovať a spravovať bez narušenia prepojenia na grafický výstup realizovaný prostredníctvom programu Microstation v prostredí geografického informačného systému firmy Intergraph – MGE (Modular GIS Environment). Vyhľadávacie a výberové nástroje sú, žiaľ, obmedzené tým, že SSJ vlastní len základný balík programov MGE, ktoré poskytujú tomu zodpovedajúce funkcie.

Prostredie MGE sa na SSJ zvolilo pred niekoľkými rokmi a jeho veľkou prednosťou na zobrazovanie trojrozmerného uzavretého priestoru je využívanie silného CAD nástroja ako grafického rozhrania – programu Microstation firmy Bentley. Konkurenčné GIS nástroje – napr. ArcView, ArcInfo – sú takisto veľmi silné, vytvorené sú však najmä pre povrchové javy, hoci aj v 3D zobrazení (napr. povrch zeme), avšak nevhodné pre priestorové telesá formy jaskýň.

Samotná firma Intergraph v súčasnosti takisto prechádza viac na podporu tohto prístupu cez svoj nový rad produktov pod označením Geomedia, ktoré už majú vlastný grafický nástroj na zobrazovanie máp. Prostredie MGE je síce stále podporované, ale už zrejme s menšou perspektívou.

Napriek tomu vytvorenie 3D technického GIS spojením programu Microstation s databázou Access má perspektívu vďaka produktu firmy Bentley – Microstation Geographics, ktorý priamo do prostredia Microstation implementuje veľmi účinné a praktické nástroje GIS, vrátane prepojenia na externé databázy a migráciu projektov z prostredia MGE.

ZÁVER

Geografické informačné systémy prenikajú čoraz viac do bežného života. Ich funkcia už nespočíva len v správnom geografickom zobrazení výskytu nejakého javu v kontexte štátu, krajiny alebo zemegule. Mnohokrát sa stávajú aj účinným nástrojom na správu a manažment technických zariadení (facility management), a pomáhajú tak zefektívniť a sprehľadniť aj tento úsek ľudskej činnosti.

LITERATÚRA

HOCHMUTH, Z. (1995). Mapovanie jaskýň. Liptovský Mikuláš (SSS).
LALKOVIČ, M. (1972). Základy meračských prác. Spravodaj SSS 3, 4, Liptovský Mikuláš, 5 – 28.
LALKOVIČ, M. (1980). Základné poznatky v oblasti merania dĺžok v speleologickom prostredí. Slovenský kras 18, Martin, 59 – 95.
LALKOVIČ, M. (1985). Príspevok k histórii merania a mapovania jaskýň na Slovensku. Slovenský kras 23, Martin, 145 – 170.
SÝKORA, J. (1979). Základné problémy speleologickej meračskej činnosti. Spravodaj SSS 2/1979, Mikuláš, 89 – 99.
SÝKORA, J. (1983). Bezpečnostný predpis pre jaskyne a meračská dokumentácia jaskýň Liptovský Spravodaj SSS 20, 2, Liptovský Mikuláš, 58 – 60.
TUČEK, J. (1998). Geografické informační systémy. Praha (Computer Press).

Adresa autora: Ing. Peter Gažík, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš,
e-mail: gazik@ssj.sk

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF THE TECHNICAL FACILITIES IN THE OCHTINÁ ARAGONITE CAVE

S u m m a r y

After several mappings of the Ochtiná Aragonite Cave, a comprehensive mapping of technical facilities in the cave was completed in 2003. We measured the footpath, handrail, protective wire nets, electric switches and distributors, lights, walkman connectors, loudspeakers for foreign language commentaries, cameras for observing the visitors from the surface, installation shafts and water taps for cleaning the footpath. These elements were categorized into features and put to the geographic information system. A relational database was connected to selected features, describing desired attributes of the features. The resulting system enables queries on features, attributes and their combinations. MGE system by Intergraph was used as GIS environment, with Bentley's Microstation graphical engine and Microsoft's Access relational database.

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	141 – 145	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

OCHRANA, STAROSTLIVOSŤ A PREVÁDZKA OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE

JOZEF HLAVÁČ – ĽUBICA NUDZÍKOVÁ

The Ochtiná Aragonite Cave became a world-known phenomenon of protected nature in the past 50 years of human knowledge. It has been inscribed on the World Natural and Cultural Heritage List of UNESCO since 1995. The institutions, which administered the cave since its discovery in 1954, were striving to maintain its original state. The cave was opened for the public in 1972 and more than 840 thousand of visitors paid a visit here. At present, the protection and operation of the cave is secured by up to date audio and computer technologies. Cave attendance has protection limits, set up on the basis of environmental monitoring.

Key words: Ochtiná Aragonite Cave, protection, show cave care and operation, attendance limits

Ochtinská aragonitová jaskyňa sa za päťdesiat rokov ľudského poznania stala svetovým fenoménom prírody. Domnievame sa, že oprávnene, pretože jej prírodné danosti sú výnimočné a ojedinelé v porovnaní aj s inými známymi aragonitovými jaskyňami vo svete. Koncentrácia a formy výskytu aragonitovej výplne jaskyne upútali aj výskumných odborníkov z Medzinárodnej organizácie ochrany prírody. Títo odporučili na schválenie nominačný projekt Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu s rozšírením o Ochtinskú aragonitovú jaskyňu, ktorá sa nachádza v Slovenskom rudohorí. A tak od roku 1995 je jaskyňa vyhlásená UNESCO za svetové kultúrne a prírodné dedičstvo.

Cesta, ktorá viedla k tomuto poznaniu i oceneniu, však bola neraz tŕnistá a značne komplikovaná. Po objave jaskyne v roku 1954 sa spočiatku za krasový výtvor ani nepovažovala. Išlo o práce vykonávané banskou činnosťou, a tak sa aj k neznámym dutinám pristupovalo. Skôr ako zareagovali orgány štátnej správy či jaskyniarske inštitúcie dochádzalo, k sporadickému poškodzovaniu aragonitovej výplne. Rozsah poškodenia tejto unikátnej výplne od objavu až po sprístupnenie jaskyne verejnosti spracovalo a zdokumentovalo v deväťdesiatych rokoch minulého storočia Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva.

S časovým odstupom niekoľkých desaťročí predsa len možno zhodnotiť aj formy ochrany prírody vo vtedajšom spoločenskom zriadení. Zákon o ochrane prírody bol pomerne benevolentný a jeho uplatňovanie vo vzťahu ku krasu a jaskyniam záviselo od jeho vykladateľov a najmä realizátorov.

Praktickú ochranu a starostlivosť o Ochtinskú aragonitovú jaskyňu od jej objavenia zabezpečovalo viacero podnikov a inštitúcií. Najskôr to bol Východoslovenský rudný prieskum, od roku 1956 Turista, n. p. a jeho speleologické oddelenie, keď jeho zamestnanci vykonali aj podrobnejší prieskum. Na základe spracovanej dokumentácie a schválenej investičnej úlohy sa prvýkrát roku 1958 prezentovala myšlienka sprístupnenia jaskyne širokej verejnosti. Turista podnik cestovného ruchu roku 1963 zanikol a jaskyňu v tom istom roku prevzali Tatranské hotely v Starom Smokovci.

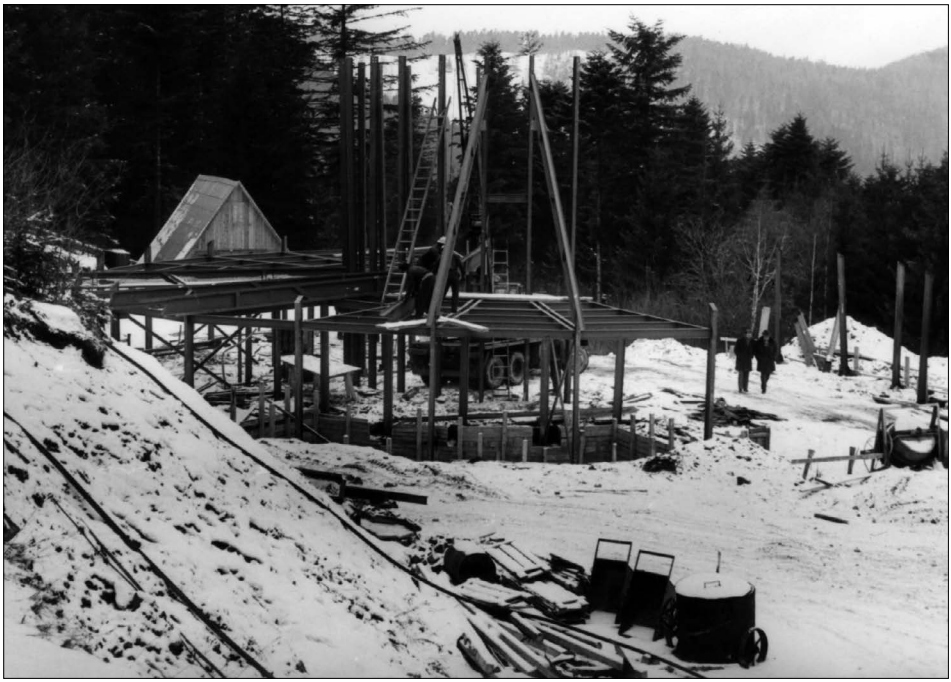
Od novembra 1965 spravovalo jaskyňu Východoslovenské múzeum v Košiciach; za jeho pôsobenia sa po roku začalo so sprístupňovacími prácami. Tento významný krok k poznaniu jaskyne ukončila už Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, keď 1. júla 1972 sprístupnili jaskyňu verejnosti. Výstavba vstupného areálu sa oneskorila, tento sa otvoril pre návštevníkov až po roku 1976.

Časté striedanie spravovateľov jaskyni, najmä jej ochrane istotne neprospelo. Nedokonalé uzatvorenie banskej štôlne Kapusta ako prístupovej cesty k jaskyni malo svoje neblahé dôsledky na poškodení časti aragonitovej výplne. Tento stav trval od objavu trinásť rokov, než sa skončila výstavba novej vstupnej štôlne r. 1967 a pôvodný vstup sa definitívne uzatvoril.

Z pohľadu ochrany jaskyne je zaujímavý lokalitný program na jej sprístupnenie z roku 1959, spracovaný Turistom, n. p. Tento stanovil prehliadkovú trasu a podmienky, ako čo najviac ochrániť interiér jaskyne pri predpokladanej vysokej návštevnosti. Aj z dnešného pohľadu nie je nezaujímá myšlienka viesť väčšinu chodníka v jaskyni na pilotách tak, aby sa nenarušil pôvodný charakter jaskyne. Limitujúcou sa stala istotne priechodná výška chodieb, pretože návštevník by skorej dosiahol ich strop s aragonitovou výplňou, čo sa ukázalo ako neprípustné. Lokalitný program riešil aj otázku okrových výplní, ktoré znehodnocovali estetický dojem a „znečisťovali" časť obličkovitej aragonitovej výplne; rovnako sa to dotýkalo aj mramorov, preto sa postupne tieto miesta v jaskyni čistili.

Následné projekty riešili ochranu aragonitovej výplne účinným, ale veľmi necitlivým a neestetickým vybudovaním úplných zábran, tzv. „tigrích klietok". Návštevník sa cítil v jaskyni ako nepozvaný hosť. Možno však pripustiť, že v tom čase tieto zábrany splnili svoju úlohu. Po vyhlásení jaskyne za svetové dedičstvo roku 1995 sa zábrany zrušili a jej ochrana sa zabezpečila iným spôsobom v rámci komplexnej rekonštrukcie prehliadkovej trasy v rokoch 1996 – 1997.

Rekonštrukciu prehliadkovej trasy v týchto rokoch riešil tím odborníkov Správy slovenských jaskýň komplexne. Významnou sa ukázala nová osvetľovacia štúdia spracovaná firmou



Obr. 1. Montáž oceľovej konštrukcie vstupnej budovy do Ochtinskej aragonitovej jaskyne dňa 28. 1. 1975. Foto: M. Erdős

Obr. 1. Installing the steel construction of an entrance building into the Ochtiná Aragonite Cave from january 28, 1975. Photo: M. Erdős

COMLUX z Bratislavy. Podarilo sa dosiahnuť kvalitné nasvietenie jaskyne na úrovni doby. Priorita sa postavila na ochranárskom aspekte, keď štúdia vyriešila relatívnu blízkosť aragonitu po likvidácii starých zábran a otvorení sa priestoru prehliadkovej trasy. Kritické miesta sa jednoducho neosvetlili a návštevníci tieto útvary neuvidia. Naopak nasvetlením sa upozorňuje na miesta s unikátnou výplňou, na ktoré návštevník nedosiahne. Len niekoľko málo miest je chránených jednoduchými zábranami z pletiva, kde sa ochrana nedala vyriešiť inak.

Svetelno-technická štúdia zahrnula i úplnú výmenu elektrickej rozvodnej siete. Kabeláž sa umiestnila do chráničov, ktoré sú uložené buď do prehliadkovej trasy, alebo tesne mimo nej tak, aby jaskyňa ostala „čistá" pre návštevníkov. Samozrejme, že súčasne sa vyriešila otázka komunikačného a dorozumievacieho systému medzi pokladňou a jaskyňou.

Asi najvýznamnejší ochranársky problém v samotnej jaskyni sa riešil v súvislosti s požiadavkou prevádzky na zokruhovanie prehliadkovej trasy. Ide o prepojenie trasy medzi Hlbokým dómom a Mliečnou cestou cez Oválnu chodbu. Úprava by sa dotýkala 12 m trasy s likvidáciou časti materskej horniny – mramorov. Pokusy o napílenie mramorov boli neúspešné. Na druhej strane technické rozrušenie horniny by bolo také rozsiahle, že by istotne poškodilo prírodný charakter jaskynného prostredia. Komisia menovaná riaditeľom Správy slovenských jaskýň neodporučila realizovať požiadavku prevádzky na zokruhovanie trasy.

Následne v rokoch 1998 a 2000 vykonala firma IMAD z Dúbravy čiastkové úpravy prehliadkovej trasy v Hlbokom dóme, Čarovnej chodbe i okolia Siene Mliečnej cesty.

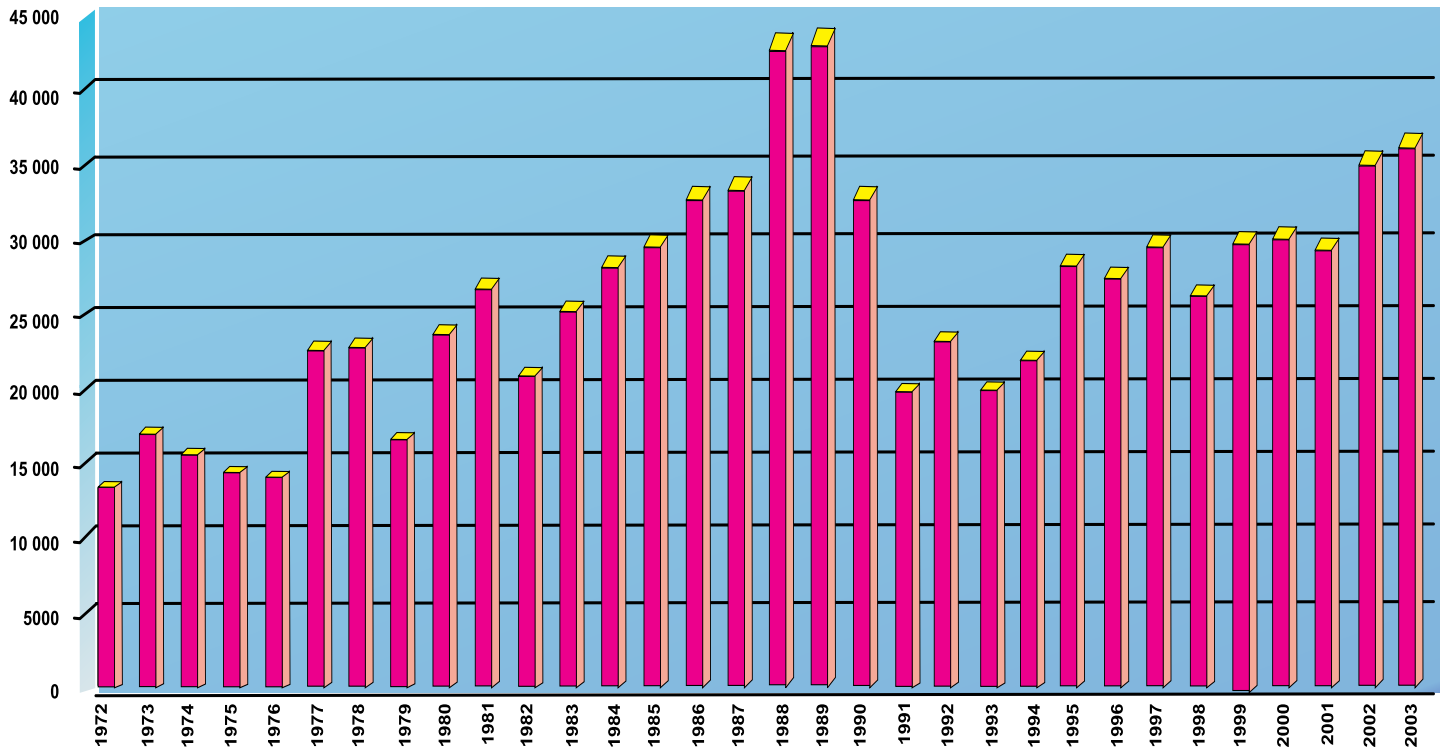
Po dobrých skúsenostiach v Demänovskej jaskyni slobody sa rozhodlo o inštalácii kamerového systému aj v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Systém navrhli a zhotovili zamestnanci firmy TELSYS z Liptovského Mikuláša pred sezónou roku 2001. Tvorí ho 9 kamier rozmiestnených v jaskyni i vstupnej hale a umožňuje sledovať obraz prípadne aj všetkých kamier súčasne na farebnom monitore. Cieľom je zabezpečiť kvalitnú prevádzku, no najmä posilniť ochranárske aktivity v samotnom podzemí. Návštevníci pred vstupom do podzemia sú upozorňovaní, že ich pohyb sledujú kamery. Systém umožňuje zhotoviť záznam videosignálu na pomalobežné video v rozsahu 168 hodín.

Všetky tieto technické a iné opatrenia sú vítanou pomocou pri ochrane a starostlivosti o národnú prírodnú pamiatku Ochtinskú aragonitovú jaskyňu. Nemožno však celkom nahradiť pôsobenie človeka v jaskyni pri spomínaných jej hodnotách. Od roku 1996, keď sa zrušili staré zábrany, sa stanovil limit návštevnosti na jedného sprievodcu na 10 osôb. Je teda bežným javom, že v sezóne vidíme s výpravou v podzemí aj 5 sprievodcov, ktorí aj svojím služobným oblečením vplývajú na návštevníkov, aby dodržiavali stanovené pokyny. Prípady poškodenia aragonitovej výplne sa v posledných rokoch neudiali.

V roku 2000 odborní zamestnanci Správy slovenských jaskýň spracovali Program starostlivosti o národnú prírodnú pamiatku Ochtinská aragonitová jaskyňa, ktorý schválilo Ministerstvo životného prostredia SR. Tento dokument určuje opatrenia na zlepšenie stavu alebo odstránenie príčin ohrozenia v oblasti legislatívy, praktickej starostlivosti, monitoringu, environmentálnej výchovy a spolupráci s verejnosťou. Za uplynulé obdobie takmer 4 rokov sa značná časť stanovených úloh splnila.

Prevádzka sprístupnenej jaskyne je komplex služieb, ktoré je nevyhnutné zabezpečovať pre príjemný zážitok návštevníka z prírodného fenoménu. Predovšetkým je to starostlivosť o vstupný areál a jeho infraštruktúru v horských podmienkach. Od roku 1995 prešiel areál etapovite rôznymi rekonštrukciami. K nemu patrí parková úprava okolia, parkovisko, prístupové cesty, vlastný zdroj pitnej vody, elektrorozvody, informačné tabule, zabezpečovací systém a iné.

Vo vstupnom areáli sa poskytujú nevyhnutné služby formou bufetového a bazárového predaja. Po vyhlásení jaskyne za svetové prírodné dedičstvo sa tu inštalovala stála výstava,



Obr. 2. Návštevnosť Ochtinskej aragonitovej jaskyne v rokoch 1972 – 2003
Obr. 2. Attendance rate of the Ochtiná Aragonite Cave in 1972 – 2003

ktorá sa bude rekonštruovať roku 2004 v spolupráci so Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši.

Predaj vstupeniek a zmenáreň sú vybavené počítačovou technikou s vlastným softvérom a prispievajú k operatívnosti a kultúrnosti prevádzky. Nemenej dôležitá je hygiena areálu, jaskyne i okolia, ktorej sa venuje personál prevádzky dennodenne.

Historicky prvým správcom Ochtinskej aragonitovej jaskyne bol menovaný Ondrej Takáč, ktorý prevádzke šéfoval v rokoch 1972 – 1981. V jednoročných periódach sa vo funkcii vystriedali v rokoch 1981 – 1983 Bernadeta Brtková a Vojtech Koncz. Od roku 1983 do súčasnosti je správcom jaskyne Ján Ujházy z Rožňavského Bystrého.

Od roku 1972 až do konca roka 2003 jaskyňu navštívilo 839 163 turistov a milovníkov prírodných krás. Jaskyňa je obľúbeným miestom návštev prezidentov, premiérov, členov diplomatického zboru i vzácnych zahraničných hostí. Správa slovenských jaskýň sa vo svojom programe ochrany prírody zameriava aj na únosnosť počtu návštevníkov. Monitorovací systém preukázal zmeny zložiek ovzdušia v jaskyni vplyvom návštevnosti. Rovnako sa však potvrdilo, že fenomén jaskyne má úžasnú regeneračnú schopnosť a režim sa rýchlo upraví na pôvodné hodnoty (asi do 1 hodiny po opustení podzemia posledným návštevníkom), čo je predmetom iných príspevkov.

Na tomto základe sa stanovila maximálna návštevnosť na jedného sprievodcu 10 osôb a maximálna denná návštevnosť 800 osôb, s cieľom postupne presunúť vyššiu návštevnosť do mesiacov mimo júla a augusta. Ochtinská aragonitová jaskyňa sa zo súčasných sprístupnených jaskýň najviac sleduje a je prvou v rade na prípadné limitovanie návštevnosti v budúcom období.

LITERATÚRA

Archív Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš.

BELLA, P. – LALKOVIČ, M. (2001). Ochtinská aragonitová jaskyňa, Liptovský Mikuláš, 7 – 10.

BELLA, P. – ZELINKA, M. – PEŠKO, M. – GAŽÍK, P. (2001). Ochtinská aragonitová jaskyňa – nové poznatky z geovedného výskumu a monitoringu a ich aplikácia pri praktickej ochrane a starostlivosti. Slovenský kras, 39, 37 – 53.

HLAVÁČ, J. – BELLA, P. (1996). Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu vo svetovom prírodnom dedičstve. Aragonit 1, 3 – 5.

HLAVÁČ, J. – LAZIŠŤAN, D. (1999). Prevádzka sprístupnených jaskýň, Správa slovenských jaskýň, 30. výročie založenia, Liptovský Mikuláš, 13 – 14.

JANEČEK, J. (1994). Prehľad návštevnosti sprístupnených jaskýň na Slovensku za rok 1993, Sinter 2, 22.

LALKOVIČ, M. (1993). Návštevnosť jaskýň na Slovensku, Sinter 1, 18 – 19.

LALKOVIČ, M. (1998). Bývalé poškodzovanie aragonitovej výplne Ochtinskej aragonitovej jaskyne, Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, 87 – 95.

NUDZÍKOVÁ, Ľ. (1997 – 2003). Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 1996 – 2002, Aragonit 2 – 8.

OČKAIK, Ľ. (1995). Návštevnosť sprístupnených jaskýň za rok 1994, Sinter 3, 11.

OČKAIK, Ľ. (1996). Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 1995, Aragonit 1, 20 – 21.

Adresy autorov:

Ing. Jozef Hlaváč, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, e-mail: caves@ssj.sk

Ing. Ľubica Nudzíková, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, e-mail: lubica@ssj.sk

SLOVENSKÝ KRAS (ACTA CARSOLOGICA SLOVACA)	XLII	147 – 151	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2004

RECENZIE

J. LACIKA (Ed.): ZBORNÍK REFERÁTOV – 1. KONFERENCIA ASOCIÁCIE SLOVENSKÝCH GEOMORFOLÓGOV PRI SAV.
Asociácia slovenských geomorfológov pri SAV, Bratislava 2000, 118 strán

V dňoch 21. – 23. septembra 2000 sa v Liptovskom Jáne uskutočnila 1. konferencia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV, ktorej sa zúčastnilo 23 geomorfológov zo Slovenska a Českej republiky. Na podujatí bolo prednesených 20 referátov. RNDr. Ján Lacika, CSc., vedecký pracovník Geografického ústavu SAV v Bratislave a tajomník asociácie, z nich zostavil samostatný zborník, ktorý prináša množstvo nových poznatkov z geomorfologických výskumov vrátane problematiky krasu a jaskýň, najmä z územia Slovenska.

Zborník vyšiel v náklade iba 50 ks, s čím súvisí aj jeho obmedzená distribúcia zväčša iba pre vedecké pracoviská a knižnice, niektoré odborné organizácie a členov asociácie. Preto na stránkach zborníka Slovenský kras považujeme za potrebné stručne upozorniť na jednotlivé referáty – samozrejme s dôrazom na referáty s karsologickou a speleologickou tematikou, ktoré významnou mierou prispievajú k spoznávaniu krasového fenoménu Západných Karpát a možno ich využívať pri ďalších výskumoch. Všetky referáty v zborníku sú recenzované.

V úvode editor zborníka stručne charakterizuje a hodnotí priebeh konferencie, ako aj Valného zhromaždenia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV, ktorá bola založená v decembri 1996 a už v roku 1997 sa stala riadnou členskou organizáciou Medzinárodnej geomorfologickej asociácie (IAG). Nasledujú jednotlivé referáty zoradené abecedne podľa autorov.

D. Barabas analyzuje a hodnotí vplyv geologických pomerov kontaktu mezozoika a neogénu na hydrologické pomery povodia Bodvy, pričom konštatuje vplyv krasu na hydrologický režim povodia dolnej Bodvy (okrem vlhkých rokov dochádza pod profilom Medzev k infiltrácii vody z riečiska do horninového podložia).

P. Bella charakterizuje genetické typy jaskynných priestorov v Demänovskej doline (fluviokrasové, fluviokrasovo-rútivé, fluviokrasovo-rozsadlinové, rozsadlinové, rozsadlinovo-rútivé a rozsadlinovo-korózne jaskynné priestory, ako aj jaskynné priestory vytvorené koróziou presakujúcich atmosférických vôd, mrazovým zvetrávaním a procesmi svahovej modelácie). V rámci fluviokrasových jaskynných priestorov rozlišuje jaskynné úrovne – epifreatické horizontálne chodby viažuce sa na vývery podzemných vodných tokov, šikmo-kolenovito ohnuté chodby freatických sifónov, klesajúce vadózne jaskynné chodby vytvorené alochtónnymi vodnými tokmi, klesajúce vadózne jaskynné chodby vytvorené občasnými autochtónnymi vodnými tokmi, horizontálne alebo mierne klesajúce jaskyne vytvorené bočným ramenom Demänovky na okraji bývalého povrchového riečiska. Pri charakterizovaní jaskynných úrovní sú uvedené aj novšie poznatky o ich datovaní. Autor poukazuje i na viaceré problémy a zámery ďalšieho geomorfologického výskumu s cieľom spresnenia a doplnenia doterajších poznatkov o genéze jaskýň v Demänovskej doline (zahlbovanie riečiska Demänovky v Demänovskej jaskyni slobody, problematika korelácie horných jaskynných úrovní v brale Bašta, štruktúrno-tektonická predisponovanosť a genéza freatických sifónov, problematika korelácie jaskynných úrovní v brale Vyvieranie s jaskynnými úrovňami Demänovskej jaskyne mieru a Suchej jaskyne, Jaskyňa v Malom Sokole ako najvyššia vývojová úroveň, polemika o genéze horných častí Demänovskej jaskyne slobody nad Královou galériou a Jánošíkovým dómom, genéza vadóznych kaskádových jaskynných priestorov vo vrcholovej časti Krakovej hole, polemika o genéze Studne na Jame, indície neotektonických pohybov v jaskynných priestoroch).

J. Činčura poukazuje na viac ako 200 miliónov rokov starý alpínsky kras v centrálnych Západných Karpatoch. Ranokimérsky (vrchnotriasovo/spodnojurský) kras je doložený z tatrika (fatrika?) a silicika. Urgónsky (aptsko/albský) kras je známy zo stykovej oblasti južného tatrika a severného fatrika. Paleoalpínsky (kriedový) kras v hroniku a siliciku sa pravdepodobne vytváral od spodnej kriedy až po senón (predsenónsky kras), resp. paleogén (predpaleogénny kras), teda aj počas predkompresného obdobia a presunu príkrovov. Neoalpínsky (neogénno/kvartérny) kras sa začal vytvárať asi už na eggenburskej súši a jeho vývoj pokračoval počas celého miocénu, pliocénu a kvartéru.

T. Cebecauer, J. Hofierka a M. Šúri sa zaoberajú hodnotením vplyvu kvality údajov z topografických máp, leteckých snímok a terénneho mapovania na modelovanie povrchového odtoku vody a s ním súvisiacich procesov na platforme geografických informačných systémov.

L. Dzurovčin a J. Harčár analyzujú a rozlišujú typy morfoštruktúr pohorí východoslovenského vonkajšieho flyša (tektonické kryhy s brachyantiklinálnou vnútornou stavbou, tektonické kryhy so šupinatou, resp. neindentifikovateľnou vnútornou stavbou, typické antiklinály, typické brachyantiklinály, monoklinálne štruktúry, priekopové prepadliny, tektonické kryhy s brachyantiklinálnou vnútornou stavbou a tektonickou predispozíciou, erózno-denudačné brázdy viažuce sa na starší systém zlomov, tektonické kryhy s brachyantiklinálnou vnútornou stavbou, brachyantiklinály s erodovaným jadrom, tektonické kryhy so zložitou vnútornou stavbou).

Z. Hochmuth charakterizuje krasový georeliéf Jánskej doliny vo vzťahu k jej predkvartérnemu i kvartérnemu vývoju. V rámci predkvartérneho vývoja načrtáva genézu jaskýň a priepastí v krasových plošinách Ohnište a Kosienky vrátane jaskyne Starý hrad, Jaskyne v Záskočí a Javorovej priepasti, ktoré vznikli za iných podmienok povrchovej konfigurácie georeliéfu, ako aj za inej hydrografickej situácie, s akou sa stretávame v súčasnosti. S tým súvisia viaceré problémy datovania genézy týchto i ďalších vysoko položených podzemných krasových foriem. V rámci kvartérneho vývoja Jánskej doliny je podaný prehľad rekonštrukcie riečnych terás a jaskynných úrovní vrátane ich vzájomnej paralelizácie. Osobitná pozornosť sa venuje problému tzv. konvergencie, resp. divergencie povrchových a podzemných riečisk (úseky podzemného toku Štiavnice majú nepatrný a menší sklon, ako je sklon jej povrchového riečiska). V súvislosti s vývojom jaskýň sa charakterizujú hydrografické pozície vyvieračiek, najmä vo vzťahu k vytváraniu jaskynných úrovní.

V ďalšom referáte sa Z. Hochmuth zaoberá geomorfologickým vývojom strednej časti doliny Bodvy vo vzťahu ku krasovému fenoménu okraja Slovenského krasu. Uvádza základnú charakteristiku Moldavskej jaskyne – morfológie, jaskynných sedimentov a genézy v súvislosti s vytváraním terasovo-nivného systému Bodvy v štvrtohorách. Ďalej poukazuje na vybrané formy povrchového georeliéfu (riečna niva, riečne terasy v relatívnych výškach 10 m a 35 – 40 m) a načrtáva geomorfologický vývoj georeliéfu a hydrografie južnej časti Medzevskej pahorkatiny s diskusiou o možnom presmerovávaní toku „predchodkyne“ Bodvy vo východnej časti Slovenského krasu.

J. Hradecký na príklade segmentov koryta rieky Morávka (úsek s divočením toku, úsek s laterálnou eróziou toku, úsek s hĺbkovou eróziou toku) charakterizuje súčasnú morfodynamiku korýt vodných tokov v Západných Beskydách.

J. Jakál predkladá genetickú klasifikáciu poljí v krase Slovenska. Rozlišuje polja náhorných plošín a polja na kontakte krasu a nekrasu. Polja náhorných plošín delí na aktívne (Pôlč v Bystrickej vrchovine a Geravy v Slovenskom raji) a neaktívne (paleopolja na Silickej a Plešivskej planine pôvodne označované ako krasové priehlbne; semipolje Dlhá Lúka na Muránskej planine vytvorené na styku dolomitov a vápencov; exhumované Mojtínske paleopolje formované v paleocéne ako forma tropického krasu, následne vyplnené eocénnymi štrkmi a pieskami a exhumované v pliocéne a kvartéri). V rámci poljí na kontakte krasu a nekrasu uvádza aktívne okrajové polje (Randpolje) ako prechodnú formu od slepej doliny (Dlhoveské polje v Slovenskom krase) a čiastočne aktívne okrajové polje silne predisponované tektonickým poklesom krýh skrasovatených vápencov po usadení poltárskeho súvrstvia (Skalické polje na južnom okraji planiny Koniar).

J. Košťálik prezentuje výsledky röntgenových analýz pôd typu „terra rossa“ z dvoch lokalít v Slovenskom krase. Terra rossa na lokalite Kečovo vznikla v subtropických podmienkach v miocéne (pred bádenom), o čom svedčí aj vysoký obsah kaolinitu. Terra rossa na lokalite Soroška vznikla v pleistocéne v interglaciáloch D/G, resp. G/M.

J. Lacika sa zaoberá problematikou mechanizmu exhumácie pochovaných foriem georeliéfu. Charakterizuje viaceré formy exhumovaného georeliéfu (exhumované zlomové svahy, exhumovaný kras, exhumované zarovnané povrchy) s dôrazom na exhumovaný georeliéf v slovenských Karpatoch a predkladá vývojovú schému exhumovaného georeliéfu s následnou diskusiou o kruhovej a špirálovej vývojovej schéme. Konštatuje, že pre naše potreby sa vhodnejšou javí špirálová vývojová schéma, ktorá nepripúšťa reverzibilnosť geomorfologického vývoja, pričom dochádza len k zdanlivému návratu do určitého východiskového stavu.

M. Lehotský charakterizuje geomorfologické pomery Hybského krasu v Liptovskej kotline s dôrazom na exhumáciu v jeho východnej časti (juhovýchodne od obce Hybe). Exhumovaná časť krasového územia morfologicky predstavuje prírodný systém periodicky pretekanej asymetrickej doliny. Vyčlenených je osem geomorfologických typov územných celkov (sedlový typ s iniciačnou funkciou pohybu vody a materiálu, chrbtovo-plošinový typ s infiltráciou zrážkovej vody a zdrojovou funkciou, medziuvalinovité chrbty s infiltračno-prietokovou funkciou, uvaliny so závrtmi a infiltračnou funkciou, dno periodicky prietokovej doliny s líniovým presunom vody a materiálu, oblý chrbát s infiltračnou funkciou a výskytom závrtov, exhumované stráne s výskytom škráp a infiltračnou funkciou, kaňonovité ústie doliny s prietokovou funkciou uzatvárajúce celý systém doliny).

Ľ. Mičian predkladá hypotézu o neogénnych geomorfologických triolách v Malých Karpatoch na území Bratislavy. Neogénnu geomorfologickú triolu definuje ako časť pohoria, v ktorej ležia fragmenty troch systémov zarovnaných povrchov, javiace sa ako tri stupne (plošiny) v rôznych nadmorských výškach, oddelené miernymi denudačnými (nie zlomovými) svahmi.

J. Minár sa z metodického hľadiska zaoberá problematikou tvorby komplexnej geomorfologickej mapy Devínskej Kobyly, ktorej súčasťou obsahu sú morfometrické, morfogenetické, morfochronologické a morfodynamické charakteristiky georeliéfu, ako aj vzťahové (priestorovo-polohové) charakteristiky vyjadrujúce mieru priestorovej interakcie jednotlivých elementov georeliéfu.

T. Pánek v dvoch referátoch charakterizuje geomorfologické prejavy zlomov v okolí Jablunkovskej brázdy a zosuvy pod vrchom Žiar v Považskej Bystrici. M. Stankoviansky sa zaoberá datovaním tvorby permanentných výmoľov na základe historických podkladov (na príklade výmoľov v katastroch Bukovca a Prietrže v Myjavskej pahorkatine).

J. Urbánek na príklade južnej časti Malých Karpát analyzuje vzťahy a súvislosti medzi geomorfologickou a neotektonickou mriežkou. Geomorfologické rozhrania môžu byť prejavom priestorových zmien v odolnosti hornín alebo sú rozhraniami medzi rôznymi generáciami geomorfologických foriem. Geomorfologické rozhrania nevytvárajú mriežku, ak sú súčasťou stromovitej siete vytvorenej erózno-denudačnými procesmi. V mnohých prípadoch však aj táto sieť môže zreteľne indikovať prítomnosť a charakter neotektonických pohybov.

M. Zaťko posudzuje a hodnotí vplyv georeliéfu (riečne terasy, náplavové kužele, glaciálne akumulačné formy, glaciofluviálne kužele) na podzemné vodné zdroje Slovenska. R. Novodomec rozlišuje a charakterizuje zarovnané povrchy v Levočských vrchoch a ich predpolí (povrchy stredohorského systému zarovnávania, zvyšky podstredohorskej a poriečnej rovne).

Ako vidieť z uvedeného prehľadu a základných údajov o jednotlivých referátoch, zborník môžu okrem „nekrasových" geomorfológov v značnej miere využiť aj odborníci špecializujúci sa na výskum krasu a jaskýň. Hoci prináša množstvo nových a zaujímavých poznatkov z posledných geomorfologických výskumov, veľmi nízky náklad dosť obmedzuje jeho širšie využitie v odborných kruhoch. Treba však podotknúť, že zborník sa vydal vďaka aktívnemu prístupu editora za výrazne obmedzených finančných podmienok.

Pavel Bella

B. P. ONAC: GEOLOGIA REGIUNILOR CARSTICE.
Editura Didactica si Pedagogica, R. A., Bucureşti 2000, 399 strán

Najnovšia monografická publikácia o krase a jaskyniach v Rumunsku, ktorá vyšla 25 rokov po vydaní podobnej publikácie Morfologia carstica od M. Bleaha. Výsledkom pokračujúcich karsologických a speleologických výskumov v Rumunsku či vo svete je množstvo nových regionálnych, ale aj zovšeobecnených poznatkov a teórií, ktoré prispievajú k detailnejšiemu poznaniu krasu a jaskýň. Túto skutočnosť z obsahového hľadiska zohľadňuje aj horeuvedená publikácia Bogdana Petroniu Onaca, známeho rumunského karsológa, ktorý v súčasnosti pôsobí na Univerzite „Babes-Bolyai" i na Speleologickom inštitúte Emila Racovitza v Cluj-Napoca.

Publikácia podáva základné poznatky o podmienkach vývoja krasu, morfológii povrchových i podzemných krasových javov, jaskynných sedimentoch a jaskynnej klíme, typoch krasových území, vývoji krasu a paleokrase, manažmente i ochrane krasových území. Hoci v anglickom preklade je názov publikácie Geology of Karst Terrains, jej obsahové zameranie výrazne presahuje rámec geológie a okrem jaskynnej fauny prezentuje takmer celú komplexnú geovednú problematiku krasu a jaskýň.

Publikácia vyšla v rumunskom jazyku, avšak za každou kapitolou je pomerne rozsiahly súhrn v anglickom jazyku. Každá kapitola sa končí pomerne rozsiahlym zoznamom literatúry, ktorý poukazuje na mnohé ďalšie práce zaoberajúce sa príslušnou problematikou. Viac-menej učebnicový štýl zostavenia publikácie ju predurčil, že sa využíva aj na výučbu v rámci vysokoškolského štúdia. Určená je najmä pre študentov geológie, ale aj pre študentov geografie a iných príbuzných vedných disciplín, ktoré viac či menej súvisia s problematikou krasu a jaskýň.

Z obsahového hľadiska je publikácia rozdelená do 14 kapitol. Po úvode sa postupne charakterizujú karbonátové a nekarbonátové horniny, fyzikálne a chemické princípy procesu krasovatenia vrátane zmiešanej korózie a rýchlosti krasovej denudácie, hydrogeologické podmienky vývoja krasu a hydrografické zóny vrátane základných kvantitatívnych metód hydrologického výskumu, povrchové geomorfologické krasové javy, speleogenéza, morfológia jaskynných priestorov, jaskyne ako sedimentačné prostredie, kryštalografia a mineralógia sintrových výplní, kvartérne jaskynné sedimenty a metódy ich datovania, jaskynná klíma vrátane zaľadnenia podzemných priestorov, typy krasových území v závislosti od morfoklimatických oblastí a typy krasových území v Rumunsku, problematika cyklickej evolúcie krasu a paleokrasu, ako aj manažment a ochrana krasových území.

V každej kapitole sa výstižne a prehľadne charakterizuje príslušná problematika. Pritom sa vychádza zo starších, avšak doteraz akceptovaných, i nových teórií a poznatkov. V kontexte vedeckého výskumu nechýba ani charakteristika viacerých metód výskumu a datovania jaskynných sedimentov (paleomagnetizmus, biostra-

tigrafia, analýzy stabilných izotopov, rádioizotopové datovanie, termoluminiscencia a pod.) s interpretáciami ich výsledkov pri rekonštrukcii vývoja krasu a jaskýň v mnohých oblastiach sveta. Vo vzťahu k riešeniu problematiky vývoja krasových planín v Západných Karpatoch je zaujímavé, že v kapitole o evolúcii krasu je podaný základný prehľad a charakteristika jednotlivých štádií vývoja krasových planín a horizontálnych jaskýň v Rumunských Karpatoch v paleogéne, miocéne, pliocéne a pleistocéne. Podobne aj v iných kapitolách sa ako príklady mnohých opisovaných prírodných javov okrem zahraničných lokalít často uvádzajú lokality z Rumunska, čo je samozrejme logické, pretože publikácia je určená najmä pre domácich používateľov.

Publikácia je bohato ilustrovaná mnohými fotografiami, mapkami, schémami, grafmi a kreslenými obrázkami, ktoré výstižne korešpondujú s textovou časťou. Nechýbajú v nej ani niektoré informácie o slovenských jaskyniach, nie sú však uvedené správne. Na str. 106 sa píše o jaskyniach s vývojovými úrovňami vytvorenými v nadväznosti na lokálnu eróznu bázu, pričom ako príklad sa uvádzajú aj Demänovské jaskyne. Podľa autora sa však nachádzajú v „Poľsku" – a nie na Slovensku! Podobne možno dementovať nesprávny údaj, že akumulácia ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni je spôsobená diagenézou staršieho snehu (premenou sneh – firn – ľad). Pritom na mnohých miestach tejto jaskyne možno pozorovať výrazné priesaky zrážkových vôd do podzemia, kde zamŕzajú a vytvárajú hlavné prírastky ľadu. Spresniť treba aj neaktuálny údaj o objeme ľadu, ktorý udáva hodnotu 125 000 m^3. Pri charakterizovaní výskytu aragonitu v jaskyniach chýba akákoľvek zmienka o Ochtinskej aragonitovej jaskyni, nehovoriac už o tom, že najmä pre výskyt unikátnych a rôznorodých foriem aragonitu je dokonca zaradená do svetového prírodného dedičstva.

Napriek týmto nežiaducim skutočnostiam, ktoré si všimnú – dúfame, že aj opravia alebo doplnia – najmä slovenskí a stredoeurópski čitatelia, publikácia predstavuje hodnotný a prehľadný zdroj poznatkov o krase a jaskyniach vrátane novších prístupov a metód výskumu. Preto ju odporúčame do pozornosti odborných i speleologických kruhov. Rozsiahle anglické súhrny na konci každej kapitoly rozširujú možnosti jej využívania aj v zahraničí.

Podobná publikácia na Slovensku v súčasnosti chýba. Pritom od vydania Praktickej speleológie, ktorá najmä našim jaskyniarom poskytla množstvo potrebných poznatkov o krase a jaskyniach, ako aj o speleologickom prieskume, uplynulo už vyše 20 rokov. Hoci rumunská publikácia je viac upriamená na náučné až vedecké ciele, určite ju ocenia aj tamojší praktickí jaskyniari.

Pavel Bella

JEAN NICOD: LES KARST DINARIQUES – PAYSAGES ET PROBLEMES
Slovénie, Croatie, Bosnie-Herzégovine, Montenégro

Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana 2003, 183 strán

Jean Nicod, čestný predseda Francúzskej karsologickej spoločnosti, je jedným z najvýznamnejších európskych odborníkov na krasovú problematiku Stredomoria. Dlhé roky sa venoval krasu dinaríd hlavne v oblasti Slovinska, za čo tu získal veľa ocenení a členstiev v karsologických i geografických organizáciách. Kniha je zhrnutím jeho celoživotných poznatkov o týchto územiach a poskytuje čitateľovi komplexný pohľad skúseného geomorfológa na celý priestor Dinaríd v krajinách bývalej Juhoslávie.

Vzhľadom na to, že dielo má hlavne opisný charakter, je doplnené množstvom máp, náčrtkov i rezov členení sa do kapitol s oblastnými celkami Slovinska, severného Chorvátska, Dalmácie a Čiernej hory. Rozsiahly úvod približuje evolúciu krasového reliéfu zo stránky geologickej, morfologickej, hydrologickej, vegetačnej a poľnohospodárskej. Začína sa vyčlenením typov reliéfu od hôr a vnútrozemských plató, cez pobrežnú zónu strmo ohraničenú pohoriami Velebit, Mosor – Biokovo a Lovčen až po kras ponorený pod hladinou Jadranského mora. Ďalej nasleduje stručný opis vývoja povrchov a fáz krasovatenia, ktoré bolo ovplyvnené polohou Dinaríd v klimatickej zóne, kde v chladných obdobiach existovali ľadovce a v teplých sa tvorili bauxity. Autor sa tiež rozsiahlejšie venuje klíme a súvisiacej hydrológii, veľmi zaujímavá je i pasáž vývoja hospodárenia na členitom, rôznorodom reliéfe krasu, kde bolo nevyhnutné používať netradičné metódy ochrany pôdy. Posledná časť úvodu opisuje súčasnú transformáciu krajiny vplyvom moderného poľnohospodárstva, vodného hospodárstva a výstavby ciest a s tým spojenú snahu o ochranu vzácnych území.

Druhá časť knihy opisuje Slovinsko a jeho kras, kde autor strávil výskumom najviac času. Preto je obsahovo najkompaktnejšou kapitolou knihy a venuje sa všetkým klasickým javom a územiam. Po krátkom historickom úvode tu nájdeme opis známeho plató Kras s jaskyňou Škocjanska jama a podzemného hydrologického systému Reka – Timava, ku ktorému dosahujú priepasti Trebiciano a Kačna jama. Samozrejme nechýba podrobný výklad vývoja jaskýň Postojna a Predjama i geomorfologickej evolúcie okolitých terénov. Veľmi zaujímavá je časť o poljach Cerknica a Planina, kde sú dobre vysvetlené tektonické predispozície hydrologického sys-

tému, jeho vývoj a spojitosť s mohutnou vyvieračkou Ljubljanica s priemernou výdatnosťou 38 m^3/s. Záver kapitoly tvorí opis povrchových krasových javov, jaskýň a ľadových priepastí zvaných „ledenica" v horských oblastiach Trnovo, Nanos a Hrušica.

V tretej časti sa autor venuje oblasti severného Chorvátska, ktorá sa začína regiónom Istrie. Zaujímavé je delenie podľa farby povrchov na červenú Istriu na juhu, pokrytú terra rossou, flyšovú sivú Istriu a nakoniec severnú Istriu s bielym kriedovým vápencom. Ďalej nasleduje opis krasových javov na štyroch ostrovoch tzv. Kvarneru – Cres, Lošinj, Krk a Rab, potom horských masívov Snežnik – Risnjak (1796 m) a Gorski Kotar. Reliéf je tu charakteristický výskytom vrcholov zvaných „glavica" ako predstaviteľov predkvartérneho reliéfu a tiež glaciokrasovými depresiami. V severnom Chorvátsku leží aj populárny národný park Plitvické jazerá, ktorého geomorfologický vývoj s travertínovou sedimentáciou prezentuje podrobná mapa a rez kaskádou jazier. Azda speleologicky najzaujímavejšej časti, pohoriu Velebit, je z tohto pohľadu venované málo priestoru, konkrétne len priečny rez s najhlbšími priepasťami Lukina a Slovačka jama. Bližší opis zahŕňa bioklimatickú disymetriu Velebitu, kde sa rastlinstvo s výškou mení od stredomorského po alpínske. V závere kapitoly sa autor zaoberá morfológiou a hydrológiou poljí Lika, Gacko a Gračac, so zaujímavými náčrtmi a rezmi, kde zaujme hydrosystém umelého prepojenia poljí a odvedenia vôd tunelom popod Velebit do hydroelektrárne pri meste Senj. Nechýba tu ani opis a mapa najväčšej jaskyne Chorvátska – Cerovačka pečina.

Štvrtá časť s názvom Dalmácia pokračuje v opise krasu smerom na juh v členitom, ostrovmi lemovanom páse Chorvátska s hlavným pohorím Dinara. Tu sa nachádzajú známe krasové údolia riek Zrmanja, Krka (so scenériou známou z filmu Winnetou), Cetina a Neretva. Plným krasovým reliéfom s poljami a dolinami zaujmú veľké ostrovy Primorja ako Brač, Korčula či Hvar, ale aj národný park súostrovia Kornati. Oblasti zasahujúce až do Bosny a Hercegoviny majú členitý ráz s množstvom poljí, kde sa ponárajú vody ústiace do mora vo veľkých vyvieračkách. Najväčšia z nich, Ombla pri Dubrovníku, je vaucluský prameň napájaný ponormi rieky Trebišnjica z rozsiahleho Popovho polja. Trochu zvláštna je však absencia podrobnejšieho opisu takých dominantných krasových masívov, ako Mosor a hlavne Biokovo s národným parkom, ktoré sú neoddeliteľnou panorámou Makarskej riviéry. Navyše v tejto kapitole nie sú spomenuté skoro žiadne jaskyne, čo môže budiť dojem, že sa tu nachádza málo týchto nesporne dôležitých krasových javov.

Piata, záverečná kapitola sa zaoberá krasom Čiernej Hory, litorálnou zónou Primorja a tzv. Vysokým Krasom s pohorím Lovčen. Tu stále prebiehajú recentné tektonické pohyby s častými zemetraseniami. Vnútrozemie zaberá zníženina polja Nikšič a na juhu depresia Skadarského jazera. Opísané je aj klasické polje Cetinje s množstvom dolín a s podzemnými jaskynnými systémami. Posledná časť opisuje masív Durmitor a kaňon Morača.

Rozsiahly zoznam literatúry zahŕňa 236 titulov. V závere publikácie, ktorá vyšla v náklade 700 výtlačkov, je vypracovaná podrobná syntetická mapa krasu Dinaríd, zahŕňajúca krasové fenomény, štruktúrne a geomorfologické prvky, hydrológiu a využitie pôd v krase.

Monika Orvošová