

ANTON DROPPA

DOBŠINSKÁ ĽADOVÁ JASKYŇA

Wettersteinské vápence Slovenského rudohoria ukrývajú vzácny prírodný úkaz — ľadovú jaskyňu — ktorá podľa blízkeho mesta Dobšinej, v katastri ktorého leží, bola nazvaná *Dobšinskou ľadovou jaskyňou*. Nachádza sa na severnom svahu vápencového masívu Duča (1120) v údolí riečky Hnilca pri železničnej trati Bratislava—Zvolen—Margecany—Košice.

Dobšinská ľadová jaskyňa ihneď po svojom objave r. 1870 vzbudila záujem nielen vedeckých pracovníkov, ale aj širšieho publika, čoho dôkazom je stále vzrastajúca návšteva a bohatá literatúra o nej. Keďže r. 1950 nastalo v jej ľadnených častiach citeľné oteplenie, v dôsledku čoho sa ľad začal topiť, rozhodla sa Slovenská speleologická spoločnosť vykonať v nej detailný geomorfologický a mikroklimatický výskum. Geomorfologickým výskumom poverila svojho člena dr. A. Droppu z Liptovského Mikuláša a mikroklimatický výskum zverila prof. dr. M. Končekovi, prednostovi Ústavu pre klimatológiu a meteorológiu Univerzity Komenského v Bratislave, a dr. Š. Petrovičovi zo Slovenského meteorologického ústavu v Bratislave.

Prvou úlohou geomorfologického výskumu bolo detailné zameranie všetkých dosiaľ známych podzemných priestorov jaskyne vzhľadom na povrchovú situáciu. Jaskyňa bola zameraná v dňoch 22. 9.—19. 10. 1950. Avšak pre naliehavé výskumné práce v Demänovských jaskyniach bolo meranie dokončené až v lete 1955 v rámci výskumných prác Zemepisného ústavu Slovenskej akadémie vied v Bratislave. Na podklade vyhotovenia detailných jaskynných plánov študovala sa morfológia jaskyne, výskyt a spôsob uloženia jaskynných sedimentov, čo pomohlo riešiť vznik a vývoj jaskyne a ukázalo predpoklady existencie ďalších podzemných dutín. Riešenie príčin tvorenia ľadu v jej vstupných častiach si vyžiadalo zmerať jaskynnú teplotu, smer a intenzitu vzdušných prívianov a jaskynnú vlhkosť. Výsledky doterajšieho výskumu prináša táto práca.

Predbežné výsledky mikroklimatického výskumu publikoval už r. 1952 Š. Petrovič (17). Táto práca len nadväzuje na ne a dopĺňa je meteorologickými meraniami v nezaľadnených a ťažko prístupných častiach jaskyne, v ktorých sa dosiaľ nekonali nijaké merania.

Geologické pomery

Stavebnú hmotu Dobšinskej ľadovej jaskyne tvoria svetlosivé wettersteinské vápence stredného triasu. Sú svetlé i ružovkasté, hodne prestúpené tektonickými puklinami, prasklinami i vlasovými trhlinami. Budujú celý masív Duča (1120) a Ondrejisko (1271). Podložie wettersteinských vápencov tvoria werfénske vrstvy, pozostávajúce z fialových a sivozelených ílovitých a slienitých bridlíc s vložkami slienitých bridličnatých vápencov (9). Ich markantný odkryv je pozorovateľný v Spodnej záhrade, kde vystupujú so sklonom 31° na SZ. V hornom uzávere Sa-

melovej dolinky vidieť okrem nich aj tmavosivé až čierne bridličnaté vápence, striedajúce sa s tenkými polohami tmavých bridlíc, ktoré K a m e n i c k ý (9) zadeľuje tak isto do werfěnu. Nadložie wettersteinských vápencov tvoria sivé dolomity stredného triasu, ktoré vystupujú už mimo oblasti Dobšinskej ľadovej jaskyne. V údolí Hnilca pod jaskyňou ležia priamo na vápencoch eocénne konglomeráty, striedajúce sa s polohami červených bridlíc. Obsahujú okruhliaky hornín muránskej série (vápence, pestrofarebné bridlice a gemeridné hadce), ako aj okruhliaky melafýrov a amfibolických hornín nízkotatranského kryštallického jadra.

Wettersteinské vápence Dobšinskej ľadovej jaskyne sú podľa Kettnera súčasťou muránskej série spišského príkrovu. Muránska séria bola od JV na SZ nasunutá na komplexy chočského príkrovu (10) a je charakteristická šupinovitou stavbou. C s i s k o (3) uvádza tri zóny, ku ktorým K a m e n i c k ý (9) prikladá ešte jednu, vklinenú medzi strednú a južnú zónu. K tejto zóne patrí Ostrá skala (972,9) pri Ľadovej jaskyni a takmer 4 km dlhá šupina medzi Kanzlom (978) a Besníkom (1000), ako aj izolované vápencové šupiny na JZ od Kanzla. Na podklade najnovších výskumov považuje M a h e l' (1954, 1956) mezozoikum Stratenskej hornatiny za autochtón v pomere ku starším paleozoickým členom a nachádza len jeden základný vývin mezozoika, a to severogemeridný.

Morfológia okolia jaskyne

Vápencový masív Duča¹ spolu s ostatnými vápencovými kryhami je zvyškom niekdajšieho rozsiahleho penepľenu, ktorý sa rozprestieral po celom Slovenskom rudohorí. Silná bočná erózia povrchových tokov na severnej, ako aj na južnej strane zotrela znaky plošiny, takže dnes má charakter chrbta tiahnúceho sa od západu na východ. Na severe sa masív Duča prudko zvažuje do údolia Hnilca, na juhu do údolia Tesniny. Vo východnej časti hlboký kaňon Hnilca ho oddeľuje od vápencovej plošiny Lipovca, kým na západe nepozorovateľne prechádza v skupinu Ondrejisko (1271). Sklon vápencových vrstiev na S a SZ nepodporil tvorenie svahových údolíčok na južnej strane masívu. Naproti tomu severná strana Duče je rozbrázdnená niekoľkými suchými svahovými údolíčkami s výtokmi krasových prameňov v spodnej časti. Zo svahových údolíčok najdlhším je Samelová v západnej časti Duče, ktorá na rozdiel od ostatných údolíčok udrží si vodu po celý rok. Avšak v dolnom úseku i táto mizne v rozsiahlom náplavovom kuželi s trávnatým porastom.

Údolie Hnilca, orientované od západu na východ, je vyhlbené v megaantiklinálnej osi Slovenského rudohoria (14). Vo vápencoch a dolomitoch vytvára úzke kaňonovité údolie, ktoré v najtypickejšej forme so zaklesnutými meandrami vystupuje v úseku medzi Ľadovou jaskyňou a Stratenu. Rozširuje sa trochu len v podloží nekrasových hornín, ako to vidieť v eocénnych zlepencoch pred jaskyňou, a ďalej vo werfěnských vrstvách v Stratenej.

Hydrologické pomery

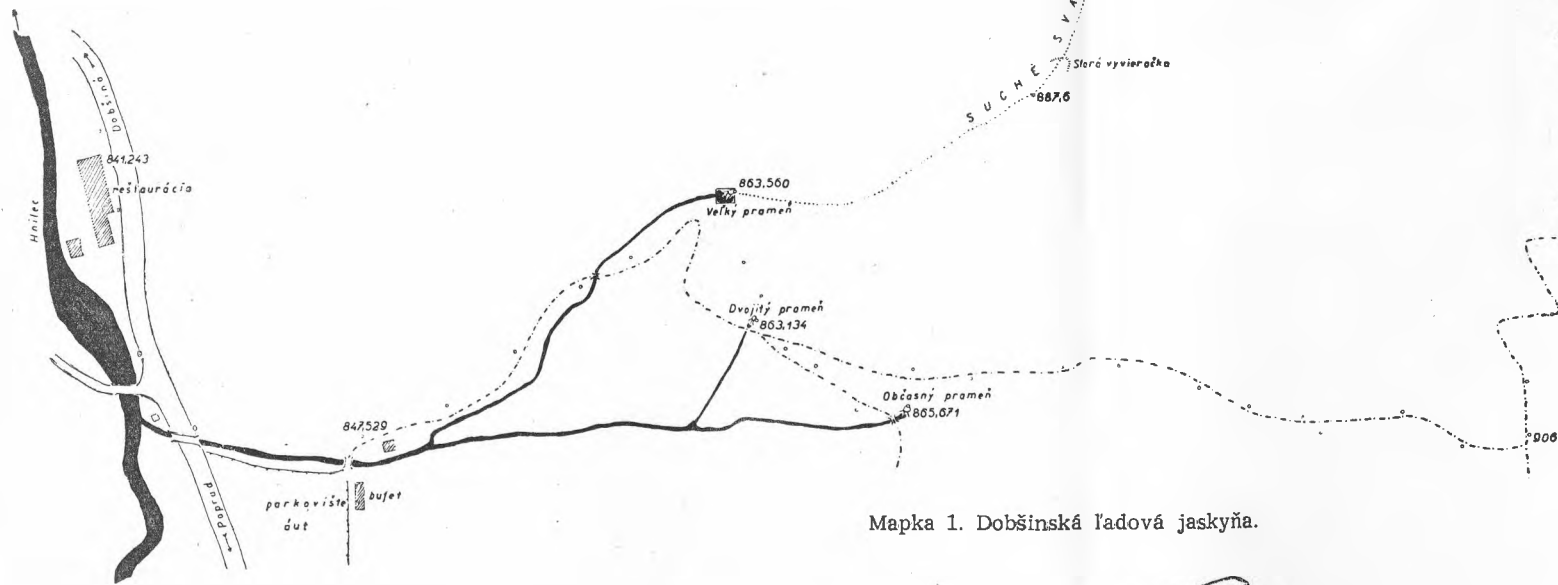
Severný svah Duče sa vyznačuje niekoľkými krasovými prameňmi, z ktorých najvýznamnejšia je skupina troch vyvieráčiek pri vyústení svahového údolíčka pod jaskyňou. Najstálejší je *Veľký prameň* vyvierajúci tromi prúdmi spod vápencovej sutiny vo výške 863,56 m n. m. o výdatnosti približne 70 l/sek.² V zimnom období sa výdatnosť prameňa niečo zmenší, kým v jarnom sa opäť zväčší. Časť

¹ Na topografickom pláne 1 : 25 000 je označený ako Hanishöhe (1120).

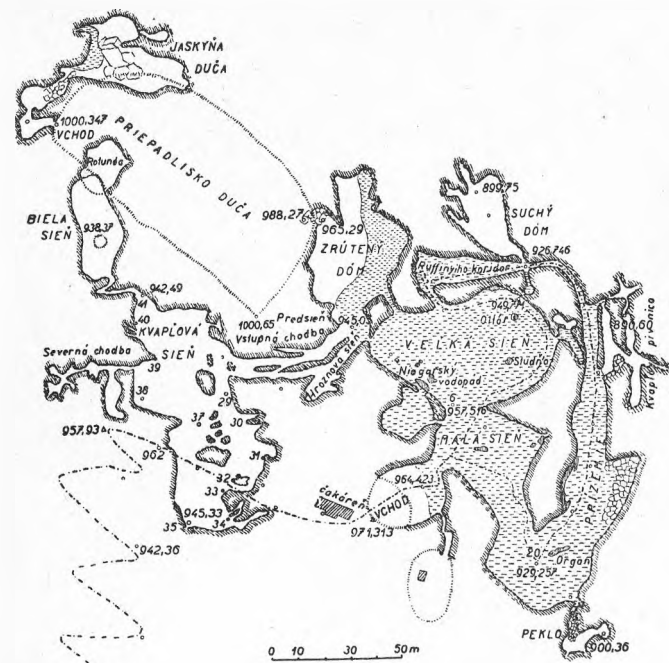
² Š i n c l (19) udáva výšku prameňa 737 m a jeho výdatnosť asi 30 l/sek.

DOBŠINSKÁ ĽADOVÁ JASKYŇA

ZAMERAL A SPRACOVAL DR. A. DROPPA
1950
ZEHEPISNÝ ÚSTAV SAV



Mapka 1. Dobšinská ľadová jaskyňa.



Mapka 2. Prierez Dobšinskou ľadovou jaskyňou.

Štappa 1956

Tabuľka 1

Prehľad prameňov v okolí Dobšinskej ľadovej jaskyne (podľa merania zo dňa 26. 5. 1955)

Názov prameňa	Absolútna výška v m	Výdatnosť vody v l/sek.	Teplota v °C	
			vzduchu	vody
Veľký prameň pod búdou	863,560	68,8	+14,5	+7,5
Dvojitý prameň	863,134	7,8	+15,2	+7,7
Občasný prameň	865,671	76,6	+13,0	+7,8
Prameň na východnom svahu zlepencového kopca	862,713	0,35	+14,0	+7,5
Prameň pri ústí Samelovej	873,640	0,2	+15,0	+5,0
Prameň medzi chatami (južnejší)	862,700	0,1	+15,0	+5,0
Prameň medzi chatami (severnejší)	862,226	2,5	+15,0	+5,1
Prameň na lúke pred hotelom	844,235	0,1	+15,3	+6,3
Prameň vo svahu pred hotelom	843,760	0,3	+15,5	+6,0
Prameň pri Liptákovi	839,790	0,4	+15,3	+6,2

prameňa je umele zvedená do hotelového vodovodu a do vodotrysku. Dnes je prameň ohradený plotom a krytý drevenou strechou. Druhý prameň tejto skupiny, zvaný *Dvojitý*, nachádza sa 45 m západnejšie od Veľkého prameňa. Vody prameňa vytekajú spod vápencovej sutiny pri chodníku vo dvoch prúdoch, ktorých výdatnosť na jar dosahuje asi 7,8 l/sek. Výdatnosť Dvojitého prameňa v lete klesá, ba v zimnom období prameň niekedy úplne vyschne. Tretí, najväčší prameň, zvaný *Občasný*, je 70 m južnejšie od Dvojitého pod chodníkom vo výške 865,67 m n. m., teda o 2 m vyššie ako Veľký prameň. V čase jarného topenia snehu sa spomedzi vápencových skál rúti silný prúd vody, dosahujúci výdatnosť až 76,6 l/sek., kým v ostatnom období úplne vysycha.

Nestálu výdatnosť Dvojitého a Občasného prameňa možno si vysvetliť tým, že všetky pramene sú napájané z jedného spoločného koryta. Nasvedčuje tomu topografická poloha prameňov (položené sú vedľa seba) a rovnaká teplota (asi +7,7 °C). Najnižšie položený Veľký prameň je nepretržite napájaný podzemnými vodami, ktoré otvormi vo vápenci prenikajú na povrch. Keď otvory nestačia prepustiť všetku vodu, táto sa vzduje a vyteká vyššie položeným Dvojitým a Občasným prameňom. Pri zmenšení stavu podzemných vôd najprv ubúda vody v Občasnom a po jeho vyschnutí i v Dvojitom prameni. Výdatnosť Veľkého prameňa sa zmenší až po vyschnutí Dvojitého prameňa.

Niektorí autori sa domnievajú (Woldřich, Šincl), že vody Veľkého prameňa pochádzajú z topiaceho sa ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Avšak v naj-

nižších častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne (v Pekle, v Kvapľovej pivnici a v Suchom dome) som nikde nepozoroval odtok podzemných vôd, ani markantný znak topenia ľadu v prítomnosti. Aj keby to tak bolo, nestačila by sa voda z roztopeného ľadu o teplote asi 0 °C ohriať na vzdialenosť 450 m až na +7,8 °C. Pôvod vyvierajúcich vôd v prameňoch treba predpokladať len v zbernej oblasti severnej strany vápencového masívu Duča. Je to atmosferická voda, ktorá tektonickými poruchami a vrstvomými škárami presakuje do vnútra vápencového masívu, kde sa spája v spoločný podzemný tok a na rozhraní nekrasového podložia (werfén-ských bridlic) vyteká v podobe mohutných krasových prameňov na povrch.

Rovnako treba vyvrátiť domnienku, že vody Veľkého prameňa pochádzajú z ponorného potôčika v Samelovej dolinke. Ponorný horizont vôd v Samelovej leží vo výške asi 860 m n. m., teda o 3 m nižšie, ako je výška Veľkého prameňa, čo vylučuje výtok ponorných vôd. Okrem toho sa medzi ponornými vodami v Samelovej a krasovými prameňmi nachádza široký pás eocénnych zlepenčov, ktoré ako nekrasové horniny neumožňujú voľný tok podzemným vodám.

Okrem spomenutých krasových prameňov sú na severnom svahu Duče aj tri menšie pramene, a to dva na svahu pred hotelom o výdatnosti 0,2 l/sek. a jeden na dne svahového údolíčka pri Liptákovi o výdatnosti 0,4 l/sek.

Malé pramene sú i na obidvoch stranách zlepenčového masívu, ktoré nemajú nič spoločné s krasovými prameňmi a zbierajú vodu len zo svojho najbližšieho okolia. V čase veľkého sucha úplne vysychajú.

Hydrografické pomery okolia Dobšinskej ľadovej jaskyne a najmä sklon vápencových vrstiev na S a SZ ukazuje, že hydrologické povodie je posunuté ďalej na juh za hranicu geografického povodia. Nasvedčuje tomu aj zjav, že na južnom svahu Duče sa neobjavujú nijaké vyvieracky alebo krasové pramene.

Poloha a opis jaskyne

Dobšinská ľadová jaskyňa leží na severnej strane horského chrbta Duča (1120). Z údolia Hnilca vedie k nej zalesnenou stráňou upravený serpentínový chodník. Pred jaskynným vchodom na umele rozšírenej terase je postavená drevená útuľňa s bufetom. Jaskynný vchod tvorí zrútený závrť kruhovitého tvaru o priemere 22 m. Jeho spodný okraj (osadený betónovým kameňom) leží vo výške 971,313 m n. m., čo je asi 130 m nad terajším údolím Hnilca. Charakter zrúteného závrťu má i misovitá priehlbeň, vyplnená polámanými vápencovými balvanmi, ktorá sa nachádza južnejšie od jaskynného vchodu. Podobný zrútený závrť, zvaný Prieпад-lisko Duča, vytvoril sa vo svahu Duče nad jaskyňou. Má tvar písmena „D“ o dĺžke 110 m a šírke 55 m, čím dosahuje plošnú rozlohu asi 5407 m². F. F e h é r udáva jeho plošnú rozlohu 6 jutár, kým J. E. P e l e c h 4 ha. Dno prieпадliska vyplňujú oddrobené balvany a sutina s humusom, na ktorom rastú ihličnaté a listnaté stromy.

Zrútený závrť jaskynného vchodu bol pôvodne vyplnený aj vápencovými balvanmi, ktoré však úpravou vchodu boli odstránené. Dnes má závrť mierny sklon smerom do jaskyne, ktorej otvor sa černie pod skalným previsom v južnej strane závrťu. Umelým zásahom zväčšený jaskynný otvor je dnes 22 m široký a 2 m vysoký a je opatrený dreveným plotom a bránou. Podzemné priestory Dobšinskej ľadovej jaskyne pozostávajú zo zaľadneného vstupného priestoru a nezaľadnených okrajových častí. Vstupný priestor predstavuje obrovskú podzemnú dutinu, ktorá klesá sklonom 30—40° na juh. Jej dĺžka v najnižšej časti je 135 m a pôdorysná šírka 90 m, čím dutina dosahuje plošnú rozlohu asi 6100 m². Jej výška nie je

veľká (pohybuje sa od 7 do 20 m), pretože s jaskynným dnom paralelne klesá aj jaskynná povala. Dno vstupnej dutiny všade pokrýva podlahový ľad. Jeho nerovnomerné rozloženie rozdelilo pôvodne jednu dutinu na viac morfológicky samostatných častí. Narastením čela ľadu až po povalu vznikli na jeho povrchu dve samostatné časti, a to pod jaskynným vchodom *Malá sieň*, ktorej pokračovaním na východ je *Veľká sieň*. Severovýchodný cíp Veľkej siene je dnes už ľadom oddelený od *Zrúteného domu* nachádzajúceho sa pod Priepadlískom Duča. Východný a južný okraj podlahového ľadu bol výstupnými teplejšími vzdušnými prúdmi roztopený, čím na východnom okraji vznikol priestor *Ruffinyiho koridoru* a na južnom okraji priestor zvaný *Prízemie*. Voľný priebeh podlahového ľadu je len v západnej časti vstupného priestoru medzi Malou sieňou a vchodom do Pekla. Z týchto zaľadnených častí dosiaľ najväčším priestorom je Veľká sieň. Má tvar elipsy, ktorej dlhšia os je orientovaná v smere S—J. Veľká sieň je dlhá 72 m a široká 42 m, čím zaberá plošnú rozlohu asi 2000 m². Ľad stupňovite vytvorený na jej dne spôsobuje rozdielnu výšku siene, ktorá sa pohybuje od 7 do 9,3 m. Z významnejších ľadových útvarov Veľkej siene treba spomenúť mohutný ľadový Niagarský vodopád, ľadové stalagnáty Studň a Oltár, ktoré dosahujú výšku 9 m.

Najnižšie položené časti vstupného priestoru boli oddrobenými balvanmi a sutinou značne zatarasené a sú bez ľadu. Z nich doteraz známe sú *Peklo* v juhozápadnom cípe Prízemia, *Kvapľová pivnica* v jeho južnej strane a *Suchý dóm* na východnej strane Ruffinyiho koridoru.

Roztopenie ľadu v severnom cípe Veľkej siene (v Predsieni) umožnilo r. 1947 vstup do neznámych kvapľových častí jaskyne. Tieto pozostávajú zo *Vstupnej chodby* a s ňou paralelne sa tiahnúcej *Hroznovej siene*, ktoré spoločne ústia do *Kvapľovej siene*. Pokračovaním Kvapľovej siene na severovýchod je *Biela sieň* s *Rotundou*. Z nich najväčšia je Kvapľová sieň, orientovaná v smere Z—V, ktorá dosahuje dĺžku 87 m a šírku 40 m. Zrútené vápencové balvany na jej dne prezrádzajú silné oddrobovanie z povaly. Miestami jej dno pokrývajú hlinité sedimenty, na ktorých narástli kvapľové stalagmity, pripomínajúce náhrobníky na cintoríne (obr. 3). Na kvapľovú výzdobu najbohatšia je Biela sieň, v ktorej sa uchovali mohutné kvapľové stĺpy a stalagmity. Avšak sú už odumreté a pomaly zvetrávajú do siva.

Jaskynné sedimenty

Priestranné podzemné dutiny Dobšinskej ľadovej jaskyne sú z väčšej časti vyplnené jaskynnými sedimentami. Tieto sú pôvodu buď autochtónneho (jaskynný ľad, oddrobené balvany a sutiny, kvapľové útvary), alebo alochtónneho (vodou vplavené hliny, piesok a štrk).

Z jaskynných sedimentov autochtónneho pôvodu najvýznamnejší je jaskynný ľad. Pokrýva dno vstupných častí, a to Malej a Veľkej siene, Zrúteného domu, Ruffinyiho koridoru a Prízemia. Zaľadnená plocha Dobšinskej ľadovej jaskyne má tvar kosodĺžnika o základni 140 m a výške 80 m, čím dosahuje plošnú rozlohu asi 11 200 m². V tom je zahrnutá i plocha neprístupná priamemu pozorovaniu.³ Vplyvom prudkého klesania jaskynného dna hrúbka podlahového ľadu nie je všade rovnaká. Pri vstupnom otvore má ľad hrúbku 0,5 m, kým v Prízemí v odkrytom čele dosahuje až 25 m. Ak vezmeme do úvahy strednú hrúbku podlahového ľadu

³ Pelech udáva zaľadnenú plochu asi 7171 m² a množstvo ľadu v jaskyni na 125 000 m³.

približne 13 m, celkové množstvo ľadu v jaskyni je asi 145 000 m³. Podlahový ľad je zreteľne vrstevnatý, ako to možno pozorovať v jeho priereze v Ruffinyho koridore alebo na stenách Kapličky. Ľadové vrstvičky nie sú vodorovné, ale uklonené od 30—40° smerom na juh po sklone jaskynného dna. Hrúbka vrstvičiek sa pohybuje od 3 do 5 mm. Vrstvičky sa navzájom líšia nerovnakým sfarbením. Jedny sú mliečnobiele, kým iné sú sfarbené viac do modra. Podľa týchto vlastností možno si vysvetliť vznik vrstvičiek. Ich hrúbka závisí od množstva pritekajúcej atmosferickej vody, kým ich sfarbenie od spôsobu mrznutia.

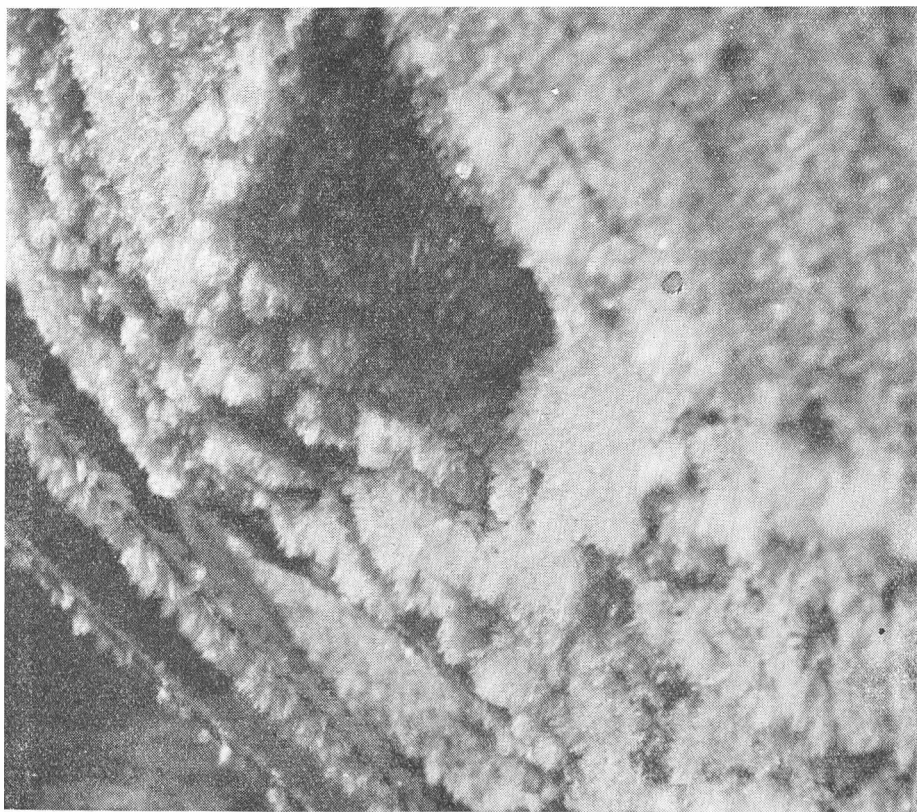
Biele sfarbenie ľadových vrstvičiek spôsobuje zamrznutá prevzdušnená voda. Atmosferická voda, pritekajúca do jaskyne buď vchodom, alebo povalovými puklinami, obsahuje značné množstvo vzdušných bubliniek. Pri rýchlom mrznutí vody nestačia tieto vzdušné bublinky uniknúť a ostávajú v ľade. Naopak, pri pomalom mrznutí vzdušné bublinky stačia z vody uniknúť a ľad sa sfarbuje viac do zelena až do modra. Okrem toho voda pritekajúca z povrchu prináša so sebou rozptýlené tuhé látky, ako napr. hlinité častočky, jemný piesok, organické látky i rozpustený kyslý uhličitán vápenatý. Všetky tieto častočky ukladá potom na povrchu ľadu, kde zamrznú, v dôsledku čoho sa jeho vrstevnatosť stáva výraznejšou. Pre tento spôsob vzniku nemožno podlahový ľad v jaskyni nazývať ľadovcom, lebo horské ľadovce vznikajú zo snehu opätovným topením a mrznutím. Medzi ľadovými vrstvičkami bol po roztopení ľadu na stenách Kapličky odkrytý úplne zachovalý jaskynný netopier.

Na povale niektorých zaľadnených častí jaskyne sa v jarných mesiacoch sublimáciou z teplejšieho vlhkého vzduchu vytvára jaskynná inovatka v podobe šesťbokých doštičiek o rozmere 2—8 cm. Pokrýva najmä povalu v otvore z Veľkej siene do Ruffinyho koridoru (obr. 1), ďalej časť povaly Veľkej siene, tzv. Ružovú záhradu, a povalu nad ľadopádom medzi Organom a Malou sieňou.

Autochtónneho pôvodu sú aj oddrobené vápencové balvany a sutiny, ktoré pokrývajú jaskynné dno pod podlahovým ľadom. Najviac ich je na dne Prízemia, kde zasahujú až do Pekla a Kvapľovej pivnice. Vyplňujú i dno Suchého dómu a svahový kužel v Zrútenom dome. Veľké zrútené balvany vidieť aj na dne Kvapľovej siene.

Ďalším autochtónnym jaskynným sedimentom je uhličitán vápenatý vyzrážaný v podobe kvapľovej výzdoby. Táto nie je vyvinutá v takom rozsahu a mohutnosti ako v Demänovských jaskyniach alebo v Domici. Na povale Veľkej siene narástli tenké a krátke kvapľové brká i menšie stalaktity. Podobné kvapľové útvary možno pozorovať i na povale Pekla, Kvapľovej pivnice a Suchého dómu. Vo väčšom rozsahu sa kvapľová výzdoba vyvinula v novoobjavených kvapľových častiach. Napríklad na povale Kvapľovej siene narástli v smere pukliny menšie stalaktity, z ktorých niektoré majú guľovitý tvar. Oproti nim na hlinitom dne sa vytvorili lesklé stalagmity dosahujúce výšku 60—80 cm (obr. 3), ktoré v lete 1951 návštevníci vyvalili a z jaskyne odniesli. Na kvapľovú výzdobu najbohatšia je Biela sieň s mohutne vyvinutými stalagmitmi, stalaktitmi a kvapľovými stĺpmi bielej farby. Sú však už odumreté a zvetrávajú do siva.

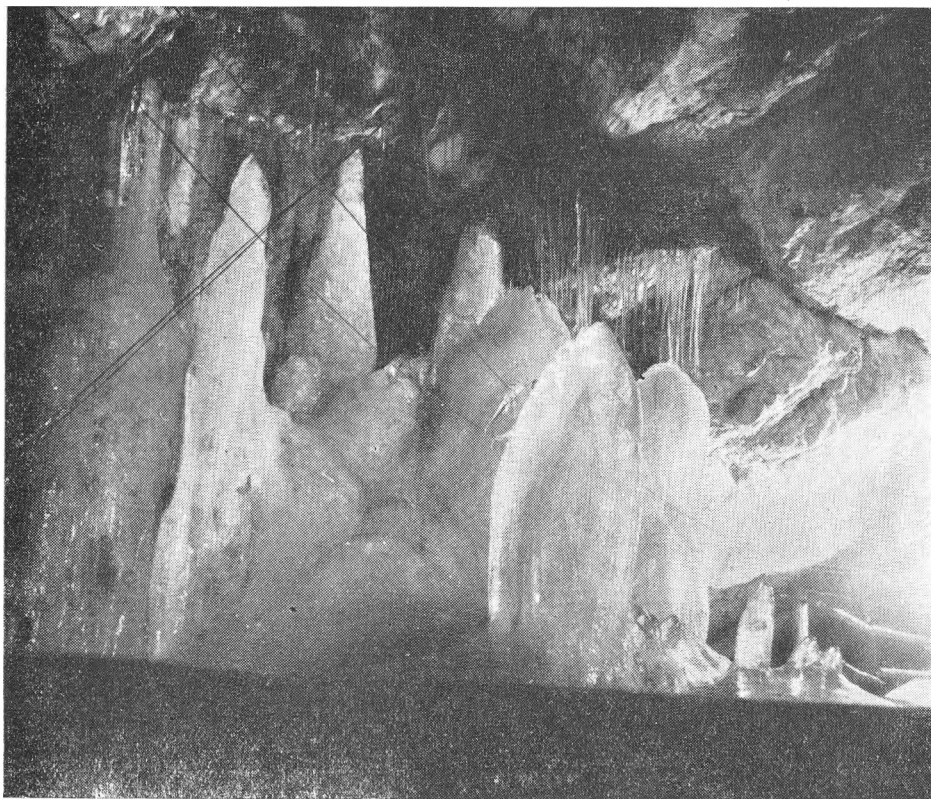
Alochtónneho pôvodu sú riečne štrky a piesky, ktoré boli zatiaľ pozorované na dne Vstupnej chodby, Hroznovej siene, kanálovej chodby medzi Kvapľovou sieňou a Bielou sieňou a v zadnej časti Bielej siene, kde dosahujú mocnosť až 5 m. Tieto riečne nánosy tvoria horninový materiál, pozostávajúci z dokonale zaoblených okruhliakov o veľkosti od 1 do 8 cm. Podľa petrografického rozboru B. H r u š k u (Katedra geológie a pedológie Lesníckej fakulty Vysokej školy staviteľstva v Brne)



Obr. 1. Jaskynná inovat' na povale vchodu do Ruffinyho koridoru.
Fotografia: A. Droppa.

odobraná vzorka má toto zloženie: kremeň 22%, žilný kremeň z fylitov 4%, kremenná rula 12%, sľudnatá rula 13%, kaolinizovaná rula 4%, fylit 13%, kremeneč 11%, kremitá bridlica 8%, arkóza 6%, melafýr 2%, sintrový zlepenec stmelení vápnitým tmelom drobných zŕn spomenutých hornín 1% a ostrohranné sintrové úlomky 4%.

Ako vidíme, v uvedenej vzorke ide o cudzorodý materiál zaoblený vodným transportom a dovlečený z inej oblasti. Podľa geologických výskumov R. K e t t n e r a (10) sa podobný horninový materiál, aký obsahujú jaskynné sedimenty, vyskytuje až na východných svahoch Kráľovej hole (1943), teda v pramennej oblasti riečky Hnilca. Preto možno právom tvrdiť, že riečne nánosy boli do jaskyne nanesené riečkou Hnilcom až z oblasti Kráľovej hole (1943). Nápadný je zjav, že v jaskynných riečnych nánosoch neboli zistené okruhliaky guttensteinských vápencov a dolomitov, ktoré sa vyskytujú v susedstve spomenutých hornín. Možno to vysvetliť tým, že vápence a dolomity ako mäkkšie horniny boli pravdepodobne vodným transportom úplne rozdrvené a rozpustené, a ak sa ich nejaká časť do jaskyne dostala, podľahla tam úplne korózii presakujúcej atmosferickej vody.



Obr. 2. Ladové stalagmity a stĺpy Organa v Prízemí. Fotografia: A. Droppa.

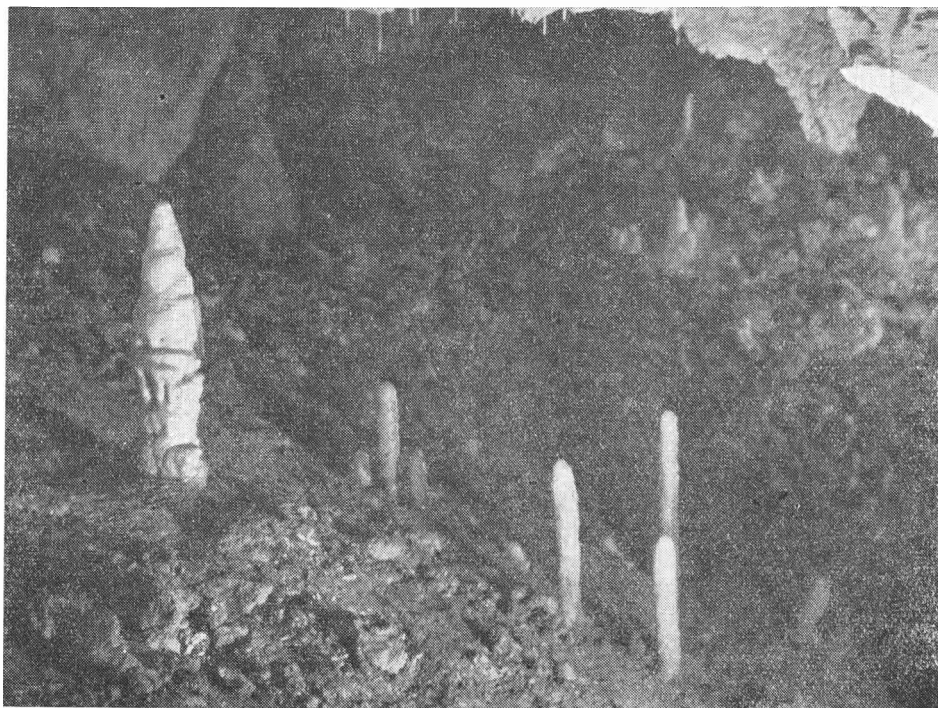
Vznik a vytváranie jaskyne

Erózne formy podzemných chodieb, pozorovateľné najmä v novoobjavených častiach jaskyne, ako aj výskyt riečnych sedimentov v nich je dôkazom, že Dobšinská ľadová jaskyňa je riečného pôvodu. Prv než povrchové tečúce vody nastúpili podzemnú cestu, existovali už v mieste terajších jaskynných dutín chemickou činnosťou atmosferickej vody rozšírené tektonické pukliny a vrstvomé škáry. Na rozdiel od Demänovských jaskýň ani smer tektonických puklín ani smer vápencových vrstiev nie je v masíve Duča pravidelný a jednotný. Vápencový masív Duča je prestúpený tektonickými poruchami vo všetkých možných smeroch, čo možno pozorovať na povale podzemných dutín. Tak isto ani sklon a smer vápencových vrstiev nie je pravidelný. Odkryté čelá vápencových vrstiev vstupného otvoru javia sklon 19° na SZ, kým v Suchom dome majú sklon 43° na SV a sklon vrstiev v povrchovom priepadlisku je dokonca 43° na JV. Je isté, že tektonické pukliny a vrstvomé škáry ako miesta ľahšieho prechodu predurčili tok dažďovým, ako aj riečnym vodám v podzemí. Presne identifikovať smery bývalých podzemných tokov veľmi sťažuje v prítomnej dobe rútením deformovaný tvar zaľadnených častí jaskyne. Podľa doterajšieho geomorfologického výskumu sa

javia dve vývojové štádiá, vytvorené pod sebou na spôsob poschodí. Geneticky staršie štádium „A“ zahrnuje novoobjavené časti s Malou a Veľkou sieňou a Zrúteným dómom, kým mladšie štádium „B“ najnižšie časti jaskyne, ako Peklo, Kvapľovú pivnicu a Suchý dóm.

Spádové pomery jaskynných chodieb v kvapľových častiach ukazujú dve prítokové cesty podzemných vôd vývojového štádia „A“. Za jednu možno považovať otvor v západnej stene Kvapľovej siene (pri bode 35), zaspaný dnes povrchovou sutinou. Odtiaľto tiekli podzemné vody smerom na východ, na čo poukazuje vyerosované povalové koryto medzi bodmi 33 a 31. Pri bode 28 sa stretávali s druhým prúdom podzemných vôd, pritekajúcim zo Vstupnej chodby a Hroznej siene. Nasvedčuje tomu oválny tvar Vstupnej chodby, ako aj riečne nánosy na jej dne a v Hroznej sieni. Spojené vody pokračovali na SV cez terajší kľukatý kanál do Bielej siene, na konci ktorej je pod povalovými oddrobeninami zachovaná štrková terasa o hrúbke 5 m, zamedzujúca voľný prístup do nižšie ležiacej Rotundy. Odtiaľto pravdepodobne pokračoval podzemný tok na SV popod jaskyňu Duča, kde vyvieráčkou v suchom údolíčku na severnom svahu Duče vytekal na povrch.

Do Vstupnej chodby pritekali podzemné vody Hnilca z terajších zaľadnených častí. Podľa výškových pomerov v jaskyni možno predpokladať, že tieto vtekali ponorom na svahu Duče (južne od terajšieho vchodu), odkiaľ si razili cestu smerom na východ cez Malú a Veľkú sieň do Predsiene pred Vstupnou chodbou.



Obr. 3. Skupina kvapľových stalagmitov „Cintorín“ v Kvapľovej sieni.
Fotografia: A. D r o p p a.

V Predsieni sa vetvili na dva prúdy. Jeden pokračoval Vstupnou chodbou, kým druhý cez Zrútený dóm na východ popod terajšie priepadisko Duča a jaskyňu, kde sa spájal s predošlým prúdom.

Mladšie vývojové štádium „B“ je o 40 m nižšie a možno ho určiť na základe krátkej rúrovitej chodby v najnižšej časti Kvapľovej pivnice. Táto rúrovitá chodba, známa zatiaľ len v dĺžke 10 m, tiahne sa od JZ na SV a je na obidvoch koncoch zanesená hlinou. Prekopanie týchto nánosových sifónov bezpochyby odkryje jej ďalšie pokračovanie, čo umožní vyriešiť genézu Dobšinskej ľadovej jaskyne. Vody pretekajúce touto chodbou odvádzali vodu z Pekla a tiekli najspodnejšími časťami Suchého dómu, odkiaľ tiekli pravdepodobne na SV a vytekali na povrch vo svahovom údolíčku nad Veľkým prameňom vo výške 887 m pod výrazným údolným stupňom. Prechod podzemných vôd zo štádia „A“ do štádia „B“ ukazujú prudko klesajúce rúrovité kanály, tvoriace zostup do Pekla, Kvapľovej pivnice a do Suchého dómu.

Skalný priestor jaskyne, predtým silne tektonicky porušený, po vytvorení týchto dvoch jaskynných poschodí sa značne oslabil, v dôsledku čoho nastalo rútenie vápencovej masy pozdĺž tektonických puklín a vrstvových plôch. Preborením vápencovej hmoty medzi horným a spodným poschodím sa vytvorila obrovská podzemná dutina terajšieho vstupného priestoru. Rútenie napomáhali rúrovité kanály spájajúce horné poschodie so spodným, na čo poukazuje časť kanála v skalnej stene za Ružovou záhradou. Postupom času sa vytvorilo i povrchové priepadisko Duča, ktorého oddrobeniny zasypali pod ním existujúcu jaskynnú chodbu, spájajúcu Zrútený dóm a jaskyňu Duča. Zrútením sa vytvoril aj terajší vstupný otvor jaskyne a zrútený závrť južnejšie od neho. Oddrobené vápencové balvany vyplňujú dnes dná jaskynných dutín a tvoria podklad podlahového ľadu.

V literatúre sa objavujú aj iné názory na vznik Dobšinskej ľadovej jaskyne. Napríklad Šincl (19) vysvetľuje jej vznik tektonickým spôsobom pri pohybe vápencových mäs na sever. Pravda, do r. 1947 neboli známe kvapľové časti jaskyne s typickými eróznymi formami a riečnymi sedimentami. Morfológia základných častí neposkytovala mnoho dôkazov o ich riečnom pôvode. Podľa Šincla by musel skalný priestor Dobšinskej ľadovej jaskyne vzniknúť už na konci kriedy, keď sa pri vrásnení Karpát presunovali vápencové masy na sever. Takto vytvorenú dutinu by muselo zaplaviť eocénné more, ktorého sedimenty sa síce vyskytujú v blízkosti jaskyne, ale v jaskyni niet po nich ani stopy. Rovnako dokázaný vodný režim podzemného toku Hnilca by nemohol jestvovať, keby už predtým existovala podzemná dutina takého vertikálneho rozpätia, ako je dnes. Z tohto hľadiska Šinclov názor je neopodstatnený a tým aj nesprávny.

Vek jaskyne

Je isté, že vytváranie podzemných priestorov Dobšinskej ľadovej jaskyne úzko súvisí s vytváraním údolia Hnilca. Keďže zatiaľ je málo štúdií o jeho vývoji, nemôže byť otázka veku jaskyne bezpečne riešená. Geomorfologický charakter jaskyne a pomerne veľký výškový rozdiel jej horného poschodia (asi 104 m) nad dnešným tokom Hnilca poukazuje na starší vek v porovnaní s Demänovskými jaskyňami. A keďže vytváranie najvyšších poschodí Demänovských jaskýň (jaskyne Okno) sa datuje do najstaršieho pleistocénu (günzu), vytváranie horného poschodia Dobšinskej ľadovej jaskyne prebiehalo pravdepodobne už koncom pliocénu. Presnejšie údaje o jej vývoji bude možné podať až po vyriešení genézy údolia Hnilca.

Tabuľka 2
Meteorologické údaje v Dobšinskej ľadovej jaskyni

Miesto merania	Teplota (°C) 28. 9. 1950	Teplota (°C)	Vlhkosť %	Teplota (°C)	Vlhkosť %
		23. 1. 1951		6. 5. 1951	
pred jaskyňou	+9,8	-6,4	89	+8,4	84
otvor jaskyne	+1,2	-5,6	90	+1,2	100
Malá sieň	+0,3	-5,0	95	+0,2	91
Veľká sieň	+0,1	-3,8 (-1,4)	77	-0,2 (-0,2)	88
Zrútený dóm	+0,1	-2,0	96	+0,2	96
Ruffinyiho koridor	+0,3	-0,2	84	+0,2	96
pri Kapličke	+0,4	-0,1	75	+0,4	89
Prízemie č. 16	+0,4	-0,6	85	+0,3	95
pri Organe	+0,5	-1,8	94	+0,1	90
dno Pekla	+1,2	+1,2 (+1,3)	98	+1,2 (+1,4)	98
Kvapľová pivnica	+1,2	+1,2 (+1,4)	98	+1,2 (+1,2)	98
Suchý dóm	+0,8	+0,7 (+1,4)	86	—	—
Predsieň	+0,4	-2,4	98	+0,1	96
Vstupná chodba	+1,2	—	96	+1,0	98
Kvapľová sieň č. 39	+2,2	+2,8	54	+2,8	75
Kvapľová sieň č. 35	+3,1	+3,4 (+3,4)	83	+3,4	85

Poznámka: Teploty v zátvorkách udávajú teplotu vápencovej masy.

Mikroklima jaskyne

Prvé údaje o mikroklimе Dobšinskej ľadovej jaskyne pochádzajú od F. F e h é r a z r. 1870 a 1871 a od J. E. P e l e c h a z r. 1880—1881. Sú neúplné a nemožno ich považovať za spoľahlivé.

Údaje L. S t e i n e r a (20) z r. 1913—1918 sa veľmi približujú údajom Š. P e t r o v i č a (17) z r. 1951. Príležitostné merania jaskynnej teploty, ktoré vykonal autor tohto článku, zhodujú sa s Petrovičovými meraniami a dopĺňujú ich hodnotami z nezaľadnených a ťažko prístupných častí (pozri tab. 2).

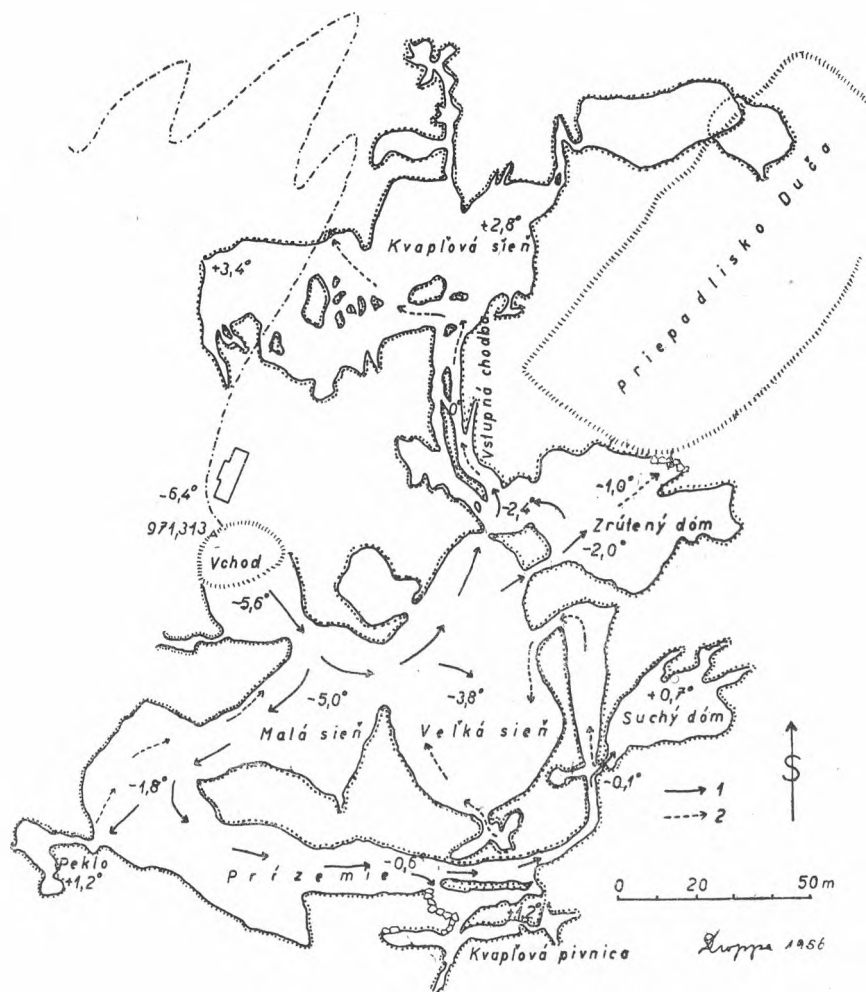
V nezaľadnených častiach sú vyššie teploty ako v zaľadnených, hoci sú topograficky nižšie položené než otvor jaskyne. Spôsobujú to títo činitelia:

1. Otvory do nich sú malé, väčšinou zatrasené vápencovými balvanmi, pomedzi ktoré preniká pomerne málo studeného vzduchu.

2. Malé sú aj samotné priestory zo všetkých strán obklopené teplejšími vápencovými stenami (v Kvapľovej sieni $+3,4^{\circ}\text{C}$, v Pekle $+1,4^{\circ}\text{C}$). Studený vzduch, aj keď do nich prenikne, nestačí okolité steny ochladiť pod bod mrazu.

Rozdielna teplota v jednotlivých častiach jaskyne a na povrchu spôsobuje pohyb vzduchu čiže prievany. Názorný obraz prúdenia vzduchu v zimnom období ukazuje mapka 3, zhotovená na podklade merania zo dňa 23. 1. 1951.

V najnižších častiach jaskyne — v Pekle a Kvapľovej pivnici — neboli pozorované nijaké prúdenia. Tento zjav si možno vysvetliť jednak dokonalým utesnením spodných otvorov jaskynnými sedimentami, jednak tým, že studený vzduch preniknutý do nich z vyšších častí vyrovnáva sa s tamojšou teplotou. Preto



Mapka 3. Dynamika prúdenia vzduchu v Dobšinskej ľadovej jaskyni v zimnom období.
 1. smer postupu studeného vzduchu,
 2. smer výstupu teplého vzduchu.

v týchto priestoroch je vzduch na dýchanie ťažký a zapácha hnilobou organických látok (zvyškami dreva a netopierieho trusu).

Podľa dynamiky prúdenia vzduchu má Dobšinská ľadová jaskyňa okrem vstupného otvoru ešte dva otvory prepúšťajúce vzduch. Jeden sa rysuje na dne priepadliska Duča vo výške 988,27 m n. m. a ústi do Zrúteného domu. Druhý je pod chodníkom v rovnakej výške ako vstupný otvor. Tento ústi do Kvapľovej siene. Preto podľa princípu prúdenia vzduchu Dobšinská ľadová jaskyňa nie je statickou jaskyňou, za akú sa dosiaľ všeobecne považovala (Kettner), ale dynamickou jaskyňou s troma otvormi prepúšťajúcimi vzduch.

Jaskynná vlhkosť závisí od jaskynnej teploty a od množstva vody presakujúcej z povrchu. Preto je rozdielna v každej časti jaskyne. Najvyššiu vlhkosť a pomerne stálu po celý rok má Peklo a Kvapľová pivnica (asi 98%). Naopak, malá relatívna vlhkosť je vo Veľkej sieni, najmä v zimnom období (približne 75%), kým v letnom období stúpne až na 88%. Preto sa v nej aj najlepšie dýcha a vzduch sa zdá stále čerstvý.

Hoci dosiaľ máme z Dobšinskej ľadovej jaskyne neúplné meteorologické pozorovania, ich vyhodnotením možno si urobiť určitý obraz o jej mikroklimé. Zrejme sa v nej rysujú dva režimy, podmienené ročnými sezónami (17). Zimný režim je charakterizovaný vnikaním studeného vonkajšieho vzduchu do jaskyne, ktorý prechladzuje pod bod mrazu nielen jaskynné ovzdušie, ale aj vápencové steny, v dôsledku čoho sa z presakujúcej vody tvorí ľad. Uplatňuje sa po nástupe prvých mrazov, teda začiatkom decembra, a trvá do konca apríla, keď vonkajšia teplota začína prevyšovať jaskynnú teplotu. Letný režim sa prejavuje opačným prúdením vzduchu ako zimný, teda z kvapľových častí do zaľadnených a z nich vchodom na povrch. Dobu jeho trvania možno ustáliť od začiatku mája do konca novembra. V priebehu letného režimu sa v zaľadnených častiach teplota zvyšuje, ale vplyvom akumulácie ľadu a prechladených vápencových stien neprekročí bod mrazu. Len pri najväčších letných horúčavách stúpne málo nad 0 °C. Oteplenie ovzdušia v zaľadnených častiach spôsobuje ohriatie vápencovej masy insoláciou na povrchu a najmä prítok letných atmosferických vôd z povrchu, ktorých teplota býva až +2 °C (v jeseni 1950).

Medzi obidvoma režimami niet ostrej hranice. Sú medziobdobia, v ktorých je v jaskyni pokoj alebo sa uplatňujú čiastočne známky obidvoch režimov. Napríklad najviac ľadu sa netvorí v zimných mesiacoch (december, január, február), keď jaskyňa je najviac prechladená, ale v jarných mesiacoch (marec, apríl, máj), keď z roztopeného snehu presakuje do jaskyne najväčšie množstvo vody. Podobné mikroklimatické pomery sa zistili aj v Demänovskej ľadovej jaskyni (4).

Vznik ľadu v jaskyni

V mikroklimatickej stati sme konštatovali, že Dobšinská ľadová jaskyňa má všetky predpoklady pre tvorbu ľadu, čo je podmienené prechladením jaskynného ovzdušia a vápencových stien pod bod mrazu. V prvej fáze vytvárania jaskyne neboli vhodné podmienky pre jej zaľadnenie. Jaskyňa bola kvapľová, o čom svedčia kvapľové útvary v jej najnižších častiach i v novoobjavených priestoroch. Podmienky pre zaľadnenie nastali až v neskorom štádiu vývoja jaskyne, teda keď sa zrútením vytvoril terajší vstupný priestor a vstupný vchod. Preboreným otvorom začal v zimnom období vnikáť do jaskyne studený vonkajší vzduch, odkiaľ vytláčal teplejší jednak popri povale otvorom von, jednak sutinovými otvormi

v Zrútenom dóme a v Kvapľovej sieni. Od studeného vonkajšieho vzduchu sa najprv prechladila jaskynná sutina, na ktorej presiaknutá atmosferická voda ihneď zmrzla na ľad. Postupným pritekaním a mrznutím vody sa na dne jaskyne vytvoril podlahový ľad. Zároveň na podlahovom ľade mrznutím kvapkajúcej vody vznikali ľadové stalagmity a stĺpy. Oproti nim na prechladenej vápencovej povale narástli ľadové stalaktity. Z teplejších a vodou nasýtených vzdušných prúdov vystupujúcich zo spodných častí jaskyne sa na prechladenej povale sublimáciou vytvárali ľadové kryštáliky jaskynnej inovate. V letnom období pri zvýšenej jaskynnej teplote sa tvorenie ľadu zastavilo, ba v menšej miere sa topením aj zmenšilo. Avšak ubudnutie ľadu v letnom období nahradil viacnásobný prírastok ľadu v zimnom období, takže postupom času sa vytvorila taká vrstva podlahového ľadu, akú môžeme vidieť dnes.

Vznik ľadu v Dobsínskej ľadovej jaskyni napomáhajú najmä tieto činitelia:

1. Otvor jaskyne leží vo výške 971 m n. m.; jeho priemerná ročná teplota je pomerne malá (asi $+5^{\circ}\text{C}$).

2. Expozícia jaskynného vchodu je na SZ, čo znemožňuje priamy účinok teplých slnečných lúčov. Okrem toho ich prenikaniu zabraňujú aj okolo vchodu narastené ihličnaté stromy.

3. Skalný masív nad zaľadnenými priestormi je pomerne hrubý (60—100 m); zamedzuje priamy a rýchly vplyv kolísania vonkajšej teploty na jaskynnú.

4. Vstupné časti jaskyne majú prudký sklon klesajúci do hĺbky 70 m od vchodu, pričom sú priestorove rozsiahle, čo umožňuje akumuláciu studeného vzduchu v zimnom období.

5. Najnižšie jaskynné časti sú jaskynnými sedimentami dokonale utesnené, čím je znemožnená cirkulácia vzduchu do ďalších dosiaľ neznámych jaskynných dutín.

6. Jaskyňa má tri otvory prepúšťajúce vzduch, avšak položené v najvyššom mieste podzemných častí.

Na zaľadnenie jaskyne nepriaznivo pôsobia tieto činitelia:

1. Stále ubúdajúca vegetačná pokrývka nad jaskynnými dutinami, ktorá dovoľuje jednak prenikať slnečným lúčom až na skalný masív, jednak nereguluje prítok atmosferických vôd do jaskyne.

2. Vstupný otvor je v poslednej dobe značne rozšírený, čo má veľký vplyv na prenikanie teplejšieho ovzdušia do jaskyne.

3. Namontovanie veľkých osvetľovacích telies vyžarujúcich mnoho tepla zapríčiňuje zvýšenie teploty v jaskyni.

Vek zaľadnenia jaskyne

Na určenie absolútneho veku zaľadnenia jaskyne niet zatiaľ dostatočných dôkazov. Je nesporné, že jaskyňa bola najprv kvapľovou a že uplynula dlhá doba, kým nastali podmienky pre tvorenie ľadu. Dobu zaľadnenia jaskyne možno predbežne určiť podľa hrúbky podlahového ľadu, ktorá ako sa zistilo, bola asi 25 m v jeho čele. Ako sme spomenuli, podlahový ľad je tvorený vrstvičkami o hrúbke od 3 do 5 mm. Za predpokladu, že každá vrstvička narástla v priebehu jedného roka, uplynulo by od tvorenia prvého ľadu v jaskyni približne 5000—7500 rokov. Presnú číslu týmto spôsobom nemožno dostať, lebo sa nedá presne zmerať počet všetkých vrstvičiek ani hrúbka každej z nich. Tak isto musíme pripustiť, že podlahový ľad sa na spodku vplyvom teplejšieho vápencového podložia pomaly topil, čím spodné vrstvičky zmizli a tým aj ich počet od začiatku je menší.

Iný spôsob zistenia veku zaľadnenia jaskyne by bol podľa prírastku podlahového ľadu. Ako základ na toto meranie bol ustálený bod 5, vytesaný v stene Malej siene. Jeho výška nad ľadovou plochou r. 1950 bola 1,75 cm, kým r. 1955 bola už len 1,72 cm, čo ukazuje, že za 5 rokov bol prírastok na hrúbke 3 cm. Podľa takehoto tempa rastu ľadu podlahový ľad v hrúbke 25 m by rástol asi 4133 rokov. Avšak ani toto číslo nemôže vyjadrovať absolútnu hodnotu, lebo prírastok ľadu závisí od stupňa prechladenia dotyčného priestoru a od množstva presakujúcej vody. Z doterajších pozorovaní vieme, že tieto veličiny sa každý rok menia.

Hoci ani jeden spôsob nevyjadruje absolútny vek zaľadnenia jaskyne, možno si urobiť určitú predstavu o jej veku. Vek zaľadnenia je nepomerne menší ako vek vlastných podzemných dutín.

Jaskyňa Psie diery

V staršej literatúre (22, 23, 19) sa spomína otázka spojenia Dobšinskej ľadovej jaskyne s jaskyňou na juhovýchodnom svahu Duče, zvanou *Psie diery*. Podľa predbežných výskumov nemožno predpokladať spojenie uvedených dvoch jaskynných systémov, a to z týchto dôvodov:

1. Jaskyňa Psie diery je len korozívneho pôvodu, t. j. na jej tvorbe sa zúčastnili len atmosferické vody, ktoré využívali sklon a smer tektonických puklín. Zatiaľ sa v nej nikde nepozorovali riečne sedimenty.

2. Podzemné dutiny jaskyne Psie diery sa rozkladajú vo výške asi 947 m, kým najnižšie priestory Dobšinskej ľadovej jaskyne vo výške približne 900 m n. m., teda o 47 m vyššie, čo vylučuje možnosť prietoku podzemných vôd z Dobšinskej ľadovej jaskyne do jaskyne Psie diery.

3. Sklon vápencových vrstiev na južnom svahu Duče je na J, kým na severnom svahu na SZ, čo nepodporuje prietok podzemných vôd z jednej jaskyne do druhej.

Preto možno s istotou tvrdiť, že obidva jaskynné celky sa vyvíjali samostatne, bez akéhokoľvek hydrologického súvisu.

ZÁVER

Doterajší speleologický výskum Dobšinskej ľadovej jaskyne ukázal, že jaskyňa nie je pôvodu tektonického, ako tvrdí Š i n c l (19), ale podľa morfológie a výskytu riečnych sedimentov pôvodu erozívneho, vytvorená vo dvoch poschodiach. K zväčšeniu jej podzemných priestorov najviac prispelo oddrobovanie z povaly a zo stien pozdĺž tektonických puklín a vrstvových plôch. Speleologický výskum potvrdil správnosť Krenerovej a Pelechovej teórie o vzniku ľadu v jaskyni na podklade prechladenia jaskyne v zimnom období, ktoré spôsobuje vnikanie studeného vzduchu terajším vstupným otvorom. Týmto bola vyvrátená nesprávnosť ostatných teórií (18, 19, 8, 15), nepodložených praktickým meraním v podzemí, ale stavaných len na teoretických špekuláciách, ktoré sa neuplatňujú v Dobšinskej ľadovej jaskyni.

*Zemepisný ústav Slovenskej akadémie vied
v Bratislave,
Speleologické oddelenie
v Liptovskom Mikuláši*

1. Andrusov D., *Geologia Slovenska*, Praha 1938. — 2. Bima K., *Dobšinská ľadová jaskyňa a jej okolie*, Dobšiná 1932. — 3. Csisko A., *Der geologische Bau des „Slowakischen Paradieses“*. Die Karpathen, Heft 2—4, Kásmark 1943, 18. — 4. Droppa A., *Demänovská ľadová jaskyňa*. Československý kras, Praha 1956, 8—9. — 5. Fehér F., *A Dobsinai jégbarlang. Természettudományi közlöny IV*, Budapest 1872. — 6. Fiched M., *A Dobsinai jégbarlang fizikai magyarázata*. M. K. E. évkönyve, Igló 1888, XV, 161—199. — 7. Hanvai I. E., *Die Dobsinauer Eishöhle*, Budapest 1908. — 8. Havránek F., *Ľadová jaskyně Dobšinská a můj výzkum její zimotvorné záhady*. Čsl. deník, Olomouc 1928, 10, č. 126, 142, 148. — 9. Kamenický J., *O hadci pri Dankovej*. Geologický sborník SAVU, Bratislava 1951, 2, 3—30. — 10. Kettner R., *Geologické poměry okolí Vernaru na Slovensku*. Rozpravy II. tř. ČA, Praha 1937, 47, 1—11.
11. Krenner J., *A Dobsinai jégbarlang. Természettudományi közlöny V*, Pest 1873. — 12. Krenner J., *Die Eishöhle von Dobsau*, Budapest 1874. — 13. Kvietok L., *Dobšinská ľadová jaskyňa a v nej objavené kvapľové jaskyne*. Československý kras, Brno 1949, 2, 104—111. — 14. Lukniš M., *Príspevok ku geomorfológii pourchového krasu Stratenskej hornatiny*. Sborník prác Prír. fak. Slov. univer. v Bratislave, Bratislava 1945, 13. — 14a. Maheľ M., *K stratigrafii Stratenskej hornatiny*. Geologické práce. Zprávy 7, Bratislava 1956, 25—65. — 15. Měška G., *Ľadová jaskyně Dobšinská — fenomen větrání skal*. Bratislava, Bratislava 1936, 10, 253—258. — 16. Pelech J. E., *A sztraceni völgy és a dobsinai jégbarlang*. Kárpát. Egyes. Évk. V, Igló 1878, 249—307. — 17. Petrovič Š., *Mikroklimatický prieskum ľadovej jaskyne u Dobšinej*. Meteor. zprávy, Praha 1952, 5, 102—106. — 18. Schwalbe B., *Die drei Eishöhlen von Dobschau, Demänová und Silica*. Gaea XVIII, Kölm 1882, 626—628. — 19. Šincl J., *Dynamika tvoření ledu v Dobšinské ľadové jaskyni*. Sborník prír. odb. Slov. vlast. múzea, Bratislava 1931, 123—134. — 20. Steiner L., *Die Temperaturverhältnisse in der Eishöhle von Dobschau*. Meteor. Zeitschrift, Praha 1922, 193. — 21. Ulrich F., *Dobšinská ľadová jaskyně a příbuzné zjavy na Slovensku*. Práce Mineral. a petrograf. ústavu KU, Praha 1936. Nová řada, č. 105. — 22. Weisinger K., *Jégbarlangokról*, Kassa 1898. — 23. Woldřich J., *O ľadových jaskynich, zvláště Dobšinské a jejich vzniku*. Příroda, Brno 1926, 19, 97—104.

Антон Дроппа

ДОБШИНСКАЯ ЛЕДЯНАЯ ПЕЩЕРА

В рамках исследовательских работ Словацкого спелеологического общества А. Дроппой было начато в 1950 году геоморфологическое изучение Добшинской ледяной пещеры. Закончено оно было лишь в 1955 году, так как между тем были другие срочные работы.

Добшинская ледяная пещера находится в Словакии, в южной части Словацкого Рая, в живописной долине речки Гнилец к северу от г. Добшина (кадастр г. Добшина). Подземные пустоты образовались в светлых веттерштейнских известняках среднего триаса, принадлежащих, в тектоническом отношении, муранской серии, которая надвинута с юго-востока на комплекс хочского покрова. Вход в пещеру расположен на северной стороне известнякового массива Дуца (1120) на высоте 971,31 м над ур. м., т. е. 130 м над терпешней долиной речки Гнилец. Северный склон этого массива дренируется тремя карстовыми водотоками, вытекающими в виде источников на границе светлых известняков и веттерштейнских сланцев. Нижний источник находится на высоте 863,56 м, его дебит в среднем около 68,8 л/сек. Остальные источники, выходы которых находятся выше, совершенно иссыкают в засушливое летнее время. Мимо источников зигзагами поднимается широкая тропинка, ведущая из долины р. Гнилец к входу в ледяную пещеру. Входное отверстие имеет характер провалившейся воронки диаметром в 23 м. Такая же провалившаяся воронка находится над другой пещерой, называемой Препадлиско (что значит „провал“) Дуци, которая занимает площадь

около 5407 м². Отверстие пещеры имеет в настоящее время 22 м в ширину и 2 м в высоту; оно открывает доступ в самые верхние части подземной системы. Пустоты Добшинской ледяной пещеры состоят из оледенелого пространства, расположенного близ входа, и краевых частей без льда. Первый грот представляет собой огромную подземную полость, спускающуюся от входного отверстия к югу с наклоном 30—40°. Глыбы обрушившихся скал и накопившийся на дне лед разделили первоначальную полость на несколько морфологически самостоятельных частей: *Мала сиень* (Малый зал), *Велка сиень* (Большой зал), *Зрутеный дом* (Обрушенная хранина), *Галерея Руффини*, *Сухий дом* (Сухая хранина), *Приземие* (Партер), *Кватльова пивница* (Сталактитовый погреб) и *Пекло*. В полостях, открытых в 1947 году, льда нет; состоят они из следующих частей: *Вступна ходба* (Входная галерея), *Кватльова сиень* (Сталактитовый зал), *Северна ходба* (Северная галерея) и *Бела сиень* (Белый зал). Общая длина пустот около 240 м.

Из автохтонных пещерных отложений особый интерес представляет лед, который покрывает дно Большого и Малого залов, Обрушенной хранины, Галереи Руффини и Партера. Размер всей покрытой льдом площади достигает 11 200 м². Ледяной покров на полу пещеры не везде одинаковой толщины: близ входа — 0,5 м, в Партере — до 25 м. По приблизительному подсчету общий объем льда в пещере составляет 145 000 м³. Лед, покрывающий пол пещеры, имеет ясно выраженную слоистость. Слои льда толщиной в 3—5 мм лежат не горизонтально, а наклонно, как дно пещеры, под углом 30—40°. Образуется пещерный лед в результате замерзания просачивающейся с поверхности воды. На потолке некоторых обледенелых частей подземных пустот в весенние месяцы в результате сублимации водяного пара из более теплого влажного воздуха образуется пещерный иней в виде шестигуольных пластинок размером в 2—8 см.

Речные галечники и пески, находящиеся в новооткрытых пространствах со сталакти-тами, по своему происхождению аллохтонные. Галечники состоят из очень хорошо окатанных валунов величиной в 1—8 см; количественное соотношение представленных в валунах минералов и горных пород следующее: кварц 22 %, жильный кварц 4 %, кварцевый гнейс 12 %, слюдяной гнейс 13 %, каолинизированный гнейс 4 %, филлит 13 %, кварцит 11 %, кремнистые сланцы 8 %, аркозы 6 %, мелафир 2 %, конгломерат из натечных образований 1 %, угловатые обломки натечных образований 4 %. Этот разнородный материал был принесен в пещеру речкой Гнилец из области ее истоков с восточного склона массива Кралова Голя (1943 м).

Эрозионные формы подземных галерей, которые лучше всего видны в новооткрытых частях, и наличие в них речных отложений доказывают, что Добшинская ледяная пещера не тектонического, а речного происхождения. Произведенные до настоящей времени исследования показывают, что было две стадии развития пещеры и образовалось два расположенных один под другим этажа. Более древняя стадия „А“ представлена новооткрытыми частями подземной системы вместе с Малым и Большим залами и Обрушенной храниной. На младшей стадии „В“ образовались самые нижние части пещеры — Пекло, Сталактитовый погреб и Сухая хранина. Образование верхнего этажа надо скорее всего приурочить к плиоцену, на что указывает и большая высота над современным руслом р. Гнилец (около 104 м). Довольно высокое положение пещеры (971 м над ур. м.) и ее крутой наклон являются причинами особого микроклимата. Произведенные измерения показывают, что температура пещеры не бывает постоянной, что она меняется в течение года под влиянием внешней среды. Зимой холодный наружный воздух охлаждает все части пещеры, расположенные близ входа, и их температура опускается ниже 0 °С. Проникая глубже, холодный воздух адиабатически отепляется на +1,1—1,5 °С на каждые 10 м, так что на глубине 70 м, на дне грота Пекло, его температура стандартно держится на +1,2 °С. Летом наблюдается обратное явление: температура, которая близ входного отверстия бывает выше 0 °С, опускается в направлении к Большому залу ниже 0 °С, а в частях пещеры, расположенных еще ниже вновь поднимается до первоначальной (+1,2 °С). В тех частях пещеры, где нет льда, температура более или менее постоянная в течение всего года и везде выше 0 °С: в гротах Пекло и Сталактитовом погребе +1,2 °С, в Сухой хранине +0,7 °С, в Сталактитовом зале +3,2 °С.

Разница в температуре воздуха отдельных частей пещеры и поверхности земли вызывает движение воздуха, т. е. сквозняки, которые сильнее всего чувствуются в суженных местах пещеры. В зимнее время холодный наружный воздух проникает через входное отверстие. Начиная от Малого зала, образуются два течения. Одно из них опускается, проходя мимо ледяного водопада, к гроту Пекло и дальше через Партер

к Галерее Руффини; около ниши, называемой „Часовенка“, воздушное течение падает вниз через проход и достигает Сухой храмины. Второй поток воздуха из Малого зала направляется в Большой, откуда одна его ветвь идет в новооткрытые части пещеры, тогда как другая течет в Обрушенную храмину; вытесняя из-за нагромоздившихся глыб более теплый воздух, этот поток выходит через Провал Дучи на поверхность земли. Летом течение воздуха происходит в обратном направлении: из частей пещеры с натечными образованиями в обледенелые, а оттуда через входное отверстие наружу. Из всего этого видно, что по своему характеру Добшинская ледяная пещера не статическая, а динамическая. При летнем режиме температура в обледенелых частях пещеры поднимается, но выше 0 °С не бывает из-за нагромождения льда и сильно охлажденных известняковых стен. Следовательно, образование льда в пещере является результатом охлаждения воздуха и известняковых стен, что вызвано проникновением холодного воздуха в зимнее время. Эти условия создались, когда, вследствие обрушения кровли, образовалось теперешнее входное отверстие. Судя по толщине льда на полу, обледенение пещеры произошло 5000—7500 лет тому назад.

Перевод со словацкого В. Андрусовой

Объяснение рисунков

- Рис. 1. Пещерная изморозь на потолке при входе в галерею Руффини. Фото А. Дроппы.
 Рис. 2. Ледяные сталагмиты и колонны Орган в подземной полости, называемой Партер. Фото А. Дроппы.
 Рис. 3. Группа сталагмитов Цинторин (что значит Кладбище) в Зале сосулук. Фото А. Дроппы.

Объяснение карт

- Карта 1. Добшинская ледяная пещера.
 Карта 2. Разрез Добшинской ледяной пещерой.
 Карта 3. Схема циркуляции воздуха в Добшинской ледяной пещере.
 1. Направление течения холодного воздуха, 2. направление течения теплого воздуха.

Anton Droppa

DIE EISHÖHLE DOBŠINSKÁ LADOVÁ JASKYŇA

Im Rahmen der Forschungsarbeiten der Slowakischen speleologischen Gesellschaft begann A. Droppa im Jahre 1950 auch mit der geomorphologischen Erforschung der Eishöhle Dobšinská ľadová jaskyňa. Wegen anderen dringenden Arbeiten wurde jedoch diese Erforschung erst im Jahre 1955 beendet.

Die Eishöhle Dobšinská ľadová jaskyňa befindet sich im südlichen Teile des Slovenský raj (Slowakisches Paradies) in der Slowakei im malerischen Hnilectale nördlich der Ortschaft Dobšiná, in deren Kataster sie liegt. Entstanden ist sie durch Auslaugung in den lichten Wettersteinkalken der mittleren Trias, welche tektonisch nach Kettner ein Glied der Murán-Serie sind, die von SO gegen NW auf die Komplexe der Chočdecke aufgeschoben wurde. Der Eingang in die Höhle liegt an der Nordseite des Kalkmassivs Duča (1120), in der Höhe 971,31 m über dem Meeresspiegel, d. i. rund 130 m über dem heutigen Hnilectale. Den Nordhang des Berges Duča entwässern drei Karstquellen, welche an der Grenze zwischen den lichten Kalken und den Werfener Schiefeln entspringen. Die niedrigste von ihnen liegt in 863,56 m Höhe und erreicht die durchschnittliche Ausgiebigkeit rund 68,8 L/Sek. Die anderen, höher gelegenen, trocken in der sommerlichen Trockenzeit vollständig aus. An den Quellen vorüber führt ein gepflegter Serpentinweg vom Hnilectale herauf bis zum Eingang zur Eishöhle. Der Höhleneingang hat den Charak-

ter einer Doline mit dem Durchmesser 23 m. Eine ähnliche eingestürzte Doline findet sich auch ober der Höhle und führt den Namen Priepadlisko Duča. Diese erreicht rund 5407 m² Flächenausbreitung. Die Höhlenöffnung erreicht rund 22 m Breite und 2 m Höhe und liegt in den höchsten Höhlenteilen. Die unterirdischen Räume der Eishöhle bestehen aus einem vereisten Eingangsraum und unvereisten Randpartien. Der Eingangsraum ist ein riesiger unterirdischer Hohlraum, welcher von der Öffnung an unter der Neigung 30—40° gegen Süden abfällt. Die heruntergestürzten abgeschlagenen Trümmer und das angesammelte Eis am Boden des Raumes teilen den ursprünglichen Hohlraum in mehrere morphologisch selbständige Teile, sowie *Malá sieň* und *Veľká sieň* (Kleine und Grosse Halle), *Zrútený dóm* (Eingestürzter Dom), *Ruffinyiho koridor*, *Suchý dóm* (Trockener Dom), *Prizemie* (Erdgeschoss), *Kvapľová pivnica* (Tropfsteinkeller) und *Peklo* (Hölle). Die im Jahre 1947 neu entdeckten Höhlenteile sind ohne Eis und bestehen aus dem Eingangsgänge *Vstupná chodba*, der Halle *Kvapľová sieň*, dem nördlichen Gänge *Severná chodba* und der (weissen) Halle *Biela sieň*, womit sie eine Gesamtlänge von rund 240 m erreichen.

Von den Höhlensedimenten autochtonen Ursprungs ist am bedeutendsten das Höhleneis, welches den Boden der *Veľká* und *Malá sieň*, den *Zrútený dóm*, den *Ruffinyiho koridor* und *Prizemie* bedeckt. Die vereiste Fläche erreicht im Ganzen die Ausbreitung rund 11 200 m². Die Dicke des Bodeneises ist nicht überall gleich. Bei der Eingangsöffnung ist sie rund 0,5 m, im *Prizemie* dagegen 25 m. Die gesamte Menge Eis in der Höhle schätzt man auf 145 000 m³. Das Bodeneis ist deutlich geschichtet. Die Eisschichten sind nicht waagrecht, sondern unter 30—40° geneigt, ähnlich wie der Höhlenboden. Ihre Dicke bewegt sich zwischen 3—5 mm. Das Höleneis entsteht durch Gefrieren des von der Oberfläche durchsickernden atmosphärischen Wassers. Auf der Decke einiger vereister Höhlenpartien bildet sich in den Frühjahrsmonaten durch Sublimation aus der wärmeren feuchten Luft Höhlenreif in Gestalt sechseckiger Plättchen im Ausmasse 2—8 cm.

Alochtonen Ursprungs sind die Flussande und Schotter, welche in den neu entdeckten tropfsteinführenden Partien vorkommen. Die fluviatilen Ablagerungen bilden das Gesteinmaterial, welches aus vollkommen abgerundeten Geschieben von 1—8 cm Durchmesser besteht und folgende Zusammensetzung aufweist: Quarz 22%, Gangquarz 4%, Quarzgneiss 12%, Glimmergneiss 13%, kaolinischer Gneiss 4%, Phyllit 13%, Quarzit 11%, Quarzschiefer 8%, Arkose 6%, Melaphyr 2%, Sinterkonglomerat 1%, scharfkantige Sinterbruchstücke 4%. Es ist also fremdartiger, durch das Flüsschen *Hnílec*, bis aus seiner Quellregion, den östlichen Hängen der *Kráľova hofa* (1943), in die Höhle eingeschlepptes Material.

Die Erosionsformen der unterirdischen Gänge, welche man besonders in den neu entdeckten Partien der Höhle beobachten kann, und das Vorkommen fluviatiler Ablagerungen in ihnen ist ein Beweis für den fluviatilen und keineswegs tektonischen Ursprung der Eishöhle *Dobšinská ľadová jaskyňa*. Auf Grund der bisherigen Forschung zeigen sich zwei Entwicklungsstadien, die in der Art von Stockwerken untereinander gebildet sind: Das genetisch ältere Stadium „A“ umfasst die neu entdeckten Partien mit *Malá sieň* und *Veľká sieň* und *Zrútený dóm*, während das jüngere Stadium „B“ die niedrigsten Höhlenpartien, wie *Peklo*, *Kvapľová pivnica* und *Suchý dóm*, einnimmt. Die Bildung des oberen Stockwerkes spielte sich spätestens im Pliocän ab, worauf auch der grosse Höhenunterschied in bezug auf den heutigen Lauf dieses Flüsschens (ungefähr 104 m) hinweist. Die verhältnismässig hohe Lage der Höhle (971 m ü. d. Meeresspiegel) sowohl wie ihr steil abfallender Charakter bewirken ein eigenartiges Mikroklima. Nach den bisherigen Messungen ist die Temperatur der Höhle unbeständig, sie verändert sich im Verlaufe des Jahres unter dem Einflusse der Aussentemperatur. In der Winterperiode kühlt die kalte Aussenluft alle Eingangsteile der Höhle bis unter den Gefrierpunkt ab. Die kalte Luft erwärmt sich gegen die Tiefe zu adiabatisch um +1,1 bis +1,5°C auf 10 m Tiefe, sodass sie in 70 m Tiefe, am Grunde der Höhle *Peklo*, die ständige Temperatur +1,2°C erreicht. Im Sommer dagegen ist die Temperatur der Eingangsöffnung ober 0°C, fällt aber gegen das Innere der *Veľká sieň* auf den Gefrierpunkt und gegen die Tiefe zu steigt sie wieder auf den ursprünglichen Wert +1,2°C. In den unvereisten Partien der Höhle ist die Temperatur das ganze Jahr hindurch verhältnismässig gleichmässig und überall über 0°C. So

beträgt sie in der Höhle Peklo $+1,2^{\circ}\text{C}$, die selbe Temperatur hat auch die Höhle Kvapľová pivnica, Suchý dóm $+0,7^{\circ}\text{C}$ und Kvapľová sieň $+3,2^{\circ}\text{C}$.

Der Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Teilen der Höhle und der Oberfläche bewirkt Luftströmungen, Durchzug welcher sich an den engeren Stellen der Höhle besonders bemerkbar macht. In Malá sieň verzweigt er sich in zwei Ströme: der eine sinkt hinunter, über den Eisfall gegen Peklo, von wo er über Prízemie in Ruffinyiho koridor weiterstreicht und bei Kaplička durch die Öffnung in den Suchý dóm fällt. Die zweite Luftströmung geht aus Malá sieň in Veľká sieň und von hier aus streicht ein Teil in die neu entdeckten Höhlenteile, während der zweite Teil in den Zrútený dóm strömt und von da zwischen den angehäuften Felsen die wärmere Luft im Priepadlisko Duča an die Oberfläche drängt. In der Sommerperiode strömt die Luft umgekehrt, also aus den tropfsteinführenden Teilen der Höhle in die vereisten und von diesen durch den Eingang an die Oberfläche. Darum ist die Eishöhle Dobšinská ľadová jaskyňa keine statische, sondern eine dynamische Höhle. Während des Sommerregimes steigt die Temperatur in den vereisten Teilen, aber infolge der Akkumulation des Eises und der überkühlten Kalkwände steigt sie nicht über den Gefrierpunkt. Die Entstehung des Eises in der Höhle kann man also durch Durchkühlung der Höhlenatmosphäre und der Kalkwände beim Eindringen der Kaltluft im Winter erklären. Diese Bedingungen entstanden zu der Zeit, als die heutige Eingangsöffnung der Höhle durchgebrochen wurde. Nach der Dicke des Bodeneises zu schliessen kann das Alter der Höhlenvereisung auf 5000 bis 7500 Jahre geschätzt werden.

Aus dem Slowakischen übersetzt von V. Dlabáčová

Erklärung der Abbildungen

- Abb. 1. Höhlenreif an der Decke des Einganges in den Ruffinyi-Korridor.
Photo: A. Droppa.
- Abb. 2. Eisstalagmite und -säulen des Organ im Prízemie. Photo: A. Droppa.
- Abb. 3. Die Stalagmiten-Gruppe „Cintorín“ in der Halle Kvapľová sieň.
Photo: A. Droppa.

Kartenskizzen

- Karte 1. Die Eishöhle Dobšinská ľadová jaskyňa.
- Karte 2. Durchschnitt durch die Eishöhle Dobšinská ľadová jaskyňa.
- Karte 3. Dynamik der Luftströmung in der Eishöhle Dobšinská ľadová jaskyňa.
1. Die Richtung der Strömung der kalten Luft, 2. die Richtung des Auftriebes der warmen Luft.