

## „ARIDNÍ“ SÍRANY HOŘČÍKU Z JESKYNĚ REPISKÁ V DEMÄNOVSKÉ DOLINĚ

*Václav Cílek*

### EXFOLIAČNÍ ŠUPINY

Stavební firma Záruba-Pfeffermann a spol. patřila v období I. republiky mezi nejvíc respektované inženýrsko-geologické, a stavební podniky, které podávaly tak náročné projekty jako byl např. tunel pod Pražským hradem. Firma

se rovněž účastnila budování řady železničních tunelů na slovenských tratích kde se do značné míry opírala o geologické zkušenosti získané při ražbě alpských tunelů. V 50. letech a později spo upracoval Quido Záruba jako pokračovatel firemní tradice s V. Ložkem na řešení celé řady otázek inženýrské a kvartérní geolo-

gie. Ze společných diskuzí tehdy vyplynula hypotéza, že systém Demänovských jeskyní, který v podstatě kopíruje svahy horského údolí, je založen či predisponován na relaxační spáře mohutné exfoliační šupiny. Mezi dodnes dodržované tradice „zárubovské“ školy inženýrské geologie patřilo nepublikovat žádné hypotézy,

protože velké stavby, jako jsou tunely nebo vodní díla, je nutné zakládat na faktech a měřeních. O tehdy probíhající diskuzi jsme tak informováni pouze ze vzpomínek V. Ložka (ústní sdělení 1992–99).

Q. Záruba z vlastní zkušenosti dobře věděl, že jedna z velkých stavebních komplikací při vedení tunelů a zejména zakládání přehrad v horských údolích je existence tektonických linií, které jsou paralelní se svahy údolí a mohou představovat odlučné jizvy budoucích sesuvů nebo místa možného úniku vod. Tyto často rozvětvené tektonické linie vznikají v místech, kde horský masiv vlastní vahou „expanduje“, odlehčuje se směrem do volného prostoru údolí.

Při vlastních výzkumech v pískovcovém pseudokrasu České křídové tabule se opakovaně setkávám s projevy exfoliace jako jednoho z řídicích mechanismů vzniku pseudokrasových útvarů. Exfoliaci můžeme definovat jako proces, při kterém dochází ke vzniku paralelních, slupčkovitých struktur na povrchu kamenů, skalních útvarů nebo celých masivů. Exfoliace může probíhat v drobném měřítku následkem teplotních změn například na povrchu pouštních kamenů (tzv. mikroexfoliace), ale také v podobě gravitačně se odlupujících šupin o mocnosti běžně 20–120 cm, ale i ve velkém měřítku, kdy exfoliační šupiny mohou mít mocnost až několik set metrů a délku až několik kilometrů (makroexfoliace). S projevy exfoliace se běžně setkáváme v pískovcových a vápencových převisích anebo u skalních bran, kde často můžeme pozorovat vznik tektonických puklin kopírujících oblouk skalní brány. Z těchto pozorování je zřejmé, že skalní brány a velká ústí jeskyní jsou rozšiřována odlamováním exfoliačních šupin a v podstatě mechanicky vzniklý skalní útvar je u vápenců zhlazován korozí a u pískovců solným a mrazovým zvětráváním, takže působí „krasovým“ dojmem.

Problém je v měřítku pozorování – poměrně dobře můžeme prokázat vliv odlamování exfoliačních šupin (viz dále) na útvarech běžné velikosti několika či několika desítek metrů. Exfoliační odlamování by se však mělo rovněž uplatňovat při vzniku velkých jeskynních dómů a zřejmě i u jeskynních systémů kopírujících boky velkých údolí jako je Demänovský systém nebo partie Skalitého potoka. Je rovněž velmi obtížné vysvětlit vznik velkých dutin u jeskyní, které nikdy nebyly součástí pravidelných říčních systémů – to se týká například dómů v řadě propastí Slovenského krasu. Předpokládám – a jsem si dobře vědom hypotetického charakteru tohoto předpokladu – že tyto dutiny vznikají během velmi dlouhého vývoje kombinací mechanického exfoliačního odlamování a dlouhodobého působení kondenzační korozí.

## JESKYNĚ REPISKÁ

V perspektivě obrovských jeskynních systémů na severním úpatí Nízkých Tater, jejichž známá celková délka dosahuje asi 80 km (Demänovský systém, Jeskyně mrtvých netopýrů, Jeskyně zlomisk, kras Krakovy hole a d.) se poněkud ztrácejí menší, ale rovněž důležité geomorfologické fenomény související s interakcí krasových procesů s tektonicky podmíněnými svahovými pohyby (viz též Bella 1993, Lacika 1992, Gaál 1997, Zelinka 1997). Na příkladu převisu a jeskyně Repiská je možné ukázat procesy, které se podílejí i na tvorbě reliéfu vstupních partií větších jeskynních systémů. Převis s jeskyní Repiská leží v údolí Zadní vody přímo nad hotelem Repiská. Jes-

kyně je známa odedávna, ale protože má spíš charakter převisu bez jakékoliv genetické vazby na říční kras Demänovské doliny, není uváděna v soupisu slovenských jeskyní (Bella a Holúbek eds. 1999) a ve starší literatuře je jí (vcelku oprávněně) věnována jen malá pozornost. Např. Droppa (1957, str. 69) se u popisu Ovčích jeskyní zmiňuje, že „podobné skalné diery sú vytvorené aj vo vápencovom masíve Rad na Repiskách“. Vlastní vchod drobné tunelovité jeskyně tvoří nápadný převis o výšce až 15 m, délce 30 m a průměrné hloubce 8 m založený na příčném, tektonicky podmíněném skalním stupni. Převis je spojen nízkou chodbou o délce asi 15 m s dalším menším převisem.

V převisu se na několika místech objevují úzké, na větší vzdálenost neprůlezné korozní dutiny. Vrstvy skalního stupně jsou ukloněné směrem po svahu. Tím je umožněno a urychleno vypadávání skalních bloků i vyklížení jeskynních výplní, které jsou zachovány v podobě mrazové drti a splaveného hnědého jílu. Na několika místech jeskyně se objevují našedlé, porézní pěnitcové sintry v podobě mrazem destručovaných relikvů. Podobně jako v řadě podhorských krasových oblastí Slovenska ukazují na tvorbu v klimaticky výhodnějších podmínkách holocenního optima.

Z hlediska studia exfoliačních jevů je skutečně důležitým rysem jeskyně přítomnost přibližně šesti (nejsou průběžné v celé délce převisu) vertikálních exfoliačních šupin o mocnosti 40–80 cm, které jsou dobře odkryty ve stropu převisu. Vlastní vznik těchto šupin, podle kterých dochází k odlamování a rozšiřování převisu, pravděpodobně souvisí s přítomností asi 1 m mocné brekciované zóny, která probíhá vcelku paralelně jak se šupinami, tak s průběhem příčného skalního stupně. K odlamování kamenů a rozšiřování převisu dochází i v současné době. Z pozorování je patrné, že hlavní objem převisu vznikl gravitačním odlamováním na příznivé kombinaci po svahu vykloněných subhorizontálních ploch vrstevnatosti a vertikálních exfo-

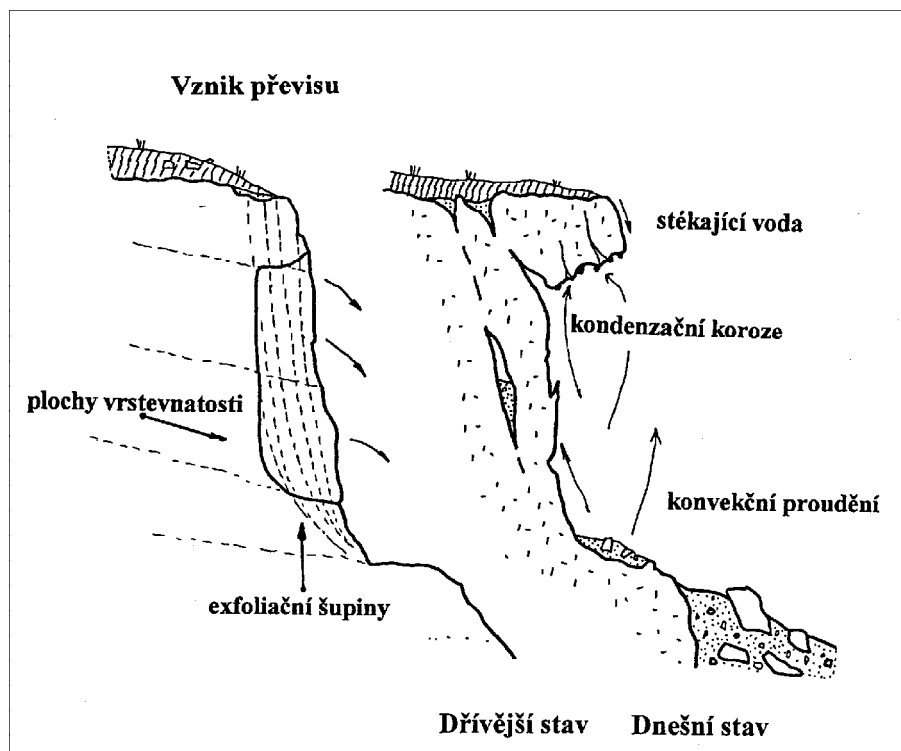
liačních ploch, tedy v podstatě nekrasovým mechanismem. Modelace stěn převisu však připomíná obvyklé krasové tvary. To je způsobeno jak průsakem srážkových vod, tak i kondenzační korozí, která se charakteristicky projevuje vznikem vlhkých ploch pokrytých visejícími kapkami, které po dosažení určité velikosti stékají po stěnách, a tím je modelují. Model vzniku převisu je dobře patrný na obr. 1.

## DEHYDRATACE EPSOMITU

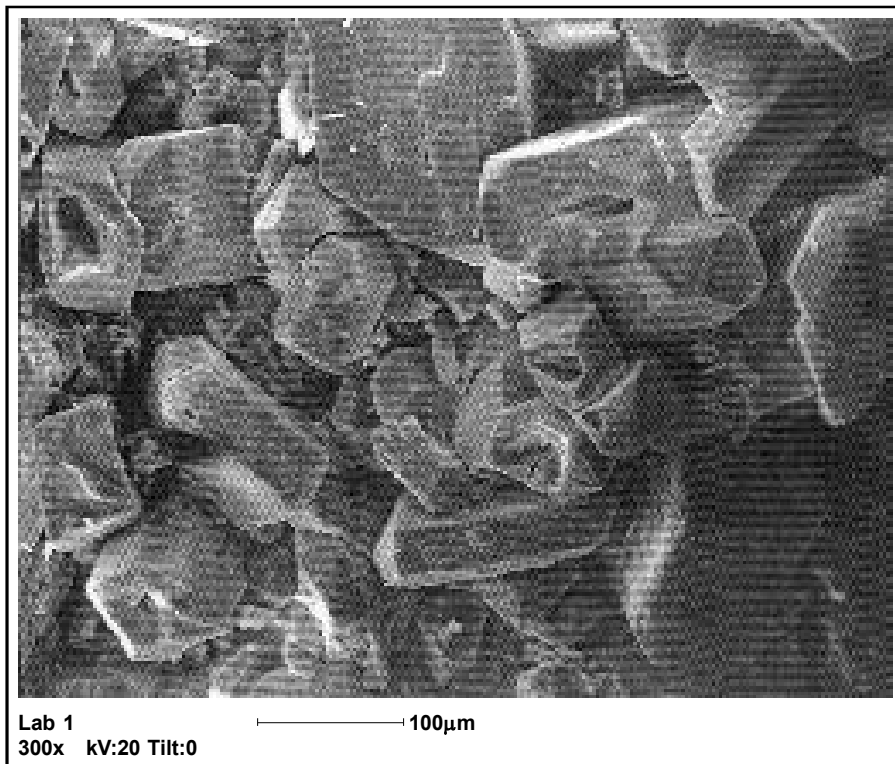
V levé, tedy SZ části převisu vystupuje výše zmíněná brekciovaná poloha, která je podle výsledků chemické analýzy (Energiově-disperzní analyzátor rtg. záření – EDAX, analytik A. Langrová, Geologický ústav AV ČR v Praze) silně dolomitizována. Kromě dolomitu, kalcitového tmelu a úlomků místního vápence obsahuje rovněž drobná zrna sulfidů, která zvětrávají za vzniku rezavých Fe-hydroxidů. Při kyzovém zvětrávání vznikají druhotné sírany, které jsou na lokalitě zastoupeny v neobvyklé paragenézi částečně dehydratovaných produktů epsomitu  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . Ve vertikálním profilu o výšce 120 cm byly na brekciované poloze odebrány celkem 3 vzorky solí, které byly dále podrobeny rtg. strukturální analýze (difraktograf Philips, analytik K. Melka, Geologický ústav AV ČR v Praze). Ve výkvetech byly zjištěny tyto minerály:

**Sádrovec  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ :** na vzorcích je zcela podřadný, byl zjištěn pouze na nejnižším vzorku odebraném asi 20 cm nade dnem převisu. Vyskytuje se v podobě drobných bílých, částečně korodovaných krystalů, zachycen byl jak chemickou analýzou, tak i pomocí difraktografu.

**Syngenet  $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ :** vyskytuje se průběžně, je hojný, ale tvoří jen asi 5–10 % celkového obsahu solí. Objevuje se v podobě protáhlých, hvězdicovitých krystalů o délce kolem 20 mikrometrů, které jsou uspořádány do prostorových hvězdicovitých agregátů naseda-



Obr. 1. Schéma vzniku jeskyně Repiská na predisponovaném průsečnicku ploch vrstevnatosti a exfoliačních šupin.



Obr. 2. Krystaly Mg-síranu – pravdepodobne pôvodne epsomitu – se na sluncem ozárené ploše mení na jeho vzácnejší dehydratované formy – prevládajúci hexahydrát a podradný starkeyit.

jících na hexahydrát. Časté jsou planoparalelní srůsty monoklinických tabulek. Syngenit se rozkládá ve vodě za vzniku sádrovce, takže ve středoevropských klimatických podmínkách je silně nestabilní. Na území SR nebyl dosud nalezen (Koděra et al. 1989–90). V jeskyních je běžný v aridním pásmu Botswany a Namibie, ale schází v oblastech s vyšší humiditou (Hill a Forti 1997). Syngenit byl opakovaně na několika vzorcích identifikován pomocí EDAXu, dále byl potvrzen méně intenzivní difrakcí 9,5 Å. Určení se opírá hlavně o chemické složení (je to jediný známý K–Ca síran), tvar krystalů a podstatně méně o rtg. analýzu, protože difraktogram vzorků z Repisk je mimořádně složitý. Naproti tomu určením obou zbývajících minerálů, které tvoří okolo 80–95 % hmoty solných výkvětů, je zcela jednoznačné (rtg. analýzy, potvrzení chemismu EDAXem).

**Hexahydrát  $MgSO_4 \cdot 6H_2O$ :** na vzorcích převažuje nad starkeyitem. Oba minerály se objevují zejména výše nad dnem převisu, kde z puklin v brekciované poloze vykvétají vlákna solí o délce až kolem 1 cm a vytvářejí zde bílé porézní eflorescence o mocnosti až 5 mm a ploše několika čtverečních centimetrů. Hexahydrát je běžný dehydratační produkt epsomitu, který obsahuje 7 strukturně vázaných molekul vody, dehydratace pokračuje hexa-

hydritem s šesti vodami, vzácným starkeyitem se čtyřmi vodami a velmi vzácným monohydrátem kieseritem. Hexahydrát jako krasový minerál je znám hlavně z vchodových partií několika krasových jeskyní. Vyskytuje se rovněž v lávových jeskyních (Hill a Forti 1997). Na Slovensku je znám zatím ze dvou výskytů – z Kremnice, kde vzniká v opuštěných důlních dílech dehydratací epsomitu, a z magnezitového ložiska Podrečany, kde je jako příčina jeho vzniku uváděno kyzové zvětrávání (Koděra et al. 1989–90). Na území ČR byl zjištěn jako dehydratační produkt epsomitu v opuštěných železnorudných dolech v Nučicích u Prahy. Zde docházelo k zarůstání chodeb závoji vláskovitěho epsomitu a epsomitovými krápníky o délce až 40 cm (Blüml 1978).

**Starkeyit  $MgSO_4 \cdot 4H_2O$ :** je druhým hlavním minerálem solných výkvětů. Intimně srůstá s hexahydrátem. Na fotografiích pořízených el. skanovacím mikroskopem se oba minerály nedají rozeznat. Základem vzorku jsou dobře vykrystalizované agregáty, které podle tvaru krystalů (obr. 2) můžeme pravděpodobně přiřadit k epsomitu. V tom případě by postupným ztracením vod docházelo ke vzniku starkeyitových a hexahydrátových pseudomorfů po epsomitu. Starkeyit je novým minerálem pro Slovensko a prvním krasovým výskytem na světě. Hill

a Forti (1997) ani Koděra et al. (1989–90) jej neuvádějí.

**Geneze:** na brekciované dolomitické poloze s jemně rozptýlenými sulfidy dochází ke kyzovému zvětrávání. Produktem neutralizace je zejména sádrovec a epsomit, který v otevřeném, prosluněném prostředí velkého převisu ztrácí vodu a přeměňuje se na směs hexahydrátu a starkeyitu. Méně je zastoupen syngenit, jehož draslík pravděpodobně pochází z vyloučených jílových minerálů. Unikátním rysem celého procesu je míra dehydratace, která je v mírném klimatickém pásmu střední Evropy mimořádná a spíš srovnatelná s pouštními výskyty. Proces zřejmě souvisí s unikátním mikroklimatem převisu, který právě v místech brekciované polohy odstiňuje účinek srážkové vody. Místo je však zároveň obráceno k jihu a tak dochází k vysušování prostředí a dehydrataci epsomitu. Podobné výskyty jsou velice zranitelné a parageneze solí se mohou proměňovat podle sezónního srážkového cyklu.

## ZÁVĚRY

Na příkladu jeskyně Repiská je možné demonstrovat dva odlišné procesy:

1. První proces je široce rozšířený v pískovcových terénech, ale pravděpodobně také v oblastech budovaných vápenci. Jedná se o prokázané zvěšování vchodových partií větších jeskyní následkem odlupování exfoliačních šupin o obvyklé mocnosti několika dm. Charakteristickým rysem těchto šupin je průběh paralelní s okrajem skalního masivu nebo oblouku dutiny. Je pravděpodobné, že podobné exfoliační šupiny se rovněž tvoří (podobně jako tlakové elipsy klem důlních děl a tunelů) nad velkými chodbami a jeskynními dómy, které jsou rozšiřovány tímto typem mechanického zvětrávání. Vchodové partie nebo větší dutiny, kde dochází ke konvekčnímu proudění, jsou dále zhlazovány kondenzační korozí, takže výsledný tvar se podobá čistě koroznímu krasovému procesu.

2. Druhý proces má úzce lokální a mikroklimatickou vazbu, takže převis Repiská může ve středoevropských podmínkách představovat jedinou lokalitu svého druhu. Kyzovým zvětráváním dolomitizované brekcie vzniká epsomit, který je na vhodně obrácené, vysušené jižní straně dehydrován na směs hexahydrátu a starkeyitu. Oba sírany jsou doprovázeny syngenitem a vzácným sádrovcem. Starkeyit a syngenit jsou nové minerály pro Slovensko, starkeyit je navíc novým krasovým minerálem v celosvětovém měřítku.

*Poděkování: děkuji pracovníkům Správy slovenských jaskýň v Liptovském Mikuláši, zejména J. Hlaváčovi, P. Bellovi a J. Zelinkovi, za péči, ochotu a dobrou spolupráci na poli poznání a ochrany krasových jevů. Výzkum je prováděn s podporou výzkumného záměru Geologického ústavu AV ČR CEZ\_Z3-013-912.*

## LITERATURA

- BELLA P. (1993). Poznámky ku geneze Demänovského jaskynného systému. *Slovenský kras* 31, 43–54. Liptovský Mikuláš.  
 BELLA P. – HOLÚBEK P. (1999). *Zoznam jaskýň na Slovensku*. MŽP SR. Bratislava.  
 BLÜML A. (1978). *Epsomitový kras*. *Český kras* 3, 109–110. Beroun.  
 DROPPA A. (1957). *Demänovské jaskyne*. Str. 69. SAV. Bratislava.  
 GAÁL L. (1997). *Gravitačné formy v Tisovskom krase a ich prírodovedecký význam*. *Slovenský kras* 35, 77–88. Liptovský Mikuláš.  
 HILL C. – FORTI P. (1997). *Cave Minerals of the World*. Str. 206–211. NSS. Huntsville, USA.  
 KODĚRA M. a kol. (1989–90). *Topografická mineralógia Slovenska*. Veda. Bratislava.  
 LACIKA J. (1992). *Reliéf štátnej prírodnej rezervácie Demänovská dolina a niektoré problémy jeho ochrany*. *Slovenský kras* 30, 89–102. Liptovský Mikuláš.  
 ZELINKA J. (1997). *Dôsledky mrazového zvetrávania Belianskej jaskyne*. *Slovenský kras* 35, 141–146. Liptovský Mikuláš.

## SUMMARY

*The large open rockshelter Repiská is up to 15 m high, 8 m deep and 30m long. It continues as several short and narrow cave passages. The orientation of the entrance to the south gave origin to the unusual paragenesis of Mg-sulphates. The rockshelter developed on subparallel tectonic lines – exfoliation scales – located around 1 m thick layer of dolomitic breccia with disseminated sulphides. The sulphide weathering lead to the formation of uncommon gypsum and probable epsomite. Epsomite presence is indicated by the crystal habitus only, but it was not proved by rtg. analyses. The probable epsomite was due to the dehydration changed to the well documented mixture of prevailing hexahydrate and less abundant starkeyite. The unstable syngenite (it quickly changes in humid conditions to gypsum) was found to occur as tiny star-shaped aggregates on the hexahydrate crystals. The secondary Mg-sulphates, namely hexahydrate and starkeyite, can be found as tiny 10 mm long and 1 mm wide (or less) hairs and up to 5 mm thick efflorescences on the wall of brecciated zone. The unique microclimatic conditions in otherwise humid subalpine zone of Low Tatra Mts. (protection from direct precipitation by overhanging cliff and the orientation of the dolomitic breccia to the south) lead to this unusual, probably temporal occurrence. The starkeyite and syngenite were for the first time found in Slovakia, starkeyite is a new cave mineral.*