# STÁŘÍ A GENEZE SEDIMENTŮ V ŠOŠŮVSKÉ JESKYNI (MORAVSKÝ KRAS, ČESKÁ REPUBLIKA)

#### AGE AND GENESIS OF CAVE SEDIMENTS IN THE ŠOŠŮVSKÁ CAVE (MORAVIAN KARST, CZECH REPUBLIC)

#### JAROSLAV KADLEC<sup>1</sup>, PETR PRUNER<sup>1</sup>, DANIELA VENHODOVÁ<sup>1</sup>, HELENA HERCMAN<sup>2</sup> & TOMASZ NOWICKI<sup>2</sup>

#### Abstract

Fluvial and infiltration cave sediments intercalated or capped by flowstone sediments were studied. The age of deposition was determined by comparison of remanent paleomagnetic record measured both in clastic cave deposits and flowstones with paleomagnetic scale. Five flowstone samples were dated by <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U method.

Kadlec J., Pruner P., Venhodová D., Hercman H., Nowicki T., 2002: Stáří a geneze sedimentů v Šošůvské jeskyni. Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 86:229–243 (with English summary).

Age and genesis of cave sediments in the Šošůvská Cave (Moravian Karst, Czech Republic)

Key words: cave deposits, paleomagnetic datings, U-series datings, Moravian Karst, Moravia

<sup>1</sup> Geologický ústav Akademie věd ČR, Rozvojová 135, 165 02, Praha 6

<sup>2</sup> Geologický ústav Polské Akademie věd, Twarda 51/55, 00-818, Varšava

# 1. Úvod

Šošůvská jeskyně je částí rozsáhlého Sloupsko-šošůvského jeskynního systému, který vznikl na s. okraji Moravského krasu. Na různých místech jeskynního systému jsou zachovány klastické i chemogenní jeskynní sedimenty (KADLEC et al. 2001). Profily jeskynními sedimenty vznikaly již na počátku 20. století během objevování a zpřístupňování Šošůvské jeskyně (viz ABSOLON 1905–11, 1970). Během poslední rekonstrukce zpřístupněné části Šošůvské jeskyně byly při rozšiřování prohlídkové trasy odkryty další profily jeskynními sedimenty. V rámci záchranného výzkumu byly jeskynní uloženiny odkryté v sedmi vybraných profilech (viz obr. 1) sedimentologicky zpracovány a paleomagneticky a radiometricky datovány. Všechny profily se nacházejí v horní úrovni jeskynního systému. Získané výsledky umožňují interpretovat genezi a časovou posloupnost vzniku sedimentárních těles zachovaných v Šošůvské jeskyni.

#### 2. Použité metody

Sedimentární souvrství ve vybraných profilech byla detailně zdokumentována v měřítku 1 : 10, příp. 1 : 20. Lokalizace profilů je vztažena k metráži staničení použitému při rekonstrukci prohlídkové trasy, příp. k polygonovým bodům stabilizovaným a zaměřeným podnikem Moravský kras. Litologie sedimentárních těles a sedimentární textury umožnily interpretovat genezi sedimentů. Stáří sedimentů bylo stanoveno dvěma datovacími metodami. Porovnání naměřeného paleomagnetického záznamu v jemných pracho-



Obr. 1. Lokalizace profilů v Šošůvské jeskyni. Fig. 1. Sections in the Šošůvská Cave.

vých a jílových sedimentech a v jeskynních karbonátech (sintrech) s datovanou paleomagnetickou škálou (CANDE a KENT 1995) umožnilo přibližné časové zařazení sedimentárních procesů. Pro paleomagnetické datování byly z profilů odebrány orientované vzorky nezpevněných sedimentů do krychlových plastikových pouzder o velikosti cca 8 cm<sup>3</sup>. Ze sintrů a karbonátem zpevněných klastických sedimentů byly nařezány krychle o stejném objemu. Celkem se jednalo o 29 vzorků klastických sedimentů i jeskynních karbonátů. Tyto orientované vzorky byly proměřeny v paleomagnetické laboratoři Geologického ústavu AVČR v Praze. Paleomagnetický záznam v sedimentech odkrytých v profilu 1 (viz níže) byl měřen již v dřívější době na 9 vzorcích v laboratořích Geologického ústavu AVČR a Michigan Technological University (ŠROUBEK a DIEHL 1995).

Remanentní magnetická polarizace RMP  $(J_n)$  je měřena na rotačním magnetometru JR-5 (JELÍNEK 1966) a magnetická susceptibilita  $(k_n)$  na střídavém můstku KLY-2 (JELÍNEK 1973). Nezpevněné vzorky jsou proměřeny v přirozeném stavu (NS) a následně demagnetovány střídavým polem o intenzitě 1, 3, 6, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80 a 100 mT v demagnetizačním zařízení LDA-3. Pevné vzorky byly též proměřeny v přirozeném stavu a poté tepelně demagnetovány na zařízení MAVACS (PRíHODA et al. 1989) při teplotách 80, 140, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 540 a 580 °C. Naměřené hodnoty pro každý vzorek byly vyneseny v grafech normalizovaných hodnot remanentní magnetické polarizace v závislosti na střídavém poli M/Mo = f (H), resp. teplotě a dále v Zijderveldově diagramu a stereografické projekci směrů remanentní magnetické polarizace při demagnetování střídavým polem z přirozeného stavu (NS), resp. zvyšující se teplotě. Směry složek remanentní magnetické polarizace (deklinace D, inklinace I) jsou odvozeny pomocí multi-komponentní analýzy (KIRSVINK 1980).

Na radiometrické datování <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U metodou (viz např. HARMON et al. 1975) byly odebrány sintry ze tří profilů. Sintrové vrstvy byly ve všech případech uloženy v nadloží fluviálních sedimentů, ve kterých byl měřen paleomagnetický záznam. Stáří sintrových poloh indikuje přestávky v klastické sedimentaci a udává minimální stáří podložních říčních sedimentů. Radiometrická data upřesňují interpretaci paleomagnetického stáří. V některých sintrových pohohách byl karbonát značně kontaminován detritickým <sup>232</sup>Th. V důsledku toho chyba datování 1<sup>°</sup> nabývá větších hodnot. Dohromady bylo datováno 5 vzorků sintrů v Uranium-Series Laboratory Geologického ústavu Polské Akademie věd ve Varšavě.

# 3. Popis sedimentárních profilů

#### 3.1. Profil 1 – u Černé propasti

Profil 1 je odkryt u ústí 70 m hluboké Černé propasti, která spojuje horní a spodní úroveň jeskynního systému. V profilu kolmém na směr proudění podzemního toku jsou zachovány relikty různě starých fluviálních sedimentů (obr. 2). Při bázi profilu jsou uloženy středně zrnité písčité štěrky s valouny droby o průměrné velikosti 3 cm. Ve spodní části vrstvy se velikost valounů zvětšuje až na 17 cm. Drobové valouny jsou silně zvětralé a často je přítomna červená droba. Ojediněle se ve štěrcích vyskytují čočky hrubozrnného písku. V levé části profilu je patrná imbrikace valounů k SV (k ústí Černé propasti). Sedimenty jsou místy setmelené karbonátem vysráženým ze skapové vody. V nejstarších štěrcích vyhloubil podzemní tok koryto se svislými břehy (obr. 2). Koryto je vyplněno světle hnědými jílovitými prachy s vrstvičkami jemnozrnného písku mocnými 0,5–15 mm. Báze a povrch pískových vrstviček jsou na hranici s méně propustným jílovitým prachem často zvýrazněny rezavě červenými linkami zbarvenými Fe-oxidy. Do těchto jemných sedimentů je zahloubeno další mělké koryto vyplněné jemně až středně zrnitými písčitými štěrky s drobovými valouny o velikosti do 7 cm.

Na vápencových stěnách dutiny v okolí profilu jsou karbonátem přicementovány zbytky písčitých štěrků tvořených drobovými valouny o průměrné velikosti 3 cm, max. jsou 15 cm velké. Některé valouny jsou slabě zvětralé. V těchto sedimentech se nevyskytují zvětralé červené droby, které jsou běžné v nejstarších silně zvětralých písčitých štěrcích odkrytých ve spodní části profilu.

### 3.2. Profil 2 – u Průsvitných krápníků

Profil se nachází 5 m jz. od polygonového bodu č. 110 a je orientován paralelně se směrem proudění podzemního toku. Na bázi profilu vystupuje hrubě zrnitý písek až drobně zrnitý písčitý štěrk přecházející do středně až hrubě zrnitého písčitého štěrku s drobovými valouny o průměrné velikosti 3 cm (max. jsou 10 cm velké). Sedimenty jsou negativně gradačně zvrstvené. Do písčitých štěrků je vložena čočkovitě vykliňující poloha středně až hrubě zrnitého písku. V nadloží písčitého štěrku se uložila vrstva hnědého jílovitého prachu, která je překryta bílým, při bázi hnědě laminovaným sintrem. Sintr původně tvořil bázi většího stalagmitu. Po jeho ulomení vyrostly na jeho místě mladší malé stalagmity (obr. 3). Na protější stěně jeskynní chodby jsou karbonátem přicementovány malé zbytky drobně až středně zrnitého štěrku tvořeného valouny o prů-



Obr. 2. Profil 1 (KADLEC 1997).

1 – stalagmit, 2 – písčitý štěrk, 3 – písek, 4 – jílovitý až písčitý prach setmelený karbonátem, 5 – vápencové bloky, 6 – jílovitý až písčitý prach, 7 – jílovitý prach a jemnozrnný písek, 8 – písek, 9 – písčitý štěrk se zvětralými valouny droby; černé čtverečky s čísly znázorňují pozici orientovaných vzorků v profilu. Fig. 2. Section 1 (KADLEC 1997).

1 - stalagmite, 2 - sandy gravel, 3 - sand, 4 - clayey to sandy silt cemented by carbonate, 5 - limestone blocks, 6 - clayey to sandy silt, 7 - clayey sand and fine grained sand, 8 - sand, 9 - sandy gravel with weathered greywacke pebbles; black squares indicate position of oriented samples.

měrné velikosti 1 cm (max. 8 cm velkými). Jedná se o stejné sedimenty, které jsou zachovány v reliktech na stěnách v okolí ústí Černé propasti.

## 3.3. Profil 3 – U kosti

Profil se nachází u staničení 247 m. Na bázi vystupuje středně až hrubě zrnitý písčitý štěrk s drobovými valouny o průměrné velikosti 3 cm (max. 10 cm), místy setmelený



Obr. 3. Profil 2.

1 - sintr, 2 - jílovitý prach, 3 - písčitý štěrk, 4 - písek, 5 - písčitý štěrk; černé čtverečky s čísly znázorňují pozici orientovaných vzorků v profilu.

Fig. 3. Section 2. 1 - flowstone, 2 - clayey silt, 3 - sandy gravel, 4 - sand, 5 - sandy gravel; black squares indicate position of oriented samples.

karbonátem. V jeho nadloží se zachoval relikt hnědého jílovitého prachu vyplňujícího korytovitou prohlubeň za kuželovitým stalagmitem. Před stalagmitem se ukládaly písčité až jílovité prachy s hojnými drobovými valouny a fragmenty kostí a zubů jeskynních medvědů. Ojedinělé fragmenty kostí se spolu s valouny droby a redeponovanými fragmenty sintru nacházejí i v nadložním hnědém jílovitém prachu. Na povrchu této polohy se ve v. části profilu uložila čočkovitá poloha bílého, místy šedě laminovaného sintru. Sedimentace pokračovala ukládáním vápencové sutě s valouny droby o velikosti do 4 cm a jílovito-prachovou matrix. V nadložní poloha suti je tvořena mírně korodovanými vápencovými klasty o prům. velikosti 8 cm (max. 20 cm). Sedimentace byla ukončena uložením středně zrnitého písku s laminami a čočkami hnědého jílovitého prachu. Na povrchu profilu je uložena vrstva hnědého jílovitého prachu. Na



Obr. 4. Profil 3.

1 – sintr, 2 – jílovitý prach, 3 – písek s laminami a čočkami jílovitého prachu, 4 – vápencová suť s jílovito-prachovou matrix, 5 – jílovitý prach místy zpevněný karbonátem, 6 – vápencová suť s jílovito-prachovou matrix a valouny droby, 7 – sintr, 8 – jílovitý prach s fragmenty kostí, ojedinělými valouny droby a redeponovanými fragmenty sintru, 9 – písčitý až jílovitý prach s hojnými drobovými valouny a fragmenty kostí a zubů, 10 – jílovitý prach, 11 – písčitý štěrk, místy setmelený karbonátem, 12 – stalagmit tvořený hrubě krystalickým kalcitem; černé čtverečky s čísly znázorňují pozici orientovaných vzorků v profilu. Fig. 4. Section 3.

1 - flowtone, 2 - clayey silt, 3 - sand with laminae and lenses of clayey silt, 4 - limestone scree with clayey-silty matrix, 5 - clayey silt partly cemented by carbonate, 6 - limestone scree with clayey-silty matrix and greywacke pebbles, 7 - flowstone, 8 - clayey silt with bone fragments, rare greywacke pebbles and redeposited flowstone fragments, 9 - sandy to clayey silt with abundant greywacke pebbles and bone and tooth fragments, 10 - clayey silt, 11 - sandy gravel partly cemented by carbonate, 12 - stalagmit; black squares indicate position of oriented samples.

ZJZ

VSV



Obr. 5. Profil 4.

1 – jílovitý prach, ve spodní části písek, 2 – sintr, 3 – písek s písčitým štěrkem na bázi, 4 – jílovitý prach až prachovitý jíl, 5 – sintr, 6 – písčitý štěrk.

Fig. 5. Section 4. 1 - clayey silt with sand in a basal part, 2 - flowstone, 3 - sand with sandy gravel in a basal part, 4 - clayey silt to silty clay, 5 - flowstone, 6 - sandy gravel.

# 3.4. Profil 4 – u staničení 268 m

V profilu odkrytém 21 m v. od profilu U kosti vystupuje středně až hrubě písčitý štěrk v mocnosti přesahující 3 m, který je identický se štěrkem zachovaným na bázi profilu U kosti. V profilu 4 je písčitý štěrk tvořen nezvětralými valouny droby o prům. velikosti 3 cm (max. jsou 20 cm velké) a ojedinělými valouny břidlice velkými do 2 cm. Výjimeč-



Obr. 6. Profil 5.

1 – sintr, 2 – jílovitý prach s laminami písku, 3 – jílovitý písek s klasty vápence a fragmenty sintru a kostí, 4 – sintr; černé čtverečky s čísly znázorňují pozici orientovaných vzorků v profilu. Fig. 6. Section 5.

1 - flowstone, 2 - clayey silt with sand laminae, 3 - clayey sand with limestone clasts and fragments of flowstone and bones, 4 - flowstone; black squares indicate position of oriented samples.

ně se v sedimentech objevují polozaoblené valouny křemene velké až 1 cm a valouny červeně zvětralé droby velké 1,5 až 4 cm. Imbrikace valounů naznačuje směr proudění podzemního toku k V. Písčitý štěrk je částečně zpevněný karbonátem. Na povrchu fluviálních sedimentů se uložila vrstva bílošedého šedě a hnědě laminovaného sintru o mocnosti do 20 cm. Na protější straně chodby je tato sintrová vrstva mocná 50 cm. V nadloží sintru jsou uloženy polohy hnědého jílovitého prachu až prachovitého jílu a drobnozrnného písčitého štěrku (zaoblené valouny droby jsou velké 0,3–1,2 cm) a písku překryté vrchním sintrovým horizontem mocným 2,5 až 5 cm. Sedimentace byla zakončena uložením středně zrnitého písku, který přechází do nadloží do hnědého jílovitého prachu. K této nejmladší vrstvě patří také 5 cm mocná vrstvička středně zrnitého písku s drobnozrnným štěrkem na bázi, která se uložila pod svrchním sintrovým horizontem.

#### 3.5. Profil 5 – u staničení 227 m

Na bázi profilu vystupuje bílý masivní porézní sintr. V jeho nadloží se uložila vrstva tvořená písčitým prachem až pískem a vápencovými klasty velkými až 10 cm a fragmenty sintru a kostí. Nad těmito sedimenty se uložil hnědý jílovitý prach s laminami jemnozrnného hnědého písku a fragmenty redeponovaného světle hnědého prachu. Uprostřed polohy se uložila vrstvička písku s prachovými laminami. Klastické sedimenty jsou překryty vrstvou bílošedého porézního sintru. V horní části polohy jsou v karbonátu uzavřeny drobné útržky prachu o velikosti do 5 mm.



Obr. 7. Profil 6.

1 – vápencové bloky setmelené sintrem, 2 – vápencové bloky setmelené sintrem, směrem k JZ vytváří sintr souvislou desku překrývající starší sedimenty, 3 – vápencová suť s jílovito-prachovou matrix, 4 – sintr, 5 – komplex laminovaného a tence vrstevnatého sintru, ve spodní části sintr masivní, 6 – laminovaný sintr, 7 – jílovitý prach, 8 – písčitý štěrk, při povrchu setmelený karbonátem; černé čtverečky s čísly znázorňují pozici orientovaných vzorků v profilu.

#### Fig. 7. Section 6.

1 - limestone blocks cemented by carbonate, 2 – limestone blocks cemented by carbonate, toward to SW the flowstone forms a layer abovelaying older deposits, 3 – limestone scree with clayey-silty matrix, 4 – flowstone, 5 – complex of laminated or thin bedded flowstone, massive flowstone in basal part, 6 – laminated flowstone, 7 – clayey silt, sandy gravel with top cemented by carbonate; black squares indicate position of oriented samples.

### 3.6. Profil 6 - u staničení 32 m, polygonový bod č. 63

Na bázi profilu vystupuje středně zrnitý písčitý štěrk tvořený nezvětralými valouny droby o průměrné velikosti 2 cm (max. 15 cm velké) a červenohnědý slabě písčitý jílovitý prach tvořící čočkovitou polohu. V nadloží klastických sedimentů se uložil komplex sintrových poloh tvořený masivním béžovým místy laminovaným a tence vrstevnatým, příp. hrubě krystalickým masivním karbonátem. Nad sintrovým komplexem se uložila vápencová suť s jílovito-prachovou matrix. Ostrohranné vápencové klasty jsou velké průměrně 10 cm (max. 50 cm). Klastické sedimenty jsou překryty sintrovou vrstvou tvořenou světle hnědým karbonátem, který v horní části až 1 cm mocné laminy hnědého jílovitého prachu. Nejmladší částí profilu je kupa vápencových bloků velkých až 0,8 m setmelených sintrem.

### 3.7. Profil 7 - ve Slepé chodbě

Pokračování souvrství odkrytého v profilu 6 se nachází v nedaleké Slepé chodbě (10 m jv. od profilu 6). Zde v chodbičce vykopané v sedimentech vystupuje při bázi profilu středně až hrubě zrnitý písčitý štěrk s valouny droby o průměrné velikosti 5 cm (max. 20 cm velké). Valouny jsou většinou nezvětralé, ojediněle jsou přítomny červené droby. Stejný písčitý štěrk vyplňuje i krátkou paralelní chodbičku a propástku na jejím konci, kde je v těchto sedimentech vykopána sonda hluboká 8 m. Jedná se o stejný sediment, který vystupuje na bázi profilu 6. V nadloží písčitého štěrku se ve Slepé chodbě uložil hnědý jílovitý prach, při bázi silně písčitý s rezavě červenými a černými vrstvičkami při bázi. Prachová poloha čočkovitě vykliňuje. Nad ní se uložila směs vápencových klastů (velkých do 10 cm), drobových valounů a fragmentů kostí. To vše je uloženo v jílovito-prachové matrix. V pravé části profilu jsou tyto chaotické sedimenty překryty až 3 cm mocným sintrovým horizontem. Sedimentace byla zakončena uložením tmavě hnědého laminovaného jílu, kostkovitě rozpadavého. V horní části do trhlinek zatekl bílý sintr a zpevnil sedimenty. Povrch profilu je místy překryt bílými čočkami sintru, pod nímž se zachovaly kůstky drobných savců. Některé části sintru byly přemístěny během výkopových prací.



Obr. 8. Profil 7.

1 – fragmenty sintrové vrstvy, 2 – laminovaný jíl, 3 – sintr, 4 – jílovitý písek s vápencovými a drobovými valouny a fragmenty sintrů a kostí, 5 – jílovitý prach, 6 – písčitý štěrk; černé čtverečky s čísly znázorňují pozici orientovaných vzorků v profilu.

Fig. 8. Section 7.

1 - fragments of flowstone layer, 2 - laminated clay, 3 - flowstone, 4 - clayey sand with limestone and greywacke pebbles and fragments of flowstone and bones, 5 - clayey silt, 6 - sandy gravel; black squares indicate position of oriented samples.

### 4. Stáří sedimentů

#### 4.1. Profil 1

V jemnozrnných sedimentech vyplňujících koryto ve štěrcích na bázi profilu byla naměřena reverzní paleomagnetická orientace s náznakem přechodu do nornálního směru v horní části akumulace (vzorky 1–9 na obr. 2). Sedimenty jsou pravděpodobně starší než paleomagnetická hranice Brunhes/Matuyma (780 tisíc let) a ukládaly se nejpozději ve spodním pleistocénu (ŠROUBEK a DIEHL 1995). Litologie a stupeň zvětrání podložních písčitých štěrků jsou stejné jako u nejstarších fluviálních sedimentů v 3 km vzdálené Holštejnské jeskyni, kde byly sedimenty datovány pomocí kosmogenních izotopů <sup>10</sup>Be a <sup>26</sup>Al na 0,8–1,1 milionu let (KADLEC et al. 2000). Obdobné stáří obou fluviálních akumulací v Šošůvské i Holštejnské jeskyni dokládá také stejně intenzivní zvětrání jílových minerálů v sedimentech na obou lokalitách (Vír 1996, 2000).

Stáří písčitých štěrků přicementovaných na stěnách dutiny nad ústím Černé propasti není spolehlivě doloženo. Může se jednat o stejné sedimenty, které vyplňují Odlehlou chodbu v sv. části Sloupské jeskyně. V nadloží písčitých štěrků vyplňujících Odlehlou chodbu je uložena sintrová vrstva datovaná Th/U metodou. Karbonát vznikl během posledního interglaciálu před 128±12 až 112±9 tisíci lety (KADLEC et al. 2001). Podložní písčité štěrky se uložily nejpozději během středního pleistocénu. Časově odpovídají druhé fluviální akumulaci v Holštejnské jeskyni, která se uložila mezi cca. 170–120 tisíci lety (KADLEC et al. 2000). Pokud jsou písčité štěrky zachované v reliktech přicementovaných na stěnách kolem ústí Černé propasti časovým ekvivalentem písčitých štěrků v Odlehlé chodbě, uložily se také během tohoto období před 170–120 tisíci lety. Nejmladší písčité štěrky zachované v profilu 1 se ukládaly během posledního glaciálu a na jejich povrchu vyrostly stalagmity pravděpodobně holocenního stáří (viz obr. 2).

#### 4.2. Profil 2

Z polohy jílovitého prahu v horní části profilu bylo odebrány čtyři orientované vzorky (vzorky ŠJ 21–ŠJ 24 na obr. 3). Všechny vzorky mají normální paleomagnetickou orientaci. Sediment je pravděpodobně mladší něž 780 tisíc let stejně jako podložní písčité štěry. Malé relikty písčitých štěrků přicementované na vápencové stěně jsou stejně staré jako stejné sedimenty přicementované na stěnách v okolí ústí Černé propasti (viz výše).

Tab. 1. Profil 2 – hodnoty remanentní magnetické polarizace  $(J_n)$ , magnetické susceptibility  $(k_n)$ , deklinace (D), inklinace (I) a magnetická polarita sedimentů.

Table 1. Section 2 – remanent magnetic polarization (J<sub>n</sub>), magnetic susceptibility (k<sub>n</sub>), declination (D), inclination (I) and magnetic polarity of sediments.

J <sub>n</sub> [pT]	k <sub>n</sub> [10-6 SI]	D	I	Polarita
22300	340	344	32	· N
7864	228	353	41	N
8334	232	354	65	Ν
7414	253	336	63	Ν
	J <sub>n</sub> [pT] 22300 7864 8334 7414	$\begin{array}{c c} J_n \left[ pT \right] & k_n \left[ 10^{-6}  SI \right] \\ \hline 22300 & 340 \\ 7864 & 228 \\ 8334 & 232 \\ 7414 & 253 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $

### 4.3. Profil 3 a profil 4

Stáří sedimentů v profilu U kosti udává radiometrický věk sintrového horizontu uloženého na povrchu písčitého štěrku v profilu 4. Spodní sintrová vrstva je stará 85±6,5 tisíce let. Znamená to, že podložní písčité štěrky jsou pravděpodobně stejně staré jako fluviální sedimenty v Odlehlé chodě ve Sloupské jeskyni (viz výše). Horní sintrová poloha je stará 110±21 tisíc let. Velká odchylka datování a skutečnost, že horní sintrový horizont vykazuje větší stáří něž spodní sintr, jsou způsobeny značnou kontaminací karbonátu detritickým <sup>232</sup>Th. Výsledky datování naznačují, že oba sintrové horizonty vznikly krátce po sobě. Ukládání karbonátu bylo přerušeno krátkou periodou klastické sedimentace, která způsobila rozdělení sintru na dva horizonty. V profilu U kosti bylo odebráno pět orientovaných vzorků z jílovitého prachu uloženého v nadloží písčitých štěrků (vzorky ŠJ 31–ŠJ 35 na obr. 4). Sedimenty mají normální paleomagnetickou orientaci – tzn. jsou mladší než 780 tisíc let. Jsou to stejné jílovité prachy, které se uložily mezi dvěma datovanými sintrovými polohami v profilu 4. Polohy vápencové suti a vrstvy s fragmenty kostí se v profilu U kosti uložily v průběhu posledního glaciálu.

Tab. 2. Profil 3 – hodnoty remanentní magnetické polarizace (J<sub>n</sub>), magnetické susceptibility (k<sub>n</sub>), deklinace (D), inklinace (I) a magnetická polarita sedimentů.

Table 2. Section 3 – remanent magnetic polarization (J<sub>n</sub>), magnetic susceptibility (k<sub>n</sub>), declination (D), inclination (I) and magnetic polarity of sediments.

Č. vzorku	J <sub>n</sub> [pT]	k <sub>n</sub> [10 <sup>-6</sup> SI]	D	Ι	Polarita
ŠJ 31	7078	576	9	33	N
ŠJ 32	4757	169	99	67	Ν
ŠJ 33	3877	149	359	67	Ν
ŠJ 34	4799	164	4	66	N
ŠJ 35	6139	214	337	58	N

#### 4.4. Profil 5

Z vrstvy jílovitého prachu v horní části profilu bylo odebráno šest orientovaných vzorků (vzorky ŠJ 51–ŠJ 56 na obr. 6). Všechny mají normální paleomagnetickou orientaci – tzn., že se jedná o sedimenty mladší než 780 tisíc let. Vrstva s fragmenty kostí v dolní části profilu je identická se sedimenty s kostmi v nedalekém profilu U kosti (obr. 4, vrstva 8). Klastické sedimenty v profilu 5 se uložily během posledního glaciálu. Sintrová vrstva, která profil překrývá vznikla pravděpodobně v holocénu.

Tab. 3. Profil 5 – hodnoty remanentní magnetické polarizace  $(J_n)$ , magnetické susceptibility  $(k_n)$ , deklinace (D), inklinace (I) a magnetická polarita sedimentů.

Table 3. Section 5 – remanent magnetic polarization (J<sub>n</sub>), magnetic susceptibility (k<sub>n</sub>), declination (D), inclination (I) and magnetic polarity of sediments.

Č. vzorku	J <sub>n</sub> [pT]	k <sub>n</sub> [10-6 SI]	D	Ι	Polarita
ŠJ 51	49191	494	3	75	Ν
ŠJ 52	14672	230	19	55	N
ŠJ 53	5270	129	1	46	Ν
ŠJ 54	5921	132	353	54	Ν
ŠJ 55	4439	146	1	53	N
ŠJ 56	7517	245	6	53	N

#### 4.5. Profil 6

Ze sintrových vrstev tvořících větší část profilu 6 bylo odebráno 5 orientovaných vzorků (ŠJ 61–ŠJ 65 na obr. 7). Všechny vykazují normální paleomagnetickou orientaci – tzn., že sintr je mladší než 780 tisíc let. Dva nejspodnější vzorky byly radiometricky datovány. Bazální sintr (ŠJ 65) se uložil před 253 +67/–45 tisíci lety. Chyba datování je velká díky velké kontaminaci detritickým <sup>232</sup>Th. Ještě větší znečištění detritickým <sup>232</sup>Th se ukázalo u vzorku sintru ŠJ 64 odebraného 30 cm nad ŠJ 65. O tomto karbonátu lze orientačně říci, že je starší než 300 tisíc let a mladší než 1,2 milionu let. Ze superpozice obou vzorků vyplývá, že jsou oba zhruba stejně staré (cca. 300–320 tisíc let) a že se karbonát ukládal poměrně rychle. Sutě v horní části profilu se uložily pravděpodobně během posledního glaciálu.

Tab. 4. Profil 6 – hodnoty remanentní magnetické polarizace (J<sub>n</sub>), magnetické susceptibility (k<sub>n</sub>), deklinace (D), inklinace (I) a magnetická polarita sedimentů.

Table 4. Section 6 – remanent magnetic polarization (J<sub>n</sub>), magnetic susceptibility (k<sub>n</sub>), declination (D), inclination (I) and magnetic polarity of sediments.

J <sub>n</sub> [pT]	k <sub>n</sub> [10–6 SI]	D	I	Polarita
157	-8	15	50	N
74	-8	351	36	Ν
37	-12	346	29	N
185	-10	49	56	N
156	-9	43	54	Ν
	J <sub>n</sub> [pT] 157 74 37 185 156	$\begin{array}{c c} J_n \left[ pT \right] & k_n \left[ 10^{-6}  SI \right] \\ \hline 157 & -8 \\ 74 & -8 \\ 37 & -12 \\ 185 & -10 \\ 156 & -9 \end{array}$	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $

#### 4.6. Profil 7

Z profilu bylo odebráno celkem 9 orientovaných vzorků (vzorky ŠJ 71–ŠJ 79 na obr. 8). Laminované jíly v horní části profilu i sintr v jejich podloží (ŠJ 71–ŠJ 73) mají normální paleomagnetickou orientaci – jsou tedy mladší než 780 tisíc let. Jílovité prachy uložené pod vrstvou s fragmenty kostí (ŠJ 74–ŠJ 79) vykazují přechodné a revezní hodnoty paleomagnetické orientace – jsou starší než 780 tisíc let. Stejně tak i podložní písčité štěrky, které jsou pravděpodobně ekvivalentem nejstarších písčitých štěrků odkrytých v profilu u Černé propasti (stáří 0,8–1,1 milionu let). Vzorek sintru z horní části profilu (ŠJ 73) odebraný na radiometrické datování neposkytl spolehlivý časový údaj, neboť během analýzy došlo ke ztrátě <sup>230</sup>Th. Na základě poměru <sup>234</sup>U/<sup>238</sup>U je však jisté, že karbonát je mladší než 1,2 milionu let.

Tab. 5. Profil 7 – hodnoty remanentní magnetické polarizace (J<sub>n</sub>), magnetické susceptibility (k<sub>n</sub>), deklinace (D), inklinace (I) a magnetická polarita sedimentů.

Table 5. Section 7 – remanent magnetic polarization (J<sub>n</sub>), magnetic susceptibility (k<sub>n</sub>), declination (D), inclination (I) and magnetic polarity of sediments.

Č. vzorku	J <sub>n</sub> [pT]	k <sub>n</sub> [10-6 SI]	D	Ι	Polarita
ŠJ 71	1437	85	357	53	Ν
ŠJ 72	10439	90	6	44	N
ŠJ 73	181	-6	21	61	N
ŠJ 74	2478	132	167	35	N-R
ŠJ 75	2231	133	146	0	N-R
ŠJ 76	1846	124	161	-18	R
ŠJ 77	808	98	198	-50	R
ŠJ 78	891	133	206	-52	R
ŠJ 79	1320	192	197	27	N-R

5. Geneze sedimentů – diskuse

Nejstaršími sedimenty v Šošůvské jeskyni jsou fluviální písčité štěrky s častými červenými drobami a zvětralými valouny zachované na bázi profilu 1 a profilu 7, které se ukládaly koncem spodního pleistocénu před 0,8–1,1 milionem let. Jedná se o nejstarší období s intenzivní fluviální sedimentací, během něhož byla řada jeskyní na s. okraji Moravského krasu vyplněna říčními sedimenty – např. Holštejnská jeskyně (KADLEC et al. 2001). Koryto vyhloubené v nejstarších sedimentech v profilu 1 v Šošůvské jeskyni dokiádá, že koncem spodního pleistocénu byla Černá propast aktivní a odváděla vody z horní do spodní jeskynní úrovně. Toto koryto bylo později vyplněno infiltračními jemnozrnnými písky a prachy s reverzní polaritou, které se ukládaly ve stagnující vodě nedaleko ústí Černé propasti v období, kdy musela být celá propast vyplněna sedimenty a u jejího horního ústí vzniklo jezero. Písky a prachy byly přinášeny srážkovými vodami z výše položených krasových dutin, případně ze závrtů na povrchu krasu vyplněných těmito jemnými sedimenty.

Druhé významné období, kdy byl jeskynní systém z velké části vyplněn fluviálními písčitými štěrky, nastalo na konci středního pleistocénu přibližně před 170 až 120 tisíci lety. V důsledku zablokování a přerušení odtoku ve spodní jeskynní úrovni se uložily středně až hrubě zrnité písčité štěrky vyplňující v. část Šošůvské jeskyně od profilu U kosti až po Černou propast, chodby v okolí Riegrovy síně a v Břouškově síni i Odlehlou chodbu ve Sloupských jeskyních. Na povrchu těchto říčních sedimentů se během posledního interglaciálu a počátkem posledního glaciálu (před 128±12 až 112±9 tisíci lety) uložila sintrová vrstva. V průběhu posledního glaciálu ve v. části jeskyně sedimentovaly povodňové písky a jemnozrnné písčité štěrky. Jeskynní chodby j. od Riegrovy síně jsou vyplněny jílovitými prachy. Jsou to redeponované sprašové hlíny, které byly koncem posledního glaciálu srážkovými vodami transportovány do podzemí z povrchu ostrovské plošiny vertikálními krasovými cestami vzniklými ve dně bočního údolí, kterým dnes vede silnice ze Sloupu do Ostrova. V průběhu posledního glaciálu a v holocénu se v s. části Šošůvské jeskyně ukládaly pod krasovými komíny vápencové sutě setmelené holocenními sintry.

# 6. Závěr

V Šošůvské jeskyni se v průběhu pleistocénu střídala období ukládání fluviálních sedimentů s obdobími eroze spojenými s redepozicí starších jeskynních výplní. Období relativního klidu byla provázena ukládáním jeskynních karbonátů, příp. vápencových sutí. Fluviální sedimentace následovala po přerušení proudění podzemních toků v jeskynních systémech v důsledku kolapsu podzemních dutin nebo závalů (KADLEC et al. 2001). Starší období intenzivní fluviální sedimentace proběhlo v Šošůvské jeskyni koncem spodního pleistocénu před 0,8–1,1 miliónu let. Druhé období, během něhož byla velká část jeskynních chodeb vyplněna sedimenty podzemních toků nastalo na konci středního pleistocénu mezi 170 až 120 tisíci lety. Během posledního glaciálu se na řadě míst Šošůvské jeskyně ukládaly převážně písčité povodňové sedimenty a redeponované jeskynní výplně s hojnými fragmenty kostí. V nejmladším sedimentačním období se ukládaly vápencové sutě setmelené sintry.

#### SUMMARY

Periods of activity of subterranean streams alternated with periods of quiescence when speleothems were deposited in the Šošůvská Cave. Seven sedimentary sections in this cave were studied. Cave corridors are filled by fluvial and infiltration sediments intercalated or capped by flowstone layers. The lithology and sedimentary structures were studied. The age of deposition was determined by comparison of remanent paleomagnetic record measured both in fine clastic cave sediments and flowstones with paleomagnetic scale. Five flowstone samples were dated by <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U method. The fluvial sediments older than Brunhes/Matuyama boundary (780 ka) are preserved in the sections 1 and 7. They were deposited in the latest Early Pleistocene between 1.1 and 0.8 Ma. The next period of intensive deposition and filling of cave corridors by fluvial sediments took place in the latest Middle Pleistocene (between ca. 170 and 120 ka). These fluvial sediments are covered by flowstone layers precipitated during last interglacial stage (between 128±12 and 112±9 ka). The deposition of fluvial sediments and the filling of cave corridors were usually controlled by local interruption in the subterranean stream flow within the cave systems e.g., due to karst cavity collapse (see KADLEC et al., 2001).

The flood sediments were deposited in some parts of the Šošůvka Cave during last glacial. The limestone scree was accumulated below cave chimneys in the late last glacial and during Holocene. These young sediments are often covered by youngest flowstone layers.

#### LITERATURA

ABSOLON, K., 1905-11: Kras Moravský a jeho podzemní svět. - Wiesner, 218p.

Absolon, K., 1970: Moravský kras 1. – Academia, 416p.

CANDE, S. C., KENT, D. V., 1995: Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. – J. Geoph. Res., 100, B4, 6093–6095.

JELINEK, V., 1966: A high sensitivity spinner magnetometer. - Stud. Geoph. Geod., 10, 58-78.

JELINEK, V., 1973: Precision A. C. bridge set for measuring magnetic susceptibility and its anisotropy. – Stud. Geoph. Geod., 17, 36–48.

HARMON, R. S., THOMPSON, P., SCHWARZ, H. P., FORD, D. C., 1975: Uranium-series dating of speleothems. - Natl. Speleol. Soc. Bull., 37, 21-33.

KADLEC, J., 1997: Rekonstrukce sedimentačních procesů v jeskynních systémech severní části Moravského krasu v období kenozoika. – MS, doktor. dis. práce, UK Praha, 149p.

KADLEC, J., HERCMAN, H., NOWICKI, T., GLAZEK, J., VIT, J., ŠROUBEK, P., DIEHL, J. F., GRANGER, D., 2000: Dating of the Holštejnská Cave deposits and their role in the reconstruction of semiblind Holštejn Valley Cenozoic history (Czech Republic). – Geologos, Univ. A. Mickiewicza (Poznan), 5(2000), 57–65.

KADLEC, J., HERCMAN, H., BENES, V., ŠROUBEK, P., DIEHL, J. F., GRANGER, D., 2001: Cenozoic history of the Moravian Karst (northern segment): cave sediments and karst morphology. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., LXXXV (2001):111–161.

KIRSCHVINK, J. L., 1980: The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. – Geophys. J. Royal Astronom. Soc., 62, 699–718.

PRIHODA, K., KRS, M., PESINA, B., BLAHA, J., 1989: MAVACS – A new system of creating a non-magnetic environment for palaeomagnetic studies. – Cuad. Geol. Ibérica, 12, 223–250.

ŠROUBEK, P., DIEHL, J. F., 1995: Paleomagnetické/environmentálně magnetické studium jeskynních sedimentů Moravského krasu. – in: Svět v podzemí (V. Cílek, ed.), Knih. Čes. speleol. Spol., 25, 29–30.

Vír, J., 1996: Fluviální sedimenty severní části Moravského krasu. - MS, doktor. dis. práce, MU Brno, 110p.

Vtr, J., 2000: Sedimentologie. – in: Amatérská jeskyně: 30 let od objevu největšího jeskynního systému České republiky (Z. Motyčka, P. Polák, J. Sirotek, J. Vít, eds.), Čes. speleol. Spol. (Brno), 121–131.