

Jeskynní minerály a sedimenty

Cílem tohoto článku je popsat jeskynní minerály a sedimenty, které nejsou tvořené kalcitem a většinou se ani nepodobají klasické krápníkové výzdobě, jež je popsána v jiné části této monografie. Zajímá nás nejenom charakteristika jeskynních minerálů a výplní, ale zejména jejich výpovědní hodnota - co nám mohou říci o původu jeskyně či o přírodních procesech probíhajících v krasovém systému.

Todorokitové sintry

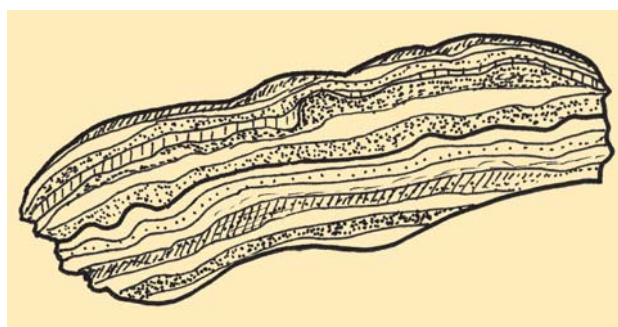
V Abonyiho dómu se setkáváme s několika typy černých povlaků, sintrů i nástříkových a paličkovitých sintrů tvořených manganovými oxidy:

1. Měkké, zemité až jílovité manganové povlaky se vyskytují v průřezu mezi velkými spadanými bloky na hlavní trase Abonyiho dómu. Povlaky dosahují mocnost až 2 cm a pokrývají odlupující se plochy o velikosti i přes 1 m². Běžné jsou tenčí povlaky o mocnosti 2 - 4 mm. Je možné pozorovat střídavý charakter průběhu pH - skapávající vody jednak korodují vápencem a ukládají Mn-oxidy, jednak v jiných obdobích formuje kinetická energie dopadajících kapek měkké povlaky a obaluje je novotvořeným kalcitem.

2. Manganové sintry o mocnosti až 36 mm tvořené až 26 makroskopicky pozorovatelnými laminami představují za vlhka těžké, černé, pevné agregáty rudního vzhledu a váhy. Vysycháním získávají spíš zemitý charakter. Byly nalezeny v podobě drobnějších kusů (cca 4 - 7 cm velikých) odpadnutých ze stěn. Mezi Mn-oxidy a vápencovou

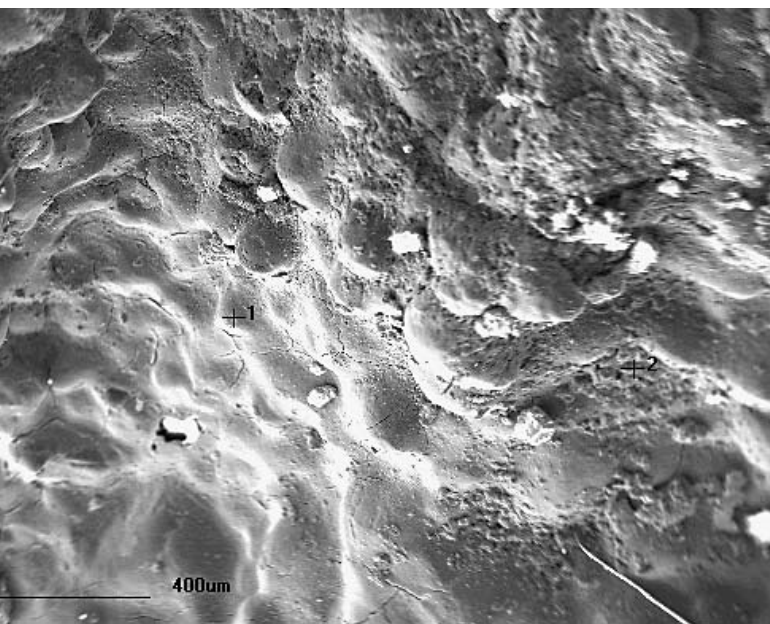
stěnou bývá tenká korodovaná poloha vyplněná velmi jemným jílem.

3. Nástříkové a paličkovité útvary podobné koraloidům (v jeskyňářské hantýrce se pro podobné útvary vžilo označení „pizolit“, ale tento výraz je vyhrazen pro hladké kulovité útvary podobné hrachu - „pisum“). V tomto případě se spíš jedná o obvykle 8 - 14 mm vysoké, rozeklané výrůstky podobné korálovému trsu. Vyskytují na řadě míst ve středních a nižších partiích Abonyiho dómu. Při jejich vzniku je pravděpodobně důležitý proces nahrazování původně kalcitových koraloidů Mn-oxidy.



Průřez 36 mm mocnou todorokitovou kůrou z Abonyiho dómu. Ve vzorku se střídají laminy různého složení s proměnlivým poměrem Fe/Mn. (kresba V. Cílek)

Manganové oxidy obecně patří mezi obtížně identifikovatelné minerály. Je to dáno tím, že mají vrstevnatý charakter a vytvářejí složité aperiodické polytypy. Kvalita a počet difrakcí je zároveň do určité míry závislá na orientaci vzorku. Celkem bylo na difraktografu Philips (analytik K. Melka) analyzováno devět vzorků Mn-sintrů a koraloidů z Abonyiho dómu. Většina vzorků byla analyzována vícekrát. Některé vzorky vykazovaly difrakce blízké asbolanu, ale neobsahovaly zvýšené koncentrace Ni a Co, které jsou pro asbolan charakteristické. Jiné vzorky bylo možné ztotožnit s kryptomelanem a to zejména s minerálem se skupiny kryptomelanu - todorokitem (chemické složení v zásadě odpovídá MnO₂). Minerál obvykle obsahuje vázanou vodu a určité množství příměsí - jednak prvků jako je K, Na, Ca, Mg, Ba, Ni a dalších vázaných jako výměnné kationty na mezivrstevní prostory; anebo Fe, které může částečně zastupovat Mn. Nejlepším řešením, které bere do úvahy rtg. charakteristiku, složení a typ výskytu, je označit Mn-minerál z Krásnohorské jeskyně jako **todorokit**. Toto zařazení beru v úvahu desítky rtg. analýz jeskynních Mn-oxidů z řady krasových oblastí. Kromě todorokitu byly v agregátech určeny další minerály - běžný křemen, ojedinělý plagioklas, magnetit a ilmenit. Dále byl zjištěn slídový minerál illit, chlorit, smektit a hematit. V těchto případech se jedná o minerály splavené z povr-



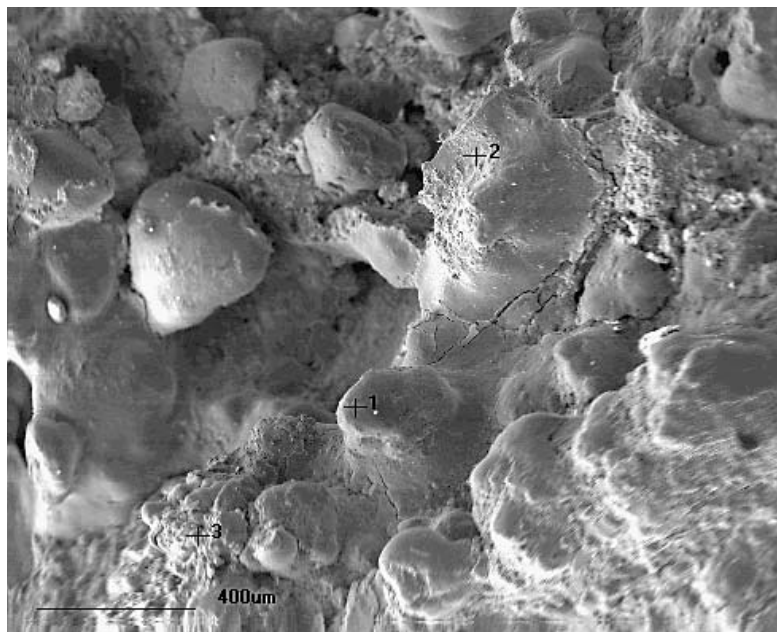
Hladké, na místě vysrážené laminy Mn-oxidů v todorokitovém sintru, Abonyiho dóm, el. scan mikroskop. Foto A. Langrová, V. Cílek

chu planiny. V jednom vzorku byl nalezen goethit, který podle chemického stanovení (EDAX) tvoří smíšené Fe-Mn laminy v todorokitových sintrech.

Chemické složení je shrnuto v tabulce 1. Je nápadně nehomogenní. Vcelku převládá todorokit, ale běžný je rovněž splavený křemen, muskovit a jílové minerály. Některé partie jsou druhotně kalcifikovány. Objevují se zvýšené obsahy barya a narezlé, železem bohaté až téměř čistě železité vrstvičky. Častá je minoritní příměs síranů a fosfátů. Některé bodové analýzy vykazují vyšší obsahy oxidu křemičitého nebo naopak oxidů hliníků, než by odpovídalo složení jílových minerálů. Je pravděpodobné, že některé partie jsou druhotně silicifikovány anebo (a to méně často) obsahují volné hydroxidy hliníku. V obou případech složení ukazuje na odlišné klimatické podmínky vzniku. Mocné todorokitové sintry jsou zřetelně fosilním fenoménem ve stádiu senility a destrukce, ale méně mocné manganové povlaky se tvoří - snad následkem dostupnosti manganu - dodnes. Něco podobného platí i pro tenké železité povlaky, které se nejčastěji nalézají v blízkosti starých destruovaných železinců.

Todorokitové sintry nepředstavují mechanický sediment, ale sráží se na místě a to buď v podobě tenkých, hladkých lamin nebo z několika center v podobě oolitů. Nejedná se tedy o mechanicky splavený sediment jako jsou např. povlaky jílových minerálů, ale o povlak vzniklý na místě podobně jako kalcitové sintry. *Zatím v žádné jeskyni SR či ČR nebyly nalezeny tak výrazné todorokitové sintry jako v Krásnohorské jeskyni.* Kromě výskytů v Abonyiho dómu poblíž měřičského bodu 67, je nutné zmínit neobvykle mocné (max. 70 mm !) manganové sintry kryjící v Abonyiho dómu ústí bočního přítoku. Relikty manganových kůr na zřícených blocích v Abonyiho dómu dosahují mocnost až 40-46 mm. Další manganové kůry byly nalezeny nad aktivním tokem pod zříceným krápníkem, předchůdcem Kvapla rožňavských jaskyniarov, ve Velké sieni poblíž měřičského bodu 90, kde se manganové oxidy

vyskytují v druhotně kalcifikovaných pískovcích v nálepcích na stěnách jeskyně - podobají se zde asfaltovým povlakům; a rovněž na dalších místech v zadní části jeskyně.



V některých případech se Mn-oxidy sráží ne jako laminy, ale jako oválné až oolitické mikroagregáty, Abonyiho dóm, el. scan. mikroskop.
Foto: A. Langrová, V. Cílek

Řada studií jeskynních Mn-minerálů upozorňuje, že mangan bývá uvolněn do krasových roztoků při rozpouštění vápenců. Rovněž listí a produkty rostlinného metabolismu bývají důležitým zdrojem relativně dobře rozpustného manganu. Stromy jej přijímají a vzápětí vypuzují do listů např. místo hořčičku, který je jedním ze stavebních prvků chlorofylu. Oxidace dobře migrujícího dvoumocného manganu na nemobilní čtyřmocný mangan obvykle probíhá za přítomnosti litotrofních mikroorganismů. Zatímco měkké, jílovité manganové minerály se poměrně běžně vyskytují v mnoha krasových oblastech na kontak-

Oxid	vzorek 9 - hm. %					vzorek 10 - hm. %			
	plocha	a/1	b/1	b/2	Ø	plocha	1	2	Ø
MgO	0,98	1,21	0,43	0,66		1,31	1,79	2,16	
Al ₂ O ₃	12,00	9,03	3,72	5,78		15,81	14,26	21,34	
SiO ₂	15,52	6,54	2,52	3,77		33,31	12,17	43,33	
P ₂ O ₅	0,25	0,32	0,23	0,44		0,9	0,47	0,58	
SO ₃	0,16	0,32	0,43	0,49		0,39	0,54	0,14	
K ₂ O	1,18	0,58	0,32	0,60		1,54	0,29	3,45	
CaO	3,94	4,34	4,02	4,33		5,32	6,23	1,94	
BaO	4,54	5,71	6,66	5,28		0,13	0,57	0	
TiO ₂	0,48	0,07	0	0,07		1,53	0,17	5,44	
MnO	55,46	67,60	79,22	75,55	69,46	24,80	56,46	2,39	27,88
Fe ₂ O ₃	5,49	4,28	2,45	3,03		14,96	7,05	19,23	
Celkem	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	

Oxid	vzorek 11 - hm. %					vzorek 12 - hm. %			
	plocha	1	2	3	Ø	plocha	1	2	Ø
MgO	2,44	21,71	0,99	0,83		0	0,68	0,80	
Al ₂ O ₃	11,70	0,89	9,86	11,54		12,73	9,15	12,55	
SiO ₂	29,00	0,93	16,03	19,32		49,86	6,89	18,6	
P ₂ O ₅	0,81	0,23	0,49	0,59		0,25	0,53	0,46	
SO ₃	0,44	0,17	0,32	0,35		0,38	1,04	0,12	
K ₂ O	1,69	0,15	1,06	1,14		2,39	0,41	1,42	
CaO	32,94	26,83	26,91	12,07		5,18	7,9	1,06	
BaO	0	0	0	0		0	2,38	0	
TiO ₂	0,86	0,14	0,28	0,50		1,85	0,13	1,68	
MnO	12,67	0,47	34,91	44,55	23,15	12,04	60,38	1,83	24,75
Fe ₂ O ₃	7,45	0,48	9,15	9,11		15,32	10,51	61,48	
Celkem	100,00	52,00	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	

Oxid	vzorek 13 - hm. %				
	plocha	1	2	3	Ø
MgO	1,14	0,46	0,81	1,02	
Al ₂ O ₃	13,47	9,29	16,18	11,55	
SiO ₂	35,80	14,14	26,20	9,14	
P ₂ O ₅	0,78	0,76	1,16	0,42	
SO ₃	0,69	1,17	0,86	0,72	
K ₂ O	1,37	1,02	1,75	0,57	
CaO	4,37	8,35	5,68	6,39	
BaO	2,39	1,48	1,27	0,70	
TiO ₂	0,49	0,22	0,23	0,09	
MnO	24,28	43,27	26,02	58,02	37,90
Fe ₂ O ₃	15,22	19,84	19,84	11,38	
Celkem	100,00	100,00	100,00	100,00	

Tab. 1. Složení todorokitových sintrů z Abonyiho dómu. Analýza označená jako plocha zachycuje celkové složení daného vzorku, čísla jsou označeny bodové analýzy. Mn-sintrů: jsou zastoupeny vzorkem 9 a 11, Mn-koraloidy jsou zastoupeny vzorkem 10 a 12. Vzorek 13 představuje příčný řez masivním Mn-sintrem s analýzou tří vybraných přírůstkových linií (EDAX, analytik A. Langrová)

tu jeskynních výplní a vápencové stěny, jsou takto dobře vyvinuté, místy až masivní todorokitové sintry skutečným unikátem Krásnohorské jeskyně. V Českém krasu v Koněprusích byly nalezeny ve výplni krasové deprese podobné těžké manganové konkrce tvořené minerálem blízkým todorokitu - kryptomelanem. Manganové oxidy se obvykle srážejí na pH bariéře na kontaktu povrchové vody a vápencové stěny například v místech, kde voda, která nebyla v delším kontaktu s vápencovou stěnou prokapává či protéká z povrchu. Je tedy pravděpodobné, že pukliny či dutiny nad Abonyiho dómem a Velkou síní komunikují s krasovým povrchem.

Goethitové kůry a valouny

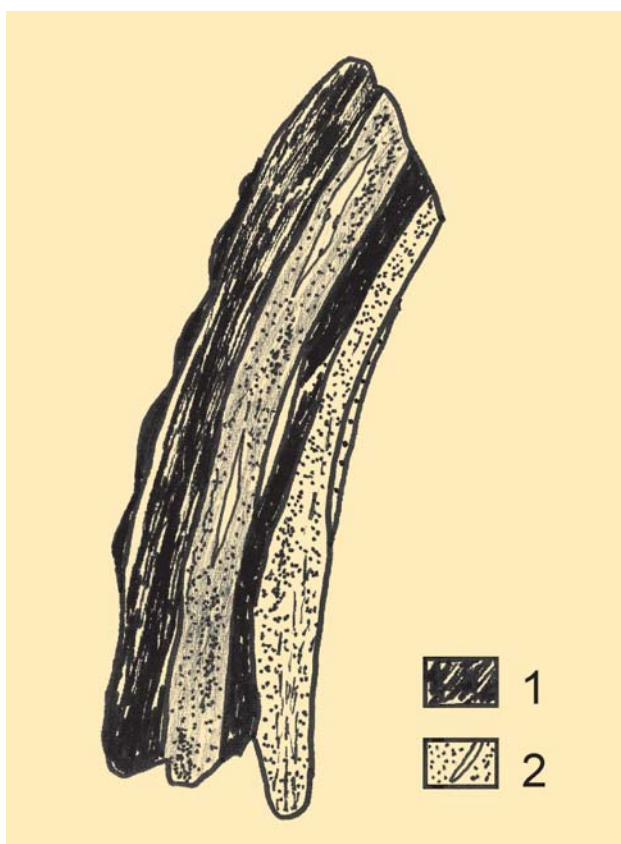
V korytě říčního toku pod Velkou síní je možné nalézt hnědé, těžké limonitové úlomky a valouny o průměru 4 - 6 cm. Podle rtg. identifikace jsou tvořeny dvěma hlavními mine-

rály - goethitem a křemenem. Dále se vyskytuje slídový minerál, kaolinit a v jednom případě byl identifikován akcesorický anatas. Některé limonity, které bychom měli správněji označovat jako železivce tvoří téměř ostrohranné agregáty složené se sypkých lamin a poloh, které se střídají s masivními železivci. Sypké partie jsou odmyvány a železivce tak nabývají charakter porézních úlomků s četnými dutinkami. Naproti tomu masivní železivce mají charakter železitých pískovců až prachovců. Na mikroskopických agregátech je patrné střídání hrubozrnnějších a jemnozrnnějších lamin a místy i šikmá zvrstvení. Klasy jsou tvořené křemenem, zvětralými úlomky hornin blízkých břidlicím a kaolinizovanými živci.

Podle současného výskytu zaoblených i ostrohranných železivců, předpokládám, že železivce se do jeskyně dostaly propadnutím z vyšších částí jeskynního systému či dokonce z povrchu a že tedy nebyly v prostředí jeskyně dále opracovány. V obřích hrncích aktivního toku však můžeme nalézt i valouny vzniklé na místě - je jich méně

a mají poněkud odlišnou morfologii zejména v tom, že se podobají typickým říčním valounům. Naproti tomu na některých valounech, kterým přiřítám původ ve vyšších horizontech můžeme pozorovat jemně důlkovitý povrch, který se podobá eolickému opracování (určení P. Bosák) nebo koroznímu působení. Kromě železinců byl v hrubozrnném písku při ústí stěny Velké síně u měřičského bodu 90 nalezen dokonale zaoblený kalcitový valoun o rozměrech 17x33x15 mm, tvořený mléčně bílým rekrystalizovaným sintrem. Leží pod vertikální puklinou mimo aktivní tok. Nemůže pocházet z povrchu planiny, protože se jedná o sintr. Vyskytuje se ve společnosti hrubozrnných písků, které naopak musejí pocházet z krasového povrchu. Zbývá jediné možné řešení - Krásnohorská jeskyně má další, vyšší patro, které má alespoň částečně vodorovný charakter a které komunikuje s povrchem.

V posledních letech jsme prováděli řadu poměrně důkladných studií železinců v různých prostředích Českého masivu. Domnívám se, že je možné poměrně věrohodně určit charakter prostředí, ve kterém železince vznikaly, ale téměř nemožné odhadnout jejich stáří. Určitým, ale nepřilíživě přesným vodítkem může být přítomnost anatasu (TiO_2), který častěji vzniká v tropickém klimatu starších třetihor, kdy jsou do roztoků při kaolinizaci uvolňovány alkálie, jež podporují rozpustnost oxidů titanu. Ve sledovaném souboru byl anatas v jednom případě určen rtg.



Průřez limonitovou kůrou o mocnosti 22 mm a povrchu vápencového balvanu z Velké síně.

1. masivní, hnědý limonit

2. rezavě hnědý až rudý měkký limonit

(kresba V. Cílek)

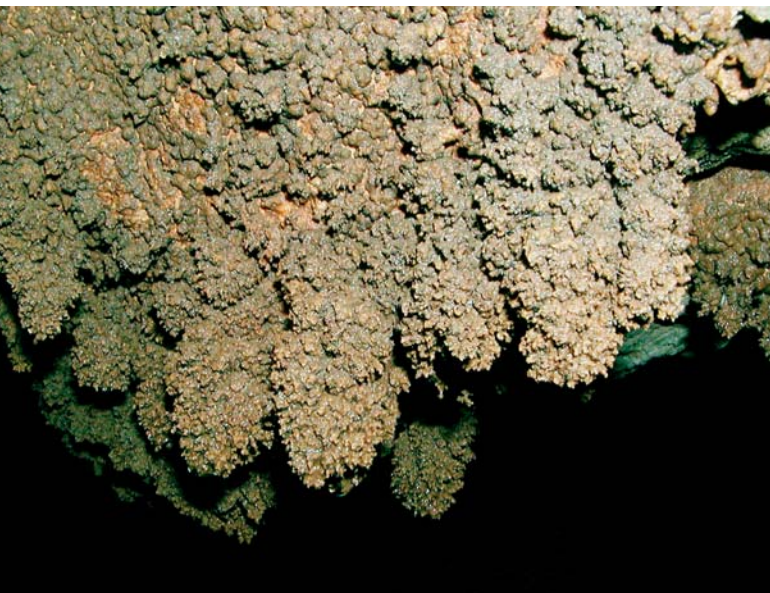
difrakcí, to znamená, že jeho množství ve vzorku je nejméně 3%.

Podle sedimentárních struktur nalezených železinců můžeme usuzovat, že vznikaly feritizací (proželezněním) fluviálních sedimentů. Původně se pravděpodobně vyskytovaly v podobě železitých, povrchových či podpovrchových krust srážených na aluviálních plošinách anebo dokonce v písčitéch výplních krasových dutin. Pochází tedy z paleoprostředí, které je dramaticky odlišné od současného stavu. Středoevropský prostor má celkově sblížený vývoj paleoklimatu a tím i fází zvětrávání, přesto je poněkud riskantní aplikovat závěry získané v Českém masivu na Západní Karpaty, protože feritizace nemusí souviset jenom s klimatem, ale také s dostupností železa. V Česku byly prokázány dvě velké fáze vzniku povrchových železitých krust a pancířů - ve svrchní křídě a na rozhraní paleogén - neogén, tedy v období hlavní vulkanické fáze vzniku Českého středohoří. Tato velmi intenzivní fáze tvorby železitých krust o dokumentované mocnosti i přes 2 m, je kromě klimatických případně tektonických faktorů nejspíš vázána na velký zdroj železa, kterým je vulkanický popel zvětrávající v říčním prostředí.

V krasových depresích Slovenského krasu se poměrně často setkáváme s relikty dnes erodovaných sedimentů - ať se již jedná o pravděpodobně mesozoické břidlice, křemence a pískovce; anebo o třetihorní fluviální písky a jemnozrnné šterky s Fe-oxidy (viz Jakál 1975, str. 75 - 78). Tyto nálezy můžeme nejpravděpodobněji interpretovat jako zbytky výplavových kuželů či plochých říčních údolí směřujících od vystupujícího komplexu Slovenského rudohoří směrem po mírně ukloněné vápencové ploše pozdějšího Slovenského krasu dál k jihu v době, kdy ještě nedošlo k vytvoření dnešních krasových údolí. Úlomky hornin pocházející z Rudohoří je např. možné nalézt v písčitéch sedimentech jeskyně Erňa.

Limonitové valouny tvořené hlavně křemenem a goethitem ukazují na komunikaci jeskynních prostor buď s okrajem planiny nebo se sedimentárními výplněmi zakleslými do závrtů. Podobné limonitové valouny byly nalezeny při hloubení šachty ve Velkém závrtu na Silické planině. Vznikají druhotnou feritizací dobře protříděných písků a šterčků. Limonit někdy vytváří povrchové 1-2 cm mocné povrchové kůry na částečně zpevněném pískovci nejasného stáří. Krasové deprese obecně fungují jako gravitační past a zachycují horniny, které se dnes na površích planin dávno nevyskytují - na Silické planině a Dolném vrchu se jedná zejména o pískovce, břidlice a vzácně i křemence v různém stupni zvětrání.

Kromě valounů železitých hornin, se ve Velké síni setkáváme s korodovanými limonitovými výplněmi paleokrasových anastomóz (anastomózy jsou drobné, zárodečné kanálky a dutiny). Hnědé, jemnozrnné železince o mocnosti do 10 cm jsou zde korodovány do podoby nepravidelných, fasetovaných mnohostěnů a různých pendantů. Limonitové kůry o mocnosti do 30 mm pokrývají některé

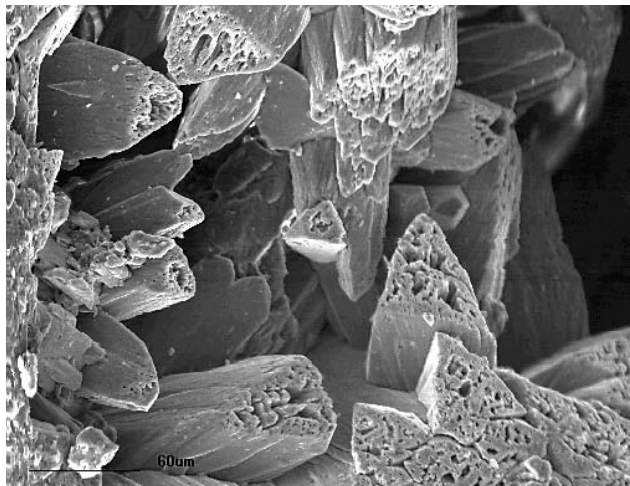
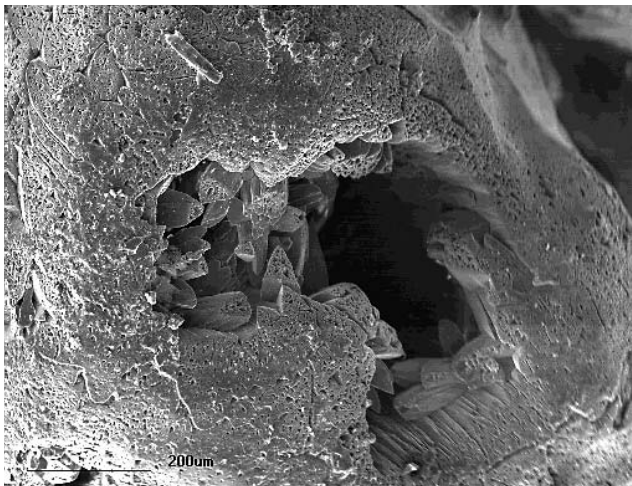
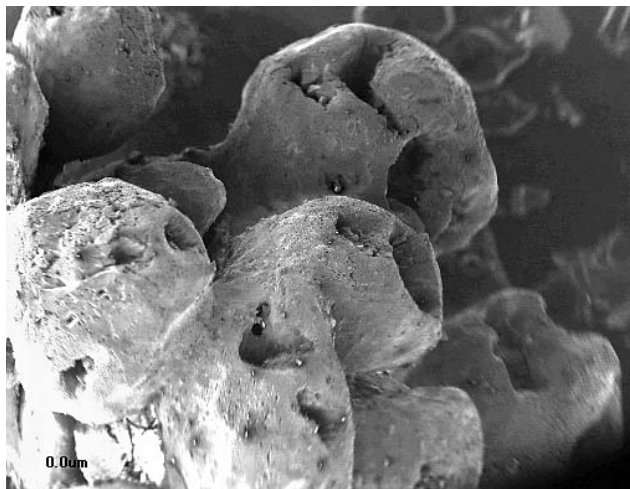


Zdánlivě jílovité stalaktity a různé výrůstky nepravidelných tvarů. V skutečnosti jde o 97 % kalcit. Foto: P. Luptáček

kameny anebo se vyskytují jako hnědé, matně lesklé tenké subakvatické laky na korodovaném vápenci. Planparalelní struktury těchto limonitů ukazují, že vznikaly chemickým srážením z roztoku na karbonátové bariéře.

„Jílovité“ sintry a krápníky

Ve vstupních partiích jeskyně se pravidelně setkáváme s rudohnědými, zdánlivě jílovitými sintry a různými výrůstky nepravidelných tvarů. Rtg. analýza určila v nerozpuštěném zbytku slídový minerál (illit), kaolinit, křemen a hematit. Oproti očekávání bylo celkové množství nerozpuštěného zbytku velmi malé - jen 3,01 hm.% celkového vzorku tvořeného kalcitem. Nepravidelný tvar výzdoby je velmi pravděpodobně způsoben periodickým zaplavitím jeskyně. Při něm dochází k pomalé sedimentaci jílových minerálů, jež v podobě tenké vrstvičky obalují sintry a krápníky. Po opadnutí hladiny se jílové minerály místy odloupávají, nasávají krasové roztoky a jsou kalcifikovány. Proces je velmi nerovnoměrný a silně závislý na náhodných, místních podmínkách a proto i jeho výsledkem jsou chaotické tvary sintrové a krápníkové výzdoby. Svou roli pravděpodobně sehrávají i klimatické faktory - tento typ výzdoby se v jeskyni vyskytuje jen v dosahu vnějšího prostředí. Může se např. jednat o rychlý únik oxidu uhličitého a tím i o chaotický růst krápníků v místech, kde se původní oxidem uhličitým bohatá jeskynní atmosféra mísí s venkovním vzduchem chudým na CO_2 . Tomuto mechanismu by nasvědčovalo i to, že pěnovce se původně



Kalcitové nástříkové sintry z Abonyiho dómu pozorované při různých zvětšeních.

Foto: A. Langrová, V. Cílek

srážely již v samotném vývěru a nikoliv několik desítek metrů pod ním, jak je obvyklé.

Jeskynní jíly a písky

Hlavním typem jeskynních sedimentů jsou kromě krápníkové a sintrové výzdoby jednak písky až hrubozrnné písky podzemního toku, jednak velmi jemnozrnné zeminy. V uplynulých letech jsme ve Slovenském krasu odebírali některé základní a zajímavé typy jeskynních sedimentů, výplní krasových depresí a rudo - hnědé sedimenty typu terra rosa (červenice). Největší počet vzorků pocházel z hlubokých krasových depresí odkrytých v lomu Včeláre, kde je možné na instruktivních profilech sledovat až desítky metrů mocné výplně krasových depresí. Většina zde odkrytých závrťů neumožňuje stratigrafická pozorování - výplně bývají téměř nevrstevnaté a spíše odpovídají strukturám zaklesávání a gravitačního hnětení výplní do aktivních nebo korozně postupně rozšiřovaných podzemních systémů. Předpokládáme, že analogické situace existuje i v prostoru planiny nad Krásnohorskou jeskyní, kde však (naštěstí) není odkryta lomem.

Složení krasových sedimentů získané klasickou chemickou analýzou na mokré cestě je shrnuto v tabulce 2. Je poměrně uniformní s obsahy SiO₂ většinou kolem 50% a obsahy Al₂O₃ kolem 15% a vysokým obsahem vody 10 - 12%. Složení jeskynních sedimentů závisí jednak na obsahu křemenného siltu (prachu), jednak karbonátové příměsi. Většina tzv. jílu jsou ve skutečnosti přechodné členy mezi jílem a křemenným siltem. Podobné složení i příměs velmi jemnozrnného, ostrohranného křemene nápadně podobného křemenným zrnům pocházejícím ze spraší, indikuje eolický (větrný) původ pravděpodobně podstatné části krasových

a tím i jeskynních výplní. Složení stopových prvků (Tab. 3, 4) včetně radioaktivních komponent odpovídá běžným hodnotám pro tyto typy materiálu, ale také poukazuje na příměs alochtonního (cizorodého, tj. z oblasti mimo vlastního krasu přineseného) materiálu. Krasové sedimenty však zároveň fungují jako molekulární síta, která z prosakujících roztoků zachycují na Fe, Mn a Al-oxidech a hydroxidech stopové prvky, takže starší sedimenty mívají vyšší koncentrace např. niklu a kobaltu. V samotné jeskyni nebyl zjištěn žádný hodnotný kvartérní profil, sedimentace odpovídá výplním vznikajícím ze splachů z povrchu planiny a pomalému usazování jemnozrnných sedimentů z vodní suspenze. Vzhledem k přítomnosti aktivního toku, který výplně eroduje či po povodních usazuje nové polohy je sedimentační režim jeskyně místy silně dynamický a tím omezuje zachování sedimentárních sledů.

Na jeskynní sedimenty Krásnohorské jeskyně je nutné se dívat jako na obvyklý případ směsných sedimentů z různých zdrojů, které závisí na otevírání ponorů a zaklesávání sedimentů z krasových povrchů. Klíčová role zde pravděpodobně patří jak pískům neznámých krasových toků, tak eolickým sedimentům - kromě obvyklé sedimentace v průběhu ledových dob, je nutné očekávat i přínos sopečného popela z okolních obrovských neovulkanických pohoří, které Slovenský kras obklopují. Kromě toho existuje i migrace velmi až extrémně jemnozrnných jílu tenkými puklinami v krasovém masivu a to až na vzdálenost několika kilometrů! Červené krasové jíly tak byly při vrtném výzkumu prováděném v 50. letech J. Petránkem u Gombaseku nalezeny v hloubce až 600 m pod povrchem. Podobné ultrajemné jíly byly nafárány při stavbě vodohospodářského díla u Hrhova. V Krásnohorské jeskyni byly tyto jemné, červené jíly zjištěny ve výplni brekciovaneho pásma za Kvaľom roľňavských jaskyniarov.

	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	SK-9	SK-10
SiO ₂	49,91	49,86	52,62	52,88	52,93	44,60	48,27	48,05	35,40	47,05
TiO ₂	1,07	1,22	1,26	0,84	0,81	0,80	0,75	0,72	0,43	1,06
Al ₂ O ₃	18,23	19,16	20,76	21,13	12,08	13,21	11,72	11,90	7,65	17,30
Fe ₂ O ₃	6,72	6,72	8,03	3,41	3,31	6,82	5,78	3,22	1,34	3,36
FeO	0,12	1,00	0,06	0,92	0,15	1,00	0,80	0,81	2,12	2,63
MnO	0,19	0,22	0,32	0,01	0,11	0,08	0,12	0,02	0,30	0,16
MgO	0,91	0,77	0,92	1,33	0,97	1,32	1,34	1,30	1,58	1,85
CaO	6,04	4,58	1,86	2,06	12,11	12,90	12,85	14,77	25,27	8,38
Na ₂ O	0,36	0,42	0,40	0,73	0,04	0,25	0,28	0,11	0,10	0,20
K ₂ O	1,90	1,55	1,59	3,21	1,90	2,00	1,93	2,06	0,83	2,01
P ₂ O ₅	0,42	0,37	0,45	0,14	0,16	0,18	0,14	0,08	0,15	0,19
^x ztr. žlt.	14,01	13,97	11,51	13,45	15,32	16,96	16,10	16,67	24,79	14,74
Σ	99,88	99,84	99,78	100,11	99,89	100,12	100,08	99,71	99,96	98,93
*H ₂ O+	5,86	6,53	6,74	6,16	3,62	4,04	3,04	3,41	2,54	5,93
+H ₂ O-	3,14	4,35	3,41	4,47	2,01	2,61	3,31	2,12	0,95	2,07

	SK-11	SK-12	SK-13	SK-14	SK-15	SK-16	SK-17	SK-18	SK-19	SK-20
SiO ₂	60,38	75,81	59,10	45,79	42,38	23,75	56,11	35,86	54,05	50,73
TiO ₂	0,96	0,65	0,90	1,06	1,24	0,38	0,86	1,25	0,92	0,91
Al ₂ O ₃	17,05	14,93	14,89	24,59	29,11	6,14	17,24	32,83	16,17	23,35
Fe ₂ O ₃	6,00	1,31	5,30	9,88	6,38	2,69	3,05	11,58	5,79	8,63
FeO	0,49	0,10	0,71	0,19	0,16	2,24	0,66	0,11	0,68	0,06
MnO	0,07	0,02	0,21	0,04	0,01	0,26	0,03	0,07	0,25	0,22
MgO	1,45	0,36	1,13	2,02	1,32	3,80	2,36	0,54	1,50	1,35
CaO	0,63	0,20	1,40	1,29	2,15	29,60	3,65	0,72	1,15	0,80
Na ₂ O	0,86	0,02	0,68	0,58	0,74	0,13	0,54	0,75	0,63	0,74
K ₂ O	2,45	1,03	1,75	5,05	1,73	1,11	1,71	0,41	2,12	4,84
P ₂ O ₅	0,12	0,04	0,22	0,28	0,15	0,19	0,08	0,29	0,29	0,19
^x ztr. žřh.	9,48	5,54	13,76	9,01	14,68	29,48	13,76	15,54	16,53	8,23
Σ	99,94	100,01	100,05	99,78	100,05	99,77	100,05	99,95	100,08	100,05
*H ₂ O+	5,18	4,23	6,31	5,60	8,94	2,16	5,87	11,96	7,84	5,53
⁺ H ₂ O-	2,62	0,86	2,94	1,62	3,08	1,18	3,03	2,38	3,20	1,74

Tab. 2. **Silikátové analýzy krasových a jeskynních výplní ze Slovenského krasu.** Klasické chemické analýzy na mokré cestě, zpracoval V. Chalupský a kol., Chemická laboratoř Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR, Praha.

*voda chemicky vázaná

⁺voda do 110 °C

^xztráta žháním při 1000 °C

	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	SK-9	SK-10
Ba	500	390	425	400	110	105	120	100	70	155
Cr	100	130	125	120	98	85	90	80	180	200
Ni	88	95	107	105	75	66	90	70	75	285
Co	30	35	35	26	28	13	57	35	12	46
V	140	150	145	160	110	100	90	97	58	240
Cu	65	58	60	40	35	33	40	36	35	77

	SK-11	SK-12	SK-13	SK-14	SK-15	SK-16	SK-17	SK-18	SK-19	SK-20
Ba	690	250	540	500	295	110	160	90	580	605
Cr	110	50	80	86	≥ 300	46	120	135	88	70
Ni	87	23	52	54	≥ 250	32	90	112	56	50
Co	30	9	25	-	14	10	32	31	26	20
V	130	53	105	120	145	68	155	150	125	110
Cu	66	9	87	85	90	15	43	100	50	52

Tab. 3. **Obsahy vybraných stopových prvků v jeskynních a krasových výplních Slovenského krasu.** Kvantitativní stanovení některých stopových prvků provedené emisní spektrální analýzou. Obsahy prvků vyjádřeny v g/t („ppm“; autor K. Absolon, Chemická laboratoř ÚSMH AV ČR, Praha). Lokalizace vzorků je stejná jako v předchozím případě.

	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	SK-9	SK-10
K (%)	1,35	0,52	0,89	2,52	1,20	1,06	1,10	1,12	1,29	0,98
U (ppm)	2,72	4,1	2,1	3,3	2,4	2,9	3,2	2,3	2,6	4,8
Th (ppm)	14,4	17,0	19,9	15,0	12,6	12,9	12,2	12,7	6,3	13,9

Tab. 4. **Obsah radioaktivních prvků v jeskynních a krasových sedimentech Slovenského krasu** (emisní spektrometrie, autor K. Absolon, Chemická laboratoř ÚSMH AV ČR, Praha).

Z hlediska chemického složení sedimentů je nutné si povšimnout několika základních rysů:

- sedimenty různého stáří i různé barvy si jsou ve skutečnosti poměrně blízké.
- Obsahy SiO₂ se u většiny vzorků pohybují kolem 50%. Více jak dvojnásobně převažují nad obsahy oxidů hliníku, což ukazuje na uplatnění prachového křemene. Krasové jíly jsou ve skutečnosti nejčastěji přechodným členem mezi jílem a prachem.
- Vysoké obsahy stopových prvků jako je např. chrom, nikl a kobalt ukazují na zdrojovou oblast ve Slovenském rudohoří, u mladších sedimentů na pravděpodobnou vulkanickou příměs.
- Z hlediska návštevnosti jeskyní a možného radiačního rizika je nutné upozornit na nízké koncentrace uranu, radiogenního draslíku a na mírně zvýšené obsahy thoriumu, které může být vázáno na monazit případně na další fosfáty.

Lokalizace vzorků: písmena SK označují Slovenský kras, vzorek 1 - výplň závrtu, Včeláre 1. etáž, rudohnědý jíl; vzorek 2 - Včeláre, 1. etáž, hnědý jíl z výplně závrtu; vzorek 3 - rudohnědý jíl dtto; vzorek 4 - Včeláre - tmavý jílovec podobný uhelnému jílovcu, výplň závrtu, pravděpodobně anoxický jezerní sediment z bývalého závrtového jezera; vzorek 5 - Včeláre, dtto, žlutozelený jíl na bázi bývalého závrtového jezera; vzorek 6 - Včeláre, výplň závrtu, červený jíl; vzorek 7 - Včeláre, výplň závrtu, hnědý, masivní jíl, vzorek 8 - Včeláre šedohnědý masivní jíl, výplň závrtu; vzorek 9 - Hosťovce, výplň závrtu šedavé pískovce gombaseckých vrstev svrchní křídly (datováno palynologicky: Cílek a Svobodová 1998); vzorek 10 - Hosťovce, výplň závrtu, černý, závalkovitý jílovec gombaseckých vrstev svrchní křídly (datováno palynologicky); vzorek 11 - běžná, hnědá jílovitá zemina od kóty Hlinná na Horném vrchu; vzorek 12 - fialový jíl z těžby cementářské korekce v Turňanské dolině pod Včeláry; vzorek 13 - běžná, hnědá jílovitá zemina z povrchu planiny nad Hačavou; vzorek 14 - běžný červený jíl typu terra rosa z krasové výplně lomu Soroška; vzorek 15 - běžný žlutý jíl z krasové výplně lomu Soroška; vzorek 17 - rozvětralý, černý jílovec gombaseckých vrstev svrchní křídly od Gombasecké jehly ve stejnojmenném lomu; vzorek 18 - běžný červený jíl typu terra rosa z krasové výplně horní etáže lomu Gombasek; vzorek 19 - rudohnědá zemina blízka typu terra rosa; vzorek 20 - hnědá jílovitá zemina, lom Czöpke v místech sondy I. Horáčka, který zde odkryl faunu zóny MN-17.

Pískovce

Mezi neobvyklé nálezy jeskynních sedimentů patří nepravidelné úlomky pískovců o průměru do 40 cm a mocnosti kolem 15 - 20 cm, které se vyskytují v pásu mezi Abonyiho dómem a Velkou síní. Charakteristicky jsou vyvinuty zejména v okolí měřičského bodu 67 v Abonyiho dómu

a m.b. 90 ve Velké síni. Na této lokalitě však zasahují i pod velké kameny směrem k aktivnímu toku. Jsou prostorově a tedy pravděpodobně i geneticky spjaty s todorokitovými sintry a železivci. Můžeme mezi nimi rozeznat tyto základní typy:

1. Šedavé, šedohnědé až načernalé, jemnozrné pískovce obsahující 1-2 mm mocné laminy rudních minerálů a dobře protříděná, nápadně skelně lesklá subangulární až subovální, mírně korodovaná zrna křemene. Jsou masivní, ale také detailně vrstevnaté, místy s dobře vyvinutým šikmým zvrstvením. Časté jsou náhlé faciální přechody, pískovce jsou nepravidelně kalcifikované, pokryté sintrem, vázané na blokové akumulace ve stěně dómu. Jedná



se o původní písky s vysokým obsahem tmavých rudních minerálů, které byly splaveny do jeskyně. Zde byly částečně kalcifikovány, ale rovněž rychle ničeny erozí. Laminy končí místy zcela náhle, někdy se v pískovcích objevují cihlově rudé útržky kalcifikovaných terra ros, některé úlomky pískovců jsou pokrývány starým, zemitým sintrem, jinde můžeme pozorovat struktury druhotného rozplavování a rozlamování vrstev ještě polosypkého sedimentu (Abonyiho dómu).

2. Nálepky na stěnách Velké síně vystupují jako relikty druhotně kalcifikovaných písků. Nálepky jsou šikmé,



směřují k puklině nad Velkou síní a kopírují původní vrstevnatost sedimentu. Na povrchu mají pískovce často šedočernou barvu, ale po rozbití jsou hnědočervené, hrubozrné s oválnými zrny silně lesklého křemene o velikosti 1-2 mm. Na stejné lokalitě se vyskytují nepravidelné konkrecionální pískovce vzniklé kalcifikací v místě vyššího skapu vody. Jedná se o erozní zbytky kdysi původně mocnějšího pískového pokryvu.

Mezi základní rysy pískovců patří náhlé barevné, zrnitostní a faciální přechody (masivní až jemně vrstevnaté typy), směsi poměrně ostrohranných i dobře zaoblených křemenných zrn, reliktní zachování způsobené druhotnou kalcifikací a velké množství tmavých těžkých minerálů. Celkem jednoznačně se jedná o sedimenty podzemního toku, které jsou v závislosti na nepravidelné morfologii říčního dna silně proměnlivé. Diferencovaný skap způsobil kalcifikaci některých partií, které ve stěnách dnešní jeskyně přetrvaly dodnes. Část těžkých minerálů má svůj původ v železitých a manganových speleotémách, zbytek je klastického původu. Nedá se vyloučit, že krasové deprese na povrchu planiny fungovaly jako gravitační past - z některých tropických krasů známe případy, že krasové deprese mohou vytvářet ložiska např. zlata či diamantů.

Těžké minerály

V korytu podzemního toku ve Vstupní chodbě u křižovatky k Objevné chodbě můžeme poměrně běžně, zejména po velkých deštích, pozorovat tmavé až narezlé pruhy těžkých minerálů o mocnosti několika milimetrů. Polohy jsou nápadně černé, mají však rezavé lemy. Vznikají selektivním odnosem lehkých minerálů. Detailní výzkum těžkých minerálů nebyl prováděn, protože se jedná o příliš náročný a dlouhodobý projekt, který může mít podobně jako v Moravském i Českém krasu klíčový význam pro poznání třetihorní historie krasové oblasti. Ve výplavu byly jako převládající minerály určeny magnetit, ilmenit a goethit. Předpokládám, že se z menší části jedná o materiál poltárské formace, která se do jeskyně dostala z reliktů zachycených na okrajích planiny krasovými komíny. Nahnědlé až žlutavé písky a štěrčíky byly nalezeny v nedalekém opuštěném lomu. Rozmyvy těžkých minerálů jsou nápadně podobné výše uvedeným pískovcům enigmatického původu, které se nalézají již v té části jeskyně, která leží pod planinou.

Paleokras

Paleokras doslova znamená „starý kras“. Obvykle pod tímto pojmem rozumíme soubor dnes neaktivních krasových tvarů a fosilních výplní, které vznikaly v odlišných fázích

krasování, než jaké panují v daném území dnes. Většina krasových území střední Evropy je tvořena několika generacemi do sebe vložených, často opakovaně aktivovaných krasových jevů. V Krásnohorské jeskyni se setkáváme s několika výraznými paleokrasovými formami:

1. Za Kvapřem rožňavských jaskyniarov je odkryt asi 12 m dlouhý a přes 20 m vysoký profil kolapsovými (říčními) brekciemi. Brekcie sice jednou stěnou spočívají na výrazné tektonické ploše (viz tektonická mapa), ale pravděpodobně se nejedná o tektonické brekcie a to z následujících důvodů: a, bloky vápence o průměrné velikosti 0,5-2,0 m mají četné ostrohranné výběžky, které nejsou tektonickými pohyby nijak zbroušeny; b, výplň je tvořena velmi jemným rudým jílem typu přeplavené terra rosy; c, v tektonizovaných zónách obvykle na kontaktu pozorujeme větší intenzitu pohybů doprovázenou např. rozetřením a zešupinatěním; d, tektonické brekcie v takto mocném drceném pásmu by pravděpodobně byly tvořeny směsí různých hornin, místy by bylo patrné usměrnění nebo protažení těles, tektonický jíl by asi byl šedý a obsahoval by drobnější úlomky hornin. Nic z toho nebylo pozorováno. Tektonizované zóny např. ze Zápolné jeskyně v Nízkých Tatrách mají odlišný charakter. Stáří kolapsové brekcie z Krásnohorské jeskyně je zatím neurčitelné, ale nejedná se o mladý fenomén, protože na povrchu planiny nad jeskyní můžeme sice pozorovat závrtý, nejsou však v nedávné geologické minulosti nijak pozorovatelně aktivovány.

2. Feritizované výplně drobných krasových dutin ve Velké síní mají výrazně reliktní charakter. Jsou jemnozrné a laminované, vznikaly jako záteky do hlubokých partií krasového systému v místech, kde povrch planiny leží o víc jako 250 m výš. Určitou analogií jsou Němčice v Moravském krasu, kde goethit vyplňoval část velké jeskyně a vytvářel krápníky a sintry. Feritizované záteky jsou rovněž známy z koněpruské oblasti, Rudic v Moravském krasu a odjinud. Jejich stáří se pohybuje ve velmi širokém rozmezí od mezozoika až po starý kvartér (Chlum v Českém krasu), ale kvartérní železité a manganové precipitáty jsou obvykle zemité.

3. Naproti tomu mají todorokitové sintry a železité krusty sice senilní charakter, ale vytvářely se již za morfologie, která je blízká dnešní jeskyni - např. na padlých blocích velkého krápníku.

4. Poslední z výrazných paleokrasových jevů je reprezentován šedými pískovci původně pocházejícími z nějakého vyššího jeskynního horizontu anebo přímo z povrchu Silické planiny.

Záměrně nechceme v této fázi výzkumů spekulovat o stáří paleokrasových fenoménů, které obvykle nejsou na rozdíl od maďarských výskytů popisovaných G. Bárdosym a L. Kordosem (1989) dobře datovány nadložními sedimenty. Je však nutné alespoň uvést, že v Aggteleckém krasu v okolí Csárdahegy byly v krasových depresích pře-

krytých středně eocenními sedimenty dobývány manganové oxidy. Podobného stáří jsou i povlaky železitých oxidů nalezených v oblasti Gánt. Oba výše jmenovaní autoři se domnívají, že v přilehlých maďarských krasových

územích je možné pozorovat plynulý vývoj krasu od pozdního neogénu až po dnešek. Tento vývoj je doprovázen erozí a exhumací dřívějších sedimentů (viz rovněž Bosák ed. 1989).



Unikátní korality, které vznikly v Abonyiho dóme v souvislosti s todorokitovou mineralizací.

Foto: J. Stankovič