

ALOCHTÓNNE SEDIMENTY JASKÝŇ VYSOKOHORSKÉHO KRASU NÍZKYCH TATIER

Monika Orvošová¹ – Peter Uhlík² – Pavol Uher²

¹ Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; orvosova@smopaj.sk

² Prírodovedecká fakulta UK, Katedra ložiskovej geológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; uhlik@fns.uniba.sk, uher@fns.uniba.sk

M. Orvošová, P. Uhlík & P. Uher: Allochthonous sediments in caves of the Low Tatras high-mountain karst

Abstract: Research has been carried out in the karst of Low Tatras Mts. with the special attention to allochthonous sediments of cave systems located in highest parts of the mountains. The caves are situated below the relics of old karst surfaces [Krakova hoľa Mt – Starý hrad (Old Castle Cave), Večná robota (Eternal Labour Cave), Jaskyňa v Záskočí Cave and Jaskyňa snečného lúča (Sunbeam Cave); Ohnište high plain – Silvošova diera (Silvoš' Hole), Veľký závrť (Big sinkhole)] and within the infolded belt of autochthonous cover [Ďumbier Karst – Jaskyňa mŕtvych netopierov (Deat Bats Cave), Jaskyňa studeného vetra (Cave of Cold Wind)]. The fluvial sediments of nonkarstic origin are frequently found inside these caves. This material was the part of Mesozoic cover on the crystalline core of Ďumbier massif, from which the palaeostreams flowed into the studied caves. The methodology is focused on the petrographic (pebble analyse) and mineralogic analyse (heavy and light minerals, wholerock and clay x-ray analyses) of fluvial caves fill and sinkhole sediments. The results revealed, that core of Low Tatras Mts. was not unearthed on the whole scale in Neogene and erosion reached crystalline sequences only locally.

Key words: allochthonous cave sediments, heavy minerals, clays, palaeokarst, Low Tatras Mts.

ÚVOD

Alochtónne sedimenty v jaskyniach sú cenným zdrojom informácií súvisiacich s paleogeografickým vývojom blízkeho územia a hydrológiou pôvodných paleotokov, ktoré prinášali materiál do jaskýň. Tieto fosílné sedimentárne záznamy pomáhajú riešiť otázky pôvodu a charakteru zdrojových oblastí a materskej horniny materiálu jaskynných výplní a ponúkajú analýzu vzťahov medzi krasom a tektonikou.

Aj keď kras Nízkych Tatier predstavuje jednu z významných krasových oblastí Slovenska, kde výskum jaskýň trvá rádomo desiatky rokov, poznatky získané štúdiom jaskynných sedimentov sa týkajú len posledných rokov. Výskum sa zamerával na ich paleomagnetické datovanie vo vybraných jaskyniach (Bosák et al., 2002; Kadlec et al., 2004) a sedimentológiu významných profilov v Demänovskom jaskynnom systéme (Kojdová – Sliva, 2005).

V prácach viacerých autorov zaoberajúcich sa geomorfologickým výskumom krasových javov vyššie položených jaskýň v predmetnom území sa poukazuje na prítomnosť alochtónneho materiálu v podobe štrkov z hornín obalovej série (Droppa, 1972; Hipman, 1973; Mitter, 1975; Hochmuth, 1998, 2000; Bella, 2001, 2004; Štéc, 2000; Bruthans, 2004; Orvoš, 2005 a iné), ale tento materiál dosiaľ nebol predmetom skúmania a stále chýbajú systematické analýzy a konkrétne dôkazy.

V rámci výskumnej úlohy Alochtónne sedimenty v jaskyniach Nízkych Tatier, ktorá sa začala riešiť v roku 1998, sa výskum po niekoľkoročnej stagnácii opäť obnovil a pokračuje výskumom v ďalších jaskyniach zachovaných v najvyšších pozíciách vysokohorského krasu v Nízkych Tatrách (nad hranicou lesa alebo na jej rozhraní): na krasovom povrchu Krakovej hole (1751 m n. m.) v jaskyniach Starý hrad a Záskočie, na rozsiahlejšej krasovej plošine Ohnište (1491 m n. m.) v jaskyni Silvošova diera a Veľkom závrte, v Kozích chrbtoch (Ďumbiersky kras – 1600 m n. m.) v Jaskyni mŕtvych netopierov a Jaskyni studeného vetra.

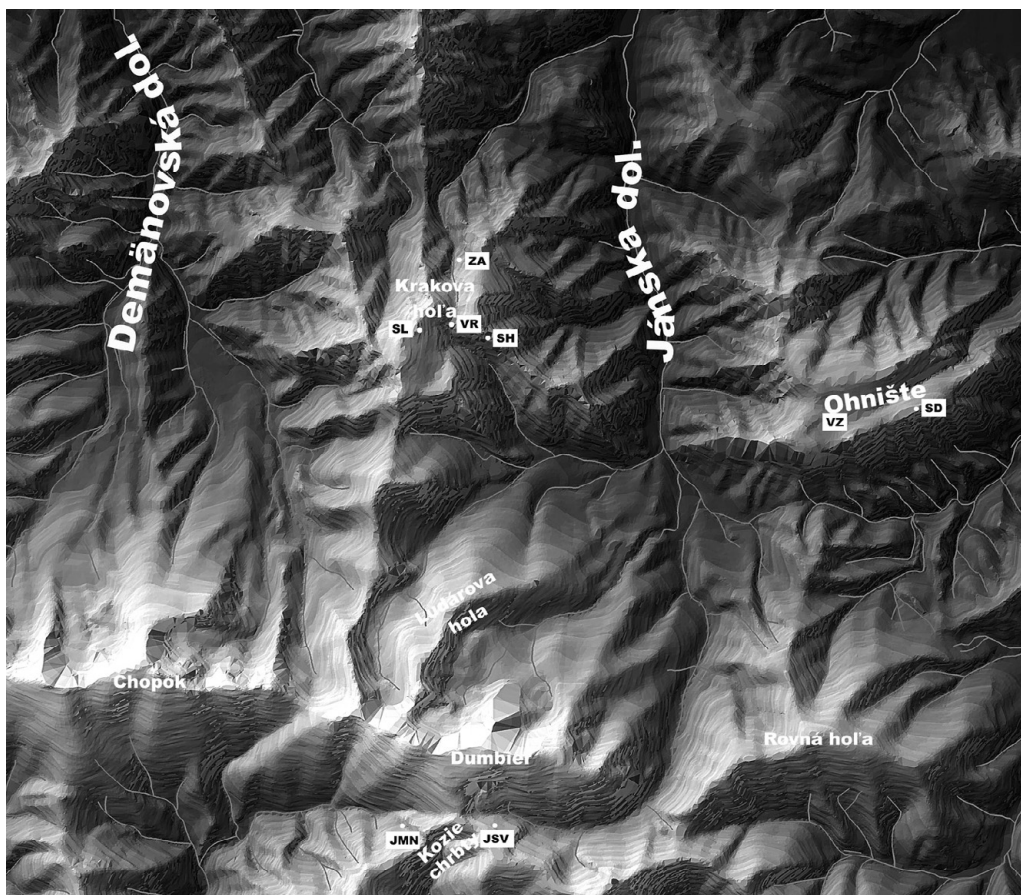
Metodika štúdia je zameraná na petrografickú a mineralogickú analýzu zloženia fluviálnej jaskynnej výplne a v jednom prípade i povrchových uloženín v závrte. Predstavujeme predbežné výsledky, ktoré priniesli zaujímavé paleohydrologické interpretácie a nové podnety pre pokračujúci výskum, ktorého prvoradou snahou je identifikácia litologických jednotiek zdrojových hornín a následne rekonštrukcia paleogeografického vývoja blízkeho okolia.

GEOLOGICKÉ POMERY SKÚMANÉHO ÚZEMIA

Fluviokrasové jaskyne so skúmanými alochtónnymi sedimentmi sa nachádzajú vo zvyškoch obalových príkrovov, na planačných povrchoch (Krakova hoľa a Ohnište) situovaných na severnej strane Ďumbiera a na jeho južnej strane v izolovanom pruhu autochtónneho obalu zavrásnenom do tatrckého kryštalinika (trangošské synklinórium) (obr. 1 a 2).



Obr. 1. Geologická pozícia jaskýň vysokohorského krasu Nízkych Tatier so skúmanými sedimentmi (M 1: 200 000)



Obr. 2. Morfológia územia jaskýň so skúmanými alochtónnymi sedimentmi

Mezozoický obal ležiaci v tesnej blízkosti kryštalinika je od neho v súčasnosti morfológicky oddelený hlbokými svahmi dolín, ktoré sú výsledkom neotektonického vyzdvihnutia a následnej erózie pôvodne rozsiahleho zarovnaného povrchu, ako aj jeho rozčlenenia na dve samostatné krasové plošiny – Ohnište a Krakovu hoľu. Jaskyňa Silvošova diera (1450 m n. m.) a Veľký závrť (1495 m n. m.) na krasovom povrchu Ohnišťa sú vyvinuté v triasových vápencoch a dolomitoch gutensteinského typu patriacich karbonátovej sekvencii chočského príkrovu nasunutého na autochtónny perm-triasový pokryv tatrickej jednotky. Masív Krakovej hory tvorí zložitá sústava obalovej jednotky tatrika, križňanský a chočský príkrov. Najvrchnejšia jednotka chočského príkrovu, v ktorej sa nachádzajú jaskyne so skúmanými sedimentmi, je štruktúrne tektonicky komplikovaná prevrátenými vrásami, lokálnymi digitáciami a opakovanými vrstevnými sekvenciami. Jaskyňa Starý hrad (1488 m n. m.), Jaskyňa v Záskočí (1332 m n. m.), Jaskyňa slnečného lúča (1689 m n. m.) a jaskyňa Večná robota (1551 m n. m.) sú vyvinuté prevažne vo vápencoch a dolomitoch gutensteinského typu sekvencie chočského príkrovu (hronika). Autochtónny obal tatrického podkladu je silne redukovaný a je reprezentovaný len spodnými triasovými kremencami a bridlicami, ktoré spočívajú na granitoidnom jadre alebo na reliktoch permských sedimentov (váznianske súvrstvie). Výskyty permských klastických hornín sú zachované hlavne v sedle Javorie a v oblasti Okrúhleho vrchu južne od Svidovského sedla. Silne tektonicky deformovaný pruh obalovej jednotky vyplňa v hrubšej vrstve len oblasť trangošskej synklinály (Biely – Bezák, 1997) na území vysokohorského Ďumbierskeho krasu. Jaskyňa mŕtvych netopierov a Jaskyňa studeného vetra sú prevažne vyvinuté v gutensteinských vrstvách vápencov a dolomitov s lokálnymi prienkami bazaltov, ktoré sa nachádzajú v malých výskytoch i na povrchu.

METODIKA PRÁCE

Skúmaná krasová oblasť bola čo do množstva a obsahu alochtónneho materiálu rôznorodá. Ak sa zachovali sedimentačné profily, vytypovali sa tie zachované relikty sedimentačných profilov, ktoré už makroskopicky ponúkali štrkový materiál alochtónneho pôvodu. Ak sediment obsahoval okruhliaky, výskum sa prednostne zameril na ich horninové zloženie, psefitickú zložku sedimentu, ktorá má najpresnejšiu výpovednú hodnotu o zdrojových horninách.

Výber profilov sa zameril na fluviálne sedimenty, ktoré boli v roku 2003 predmetom paleomagnetického výskumu (Kadlec et al., 2004), aby sa dal približne odhadnúť aspoň ich relatívny vek. V prípade Jaskyne mŕtvych netopierov a Jaskyne studeného vetra sa sedimenty odobrli už počas spomínaného paleomagnetického výskumu J. Kadleca. Následný odber okruhliakov v Jaskyni mŕtvych netopierov sa v tejto etape výskumu zameril orientačne na získanie čo možno najviac makroskopicky kvalitatívne odlišiteľných horninových druhov vyskytujúcich sa v sedimente, neprihliadalo sa na ich kvantitatívne pomerné zastúpenie v rámci všetkých typov hornín.

Významnejšie profily sa dokumentovali pomocou fotografií alebo sa zakreslili v jednotnej legende. Rozsah príspevku nedovoľuje ich detailnejšiu prezentáciu, stane sa tak v čiastkovej správe (Orvošová, 2006).

Pri odbere vzoriek zo sedimentačných profilov sme uplatnili vo väčšine prípadov súhrnný odber všetkých frakcií. Hmotnosť odobraného sedimentu sa pohybovala od 2 do 3 kg v závislosti od množstva okruhliakov vhodného na petrografické štúdium.

V niektorých prípadoch sa odber urobil voľným zberom v odkryvoch sedimentov (jaskyňa Starý hrad – Bublina, Jaskyňa mŕtvych netopierov). V iných prípadoch sa sitovaním odstránila frakcia menšia ako 5,6 mm a z väčšej frakcie sa povybierali okruhličky vhodné na vyhotovenie petrografického výbrusu. Keďže presné zrnitosťné analýzy sa nevykonali, môžeme použité pomenovanie sedimentov označiť ako orientačné. Z hľadiska charakteru práce v tejto fáze výskumu je však dostačujúce.

Separácia na zrnitosťné frakcie (0,25 – 0,10; 0,10 – 0,05; 0,002) ťažkých a ľahkých minerálov sa vykonala v laboratóriu Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, laborantka Katarína Tóthová.

Metodika petrologického výskumu

Vybrali sa najvhodnejšie vzorky okruhliakov reprezentujúce rôzne typy hornín v rámci sedimentačného profilu, vo veľkosti minimálne od 5,6 mm, čo najmenej zvetrané a vyhotovili sa z nich kryté výbrusy. V niektorých prípadoch boli okruhličky veľmi zvetrané, aby sa z nich dali vyhotoviť výbrusy, preto sa museli impregnovat' a vytvrdiť kanadským balzomom a až potom narezat' a vybrúsiť. Vyhotovili sa aj výbrusy predpokladaných potenciálnych zdrojových hornín, ktoré sa odobrli v teréne z povrchu alebo sa výbrusový materiál zapožičal (Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava).

Mikroskopické pozorovania a fotodokumentácia výbrusového materiálu sa uskutočnili na polarizačnom mikroskope AMPLIVAL (Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava).

Mikroskopickým štúdiom sa overovalo petrologické zloženie okruhliakov verzus typový horninový materiál z predpokladaných zdrojových hornín.

Metodika mineralogického výskumu

Ťažké minerály. Na analýzu asociácie ťažkých minerálov sa pripravovali vzorky fluviaálnych sedimentov najrôznejších zrnitostí. Vzorky sa odoberali z jaskynných profilov a v jednom prípade i z povrchu z uloženín v závrtě. Zo vzoriek bola najskôr vyplavená ílová frakcia, ktorá sa odobrala pre následné analýzy ílových minerálov. Po vysušení sa sitovaním získala frakcia 0,25 – 0,10 a 0,10 – 0,05. Vlastná separácia 10 g obidvoch frakcií sa vykonala v nálevke naplnenej acetyléntetrabromidom ($C_2H_2Br_4$) spôsobom, ktorý opisuje Rost (1956).

Kvalitatívne a kvantitatívne zastúpenie ťažkých minerálov sa zisťovalo pomocou binokulárnej lupy Olympus s možnosťou fotodokumentácie. Pozornosť sa venovala prievitným ťažkým minerálom. Väčšinou bolo určených 200 – 300 zrn, v prípade kvalitatívnejšie bohatších asociácií ťažkých minerálov i viac.

Rtg-difrakčná analýza celohorninových vzoriek a ílových minerálov. Rtg-difrakčná analýza sa použila na charakterizáciu mineralogického zloženia skúmaných jaskynných sedimentov. Boli použité dva typy práškových preparátov – orientované a neorientované. Rtg-difrakčná analýza orientovaných práškových preparátov je základnou identifikačnou metódou pri určovaní kvalitatívneho obsahu ílovej frakcie (pod 2 μm). Požadovaná frakcia sa pripravila sedimentačnou cestou. Čas sedimentácie bol odvodený na základe požadovanej veľkosti frakcie a výšky vodného stĺpca zo Stocksovho pravidla. Ílová frakcia po stanovenom čase zostala v suspenzii, ktorá sa stiahla vodnou vývevou a usušila sa. Orientované preparáty sa pripravili sedimentáciou suspenzie (110 mg ílovej frakcie na 2 ml destilovanej vody) na sklenené doštičky (10 mg ílu na 1 cm^2). Rtg-difrakčné analýzy sa vykonali v prírodnom stave (air-dry) a po sýtení parami etylénglykolu (EG) počas noci pri teplote 60 °C. Sýtenie EG sa používa na identifikáciu expandujúcich ílových minerálov, ktorých prítomnosť sa prejaví posunom ich reflexov po sýtení.

Neorientovaný práškový preparát sa použil na stanovenie kvantitatívneho mineralogického zloženia skúmaných sedimentov. Na mletie frakcie 0,25 mm a dosiahnutie homogénnej distribúcie častíc vo frakcii pod 20 μm sa použil špeciálny mlyn (McCrone Micronising Mill). Tento typ mlyna bol úspešne použitý v práci Šrodoň et al. (2001), ktorá riešila problém kvantitatívnej analýzy ílových hornín – ílovcov a bridlíc. Ich kvantitatívna analýza je založená na použití vnútorného štandardu ZnO (10 % z celkového množstva analyzovanej vzorky) a porovnávaní reálneho záznamu z rtg-difrakčnými záznamami prírodných monominerálnych štandardov. Na porovnávanie sme použili program RockJock (Eberl, 2003). Stupeň prekrytia prírodného a namodelovaného záznamu vyjadruje korektnosť získaných údajov. Ideálna hodnota je pod 0,1. Uvedená kvantitatívna analýza zabezpečuje výrazné spresnenie pri kvantitatívnom stanovovaní v porovnaní s predošlými postupmi.

Na rtg-difrakčnú analýzu sa použil difraktometer PHILLIPS PW 1710 (Cu α K). Krok zaznamenávania intenzít bol 0,02 °2 θ pri čase 0,8 s, resp. 2 s. Analýzy vykonala Dr. Ľubica Puškelová na Geologickom ústave SAV v Bratislave.

VÝSLEDKY PETROGRAFICKÝCH A MINERALOGICKÝCH ANALÝZ

Krakova hoľa

V prvej etape v rokoch 1998 až 1999 výskum alochtónnych jaskynných sedimentov prebiehal v Jaskyni slnečného lúča a skúmali sa i okruhliaky z jaskyne Večná robota (obr. 1). Výsledky petrologických a mineralogických analýz sú zhrnuté v čiastkovej správe (Orvošová, 1999) a sú zohľadnené pri záverečných úvahách v diskusii.

Jaskyňa Starý hrad

Vzorky sedimentov sa odoberali z profilu prekopanej chodby Pivnica v horných častiach jaskynného systému a v jeho najspodnejších častiach na konci Veľkého kaňonu v mieste nazývanom Bublina sa odobrala vzorka sedimentu (2 kg) na analýzu okruhliakov. Pivnica, približne 20 m dlhá chodba klesajúca pod 40° uhlom, bola vyplnená fluviaálnym alochtónnym sedimentom – v hornej časti jemnozrnným piesčitým siltom a na báze piesčitým štrkom, ktorý sa stal hlavným objektom vyhotovenia okruhliakových analýz. Na mineralogické analýzy sa odobral piesčitý sediment z bázy profilu z hrubozrnného piesku až drobnozrnného

štrku (1 SH) zo stredných častí profilu (2SH) a z piesčitého siltu z jeho vrchných partií (4SH). Sitovaním a premytím piesčitého štrku z bázy profilu sa získala frakcia > 5,6 mm polymiktného štrku, ktorá obsahovala ostrohranné až dokonale zaoblené okruhliaky kvalitatívne štvorzložkového zloženia s dominantným zastúpením rohovcov (tab. 1).

Tab. 1. Zloženie okruhliakov z jaskyne Starý hrad: 1 – nepravidelné úlomky rohovcov sivej až sivožltej farby, 2 – nepravidelné konkrécie až oolitické hľuzy, silicifikované sférule sivožltej farby, veľkosti do 1 cm; 3 – biele až okrovobiele rohovce, dokonale vyhladené, po puklinkách s čiernymi povlakmi Mn-oxidov, 4 – hnedé až okrovohnedé rohovce; 5 – dokonalé vyhladené okruhliaky rohovcov do 2 cm, s prevládajúcou svetlosivou až tmavosivou farbou; 6 – mliečnobiely žilný kremeň, dokonale ohladený, sklovitý, po puklinách na povrchu čierne Mn-, Fe-oxidy; 7 – pieskovcové okruhliacky max. do 1,5 cm, dokonale zaoblené, plochého tvaru, žltohnedej farby (SH-Pivnica), biele a červené kremenné pieskovce 5:1 (SH-Bublina); 8 – svetlosivý vápenec (SH-Pivnica), tmavosivý gutensteinský vápenec, dokonale vyhladený, veľkosti do 4 cm (SH-Bublina) 9 – dolomitové valúniky; 10 – ílovitá bridlica; 11 – okruhliaky žilného kalcitu bielej farby, často plochého tvaru, veľkosti do 3 cm

Lokalita	Počet okruhliakov	Materiálové zloženie okruhliakov v %										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SH-Pivnica	309	17,5	11,5	23	7	26	3	10	0,3	0,6	0,3	
SH-Bublina	106							43	14	16		27

V horných častiach jaskynného systému evidentne prevláda prínos klastického materiálu bohatého na rohovce viacerých typov s rôznym stupňom opracovania. Tretina z nich prekonala dlhý transport, ostatné sú pripravené z bližšieho karbonátového okolia bohatého na rôzne typy karbonátových hornín s polohami a hľuzami rohovcov. Podradný prínos predstavujú dokonale zaoblené okruhliacky žilného kremeňa a kremenného pieskovca.

Nestabilné materské karbonátové horniny sa v študovanom profile nachádzajú vzácné, nedosahujú ani 1 % z celkového obsahu sedimentov. Okruhliakový materiál z chodby Bublina má opačné obsadenie nestabilnej horninovej zložky v sedimente oproti sedimentu z Pivnice. Nad menším obsahom bieleho a červeného pieskovca (2:1) prevládajú okruhliaky materského horninového zloženia – dolomit, vápenec a žilný kalcit (2:2:1)

Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie ťažkých minerálov sa mení minimálne v rámci sedimentačného profilu od bázy k stropu, ale v rámci zrnitostných frakcií sú kvalitatívne zmeny výraznejšie v pestrejšej asociácii ťažkých minerálov.

Frakcia 0,25 – 0,10 obsahuje monotónnu asociáciu dominantného dolomitu – 99 %, goethitizovaného pyritu – 1 % a ojedinele chloritu. Frakcia 0,10 – 0,05 má kvantitatívne zastúpenie dominantného dolomitu rovnaké – 99 %, ale asociácia zvyšného 1 % je reprezentovaná bohatším kvalitatívnym obsadením s prevládajúcim goethitizovaným pyritom, vzácné zirkónom, turmalínom, rutilom, granátom a muskovitom. Zrná sú väčšinou angulárne, vzácné i ováľané. Angulárne zrná dominantného dolomitu sú sivej, dymovej farby, sklovitého vzhľadu, polopriepustné.

Zrná ľahkých minerálov nemajú rozdiely ani v minerálnej asociácii ani v stupni opracovania v porovnaní so vzorkami v sedimentačnom profile a v zrnitostných frakciách. Kremenné (60 %) a limonitové (5 %) zrná sú mierne zaoblené na rozdiel od dolomitu (35 %).

Celkovo možno konštatovať, že mierny stupeň opracovania ľahkých minerálov, nízky podiel rezistentných minerálov (zirkón, rutil, turmalín, granát) naznačuje redepozíciu z pôvodných magmatických a metamorfovaných hornín do klastických sedimentov, kde treba hľadať bezprostredné zdrojové oblasti ťažkých minerálov. Celkovo je nepatrný aj prínos klastického sedimentárneho materiálu. Zdroje sú v okolitých karbonátoch, ktoré sú extrémne chudobné na ťažké minerály.

Celohorninové mineralogické analýzy frakcie pod 0,25 mm a analýzy ílových minerálov vybraných vzoriek sú kvalitatívne rovnaké. Ukazujú len kvantitatívne rozdiely v rámci profilu skúmaného jaskynného sedimentu (tab. 2).

Rozdiely treba hľadať v zmenených podmienkach prúdového režimu vody zablokovaním jaskynnej chodby a jeho doznievania a spomaľovania prúdenia s vzhľadom na energiu pre jej ľahké ílové a prachové častice. Následkom je zjemňovanie sedimentu smerom nahor. Sedimenty chodby Bublina sú v blízkosti prepojenia Starého hradu s vetvou jaskyne Večná robota, odkiaľ bol okruhliakový materiál transportovaný. Má iné kvalitatívne zloženie v porovnaní so sedimentom v Pivnici, pretože súvisí s iným paleoprúdom.

Tab. 2. Kvantitatívne mineralogické zloženie frakcie pod 0,25 mm. Uvedené hodnoty pre jednotlivé minerály sú prepočítané na 100 %

	EURO JMN	JMN1	JSV-SCH	1SH	4SH	1Z	2Z
kremeň	35	39	46	35	37	46	40
K-živce	14	13	13	1	1,5	1	3
albit	2		1	0,5	0,5	1	2
kalcit	1	1	st	St		st	st
dolomit	21	2	1,5	41	9	29	41
pyrit		1	0,5				
rutil		st					
muskovit (illit)	17	23	26	9,5	23,5	11	8
kaolinit	st	2	4	3	7,5	4	2
smektit	2	9	3	7	12	1	1
chlorit	8	10	5	3	4,5	2	3
illit-smektit					4,5		
stupeň prekrytia	0,1039	0,1164	0,1043	0,0921	0,0948	0,0946	0,1178
suma po analýze	96,1	95,2	95,5	97	94,8	104	94,5

Jaskyňa v Záskočí

Miestom odberu alochtónneho fluvialného sedimentu bola Zvolenská chodba. Vybraný sedimentačný profil je totožný s miestom odberu vzoriek na paleomagnetický záznam (Orvošová, 2006).

Odobrané vzorky sedimentov z profilu sa doplnili výberovým zberom okruhliakového materiálu, ktorý zahŕňal všetky typy hornín vyskytujúcich sa na dne riečnej chodby Zvolenská. Okruhliaky sú tvorené piatimi typmi hornín s prevahou siliciklastických horninových okruhliakov nad karbonátmi a rohovcami. Ich pomerné zastúpenie kolíše v závislosti od miesta odberu pozdĺž chodby. V priemere prevládajú strednozrnné kremenné pieskovce červeného sfarbenia (od ružovej po fialovú) nad sivými drobnozrnnými kremennými pieskovcami a hnedým kremenným drobovým pieskovcom oproti karbonátom s absolútnou prevahou dolomitu nad vápnom. V menšej miere sa vyskytujú rohovcové okruhliaky (10 %), max. do 5 cm. Veľkosť dokonale zaoblených okruhliakov siliciklastík dosahuje vzácné až 7 cm.

Z mikroskopického štúdia výbrusového materiálu horninových okruhliakov vyplýva, že zistené typy hornín patria spodnotriasovým členom litostratigrafickej jednotky lúžňanského súvrstvia zatiaľ neurčenej tektonickej jednotky (tatrika, veporika alebo hronika).

Obidve zrnitostné frakcie vzoriek 1Z a 2Z majú veľmi podobné kvalitatívne i kvantitatívne zloženie (tab. 2).

Rozdiely v asociácii ťažkých minerálov sa prejavujú len medzi veľkosťami zrnitosti. Frakcia 0,25 – 0,10 mm obsahuje asociáciu ťažkých minerálov – 95 % dobre zaoblené limonitové zrnká, 4 % tvorí goethitizovaný pyrit a magnetit a zvyšné 1 % patrí pestrej asociácii turmalín, hematit, monazit, apatit, rutil, zirkón a chlorit. Frakcia 0,10 – 0,05 mm sa odlišuje podstatným úbytkom obsahu opaktných minerálov na úkor transparentných, a to v pomere 40 % ku 60 %. Do asociácie ťažkých minerálov pribudne anatas, epidot-zoisit, granát a sľudy. Opracovanie všetkých zrn (ťažkých a ľahkých minerálov) je mierne až zaoblené. Za zmienku stojí skutočnosť, že kvantitatívny obsah ťažkých minerálov vo vzorkách z Jaskyne v Záskočí je najmenší zo všetkých skúmaných vzoriek sedimentov, ale na druhej strane kvalitatívne zastúpenie ťažkých minerálov je najväčšie. Zistených je 13 minerálov.

V asociácii ľahkých minerálov dominuje so 45 % kremeň a 40 % dolomit nad živcami s 3 % a horninovými klastami fialovej farby s 12 %.

Z mikroskopického a zrnitostného skúmania sedimentov, ako i zo stupňa opracovania minerálnych zložiek vyplýva, že pestrá mineralogická asociácia s veľmi nízkym (0,29 % – 0,95 %) kvantitatívnym obsahom ťažkých minerálov naznačuje redepozíciu z klastických sedimentov lúžňanského súvrstvia s minimálnym prínosom z kryštalinika.

Ohnište

Na náhornej plošine Ohništa sa v minulosti výskum alochtónnych sedimentov zameril len na jediný sedimentárny profil s evidentným alochtónnym materiálom, ktorý sa nachádza v jaskyni Silvošova diera (Orvošová, 1999). V súčasnosti sa výskum rozšíril o nový výskyt alochtónneho štrku na povrchu krasovej plošiny Ohnište v sedimentárnej výplni Veľkého závrtu.

Silvošova diera

Vrstevný sled vzácne zachovaného sedimentačného profilu (max. mocnosti 100 cm) nespevnených uloženín je litologicky veľmi pestrý, zložený zo štyroch vrstiev, ktoré sa odlišujú granulometricky, ale i mineralogicky (tab. 3) (Orvošová, 1999). Paleomagnetický vek profilu (starší ako 3,5 mil. rokov) odhadol Kadlec et al. (2004).

Jemná frakcia sa použila na stanovenie ílových minerálov a celohorninové vzorky boli analyzované na kvantitatívne zastúpenie hlavne neílových fáz (tab. 3).

Tab. 3. Semikvantitatívny odhad zastúpenia ílových a neílových minerálov – jaskyňa Silvošova diera (pozri Orvošová 1999)

Vzorka	illit	smektit	chlorit	kalcit	dolomit	kremeň	goethit	amorfná hmota
1SD	***	**	*	*	***	*	*	*
2SD	***	**	*			**	*	*
3SD	**		***	***		**	*	*
4SD	**		***	**		*	*	*

amorfná hmota – organika, oxihydroxidy Fe, Mn alebo Al-Si gel-zvyšok po zvetrávaní silikátov

*** hlavná fáza (50 – 100 %)

** vedľajšia fáza (10 – 50 %)

* stopová fáza (0 – 10 %)

Celkovo možno konštatovať, že vzorky 3SD a 4SD z vrchnej časti profilu majú inú zdrojovú oblasť. Potvrzuje to neprítomnosť smektitu, ale i odlišný obsah illitu a chloritu. Výrazné sú i rozdiely v obsahu karbonátov v základnej mase vzoriek. V spodnej časti profilu dominuje dolomit a vo vrchnej časti kalcit. Predpokladáme, že dominantný obsah dolomitu na báze profilu súvisí s hydrotermálnymi procesmi sprevádzajúcimi premenu (dolomitizáciu) okolitých materských hornín s výskytmi hydrotermálnych kalcitov, ktoré vznikli ako produkt hydrotermálnych procesov a našli sa pochované v sedimente (Orvošová et al., 2004; Orvošová, 2005).

Na spresnenie horninového zloženia okruhliáčikov sa zopakoval odber sedimentu v hmotnosti 5 kg z vrstvy 3SD, ktorá ich obsahuje najviac. Výsledky analýz okruhliakov frakcie > 5,6 mm poukazujú na dominantný obsah karbonátov (50 %) nad tmavohnedými až čiernymi, dokonale ohladenými a lesklými limonitovými guľôčkovitými agregátmi (30 %), ich veľkosť je od 1,5 cm po milimetre, najviac zfn je vo veľkosti 1 – 3 mm, zvyšných 20 % tvorí kremeň, rohovce a siliciklastiká. Horninové typy jemných štrkov až pieskov sú zastúpené jemnozrným kremencom, drobovým pieskovcom (lúžňanského súvrstvia autochtónnej obalovej jednotky tatrika), melafýrom, tufitickým pieskovcom a prachovcom (vulkanosedimentárny súbor v bazálnej časti hronika, ipoltická skupina) (obr. 3).

Prostredníctvom rtg difrakcie sa okruhličky limonitových agregátov identifikovali ako zmes amorfných hydroxidov Fe s 97 % obsahom goethitu (alfa-FeO[OH]). Množstvo ostatných zložiek (kremeň, kalcit), ktoré uzatvára, je podradné. Agregáty si uchovávajú rudný charakter, preto používame viac menej petrografický názov – limonit (obr. 4). Boli vytvorené v pôdach ako súčasť kôr zvetrávania za priaznivých klimatických podmienok (v subtropickej až tropickej paleoklíme) a neskôr boli transportované do jaskyne, podobne ako opisované železité konglomeráty v jaskyniach blízko Krakova (Gradziński, 1999) alebo v krasovej oblasti Tennengebirge v Rakúsku (Audra, 2002).

Asociácia ťažkých minerálov frakcie 0,25 – 0,10 mm je zastúpená 94 % opaknými minerálmi s dominantnými guľôčkovitými agregátmi limonitu a v podradnom množstve kryštalickými formami goethitizovaných pyritov a magnetitov, 4 % ťažkých minerálov tvorí zirkón, 1 % rutil, turmalín, vzácne anatas, epidot a sludy. Frakcia 0,10 – 0,05 mm má väčší kvantitatívny a rovnaký kvalitatívny podiel transparentných minerálov ako



Obr. 3. Dokonale opracované štrky z jaskyne Silvošova diera bez limonitových agregátov. Na materiálom zložení sa zúčastňuje žilný kremeň, siliciklastiká a melafýr. Mierka je v cm



Obr. 4. Vyseparované dokonale opracované limonitové agregáty (3SD – jaskyňa Silvošova diera). Mierka je v cm

frakcia 0,25 – 0,10 mm. Obsah zirkónu je dvakrát väčší (8 %), 3 % muskovitu, 1 % tvorí asociácia – rutil, turmalín a vzácné sa nachádza anatas a epidot. V dominantných opakných mineráloch (88 %) je vyšší podiel goethitizovaného magnetitu ako vo väčšej frakcii.

V asociácii ľahkých minerálov kvantitatívne zastúpenie minerálov sa mení vzhľadom na veľkosť frakcie. So zmenšovaním zrnitosti frakcie obsah kremeňa klesá zo 40 % na 5 % a vzrastá podiel karbonátov (hlavne dolomitu) zo 60 % na 95 %.

Veľký závrť

Nachádza sa cca 1 km SV od kóty Nižný Príslop, situovaný na začiatku výraznej krasovej doliny bývalého riečného paleokoryta. Pravidelná kužeľovitá depresia je hlboká 2 – 3 m a široká 10 m.

Pod vrstvou trávnej vegetácie s čiernym humusom (do 5 cm) je hnedá hlina, ktorá s narastajúcou hĺbkou bledne a v spodných častiach je ilovitejšia a plastickejšia (lepivá).

Sonda bola vykopaná do hĺbky 70 cm. V profile boli slabo pozorovateľné 4 farebné odlišiteľné vrstvy, ktoré postupne prechádzali od čiernej cez čoraz svetlejšiu hnedú až po okrovú farbu. V spodných dvoch vrstvách sa viditeľne leskli sľudy. Koexistencia uloženín bola smerom do hĺbky plastickejšia, ilovitejšia. V hline okrem drobnej ostrohranej sutinovej zložky rohovcov a materskej horniny sa pri pozornejšom hľadaní dali nájsť i dokonale zaoblené a vyhladené štrky bieleho kremeňa, siliciklastiká a vulkanický materiál. Celkové množstvo štrkov v hline je veľmi malé. Odobrali sme z každej vrstvy profilu (od vrchu smerom dole VZ-1, VZ-2, VZ-3, VZ-4) cca 3 kg, kde sa našli 1 – 3 ks okruhliáčikov veľkosti do 1 cm. Vo všetkých vrstvách sedimentačného profilu vo frakcii nad 4 mm dominujú fragmenty rohovcov (85 %) rôznej veľkosti, max. do 4cm, nad limonitovými kôrkami (10 %) veľkosti od 4 do 10 mm a zaoblenými štrkami mliečnobieleho žilného kremeňa, siliciklastík a melafýrov. Absolútne prevažujúcou zložkou vo frakcii 0,25 – 4 mm sú okrovohnedé až čierne guľôčkovité agregáty limonitu (90 obj. %) nad rohovcami, kremeňom a štrkovými okruhliáčikmi vyššie uvádzaného zloženia.

Pôvodný sediment výplne závrťu bol premývaný cez sitá s najmenším okom 0,05; 0,25 a 4 mm. Hmotnostný podiel frakcie < 0,25mm je 80 – 85 % celkovej hmotnosti pôvodného sedimentu. V tomto štádiu výskumu sedimentov boli spracované a vyhodnotené len analýzy okruhliakov. Ostatné mineralogické analýzy prebiehajú.

Ďumbiersky kras

Ďumbiersky vysokohorský kras (synklinórium Trangošky) situovaný na južnej strane Ďumbiera je hlboko zavrásnený do granitoidného jadra Nízkych Tatier, kde vystupuje v úzkom leme ohraničenom nekarbonátovými horninami kryštalinika (ruly, granity, granodiority, bázické eruptíva) a vlastného siliciklastického podložia (pieskovce a bridlice) autochtónnej obalovej série. Alochtónne sedimenty Jaskyne mŕtvych netopierov a Jaskyne studeného vetra sa skúmali mineralogickými analýzami, analýzy okruhliakov sa realizujú.

Jaskyňa mŕtvych netopierov

Skúmali sa sedimenty Pieskového sifónu, jediného rozsiahlejšieho reliktu pôvodnej sedimentárnej výplne. Vzorky (EURO JMN, JMN1, JMN2) sa odobrali v poradí zo spodnej vrstvy profilu (hrubozrný piesok až drobnozrný piesčitý štrk) smerom hore. Vzorka JMN1 (prachový piesok až prach) odobraná v strednej časti profilu a JMN2 (piesok) z vrchných partií profilu. Rôznorodé klasty sedimentov sú polozaoblené až dokonale zaoblené. Drobnozrný štrk (EURO JMN) väčšinou bieleho až tmavosivého kremeňa má priemernú veľkosť 3 mm (max. 1 cm), ploché, dokonale opracované okruhličky pieskovcových bridlíc dosahujú veľkosti až 2 cm. V druhej jaskynnej úrovni s bohatými zvyškami terás so štrkovým materiálom sa bodovo odobrali okruhličky rôznych typov hornín so zámerom zistiť kvalitatívne zloženie okruhliakového materiálu sedimentov. Väčšinou sa odoberali z reliktov fluvialných akumulácií v najvyšších partiách mohutných jaskynných chodieb. Analýza okruhliakov nie je dokončená.

Kvalitatívne a kvantitatívne rozdiely celohorninovej mineralógie sú v rámci profilu minimálne, okrem zvýšeného obsahu dolomitu na báze profilu (tab. 2).

Uspokojivé prekrytie je i medzi kvalitatívnym obsahom zastúpenia ťažkých minerálov v rámci vrstiev profilu Piesčitej chodby a jej celkovou mineralógiou (tab. 4). Kvantitatívne rozdiely sú pozorovateľné v zastúpení ťažkých minerálov v rámci spodných dvoch vrstiev v sedimentačnom profile v porovnaní s vrchnou

Tab. 4. Obsahy ťažkých minerálov v sedimentoch Pieskového sifónu v Jaskyni mŕtvych netopierov a Severnej chodby v Jaskyni studeného vetra

Minerály	EURO JMN (0,25)	EURO JMN (0,1)	JMN1 (0,25)	JMN1 (0,1)	JMN2 (0,25)	JMN2 (0,1)	JSV-SCH (0,25)	JSV-SCH (0,1)
pyr-goethit	30	41	93	74	62	40	90	56
muskovit	15	5	2	5	2		5	
biotit	5			2	1		4	
chlorit			**					
zirkon		1	***	5		5	**	7
rutil				2		2		
monazit				1		2	*	**
epidot	2		***	**	2	**		10
turmalín				*		*		**
apatit		***		**		**	1	
hematit	3	3	***	***	3	**		2
anatas				*		**		*
xenotín						*		
karbonát	45	50	5	10	30	50		25
granát			*					

(0,25) – zrnitostná frakcia 0,25 – 0,10 mm

(0,10) – zrnitostná frakcia 0,10 – 0,05 mm

* vzácne

** ojedinelé

*** zriedkavé

vrstvou (EURO JMN, JMN1 vs. JMN2), a to v menšom obsahu opaktných minerálov (goethitizovanom pyrite) a na druhej strane vo zvýšení obsahu slúd. Rozdiely sú pochopiteľne i v kvalitatívnom a kvantitatívnom zastúpení transparentných minerálov v rámci zrnitostných frakcií, kde menšia frakcia (0,10 – 0,05 mm) má bohatšiu asociáciu ťažkých minerálov ako väčšia (0,25 – 0,10 mm). Dominujú zrná ostrohranné až mierne opracované, len veľmi vzácne dokonale zaoblené (zirkón). Ľahké minerály sú mierne až stredne zaoblené, vzácne i dokonale vyhladené. Kvalitatívne zastúpenie ľahkých minerálov je rovnaké vo všetkých vrstvách profilu. Kvantitatívne prevláda obsah karbonátov (dolomit a kalcit) a slúd vo vzorke EURO JMN oproti vrchnejším vrstvám JMN1, JMN2 na úkor obsahu kremeňa.

Jaskyňa studeného vetra

Vzorka JSV-SCH sa odobrala v Severnej chodbe v blízkosti miesta odberu sedimentu na paleomagnetické datovanie (Kadlec et al., 2004).

Kvalitatívne a kvantitatívne celohorninové mineralogickém zloženie sedimentu Severnej chodby v porovnaní so skúmaným sedimentom v Jaskyni mŕtvych netopierov je veľmi podobné. Porovnateľné je zastúpenie asociácie ťažkých minerálov len s vrstvou EURO JMN, ktorá je na báze sedimentačného profilu Piesčitej chodby v Jaskyni mŕtvych netopierov. Výraznejšie rozdiely sú medzi nimi v obsahu epidotu, menej v zirkóne a hematite (tab. 3). Ľahké minerály v porovnaní so sedimentmi v Jaskyni mŕtvych netopierov neobsahujú karbonáty a obsah slŕúd je dvakrát väčší ako v sedimentoch v Pieskovom sífóne v Jaskyni mŕtvych netopierov.

MINERALOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

Frakcia pod 0,25 mm

Mineralogické zloženie všetkých vybraných vzoriek je kvalitatívne zhodné. Rozdiely sú v kvantitatívnom zastúpení jednotlivých minerálov (tab. 2), a to v sedimentoch z rôznych jaskýň, ako aj v sedimentoch z jednej jaskyne. Pri kvantitatívnej analýze sa dosiahlo uspokojivé prekrytie medzi pôvodným rtg-difrakčným záznamom a modelom.

Hlavným minerálom vo všetkých skúmaných vzorkách vo frakcii pod 0,25 mm, ktorú sme si zvolili ako predstaviteľa celohorninovej frakcie, je kremeň. V jeho obsahu nie sú veľké výkyvy, pohybuje sa od 35 po 46 %. Rozdiely sú v obsahu živcov, dolomitu a vrstevnatých silikátov.

V sedimentoch z Jaskyne v Záschoči dominuje kremeň a dolomit, živcov je veľmi málo. V porovnaní so sedimentmi ostatných jaskýň obsahuje najmenej vrstevnatých silikátov. Sedimenty z Jaskyne mŕtvych netopierov a Jaskyne studeného vetra obsahujú oproti ostatným jaskyniam zvýšený obsah K-živcov, vyše 10 %. Vzorky JMN 1 a JSV-SCH z dvoch posledne menovaných jaskýň majú zhodné kvantitatívne zloženie. Naopak rozdielne mineralogické zloženie sme pozorovali v rámci Jaskyne mŕtvych netopierov (EURO JMN vs. JMN1) a jaskyne Starý hrad (1SH vs. 4SH). EURO JMN a 1SH sú výrazne dolomitické, kým vo vzorkách JMN1 a 4SH dominujú vrstevnaté alumosilikáty.

Z porovnaní mineralogického a zrnitostného zloženia (napr. EURO JMN vs. JMN1 alebo 1Z vs. 2Z) vyplýva, že pri sledovaných vzorkách nie je mineralogické zloženie ovplyvnené rôznou zrnitosťou.

Frakcia pod 0,002 mm

Ílová frakcia je vo všetkých skúmaných vzorkách veľmi podobná. Môžeme konštatovať polyminerálnu prítomnosť ílových minerálov (tab. 5). K illitu, chloritu a kaolinitu sa vo väčšine vzoriek objavuje malé množstvo smektitu alebo iného expandujúceho minerálu (zmiešanovrstevnatého illit-smektitu). Nie je možné presnejšie určenie, lebo sme identifikovali iba prvý bazálny reflex, ktorý sa po sýtení etylénglykolom posunul k nižším uhlom. Popri ílových mineráloch je prítomný kremeň a v Jaskyni mŕtvych netopierov aj živce.

DISKUSIA

Ílová mineralógia potvrdzuje fakt zrejmy už z makroskopického a zrnitostného štúdia sedimentov, že ide o alochtónny materiál. Celková mineralógia poukazuje minimálne na dve zdrojové horniny, a to aj v rámci jednej jaskyne.

Mineralogické štúdium sedimentov z Jaskyne v Záschoči poukazuje na karbonátovú (dolomit) i nekarbonátovú zdrojovú horninu. Dominantné zastúpenie kremeňa naznačuje, že by mohlo ísť o pieskovec alebo kremenec. Prítomnosť viac ako 10 % vrstevnatých silikátov nasvedčuje tomu, že popri dolomite a pieskovci môžeme uvažovať aj o ílovitom pieskovci či piesčitej bridlici.

Rovnaké zdrojové horniny predpokladáme aj pri sedimentoch z jaskyne Starý hrad. Pri vzorke 4 SH je však viac zastúpená hornina bohatá na íly (ílovec, ílovitý pieskovec) na úkor dolomitu. Prítomný smektit môže byť až z troch zdrojov z veľmi málo diageneticky premenených ílovcov, ako produkt zvetrávania slŕúd a iných vrstevnatých silikátov predovšetkým z klastických sedimentov, ako aj produkt alterácie vulkanického skla.

Tab. 5. Prehľad prítomných ílových minerálov vo frakcii pod 0,002 mm určených rtg-difrakčnou analýzou orientovaných preparátov

Vzorka	Mineralogické zloženie – ílové minerály
EURO JMN	illit>chlorit, kaolinit>smektit?
JMN1	illit>chlorit, kaolinit>smektit?
JSV-SCH	illit>chlorit, kaolinit>smektit?
1Z	illit>chlorit, kaolinit>smektit?
2Z	illit, chlorit, kaolinit
3Z	illit, chlorit, kaolinit
1SH	illit, chlorit, kaolinit
2SH	illit>chlorit, kaolinit>smektit?
4SH	illit>chlorit, kaolinit>smektit?
1SD	illit, smektit, chlorit
2SD	illit, smektit, chlorit
3SD	chlorit>illit
4SD	chlorit>illit

Materiál z Jaskyne mŕtvych netopierov a Jaskyne studeného vetra obsahuje viac ako 10 % K-živcov, čo indikuje granit či inú granitoidnú horninu ako ďalšiu možnú zdrojovú horninu k vyššie uvedených. Vzorok JMN1 a JSV-SCH sú minimálne ovplyvnené karbonátovými horninami.

Okruhličky jemnozrnných pieskovcov spolu s rôznymi typmi rohovcov tvoria štrkový materiál na báze sedimentačného profilu v chodbe Pivnica. Identifikované jemnozrnné pieskovce lunzských vrstiev boli prinesené z postupne erodovaného nadložia, kde sa i v súčasnosti nachádzajú zvyšky ich polôh (ílovité bridlice a pieskovce lunzských vrstiev chočského príkrovu). Zdrojom vrstevnatých silikátov (ílových minerálov) (1SH, 4SH), ako aj malého obsahu živcov môžu byť i kampilské vrstvy, ktoré sa i v súčasnosti vyskytujú v tesnej blízkosti jaskyne a sú reprezentované ílovitými a slieňitými vrstvami, sľudnatými drobovými a arkózovými pieskovecami, so sľudou na plochách odlučnosti. Veľká druhová pestrosť rohovcov pochádza z karbonátových hornín z blízkeho okolia obalovej série krížňanského príkrovu, ktorý je veľmi bohatý na výskyt rôznych druhov rohovcov. Predpokladáme, že krížňanský príkrov s rohovcovými polohami pokrýval v období tvorby jaskyne pomerne veľkú časť územia, čo umožňuje rohovcovým klastom dosiahnuť transportom dokonalé opracovanie a ich zaoblenie. Celkový obsah dokonale zaoblených rohovcových okruhliakov predstavuje 1/3 všetkých druhov, ktoré dominujú (cca 85 %) nad okruhličkmi lunzských vrstiev (10 %), žilného kremeňa (3 %) a karbonátových materských hornín. I prítomnosť dolomitových zŕn (99 %) v ťažkých mineráloch jednoznačne dokazuje, že zdroj alochtónnych sedimentov z jaskyne Starý hrad treba hľadať v karbonátoch s nepatrným prínosom okruhliáčikov kremeňa, pravdepodobne z preplavených fluvialných akumulácií riečnych terás paleoriečnej siete, ktorá existovala v priestoroch dnešného hrebeňa Nízkych Tatier.

Na druhej strane mineralogické zloženie alochtónnych sedimentov Jaskyne v Záskočí iniciuje myšlienku možného minimálneho odkrytia kryštalínika, a to hlavne prítomnosťou asociácie ťažkých minerálov. Na rozdiel od „susednej“ jaskyne Starý hrad (obidve na Krakovej holi) zdrojovým materiálom okruhliakov v Jaskyni v Záskočí sú siliciklastiká lúžňanského súvrstvia zatiaľ neurčenej obalovej jednotky kryštalínika. Materiálové zloženie okruhliakov (pieskovce, ílovité a piesčité bridlice pestrého sfarbenia) z Jaskyne slnečného lúča, z jaskyne Večná robota (Orvošová, 1999), z chodby Bublina v jaskyni Starý hrad prinesené z vetvy Večnej roboty, ako aj horninové zloženie okruhliakov z Jaskyne v Záskočí predpokladá rovnakú alebo veľmi podobnú znosovú a zdrojovú oblasť s niekoľkými prítokmi do paleotoku prechádzajúceho plošinkou Kosienky na Krakovej holi (Orvoš, 2005).

Mineralogické analýzy a analýza okruhliakov v skúmaných sedimentov Ohnišťa (jaskyňa Silvošova diera a Veľký závrť) poukazujú na odlišný zdroj materiálu v porovnaní s vyššie spomínanými jaskyňami. Drobné štrky dosahujú veľkosť v priemere menej ako 1 cm a sú dokonale opracované. Prevažne ide o okruhliaky žilného kremeňa, siliciklastík, vulkanitov a Fe-oxidov. Sú granulometricky a petrograficky takmer analogické s nálezmi drobných štrkov na planinových plošinách v Slovenskom raji, na Muránskej planine a v Slovenskom krase (Lukniš, 1974; Mitter, 1975; Jakál, 1973,1975), kde sa interpretujú ako zvyšky paleogénnych sedimentov (Lukniš, 1974), resp. ako miocénne zvyšky fluvialných sedimentov (Mitter, 1975; Jakál, 2001).

Predpokladá sa, že hrebeňová časť Nízkych Tatier nebola paleogénnym morom prekrytá, ale bola vystavená povrchovej erózii a zrejme i krasovateniu. Výška vtedajšieho masívu Nízkych Tatier vzhľadom na existenciu vodných tokov a ich zbernú oblasť, ako i na absenciu hrubej molasovej sedimentácie bola do 500 m n. m. (Köhler, ústna informácia). V borovskom (bazálnom) súvrství v západnej časti Liptovskej kotliny sa ani v jednom prípade nenašli okruhliaky z kryštalínika, teda neboli vtedy odkryté kryštalické série, ale iba obal, prípadne vyššie veporidné jednotky (krížňanský príkrov) (Gross, 1971). Potom výskyt drobných štrkov súvisia s riečnou sieťou, ktorá bola v paleogéne vyvinutá na území Nízkych Tatier. Dokazuje to napr. neprítomnosť fosílií v borovskom (bazálnom) súvrství v lome pri Hybiach, čo spôsobilo presladenie vody ústím paleorieky z masívu Nízkych Tatier. Našli sa tu prvýkrát (v smere od západu na východ) i okruhliaky kryštalínika a žilného kremeňa v podradnom zastúpení oproti prevládajúcim karbonátovým okruhliakom (Gross – Köhler, 1980). Drobné štrky (do 1 cm) z krasovej plošiny Ohnište, dokonale opracované, museli prejsť dlhým transportom alebo boli redeponované z klastických sedimentov, v ktorých sa vyskytovali (napr. z bazálnych vrstiev lúžňanského súvrstvia alebo z kôr zvetrávania spolu s guľôčkovitými agregátmi limonitov). Z pohoria mohli stekať i menšie toky, ktoré nezanechali také výrazné stopy.

Množstvo limonitových agregátov (vzácné žilný kremeň, melafýr a siliciklastiká) v študovaných sedimentoch na Ohništi môže súvisieť s výskytom zvetrávacích kôr hornín bohatých na obsah Fe, ktoré vzhľadom na blízkosť vulkanosedimentárnych hornín bazického vulkanizmu mohli prekryvať územie v S – J páse naprieč masívom Nízkych Tatier a navyše v širokom okolí Ďumbiera je najväčšia koncentrácia sideritových ložísk v Západných Karpatoch (okrem gemerika). Obidva zdroje Fe za vhodných klimatických podmienok produkujú v pôdach železité konkrécie, ktoré sú neskoršie transportované do krasových depresii alebo do jaskýň (Gradziński, 1999; Audra, 2002).

Keďže výsledky analýz okruhliakov z Jaskyne mŕtvych netopierov a Jaskyne studeného vetra chýbajú, naše vyjadrenia k predpokladanému zdroju alochtónnych jaskynných sedimentov z výsledkov mineralogických analýz sú len predbežné a neúplné.

Mineralogické zloženie jaskynných sedimentov bolo výrazne ovplyvnené prínosom materiálu z nekarbonátových členov obalovej série trangoškého synklinória, z pestrých bridlíc a pieskovcov verfenských vrstiev (živce, muskovit, chlorit, ílovitá hmota, hematitový pigment) kremenných pieskovcov a ílovito-sericitických bridlíc lúžňanského súvrstvia (vrstevnaté silikáty) a v neposlednom rade granitoidných hornín kryštalínika (živce, zirkón, monazit, apatit, epidot). Zdrojom zvýšeného obsahu epidotu vo vzorke z Jaskyne studeného vetra môžu byť okrem hornín kryštalínika i predpokladané vulkanoklastiká, podobne ako v prípade skúmaných sedimentov na Ohništi.

ZÁVER

Na základe doterajších výsledkov výskumu alochtónnych sedimentov v jaskyniach vysokohorského krasu Nízkych Tatier sa predpokladá, že:

1. zberná oblasť paleotokov prinášajúcich materiál do jaskýň na Krakovej holi bola budovaná prevažne horninami lúžňanského súvrstvia hronika (SL, VR) s rozsiahlejším povrchovým rozšírením, v prípade Jaskyne v Záskočí sú siliciklastiká lúžňanského súvrstvia neurčenej tektonickej jednotky;

2. kryštalické horniny v oblasti Ďumbiera neboli významnejšie odkryté – isté náznaky prínosu sú v Jaskyni v Záskočí, z toho by sa dalo usúdiť, že v skúmanej oblasti Ďumbiera bol paleotok Kosienok (Krakova hoľa) najvýznamnejší;

3. podľa smeru chodieb v pôdoryse jaskynného systému Starého hradu a petrologických i mineralogických analýz sedimentov sa predpokladá, že paleotok tečúci z oblasti Ludárovej hole ako prítoková vetva paleotoku Kosienok pretekal cez obalovú jednotku veporika budovanú prevažne vrstvami karbonátov s obsahmi rohovcov, s minimálnym prínosom materiálu ich nekarbonátových vrstiev;

4. zdrojová oblasť alochtónnych sedimentov jaskyne Silvošova diera a výplne Veľkého závrta na Ohništi bola v oblasti Ludárovej doliny, paleotok s prítokmi z Rovnej hole prinášal časť materiálu podložia budovaného malužinským súvrstviem a siliciklastiká neurčenej litologickej jednotky spolu s materiálom ich kôr zvetrávania bohatých na Fe oxidy.

Komplikovaná geologická stavba skúmaného územia vyžaduje detailnejší výskum tých zložiek alochtónneho sedimentu, ktoré nie sú presne identifikované a priradené ku konkrétnym zdrojom v rámci prislúchajúcej tektonickej litologickej jednotky. Kvalitu doterajších výsledkov treba zlepšiť väčším počtom petrologických analýz okruhliakov a štatistickým vyhodnotením spresniť kvantitatívne a kvalitatívne zastúpenie hornín s následným priradením k litologickej jednotke. Istým prísľubom je použitie typológie zirkónov (typológie kryštálových rezistentných minerálov) na spresnenie zdrojových hornín. Pokúsiť sa treba aj o rekonštrukciu paleoúzemia v priestore dnešných Nízkych Tatier v okolí Ďumbiera.

Pod'akovanie. Ďakujeme Prof. A. Vozárovej a RNDr. O. Fejdiovej za cenné rady pri identifikácii siliciklastík, laborantke K. Tóthovej za ochotné a rýchle vyhotovenie separačných prác a RNDr. M. Kováčikovej za všestrannú pomoc pri zrealizovaní výbrusového materiálu a identifikácii ťažkých minerálov. Takisto ďakujeme RNDr. S. Jeleňovi za pomoc pri vyhotovení horninových výbrusov. Veľká vďaka patrí jaskyniarom E. Hipmanovej, M. Jagerčíkovi a M. Slukovi za ochotu pri sprevádzaní v jaskyniach.

LITERATÚRA

AUDRA, Ph. 2002. The Genesis of The Tennengebirge Karst and Caves (Salzburg, Austria). *Journal of Cave and Karst Studies*, 64, 3, 153–164.

BELLA, P. 2001. K paleogeomorfologickému vývoju fluviokrasových jaskýň v Demänovských vrchoch. *Geomorphologia Slovaca*, 1, 54–63.

BELLA, P. 2002. K rekonštrukcii planačných povrchov v Demänovských vrchoch na severnej strane Nízkych Tatier. *Geographia Slovaca*, 18, 13–20.

BELLA, P. 2004. Ďumbiersky kras – kontaktný pruhovitý kras v centrálnej časti Nízkych Tatier. *Geomorphologia Slovaca*, 2, 18–29.

BOSÁK, P. – PRUNER, P. – KADLEC, J. 2002. Paleomagnetický výskum sedimentárnych výplní vybraných jeskyní na Slovensku, Správa, Manuscript SSI, Liptovský Mikuláš, 4–49.

BRUTHANS, J. 2004. Poznámky k charakteru a vzniku Jaskyne mŕtvych netopierov. Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. In P. Bella, Ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*, 4. Zborník referátov, Liptovský Mikuláš, 43–47.

- DROPPA, A. 1972. Krasové javy Jánskej doliny na severnej strane Nízkyh Tatier. *Československý kras*, 21, 73–96.
- EBERL, D. D. 2000. User's guide to Rockjock – a program for determining quantitative mineralogy from powder x-ray diffraction data. U. S. Geological Survey, Open-File Report 03–78, 40.
- GRADZIŃSKI, M. 1999. Position and Age of Conglomerates in Caves near Krakow (Polish Jura). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 69, 113–124.
- GROSS, P. 1971. Geológia západnej časti Liptovskej kotliny. *Geologické práce, Správy* 56, GÚDŠ, Bratislava, 109–124.
- GROSS, P. – KÖHLER, E. 1980. Geológia Liptovskej kotliny. GÚDŠ, Bratislava, 122–125.
- HIPMAN, P. 1973. Světla v labyrintu Záskočí. *Lidé a země*, 22, 8, 337–342.
- HOCHMUTH, Z. 1998. Predkvartérne jaskynné systémy na Slovensku a ich vzťah k zarovnaným povrchom. *Prírodné vedy*, 29, *Folia geographica*, 1, Prešov, 127–144.
- HOCHMUTH, Z. 2000. Krasový reliéf Jánskej doliny vo vzťahu k jej predkvartérnemu a kvartérnemu vývoju. In J. Lacika, Ed. *Zborník referátov z 1. konferencie Asociácie slovenských geomorfologov pri SAV, Liptovský Ján* 21. – 23. 9. 2000. Bratislava, 42–50.
- JAKÁL, J. 1975. *Kras Silickej planiny*. Osveta, Martin, 75–79.
- JAKÁL, J. 2001. Porovnávací analýza krasových planín Západných Karpát. *Geografický časopis*, 53, 1, 3–20.
- JAKÁL, J. 2005. Hlavné názorové smery na genézu a vek krasových plošín Západných Karpát. *Slovenský kras*, 43, 5–15.
- KADLEC, J. – PRUNER, P. – HERCMAN, H. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2004. Magnetostratigrafia sedimentov zachovaných v jaskyniach Nízkyh Tatier. In P. Bella, Ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*, 4. *Zborník referátov, Liptovský Mikuláš*, 15–19.
- KOJDOVÁ, M. – SLIVA, Ľ. 2005. Sedimentologická charakteristika vybraných profilov Demänovskej jaskyne slobody. *Slovenský kras*, 43, 129–144.
- LUKNIŠ, M. 1974. Muránska planina z hľadiska vývoja reliéfu a ochrany prírody. *Československá ochrana prírody*, 14, 107–116.
- MITTER, P. 1975. Geomorfológia Muránskej planiny a Švermovského hrdla. *Slovenský kras*, 13, 131–165.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2002. Skalné okno – predpaleogénny kras v Slovenskom raji. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*. In P. Bella, Ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*, 3. *Zborník referátov, Liptovský Mikuláš*, 75–79.
- ORVOŠ, P. 2005. Kras Krakovej hole. *SSS, Spravodaj*, 36, 2, 14–20.
- ORVOŠOVÁ, M. 1999. Alochtonne sedimenty jaskýň Nízkyh Tatier (1. časť). *Manuskript, SMOPaJ Liptovský Mikuláš*, 32 s.
- ORVOŠOVÁ, M. 2005. Kalcitové kryštály v reliktoch fosílného hydrotermálneho krasu v Nízkyh Tatrách. *Slovenský kras*, 43, 53–66.
- ORVOŠOVÁ, M. 2006. Alochtonne sedimenty jaskýň Nízkyh Tatier (2. časť). *Manuskript, SMOPaJ Liptovský Mikuláš* (v príprave).
- ROST, R. 1956. *Těžké minerály*. ČSAV, Praha.
- ŠRODOŇ, J. – DRITS, V. – MCCARTHY, D. K. – HSIEH, J. C. C. – EBERL, D. D. 2001. Quantitative X-ray diffraction analysis of clay-bearing rocks from random preparations. *Clays and Clay Minerals*, 49, 514–528.
- ŠTĚC, M. 2000. *Sprievodca Ďumbierskym vysokohorským krasom. Jaskyňa mŕtvych netopierov*. 72 s.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 2003. Medvedia jaskyňa – paleokrasový fenomén. *Slovenský kras*, 41, 91–95.