ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
XC (2005): 191–216, 2005

VÝVOJ JESKYNNÍCH SYSTÉMŮ V SEVERNÍ ČÁSTI MORAVSKÉHO KRASU S PŘIHLÉDNUTÍM K NOVÝM POZNATKŮM Z HOLŠTEJNSKÉ JESKYNĚ

THE DEVELOPMENT OF CAVING SYSTEMS
IN THE NORTHERN PART OF MORAVIAN KARST
WITH IMPLEMENTATION OF NEW KNOWLEDGE
FROM HOLŠTEJNSKÁ JESKYNĚ CAVE

PAVEL KALENDA, JAROSLAV KUČERA & PAVOL MRAVEC

Abstract

Kalenda, P., Kučera, J., Mravec, P, 2005: Vývoj jeskynních systémů v severní části Moravského krasu s přihlédnutím k novým poznatkům z Holštejnské jeskyně. Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 90, 191–216. (with English summary).

The development of cave systems in the northern part of Moravian karst with implementation of new knowledge from Holštejnská jeskyně cave

We found that subsurface rivers in the Moravian karst (and therefore cave levels) have the same gradients as surface rivers with the same drainage areas. On the basis of ancient valley bottoms, subhorizontal parts of caves, recent cave systems and new data from Holštejnská jeskyně cave and Hrádský žleb canyon we recognised four main cave levels (high I, middle I, low I and low II) and five slave cave levels (high II, middle II, middle III, middle IV, the lowest). Main cave levels continues down the stream towards corresponding four valleys bottoms. The high I cave level was created in lower Oligocene after movement of Punkva river stream to the Blanenský prolom sink. The middle I cave level was created in Oligocene after movement of Svitava river stream into the Blanenský prolom sink, which consequent the first deepening of karst rivers and formed the first canyons (upper part of recent canyons). The low I and low II cave levels were created in lower Miocene after uplift of Bohemian massif. The lowest cave level was created in Karpatian. In Badenian the whole area of Moravian karst was below the sea and canyons were filled by clay sediments. After next uplift of the area the most of previous river net was exhumed except Lažánecký žleb canyon. In Pliocene and Pleistocene canyons and valleys were filled by fluvial sediment which reaches up to the high II cave level and denuded many times. In that time the rivers used mainly middle I – high II cave level and low I and low II cave levels. Recently Punkva river flow uses partly low I cave level in the entrance parts (near Holštejn and Sloup villages) and low II cave level down the Bludiště Milana Šlechty in Amatérská jeskyně cave and creates many short connections between them.

Key words: cave system, caving level, development, Moravian karst

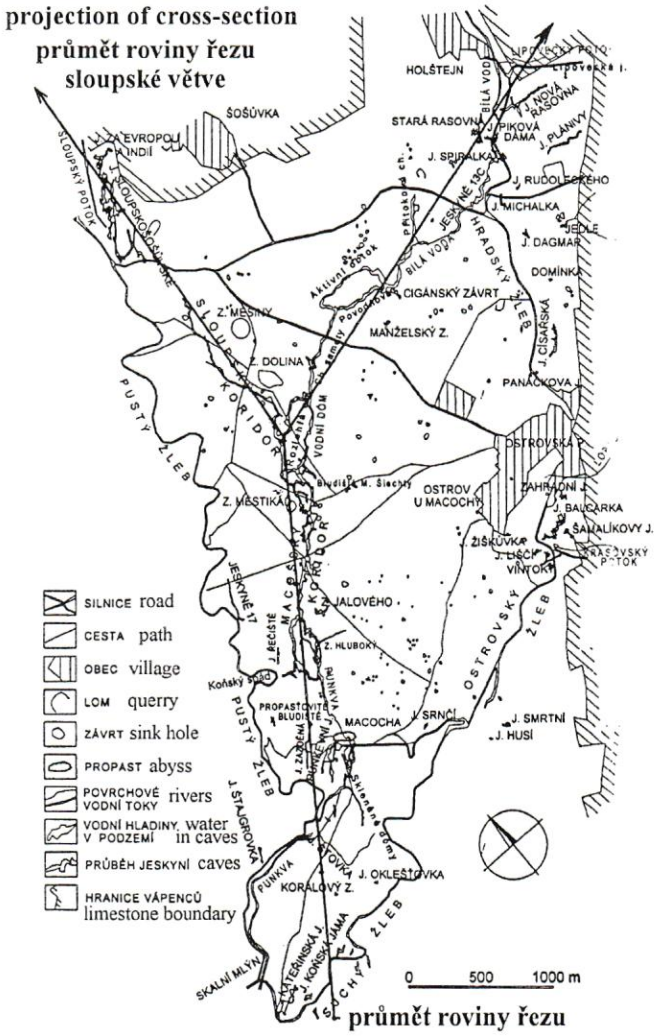
Pavel Kalenda, CoalExp, Kosmonautů 2, 700 30 Ostrava 3,

Jaroslav Kučera, Liptaňské nám. 3, 708 00 Ostrava-Poruba,

Pavol Mravec, Tylova 25, 700 30 Ostrava-Zábřeh

1. Úvod

Vývoj jeskynních systémů je většinou vázán na vodní toky, procházející sledovanou oblastí. Typickým příkladem vývoje jeskyní může být severní část Moravského krasu, kde jsou hlavní jeskynní systémy vázány na podzemní říčku Punkvu, která je tvořena dvěma hlavními zdrojnicemi – Bílou Vodou a Sloupským potokem. V oblasti styku devonských vápenců a nekrasových hornin spodního karbonu u obcí Holštejna a Sloupu se obě zdrojnice propadají do podzemí (viz obr.1) a vytvářejí náš nejrozsáhlejší jeskynní systém – Amatérskou jeskyni.



Obr.1 Mapka severní části Moravského krasu (podle Rejmana a Přibyla 1985, in: Hromas, Bílková (1998))
Fig. 1 Map of northern part of Moravian karst (according Rejman and Přibyl 1985, in: Hromas, Bílková (1998))

Dlouhodobě stabilní úroveň odtoku vod a stabilní průtoky vod vedou k vytvoření jeskynních úrovní v různých výškách s vyrovnanými spádovými poměry jak hlavních toků, tak i všech na ně vázaných přítoků. Nejdynamičtěji se všechny změny jak úrovně odvodnění, tak i průtoků vod a množství dopravovaných sedimentů projevují v oblasti propadání vod do podzemí. Každá oblast ponoru je velice dynamickým systémem a nejrychleji reaguje na klimatické změny. V době zvýšené sedimentace jsou jako první zanášena dna slepých nebo poloslepých údolí a jeskyně v ponorové oblasti. Naopak v době zvýšeného odnosu materiálu se rychlou zpětnou erozí a odnosem sedimentů obnoví průtok v některých dříve zasedimentovaných jeskyních, což vede ke zvýšení spádu vody v ponorové oblasti a voda velice rychle nachází náhradní cesty za zasedimentované a zcela uzavřené původní odtokové cesty (Kadlecová, Kadlec 1995). Tuto velkou dynamiku procesu eroze a tvorby nových jeskyní můžeme pozorovat i nyní, kdy si Bílá Voda našla novou cestu do podzemí v Nové Rasovně a od roku 1900, po stoleté povodni, prokazatelně prohloubila erozní bázi v propadání o několik metrů (Vít 1994). V dnešní době tomuto procesu napomáhá i činnost jeskyňářů, kteří prokopáním zasedimentovaných chodeb nebo vyražením tunelů napomáhají dalšímu odnosu sedimentů (Absolon 1970 a, Štogr, Kučera 1997).

Protože v oblasti ponorů zůstává po většině sedimentačních cyklů nějaký relikt, přináší poznání vývoje oblasti ponorů zásadní poznatky k vývoji celého krasu. Poslední geofyzikální měření ve zcela sedimenty vyplněné a tím fosilizované Holštejnské jeskyni ve smyslu Bosáka a kol. (1981) přineslo nové poznatky o hloubce dna jeskyně a tím umožnilo začlenit vývoj tvorby této jeskyně do celkového obrazu vývoje severní části Moravského krasu (Kalenda, Kučera 1999 a Kalenda a kol. 2002, Blecha, Kalenda 2004).

2. Metodika vyhodnocení jeskynních úrovní

Jeskynní úroveň ve smyslu Panoše (1963) je relativně souvislá plocha, skloněná od oblastí ponorů k vývěru podzemních vod, vytvořená v okolí souvislé vodní hladiny za dostatečně dlouhý čas, nutný k vytvoření vyrovnané spádové křivky, dané charakterem hornin a množstvím tekoucí vody a přinášeného materiálu.

Podmíněnost tvorby jeskynní úrovně v okolí vodní hladiny je dána jednak maximální erozí při turbulentních pohybech vody a materiálu v okolí této hladiny, největší korozí hornin v okolí místa se změnou redox potenciálu, tedy v okolí hladiny podzemních vod, a jednak opětovným zanášením níže položených volných prostor pod hladinou podzemních vod přinášeným materiálem ať už alochtonním nebo autochtonním. Vzniká tak úroveň „ideálních jeskyní na hladině spodní vody" (Ford in James, Choquette 1988).

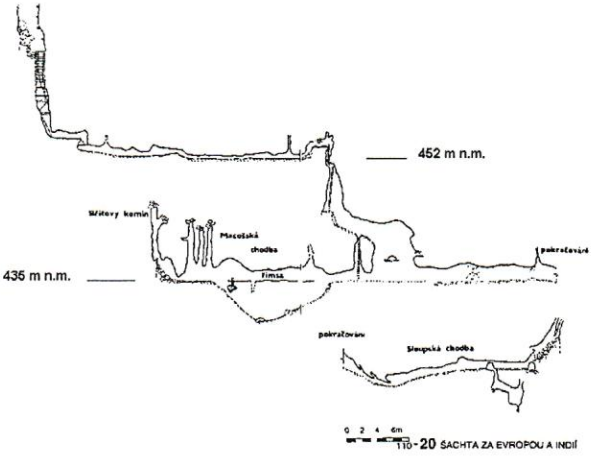
Z výše uvedené definice vyplývá, že tato jeskynní úroveň může vzniknout jen za dlouhé období relativně neměnných hydrogeologických a klimatických podmínek. I při těchto stabilních podmínkách však může dojít k prohloubení jeskyní v oblasti ponoru a k tvorbě níže položené jeskynní úrovně v ponorné oblasti se společným vývěrem a sníženou spádovou křivkou až na optimální spád shodný s povrchovým tokem. K prohloubení jeskynní úrovně v ponorové oblasti dojde při zvýšení průtoku (např. při změně klimatických podmínek při zachování piezometrické úrovně odtokové oblasti) nebo při snížení množství dopravovaného materiálu z odnosové oblasti.

Naopak při snížení množství vody v systému nebo zvýšení množství dopravovaného materiálu dojde k zanesení jeskyní v ponorové oblasti a zvýšení spádové křivky s tím, že voda přednostně využívá starších výše položených částí jeskynních úrovní. Obdobně

při snížení místa vývěru dojde ke zvýšení sklonu spádové křivky a k tvorbě nových níže položených jeskynních úrovní, ale tento proces začíná od vývěrové oblasti tvorbou níže položených úrovní, které jsou s výše položenými úrovněmi propojeny subvertikálními kanály. V oblasti ponorů v této situaci voda nejprve využívá stávající jeskynní úrovně a teprve, až zpětnou erozí voda vytvoří novou jeskynní úroveň, voda předchozí úroveň opustí (Hypr 1980, Vít 1996 a).

Důležitou vlastností jeskynní úrovně je její rozdílný spád pro hlavní proud a přítoky, který závisí především na množství vody a množství dopravovaného materiálu. Naše metodika zjištění jeskynní úrovně vyplývá z výše uvedené definice. Protože není jednoduché zjistit spádovou křivku u drobných přítoků a tyto prostory nejsou svým významem (charakterem a velikostí) rozhodující pro zjištění jeskynní úrovně (přestože je možno k nim jednoznačně přiřadit), zjišťovali jsme jeskynní úrovně v podélném řezu obou hlavních zdrojnic Punkvy, které nyní mají přibližně srovnatelné průtoky (Přibyl 1988, Zámek 1996). Podélný řez jsme vedli od jeskyní za Evropou a Indií u Sloupu po Dóm u homole jako paleosoutok Bílé vody a Sloupského potoka (viz obr. 1). V holštejnském údolí jsme vedli řez hradem Holštejn, pod kterým dosahuje zasedimentované údolí největších hloubek (Kadlec 1997 b) opět po Dóm u homole. Od tohoto soutoku jsme vedli společný řez přes výtok Punkvy, Adamov až po Lipůvku, kde byl soutok Paleopunkvy se Svitavou (Říkovský 1929).

Do tohoto řezu jsme vynášeli jednak povrch Ostrovské plošiny, dna žlebů, výškové úrovně horizontů v jeskyních recentně protékaných Punkvou a zdrojnicemi, výšky sedimentárních teras jednak v ponorových údolích a jednak zjištěných na svazích Pustého a Suchého žlebu a dále níže po toku Punkvy až do Svitavy. Důležitým vodítkem byly také zjištěné terasy Svitavy od Černé Hory po Brno (Říkovský 1929) a znalost vývoje říčních údolí Moravského krasu (Kalenda a kol. – předchozí článek).

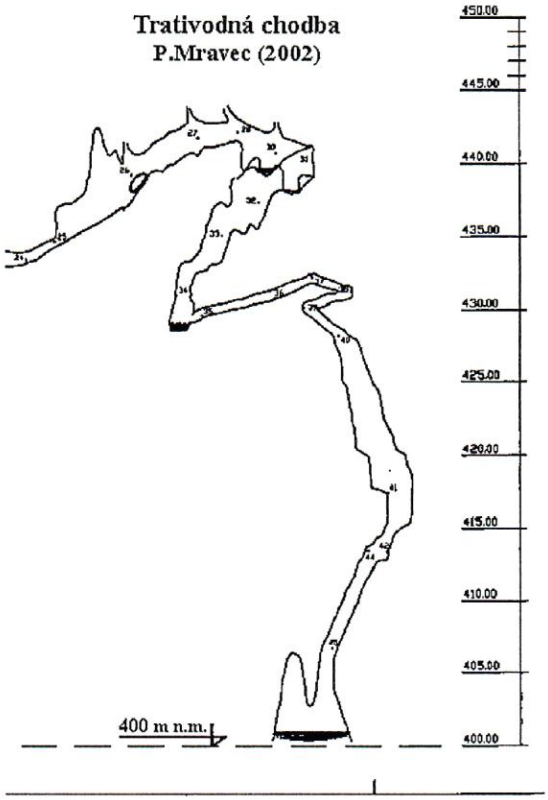


Obr. 2 Rozvinutý profil jeskyně Šachta za Evropou a Indií (podle Audy a kol. 1997)
Fig. 2 Cross-section of Šachta za Evropou and Indií cave (according Audy et al. 1997)

Na rozdíl od Přibyla (1988), který do řezu vynášel kóty ústí jeskyní do žlebů, jsme se zaměřili pouze na horizontální výškové úrovně zjištěné v jeskyních. Za zjištěnou výškovou úroveň jsme považovali tu, na které je vytvořena alespoň 10 m dlouhá horizontální chodba nebo kdy strop jeskyně tvoří subhorizontální korodovanou plochu. Pokud

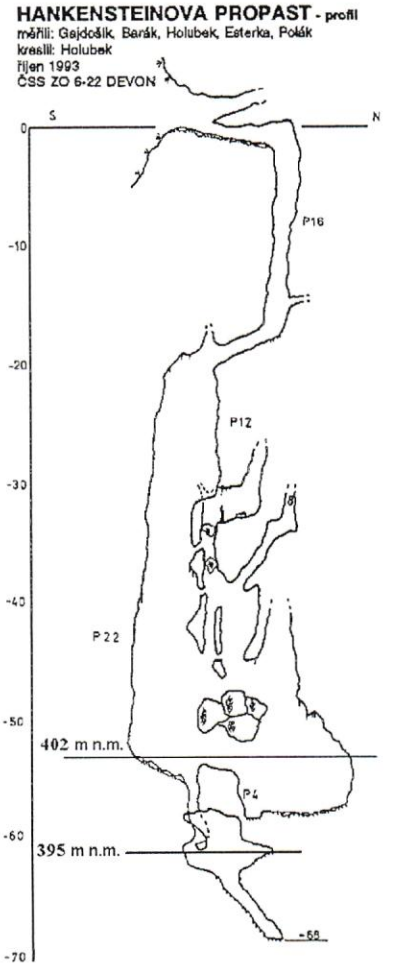
bylo v jedné jeskyni zjištěno více úrovní, zanesli jsme do řezu délky každé z nich. Dobrým příkladem je jeskyně Šachta za Evropou a Indií (viz obr. 2, Audy a kol. 1997), ve které jsou dobře patrné dvě jeskynní úrovně ve výškách 452 m n. m. o délce 30 m a 435 m n. m. o délce 60 m.

Druhým způsobem, jak zjistit jeskynní úrovně, bylo srovnání charakteru propastí a odhadnutí výšky vodní hladiny. Již z obrázku č. 2 je patrné, že komíny nebo propasti se výrazně rozšiřují v okolí stálé vodní hladiny. Dobrým recentním příkladem je propast v Trativodné chodbě (viz obr. 3), kde recentní hladina 401 m n. m. odpovídá ustálené výšce vody v Pikovko-spirálkovém sifonu.



Obr. 3 Rozvinutý profil Trativodnou chodbou (Mravec 2002)
Fig. 3 Cross-section of Trativodná chodba cave (Mravec 2002)

Jediné nebezpečí špatné interpretace výšky vodní hladiny u propastí je možnost ucpání odtokových cest a vytvoření falešné indicie jeskynní úrovně nebo patra, jak je tomu dnes např. v ostrovském závrtu U MNV (U Terrera, Kučera 1991). U větších propastí nebo propastí s vydatným byť občasným tokem toto nebezpečí nehrozí. Dobrým příkladem použití propastí pro zjištění jeskynní úrovně je Hankensteinova propast (Holubek, Chromek 1994), která jednak umožnila zjistit dvě úrovně jeskynních pater nebo úrovní (Hypr 1980) v hloubkách 402 m n. m. a 395 m n. m. (viz obr.4) a jednak jejich datování do doby před zřícením severní stěny Macochy, kdy mohly být aktivní přítokové cesty do Hankensteinovy propasti.



Obr. 4 Rozvinutý profil Hankensteinovou propastí (Holubek, Chromek 1994)
Fig. 4 Cross-section of Hankensteinova propast abyss (Holubek, Chromek 1994)

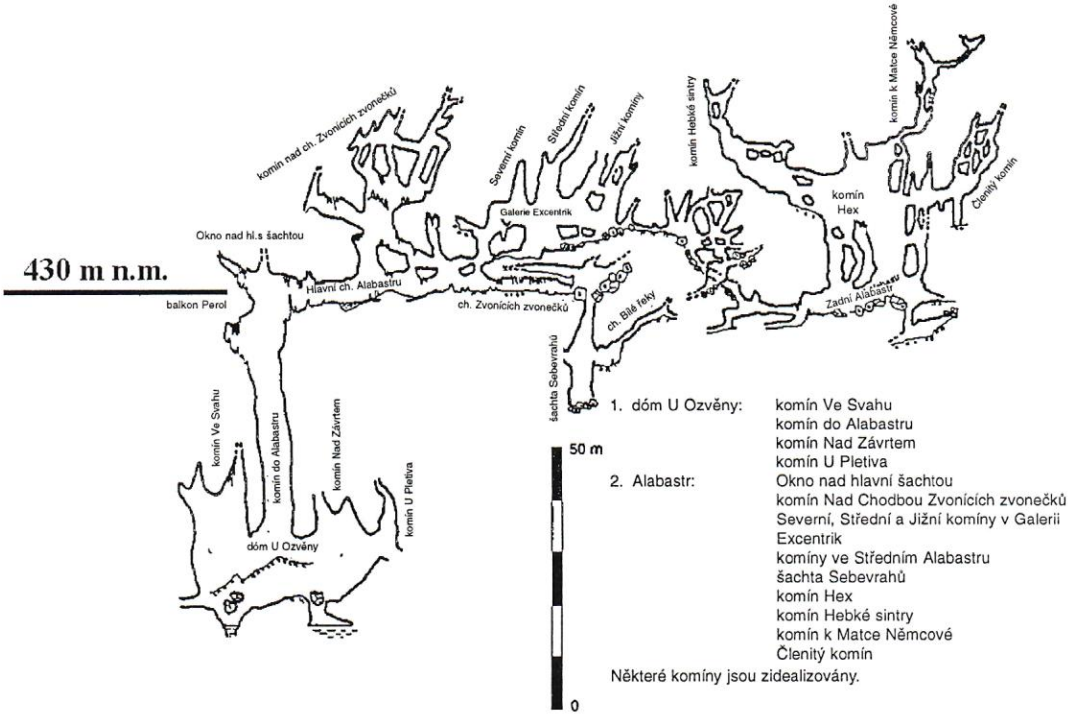
Jako třetí způsob zjištění výškových úrovní bylo zjištění subhorizontálních úrovní v komínech. Přestože u většiny komínů, které byly prozkoumány v Amatérské jeskyni (Audy 1994, Motyčka a kol. 2000) nebylo zjištěno výrazné horizontální patro nebo je tak přetvořeno (zasintrováno, zříceno, provaleno), že není rozeznatelné, bylo rozpoznáno výrazné subhorizontální patro v Alabastru (Motyčka a kol. 2000, viz obr. 5).

Posledním způsobem, jak zjistit možné jeskynní úrovně, bylo zjištění subhorizontálních chodbovitých prostor při speleopotápěčském průzkumu. Při tomto průzkumu byl zjištěn relikt kanálu pod Šolimovou mísou v hloubce 28 m pod stávající volnou hladinou tekoucí Punkvy, zasedimentovaný ve směru původního odtoku. Obdobné tunelovité chodby místy s rovnými stropy jsou dobře patrné ve freatickém pokračování Bílé Vody mezi Spirálovou jeskyní a 13C a dále mezi 13C a Starou Amatérskou jeskyní.

Důležitou vlastností jeskynní úrovně je její spád. Vyrovnaná – senilní – jeskynní úroveň má spád přibližně odpovídající spádu povrchových toků. Pohřbená – zastavená – jeskynní úroveň ve smyslu Burkhardta (1972) může mít spád téměř nulový obdobně jako je tomu u jezer a přehrad. Mladá – nevyrovnaná – jeskynní úroveň má obyčejně řadu stupňů a vyšší průměrný spád. V oblasti propadání nemá smysl hovořit o spádu, protože ten je dán pouze korozivními překážkami na kolmé cestě vody k teoretickému počátku vyrovnané spádové křivky a dobou možné koroze a eroze vertikálních cest vody.

Pro odvození teoretických mezí, mezi kterými se musí pohybovat spády v severní části Moravského krasu jsme zjistili závislost hodnoty spádové křivky na ploše povodí povrchových toků na Drahanské vrchovině (za předpokladu přibližně rovnoměrných a srovnatelných srážkových úhrnů na plošnou jednotku v celé oblasti, srovnatelného odparu a podobného materiálu, transportovaného toky). Za senilní údolí jsme považovali Luční údolí, Bílou Vodu nad Rozstáním, Svitavu nad Blanskem. Za stará údolí jsme považovali údolí Jedovnického potoka, údolí u Molenburku a Svitavu pod Bílovicemi. Za mladá údolí jsme považovali všechna údolí, ústící do Holštejnského údolí, které je od

konce glaciálu intenzivně přehlubováno. Pokud do grafu spádů údolí (viz obr. 6) vyneseme spád Punkvy od Šolimovy mísy po výtok, vidíme, že spádová křivka odpovídá starým až senilním povrchovým tokům. Obdobný výsledek dostaneme při vynesení spádu podzemní Bílé Vody nad Bludištěm M. Šlechty po sifon v Přítokové chodbě nebo spádu



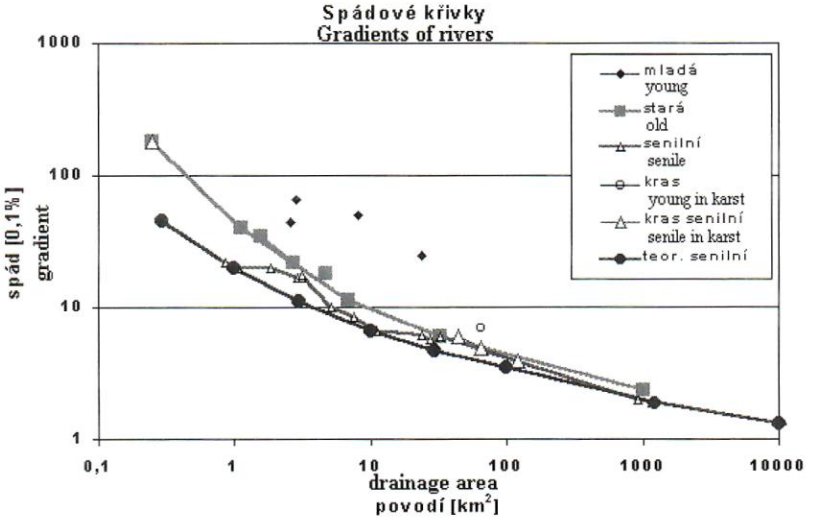
Obr. 5 Rozvinutý řez Alabastrem (Motyčka a kol. 2000)
Fig. 5 Cross-section of Alabastr chimney (Motyčka et al. 2000)

Sloupského potoka nad Turbínou po sifon v Černé propasti. Z obrázku č. 6 je patrné, že vyrovnané jeskynní úrovně v devonských vápencích mají podobné hodnoty spádů jako povrchové toky ať už v krasových nebo nekrasových horninách. Pro staré až senilní toky o povodích od cca 50 do 150 km^2 se pohybují hodnoty spádů v mezích od 0,3 % do 0,6 %. Jeskyně mají nepatrně vyšší spády od 0,5 % do 0,8 %. Spád Hrádského žlebu je cca 0,6 % obdobně, jako spád Sloupského údolí nad žlebem. Pro zajímavost, spád Plániv s povodím 0,25 km^2 je 18 % (Burkhardt 1972) a odpovídá spádu starých povrchových toků o stejné velikosti povodí, tedy na druhou stranu je možno říci, že Plánivy dosáhly vyrovnané spádové křivky při hloubkové erozi koryta až 20 m.

3. Dosavadní poznatky o jeskynních úrovních

Vývoj jeskynních systémů Moravského krasu začal podle většiny autorů (Kettner 1960, Panoš 1963, Bosák 1977, Bosák 1989) již před transgresí křídového moře a dnes je ve zbytcích patrný v rudických depresích, reprezentovaných albskými? – cenomans-

kými vrstvami (Krhovský a kol. 1995). V tomto období byly také pravděpodobně vyhloubeny Nesvačilský a Vranovický kaňon a docházelo i k prohlubování depresí v jv. pokračování Blanenského prolomu (Panoš 1961). Nesvačilským kaňonem protékala pravděpodobně Paleosvitava přes Kuřim a Brno (Říkovský 1929). Následná etapa zaplňování kaňonů v maastrichtu svědčí o subsidenci východního okraje ČM (Krhovský a kol. 1995) a přerušení zahlubování erozní báze jeskyní.



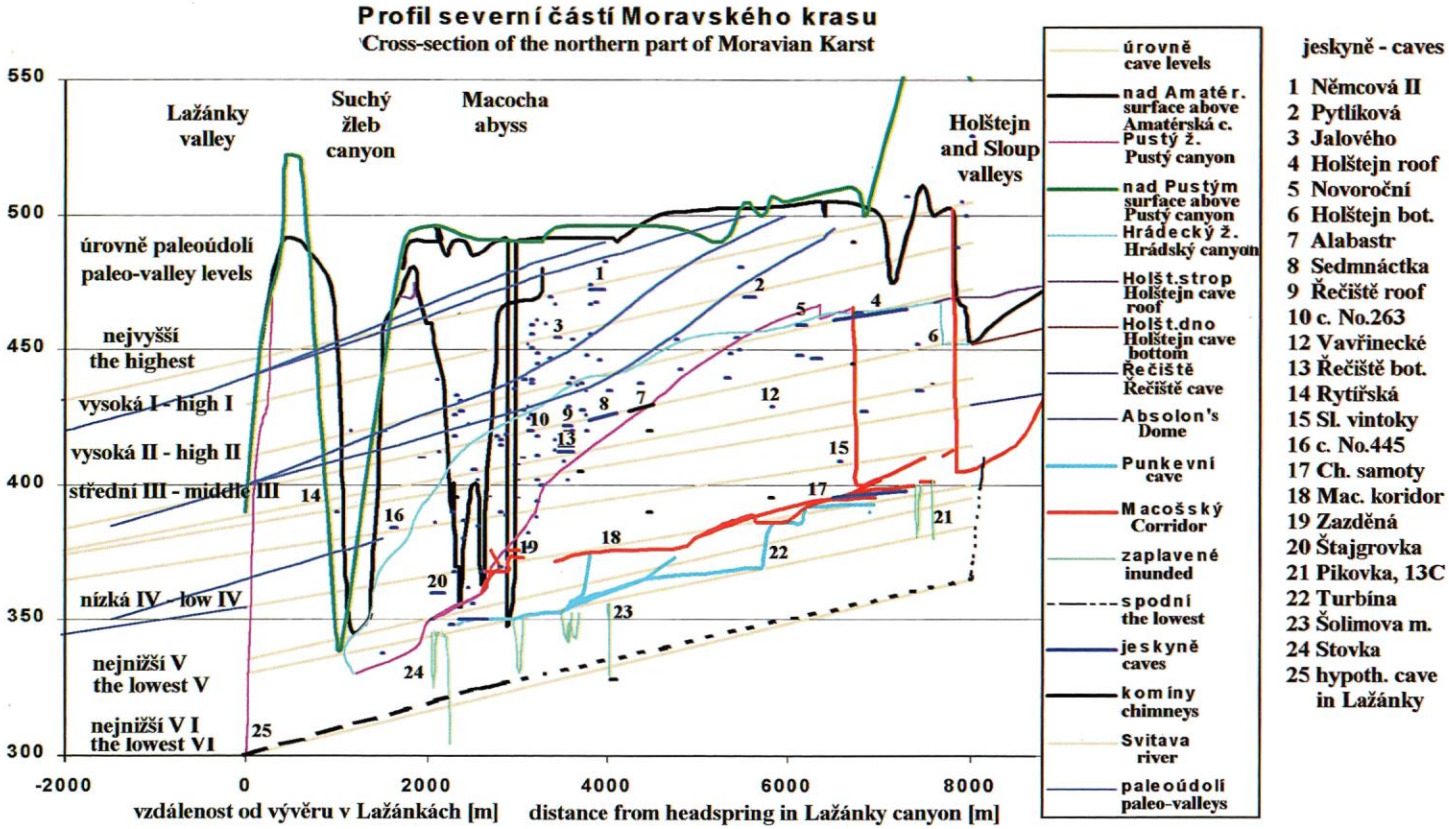
Obr. 6 Závislost spádu toku na ploše povodí
Fig. 6 Dependence of river gradients on the drainage area

K dalšímu erozivnímu cyklu a tvorbě jeskynního systému došlo v průběhu starších třetihor (paleogénu), popř. až do spodní části mladších třetihor (spodní miocén, Motyčka a kol. 2000), kdy došlo ke zdvihu Českého masívu a vznikl Blanenský prolom a jeho pokračování do střední části Moravského krasu, jak se na tom shodují všichni autoři (Panoš 1963, Bosák a kol. 1989, Hypr 1980, Přibyl 1988, Kadlec 1997 b, Kadlec et al. 2001b).

O tom, jaké jeskynní úrovně ve smyslu Panoše (1963) vznikly v období před badenskou transgresí, se vede dlouhodobý spor. Dvořák (1994) na jedovnickém údolí dokumentoval, že nejnižší, dnes místy neexhumovaná jeskynní úroveň je prokazatelně předbadenského stáří.

3. 1. Naše poznatky o jeskynních úrovních

Pokud vyneseme zjištěné výškové úrovně subhorizontálních chodeb nebo indicií dlouhodobě stabilních úrovní hladin spodní vody podle výše uvedené metodiky do podélného řezu severní části Moravského krasu (viz obr. 7) přibližně rovnoběžně s dnešními toky Sloupského potoka a Bílé Vody, vidíme, že je možno korelovat dílčí části jednotlivých jeskynních úrovní do souvislé křivky – téměř přímky. Jednou z nejvýraznějších a nejlépe zdokumentovaných jeskynních úrovní je úroveň Macošského koridoru, který



Obr. 7 Schéma jeskynních úrovní
Fig. 7 Schema of caving levels

má v řezu spád cca 0,6 %. Pokud uvážíme, že skutečný průběh Macošského koridoru není přímkový ale klikatý, tak jeho skutečný spád je cca 0,5 %, což dobře odpovídá staré až senilní vyrovnané spádové křivce pro povodí Punkvy (viz obr. 6).

Protože velikost povodí Bílé Vody ani Sloupského potoka se od křídy dramaticky neměnila s výjimkou pravděpodobného přenesení toku paleo-Luhy z holštejnského údolí do sloupského údolí (Vít 1996 a) a načepování horního toku Malé Hané Bílou Vodou (Kalenda a kol. – předchozí článek), zůstávaly hodnoty vyrovnaného spádu Punkvy přibližně stejné a to v rozmezí 0,4–0,7 %, které se do řezu promítnou jako spády 0,45–0,8 % v závislosti na klikatosti skutečného podzemního toku.

V řezu (obr.7) je možno zjistit tyto jeskynní úrovně:

– **nejvyšší**, která prochází krasem několik metrů pod povrchem a navazuje na nejvyšší údolní dno nad propadáním

– **vysoká I**, která plynule navazuje na vysokou úroveň I údolí pod výtokem

– **vysoká II**, která je nejlépe dokumentovaná v oblasti propadání, kde jsou vytvořena horní patra Sloupsko-Šošůvských jeskyní a Holštejnská jeskyně. Tato jeskynní úroveň pravděpodobně navazuje na dnes nezřetelnou II – vysokou – úroveň dna údolí

– **střední I**, je dnes jednou z nejvýraznějších úrovní, protože byla v holocénu několikrát zmlazena a plynule navazuje na III – střední – dno údolí pod vývěrem, kde je sledovatelná až k severnímu okraji Brna. Geneticky je svázána s vysokou úrovní II.

– **střední II**, je dobře pozorovatelná jak v oblasti ponorů, tak i v oblasti vývěrů

– **střední III a IV** jsou dvě nezřetelné úrovně, které se projevují zejména pohřbenými terasami v Holštejnském údolí a jeskyněmi v oblasti vývěru

– **spodní I** je dnes nejlépe prozkoumaná jeskynní úroveň a tvoří povodňovou cestu Punkvy zejména v Macošském koridoru. Nad Bludištěm Milana Šlechty se jedná o úroveň recentního toku Bílé Vody, která ještě nevyklidila níže položené chodby od sedimentů. Tato jeskynní úroveň plynule navazuje na dna údolí v oblastech propadání a na IV – nízkou – úroveň údolního dna.

– **spodní II** je ve své části nad Macochou po Bludiště M. Šlechty využívána recentním tokem Punkvy. Pod Macochou jsou na ní vázány Punkevní jeskyně a plynule navazuje na V – nejnižší – údolní dno.

– **nejnižší** úroveň, která se dnes nachází trvale pod hladinou spodní vody byla vázána na dnes neexistující a zasedimentované vývěry Punkvy do Lažáneckého žlebu (Kadlec et al. 2001 b) a byla zjištěna potápěči jen na několika místech.

Z hlediska časového vývoje je možno celkově říci, že v Moravském krasu byly pro vznik jeskynních systémů rozhodující tyto události:

1. Dlouhodobě stabilní vývoj ve spodním paleogénu až oligocénu (65–32,5 mil. let) se vznikem širokých otevřených údolí. V tomto období vznikla nejvyšší jeskynní úroveň.

2. Přenesení toku Svitavy z Kuřimi do Blanenského prolomu v oligocénu, zkrácení toku Punkvy a rychlé zahloubení báze odvodnění v severní a střední části Moravského krasu. V tomto období vznikly střední jeskynní úrovně. Pravděpodobně v eggenburgu vznikla spodní jeskynní úroveň.

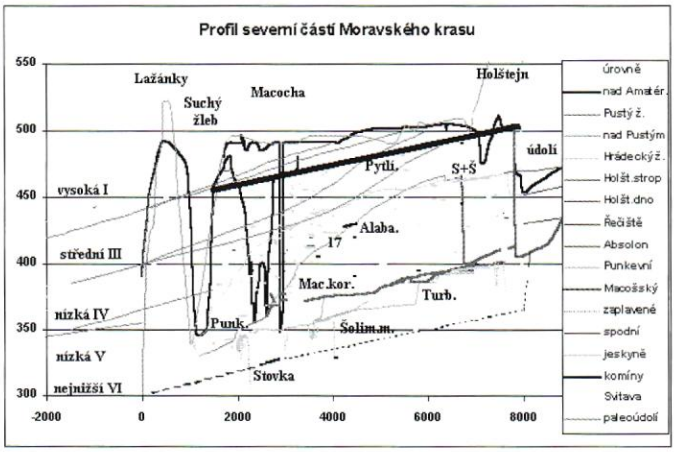
3. V karpatu (17 mil. let) před badenskou transgresí došlo k výzdvihu Českého masívu, což způsobilo zahloubení toků a došlo ke vzniku nejnižší jeskynní úrovně, kdy Punkva pravděpodobně ústila do Lažáneckého žlebu (Kadlec et al. 2001 b).

4. Při badenské transgresi došlo k vyplnění všech údolí v Moravském krasu vápnitými jíly – tégly, které byly po opětovném výzdvihu oblasti nad hladinu moře rychle erodovány, ale některé relikty (Lažánecký žleb) způsobily změnu odvodňování Jedovnického potoka i Punkvy.

5. V kvartéru došlo k opakovanému zanášení a erodování údolí a jeskynních systémů glaciálními sedimenty až do maximální výše vysoké úrovně II (dovrchní eroze z jeskynní úrovně střední I). V tomto období byly dlouhodobě stabilní zejména jeskynní úrovně střední I až vysoká II, střední II a spodní I.

V následujících kapitolách budou podrobně rozebrány jednotlivé zjištěné jeskynní úrovně.

3. 2. Nejvyšší úroveň – otevřená široká údolí



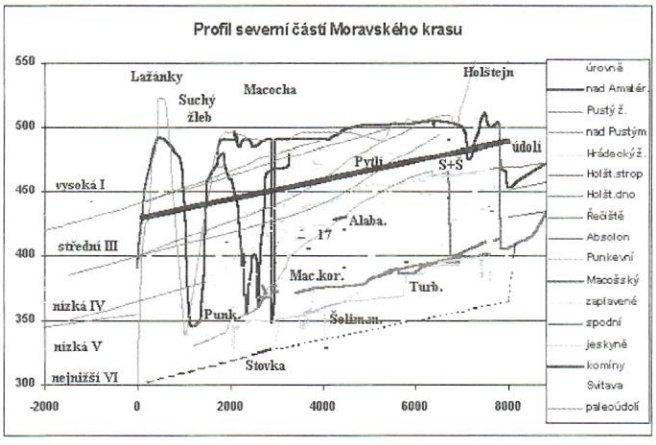
Tato nejvyšší jeskynní úroveň začínala ve výšce cca 505 m n.m. u Holštejna a přibližně o 10–15 m výše u Sloupu, kde s malým stupněm u výšce cca 10–15 m navazovala na nejvyšší a současně střední úroveň dna údolí nad krasem (viz Kalenda a kol. – předchozí článek). Voda po delší či kratší cestě nehluboko pod povrchem vyvěrala výše proti toku, než jsou dnešní vývěry Punkvy a vtékala do širokých otevřených údolí, které daly později základ dnešním žlebům – Pustému a Suchému. Štelcl a kol. (1989) vymapoval v oblasti Chobotu u Křenkova pomníku dvě štěrkové terasy s valouny sluňáků, mléčných křemenů, šedých silicitů a písků ve výšce 465–470 m n. m. předbadenského stáří. Další terasy jsou v a jz od Arnoštova ve výšce 445 resp. 430 m n.m. a u Olešné ve výšce 400–403 m n.m. Široké údolí Punkvy pokračovalo do Lipůvky, kde se Punkva vlévala ve výši cca 360 m n.m. do Svitavy, tekoucí dále přes Kuřim k Brnu a Nesvačílskému kaňonu. Spád tohoto údolí po Skalní Mlýn byl cca 0,7 %. Ve stráních vznikly jeskyně, odvádějící vodu do žlíbku (Němcová, U bučka, Jezevčí, Horní Suchdolská, U Campo Santo).

Vznik této jeskynní úrovně je možno zařadit do spodního paleogénu (Panoš in Vahala et al. 1963) až oligocénu (Kadlec 1995, Štelcl 1963, 1964, Hypr 1980). Po badenu mohla být v této úrovni opět povrchová síť, protože se našly terasy Svitavy ve výšce 380–390 m u Závisti a Černé Hory (Říkovský 1929). Stáří teras svrchní miocén až přelom m/pliocén (5 mil). Říkovský je však datuje do oligocénu. Panoš (1961, 1963) předpokládá vznik údolí v první polovině paleogénu (65–35 mil), Štelcl (1964) až v oligocénu (23–38) nebo na rozhraní oligocénu/miocénu (Štelcl a kol. 1984).

Kadlec a Beneš (1996) uvažují o povrchovém odtoku Sloupského potoka do závrtů, přičemž nejvíce vody teklo do Macochy, méně do Městikádi a nejméně do Doliny.

3. 3. Vysoká jeskynní úroveň I

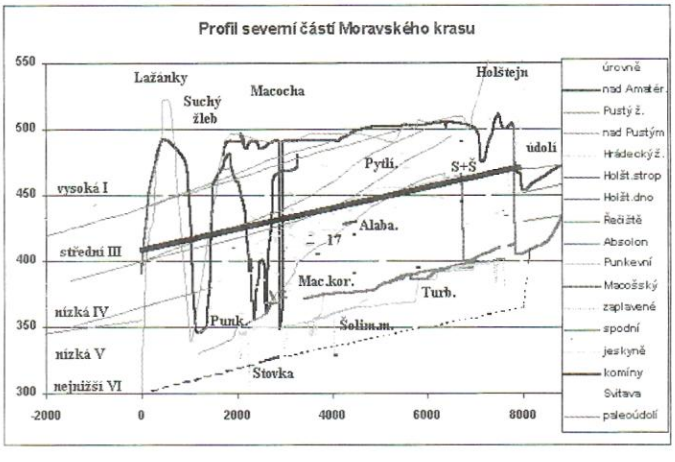
Tato vysoká jeskynní úroveň začínala ve výšce cca 490 m n. m. u Holštejna i u Sloupu, kde plynule navazovala na nízkou úroveň dna údolí nad krasem. Pod krasem v oblasti dnešních vývěrů Punkvy plynule přecházela do vysoké úrovně dna údolí ve



výšce cca 450 m. n. m. Punkva v této době již byla svedena (načepována přítokem Křtinského potoka) do Blanenského prolomu. Svitava ještě tekla přes Kuřim.

Tato úroveň vznikla již ve svrchním oligocénu. Počátkem miocénu i pleistocénu byla tato úroveň nad hladinou aktivních toků a byla pravděpodobně cestou pouze lokálního odvodňování. Dají se k ní přiřadit jeskyně č. 561 A, Bratří Nečasů, Pytlíková, Jalového, Dagmar. O tom, že tato úroveň není spodně miocenní, kdy byly přehloubeny všechny kaňony a žleby v krasu, svědčí relativně stabilní piezometrická úroveň soutoku Punkvy a Svitavy u následujících (spodnějších) jeskynních úrovní, které zůstaly na podobné úrovni jako výše položená nejvyšší jeskynní úroveň. Důvodem pro postupné snížení jeskynních úrovní v krasu se stala ta skutečnost, že se nejprve tok Punkvy a následně i Svitavy přesunul do Blanenského prolomu (Kalenda a kol. – předchozí článek). V tomto období také došlo k první fázi zahlubování kaňonů – žlebů.

3. 4. Vysoká jeskynní úroveň II



Tato vysoká jeskynní úroveň začíná v obou údolích (sloupském i holštejnském) přibližně ve výši 475 m n. m., tedy v úrovni recentního dna údolí resp. pleistocénní terasy údolí. Z genetického hlediska však musíme rozlišit dvě různé úrovně. Jednu starší, oligocenní až spodně miocénní, ve které si odpovídají vrchní patra Sloupsko-Šošůvských jeskyní a dno Holštejnské jeskyně, které leželo o cca 10–15 m níže, tedy ve výši cca 460 m n. m. a druhou mladší – pleistocenní – která byla ve sloupské oblasti sblížena se starší úrovní na rozdíl od holštejnské oblasti, ve které došlo k přesucení žlebů do výše 10–15 m (Kalenda a kol. 2004, 2005) a k dovrchní erozi stropu Holštejnské jes-

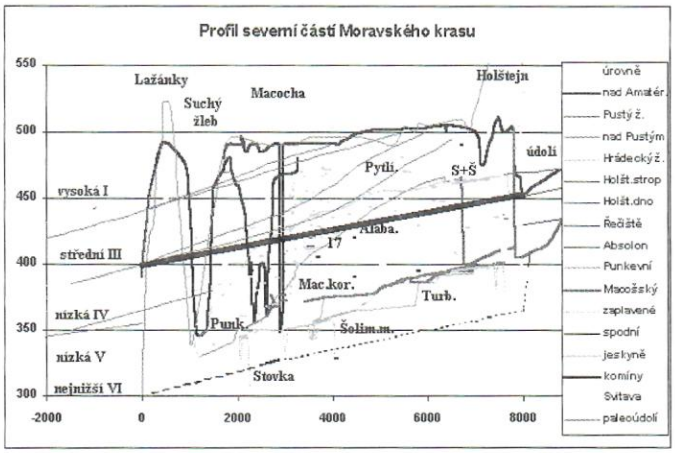
kyně o tutéž výšku. To, že starší jeskynní úroveň v holštejnské oblasti byla níže, bylo pravděpodobně dáno větší rozlohou povodí a tím i nižším spádem vyrovnané spádové křivky. Do Holštejnské jeskyně pravděpodobně vtékala jak Bílá Voda, tak i Luha (Otava a Vít 1992), dnes tekoucí do Sloupu.

Mladší – pleistocenní – jeskynní úroveň navazuje pod výtokem Punkvy na nezřetelnou vysokou II úroveň dna (cca 430 m n. m.), která ukazuje maximální výšku, do které byla vyplněna všechna údolí v glaciálech. Na rozhraní pliocén/pleistocén (1,8 mil. let) byly vlivem změn klimatu zasedimentovány údolí ponorových oblastí do výše žlebů (Kadlec 1997 b, Kadlec et al. 2001 a). Následně byla část údolí přehloubena a opětovně několikrát vyplněna do úrovně závěrových stěn žlebů (Musil 1993). Úrovně žlebů a přetoku do jižních částí údolí bylo dosaženo v Holštejnském údolí minimálně dvakrát a to před 0,8–1,1 mil. a 0,12–0,15 mil. lety (Kadlec 2000 b). Jisté datování přelití Sloupského potoka do žlebu ve spodním pleistocénu je ze sedimentů v jeskyni Sloupské Vintoky a ze svrchních pater Sloupsko-šošůvské jeskyně před 0,8–1,1 mil., > 0,78 mil. let (Kadlec et al. 2001 a). Dobře dokumentované sedimenty z jeskyně Kůlna ukazují na kompletní záznam sedimentace během posledního glaciálu (Valoch 1988). O paralelní sedimentaci v Hrádském žlebu a Holštejnské jeskyni svědčí podélné profily vertikálního elektrického sondování ve žlebu i jeskyni (Kalenda a kol. 2002, 2004, 2005) a charakter sedimentů. Sedimenty v Holštejnské jeskyni staré 0,8–1,2 mil let neodpovídají sedimentům Bílé Vody (Přibyl 1973, Glozar 1979), ale pravděpodobně paleotoku Luhy, protékající protivanovským souvrstvím (Otava a Vít 1992). Sedimenty nejsvrchnějšího toku (< 0,12 mil. let) se již neliší od dnešních sedimentů Bílé Vody (Otava, Vít 1992).

Svrchní sedimenty Holštejnského údolí jsou datovány Smolíkovou a Kadlecem (1993) do eemu (67–100 tis.).

Voda v době zvýšeného přínosu materiálu využívala k průtoku krasem všech podzemních i povrchových cest. V pleistocénu protékala voda vrchními patry Sloupsko-šošůvských jeskyní, Holštejnskou jeskyní, Michalkou, Ostrovskou vodní jeskyní, Balcarkou, jeskyní Řečiště, Sedmnáctkou, tak oběma žleby Pustým i Suchým, kde transportované sedimenty uzavřely všechna propadání přítoků Punkvy (Lopače, Krasovského potoka a dalších) (Kalenda a kol. 2005) i hlavní propadání Bílé Vody a Sloupského potoka (Kadlec et al. 2001a).

3. 5. Střední úroveň I



Starší jeskynní úroveň v přibližně stejné výšce jako předchozí úroveň (vysoká II) navazuje pod výtokem Punkvy na nejvýraznější – III střední úroveň dna údolí ve výšce cca 415 m n. m. V oblasti propadání navazuje tato jeskynní úroveň na recentní dno údolí ve Sloupu

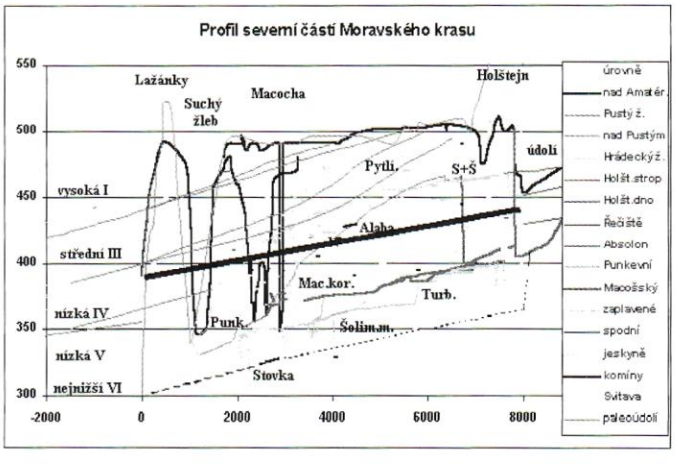
ve výši 470 m n. m. nebo je nehluboko pod úrovní pleistocenní terasy v Holštejně ve výši cca 460 m n. m. V této úrovni se nacházejí největší a nejmohutnější jeskynní systémy celého Moravského krasu, což svědčí o dlouhodobě stabilní bázi odvodnění. Vzhledem k tomu, že tato jeskynní úroveň byla téměř celá vyplněna sedimenty, které nebyly později vyklizeny, jsou známy z celé úrovně jen části jeskyní v oblasti propadání (horní patra Sloupsko-šošůvských jeskyní, Holštejnská jeskyně) nebo původních vývěrů a přítoků (jeskyně Řečiště, Sedmnáctka, j. č. 162, Pod hradem, j. č. 292). V jižním pokračování jsou na ní vytvořeny horizontální úrovně v jeskyních č. 60, 64, 68, 148, 154, 388, 398, 443, 455 (Audy a kol. 1997).

Štelcl (1963) tuto jeskynní úroveň považuje za nejstarší – oligocenní – vytvořenou před počátkem zahlubování kaňonů. Panoš (in Vahala et al. 1963) datuje tuto jeskynní úroveň do oligocénu až spodního miocénu. Tato jeskynní úroveň vznikla podle Hypra (1980) a Kadlece (1997) již v paleogénu. Podle Panoše (1963), Štelcla (1963, 1964) to bylo již ve spodním paleogénu. Ve Sloupsko-šošůvských jeskyních byly nalezeny zvětralé droby pravděpodobně tohoto stáří. Po přehloubení toku se stala tato jeskynní úroveň visutou a znova byla zprůtočněna až po zasedimentování obou údolí po badenské transgresi ve spodním pleistocénu (Kadlec 1997 b).

Ve čtvrtohorách byla tato jeskynní úroveň opakovaně exhumována v ponorových oblastech. Rovný strop Holštejnské jeskyně svědčí o dovrchní erozi datovanou štěrky z jeskyně na 0,8–1,1 mil. let (Kadlec 2000 b), která stejně jako ve Sloupsko-šošůvských jeskyních končila na hraně poloslepého údolí, kdy oba toky dále tekly a zasucovaly oba žleby až do výše desítek metrů. Další přesucení ponorových údolí je možno datovat do eemu (cca 128 tis let) na základě datování sedimentů z Holštejnské jeskyně (Kadlec 2000 c) a do posledního glaciálu (Kadlec et al 2001 a).

Vznik této dlouhodobě stabilní jeskynní úrovně v oligocénu cca 40–50 m pod nejvyšší jeskynní úrovní a nejvyšším údolním dnem byl způsoben načepováním toku Svitavy přítokem Punkvy u Blanska a jejím svedení do Blanenského prolomu (Kalenda a kol. – předchozí článek). Tímto rychlým zkrácením toku Punkvy bez podstatné změny báze odvodnění u Brna došlo také ke vzniku prvních fází zahlubování kaňonů a vzniku korelovatelných lavic ve stěnách žlebů (Kadlec – ústní sdělení).

3. 6. Střední úroveň II – IV



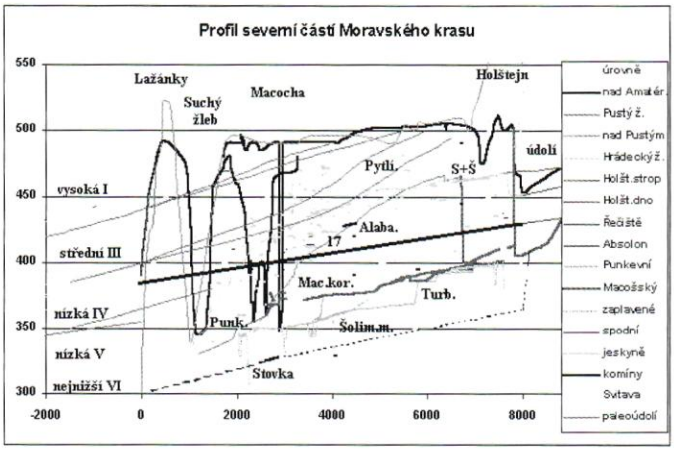
Střední úroveň II je relativně dobře patrná na rozdíl od středních úrovní III a IV, které jsou nevýrazné. Jejich společnou vlastností je to, že mají postupně nižší a nižší spády, což svědčí jednak o tom, že po prvotním relativně rychlém zahloubení se báze odvodnění u Brna snižovala jen velice pozvolna a jen

o několik málo metrů a také, že v této době nedocházelo k významným tektonickým pochodům. Nižší jeskynní úrovně mohly být proto opakovaně zanášeny a voda si mohla hledat nové cesty v přibližně stejné úrovni. Některé z těchto cest mohly být následně využity vodou v dalším období rychlého zahlubování kaňonů v miocénu. Žádná z těchto jeskynních úrovní, které mají v oblasti výtoku Punkvy výšky 405, 400 a 388 m n. m, nenavazuje na výrazná dna údolí. Střední úroveň II a III navazuje v Holštejnském údolí na terasy ve výškách 440 a 430 m n. m., které však mohly vzniknout v sedimentech až v pleistocénu, kdy byla obě údolí opětovně vyklízena a přesucována.

Střední jeskynní úroveň II je podle Kadlece (1997 b) relativně mladá. Vznikla ve spodním pliocénu (5 mil) po zasedimentování kaňonovitého údolí. Také podle Štelcla (1961) ukazují štěrky a štěrkopísky na pobadenské stáří.

Kadlec (1993) našel slabě až středně zvětralé říční štěrky 32 m nad dnem Pustého žlebu. Jistá je sloupská provenience. Mají charakter štěrků z jeskyně Kůlny.

Proti těmto tvrzením o vzniku této úrovně v pliocénu svědčí charakter Vavřineckých paleoponorů, nízká spádová křivka 0,6 % odpovídající stabilní úrovni ústí Punkvy do Svitavy pod Blanskem (363 m n. m.) a relikt říčních štěrků v Pustém žlebu, datovaný do eemu, vyplňující původně starší údolí. Tato jeskynní úroveň byla několikrát exhumována v pleistocénu.



Střední úroveň III je velice slabě vyvinuta ve střední části krasu (nebo nevede nad známými prostorami). O její existenci svědčí pouze významné erozní plošiny v obou poloslepých údolích, které indikují jeskynní patro v ponorové oblasti, dále Zakouřená jeskyně, komín nad Písečnou terasou v Macošském koridoru, Absolonův dóm, Písečná jeskyně a menší plošiny pod hradem Blansek. Menší spádová křivka této jeskynní úrovně (0,58 %) k soutoku se Svitavou pod Blanskem do téměř stejné výše jako výše položená střední jeskynní úroveň II by mohla svědčit o časté neprůchodnosti této jeskynní úrovně vlivem zanášení obdobně, jako je tomu nyní v blízkých jeskynních úrovních na Sloupské větvi Amatérské jeskyně (Motyčka a kol. 2000). Podle výšky soutoku Punkvy a Svitavy je možno soudit na oligocenní stáří.

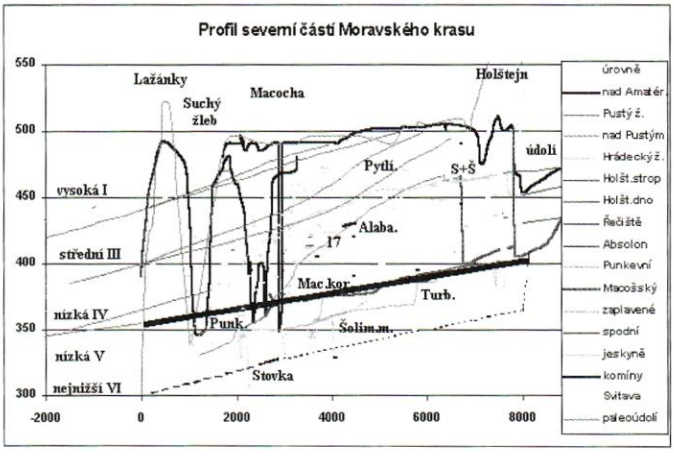
Tato úroveň byla evidentně aktivní po vzestupu hladiny v Macoše po uzavření odtoku (Kadlec, Beneš 1996). Autoři udávají, že se to stalo po propadnutí stropu, ale pravděpodobnější je vysvětlení přesucením žlebů a uzavřením výtoků Punkvy do žlebů, která tak musela pro svůj tok použít vyšší jeskynní patra. V Macoše v té době byla klidná sedimentace s písky a před tím zpětná eroze Písečné jeskyně (Přibyl 1969, Kadlec, Beneš 1996).

Přibyl (1988) tuto úroveň uvádí jako nejvyšší úroveň. Podmůstkovými jeskyněmi podle něj tekl pouze Sloupský potok.

Střední úroveň IV je nejméně vyvinutá jeskynní úroveň, dokumentovatelná pouze v oblasti Sloupských vintok a dále ve vývěrové oblasti na řadě menších jeskyní (č. 287, 304, 407, 434), z nichž největší je Horní v Chobotu o délce cca 60 m. Neukončený (?) vývoj této jeskynní úrovně a další snížení spádové křivky na cca 0,5 % mohou svědčit o častém zanesení této jeskynní úrovně obdobně, jako tomu bylo u vyšší jeskynní úrovně (střední III), geneticky patřící do stejné skupiny úrovní.

Přibyl a Vít (1992) popsali sedimenty z Rytířské jeskyně jako odvozené ze sedimentů sladkovodního ottnangu a datují proto vznik jeskyně do terciéru (evidentně předkvartétní).

3. 7. Spodní úroveň I



Tato jeskynní úroveň navazuje v oblasti propadání na dno dnes zcela sedimenty vyplněného údolí ve výši cca 400 m n. m., což ukazuje na její dlouhodobý a stabilizovaný vývoj, který zpětnou erozí umožnil vznik kaňonovitých údolí nad propadáním (Kadlec 1997 b). V oblasti vývěru Punkvy navazuje na nízkou úroveň IV dna údolí ve výšce cca 370 m n. m., která je druhou nejlépe vyvinutou po střední úrovni III a plynule navazuje pod Brnem na tuřanskou terasu s fluvioglaciálními sedimenty, datovanými do sp. pleistocénu.

Štelcl (1963) považoval tuto jeskynní úroveň za nejmladší, vázanou na povrch pleistocenních štěrkových teras ve žlebech, avšak již Hypr (1980) i Kadlec (1997 b) zařadili vznik této úrovně do spodního miocénu před badenskou transgresí, jak je možno pozorovat na pohřbených poloslepých údolích u Sloupu a Holštejna v ponorných oblastech. Paleopotoky pokračovaly přímo ze dna údolí horizontálně do dnešního Macošského koridoru Amatérské jeskyně. Na dně pohřbených poloslepých údolí u Holštejna a Sloupu se zatím nezjistily žádné badenské sedimenty, což znamená, že ve spodním miocénu byla údolí opět vyklizena, přehloubena a nebo by údolí neexistovala (Štelcl 1961).

O tom, že v této výškové úrovni byly již před badenskou transgresí jeskynní úrovně svědčí neogenní výplň údolí u Jedovnic (Dvořák 1994), které mělo nižší bázi odvodnění než spodní úroveň I. Je možno navíc říci, že křídové zvětrávání dosáhlo až do těchto hloubek, jak o tom svědčí relikt sedimentární výplně Erichovy jeskyně, která se nachází ve stejné výškové úrovni jako spodní jeskynní úroveň I. Kadlec et al. (2001 a) řadí vznik propasti Macochy a s ní svázaných jeskyní do spodní křídy. Složení těžkých minerálů v Erichově jeskyni svědčí o jejich odvození z křídových sedimentů (Vít 1996b) na rozdíl od kulmských sedimentů recentní sedimentace (Vít 1990). Také úplné zvětrání jílovitých

minerálů svědčí o velkém stáří (Vít 1996 b). Tropický typ stalagtitů svědčí o tomtéž (Vít 1996 b). Podle Kadlece a Beneše (1996) vznikla Erichova jeskyně na počátku paleogénu (65 mil.). Pokud by tomu tak bylo, pak by všechny výše položené jeskynní úrovně musely být ještě starší.

Podle Dvořáka (1995) a Kadlece et al. (2001a) došlo na přelomu oligocénu/miocénu k prvnímu výzdvihu Českého masívu a k tvorbě kaňonů v krasu. Proto se přikláníme k datování této jeskynní úrovně do spodního miocénu, přestože Kadlecová a Kadlec (1995) soudí, že tato úroveň vznikla koncem miocénu, počátkem pliocénu (5 mil. let), po vyklizení badenských sedimentů a byla aktivně protékána vodou celý pliocén.

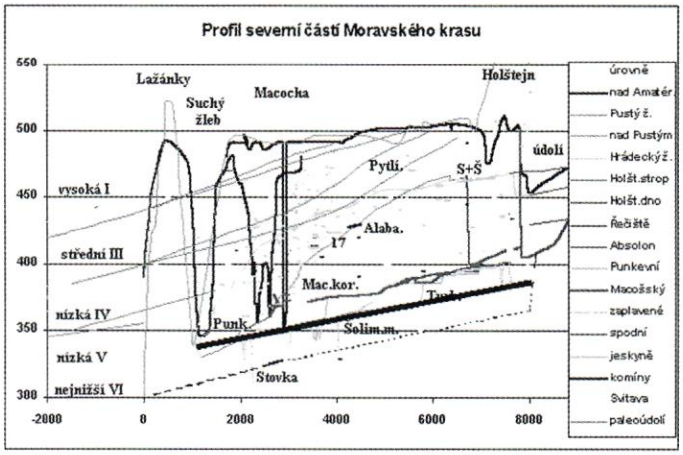
O tom, že ve spodním pleistocénu se tato jeskynní úroveň stala na dlouhou dobu hlavní úrovní svědčí její vyrovnaný spád, relikty mohutných akumulací fluviálních sedimentů, které navazují na tuřanskou terasu a mohutný charakter chodeb zejména v Macošském koridoru. K této jeskynní úrovni můžeme přiřadit dále tyto jeskyně a chodby: spodní patra ve Sloupsko-šošůvských jeskyních, nejnižší patra jeskyně Piková dáma a Spirálová, j. v závrtu č. 68, dnes protékané Bílou Vodou a přítoky, chodby v Amatérské jeskyni nad Bludištěm M.Šlechty, Zazděnou jeskyni, Krystalovou chodbu v Punkevních jeskyních a další menší jeskyně.

V Zazděné jeskyni (Kadlec 1994) ve výšce 368 m n. m. v Pustém žlebu byl nalezen laminovaný písek, který pochází z povrchu a zatekl srážkami do jeskyně před více než 780 000 lety (Šroubek, Diehl 1995). Stáří výše uložených fluviálních sedimentů určil Kadlec et al. (1996) na 0,1–0,14 mil let.

Stáří sedimentů ve spodní úrovni Černé propasti je velmi velké, podle indexu kaolinity srovnatelné se spodními sedimenty Holštejnské jeskyně (Vít 1995), jejichž stáří určil Kadlec et al. (2001a) na cca 1,1 mil. let.

Sedimenty v Západní macošské větvi v Amatérské jeskyni jsou podle indexu kaolinity mladší, než nejstarší sedimenty z Černé propasti (< 0,8 mil.).

3. 8. Spodní úroveň II – recentní po Bludiště M. Šlechty



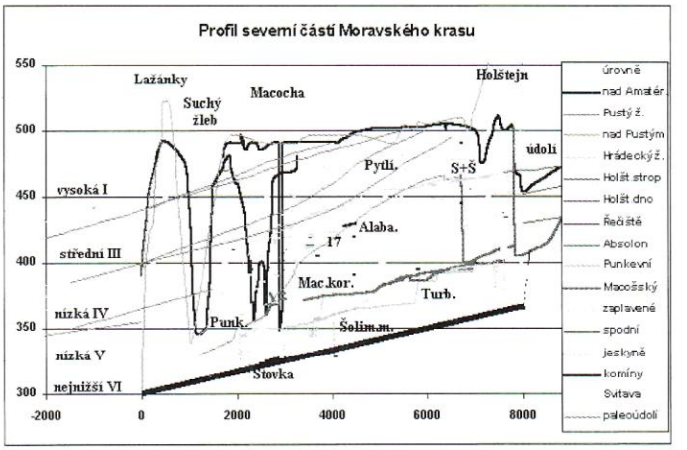
Tato jeskynní úroveň navazuje v oblasti výtoku Punkvy na dnešní dno Pustého žlebu ve výši 340 m n. m., které je téměř vyklizeno od fluvioglaciálních sedimentů a je možno ji sledovat recentním tokem až po Bludiště M. Šlechty a Chrochtadlo. Ve sloupské větvi Amatérské jeskyně je sledovatelná až po Turbínu. Výše proti toku jsou námi předpokládané prostory zcela vyplněny sedimenty a dosud nedošlo k jejich vyklizení. O tom, že existují, svědčí mohutné akumulace sedimentů, pokrývající dno v jeskyních Pikové dámě, Spirálové, j. 68, nebo prostory dnes zcela vyplněné vodou ovšem s krápníkovou výzdobou, jako je tomu v přítoku Dobrá Voda v jeskyni Třináctka, který je

dnes cca 5–10 m pod hladinou vody (B. Polák – ústní sdělení), nebo v Chodbě pod žebřem ve Spirálové jeskyni (Beneš – ústní sdělení). Hypotetická výše dna této úrovně v propadání Bílé Vody je cca 385 m n. m., tedy cca 15 m pod hladinou recentního toku.

Štelcl (1963) tuto jeskynní úroveň označil jako úroveň II a datoval ji bezprostředně před badenskou transgresi. Kadlec (1995) jí také přiřadil předbadenské stáří, avšak jen v oblastech ponorů, protože Kadlecová a Kadlec (1995) nenavazují tuto úroveň v ponorné oblasti na náš ekvivalent ve vývěrové oblasti, ale spojují ji s nejnižší jeskynní úrovní ve vývěrové oblasti. Proto předpokládají, že v oblasti vývěrů byla tato úroveň aktivní jen v pliocénu.

Hypr (1980) udává její vznik pravděpodobně v ottnangu. Kadlec a Beneš (1996) uvádějí tuto úroveň vytvořenou současně se zahlubováním žlebů ve spodním miocénu (23 mil. let). Koncem spodního miocénu – v karpatu – vznikl Lažánecký žleb (Dvořák et al. in Musil et al. 1993), který se stal erozivní bází pro celou severní část Moravského krasu (Panoš 1963).

3. 9. Nejnižší úroveň – dnes zahrazená



Tato jeskynní úroveň nenavazuje na úroveň dna v Pustém žlebu, ale jak předpokládá Kadlec et al. (2001 a) ústila do Lažáneckého žlebu ve výšce cca 300 m n. m. Poslední práce (Otava a Kahle 2003, Kalenda a kol. – předchozí článek) ukázaly, že je možno uvažovat i o interpretaci pokračování toku Punkvy do jeskyně Býčí skála nebo bifurkaci toku dále žlebem i jeskyněmi Rudického propadání a Býčí skálou.

Protože je dnes tato jeskynní úroveň zcela pod úrovní recentní hladiny vody, je možno nalézt její část pouze potápěčským nebo geofyzikálním průzkumem. Kadlec a Beneš (1996) udávají, že dno pod Macochou a v jejím okolí mohlo být na konci spodního miocénu v úrovni cca 325–330 m n.m. Po badenu zůstala tato úroveň trvale zaplavena do výše cca 20 m bez volné hla-diny (Kadlec, Beneš 1996, Absolon 1970a), což je dáno stávající erozní bázi přibližně 20 m nade dnem Lažáneckého žlebu (Kadlec et al. 2001 b).

Piškula (1994) nalezl na dně Šolimovy mísy torzo subhorizontální chodby v hloubce cca 28 m, která je ve svém pokračování na jih zcela ucpána sedimenty. V oblasti propadání byla nalezena freatická chodba (Ďábelský trativod v jeskyni Piková dáma), vedoucí do hloubek více než 30 m pod recentní hladinu Bílé Vody, která může souviset s níž položenými chodbami.

Vznik této jeskynní úrovně je všemi autory uvažován ve spodním miocénu – v karpatu – kdy dosáhl zdvih Českého masívu maxima před následující badenskou transgresí (Dvořák a kol. in Musil a kol 1993, Kadlec 1995, Kadlecová, Kadlec 1995).

4. Nástin geneze jeskynních systémů v severní části Moravského krasu

Vývoj celé severní části Moravského krasu včetně vývoje Holštejnské jeskyně byl řešen řadou autorů (Panoš 1963, Hypr 1980, Přibyl 1988, Vít 1996, Kadlecová, Kadlec 1995, Kadlec 1997 b, Kadlec et al. 2001 b).

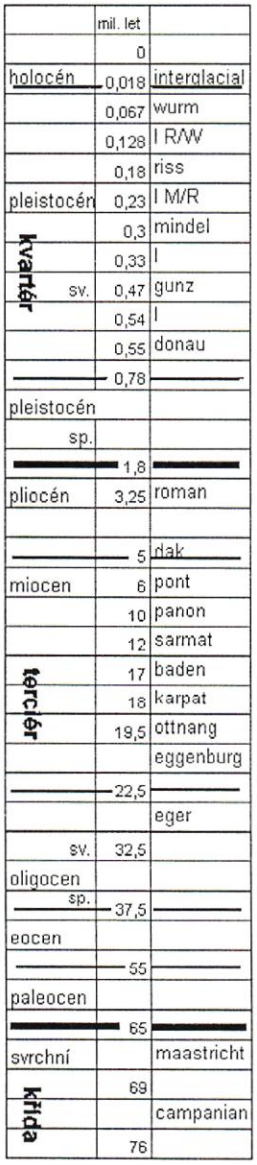
4. 1. Předbadenské období

Za nejstarší formy zkrasovění jsou dnes považovány rudické deprese, ve kterých se nacházejí zakleslé křídové sedimenty. V severní části Moravského krasu se tyto krasové útvary nedochovaly, přestože zde pravděpodobně existovaly také.

O předbadenském stáří vzniku širokých otevřených údolích se dnes nepochybuje. Většina autorů se přiklání k jejich oligocénnímu stáří. V té době se začala také tvořit nejvyšší jeskynní úroveň. Důležitým okamžikem pro vývoj jeskynních úrovní se stalo načepování Punkvy a poté i Svitavy jejím paleopřítokem v okolí Adamova. Tím došlo ke zkrácení toku Punkvy (při přibližně stejné výšce soutoku na Svitavě, který byl dán vzdáleností od Brna). Punkva se proto relativně rychle zahloubila přes dvě vysoké nevýrazné jeskynní úrovně na nejvyšší střední jeskynní úroveň, která je nejvýraznější jeskynní úrovní v celém krasu (kromě oblastí aktivních ponorů). Protože dále docházelo jen k pomalému zahlubování řeky Svitavy, vyrovnávala se spádová křivka v oblasti krasových hornin zejména prohlubováním oblastí ponoru přes další tři hlubší jeskynní úrovně. Tyto jeskynní úrovně však při zmenšeném spádu byly pravděpodobně často zasedimentovány a voda musela často využívat vyšších středních úrovní. Vertikální vzdálenost středních úrovní v oblasti výtoku byla jen asi 25 m.

Během dalšího výzdvihu východního okraje Českého masívu ve spodním miocénu došlo ke vzniku hlubokých kaňonovitých údolí (Kettner 1960, Schutznerová-Havelková 1958, Kadlec et al. 2000c, 2001), které jsou dnes dobře dokumentovány na příkladu Lažáneckého žlebu. Tím došlo k postupnému zahloubení jeskynních úrovní, na kterých byla vytvořena minimálně 3 hlavní patra nebo jeskynní úrovně.

Nejnižší erozní báze Svitavy a tím i Lažáneckého žlebu, který byl podle Kadlece et al. (2001 b) erozní bází Punkvy před badenskou transgresí, bylo dosaženo v karpatu. Tato nejnižší jeskynní úroveň je dnes zcela zaplavena vodou v hloubkách 20–30 m pod úrovní dnešního aktivního toku, jak je patrné jednak z geologických profilů dny údolí Punkvy a Lažáneckého údolí (Kadlec a Otava 1999) a jednak ze zjištěných hloubek jeskyní v oblasti Macochy a vývěru Punkvy (Absolon 1970 a, Přibyl 1988, Motyčka a kol. 2000).



Obr.8 Geologické éry
Fig. 8 Geological era

Nad nejnižší jeskynní úrovní byly ještě před badenskou transgresí v závislosti na prohlubování erozní báze Lažáneckého údolí a Svitavy vytvořeny jeskynní úrovně. Dokumentované předbadenské stáří je pouze u Erichovy jeskyně (Kad-lec a Beneš 1996, Vít 1990, 1996 b) díky tomu, že se již před badenskou transgresí dostala mimo dosah aktivního toku. Rozpor mezi jejím udávaným spodnopaleogénním stářím a udávaným oligocenním stářím výše položených žlebů je evidentní. Pokud by datování Erichovy jeskyně bylo správné, pak by dna žlebů byla již spodnopaleogenní a Svitava by musela později téci přes Kuřim na svých náplavách. Protože jeskynní úroveň Erichovy jeskyně navazuje výškově na hlavní Macošskou chodbu Amatérské jeskyně včetně jeskyně Zazděné, je možno zcela zodpovědně považovat tuto celou jeskynní úroveň za předbadenskou s tím, že v aktivních a povodňových chodbách Amatérské jeskyně byly všechny předbadenské a badenské sedimenty vyklizeny na rozdíl od Erichovy jeskyně. Na základě charakteru chodeb a propojení aktivní a povodňové části Amatérské jeskyně (západní a východní větve) je možno říci, že větší část dnes aktivních chodeb, minimálně od dómu Roztoka k Macoše, je předbadenského stáří.

Nejsložitější datování vzniku jeskynní úrovně je u námi označených středních úrovní I (Zakouřená, Řečiště) a II (Písečná jeskyně, Podmůstková a Absolonův dóm v Amatérské jeskyni), protože se u žádného z jejich reliktů dosud nenašly zbytky předbadenských sedimentů. Tyto jeskynní úrovně mohly vzniknout jak při postupném předbadenském prohlubování erozní báze krasu, které mohly být po ústupu moře opět exhumovány, nebo mohly vzniknout i v pobadenském období.

4.2. Svrchní miocén, spodní pleistocén

Po regresi badenského moře, které uložilo až několik set metrů mocné jílovité sedimenty, byla většina říční i jeskynní sítě exhumována, což se projevilo úplným vyklizením miocénních sedimentů ze dna poloslepých ponorových údolí (Kadlec 1997, Kadlec et al. 2000 c), které Štelcl (1961) proto mylně považoval za pobadenská. V tomto období svrchního miocénu byla hlavní odvodňovací jeskynní úrovní pravděpodobně spodní úroveň I (Macošská chodba, Zazděná, Krystalová chodba v Punkevních jeskyních, Kadlecová, Kadlec 1995).

Ve spodním pleistocénu došlo k zasedimentování obou ponorových poloslepých údolí do výše cca 50 m a k erozím východního vápencového okraje údolí (Dvořák 1961, Štelcl 1961, Beneš 1994, Kadlec 1997, Kadlec et al. 2000 c). V té době byla opět aktivní jeskynní úroveň – střední úroveň I, která je v reliktech dobře patrná v ponorové oblasti (viz obr. 7) a na vrcholech reliktů sedimentů v Přítokové chodbě Staré Amatérské jeskyně (Mravec in Zatloukal 1996). Jako vývěrová mohla sloužit jeskyně Řečiště a Zakouřená, která leží na stejné spádové křivce. Relikty sedimentů, odebrané v obou jeskyních ve svrchních partiích, jsou ovšem mladší. Plynulý výtok Punkvy do žlebů v této úrovni dokumentoval Kadlec (1993), avšak ukázal, že sedimenty byly slabě až středně zvětralé, což by svědčilo buď o opakovaném zanesení žlebů do této výše i v pozdějším období nebo o mladším uložení štěrků na dně ponorových údolí.

Druhá akumulační terasa je v Holštejnském údolí dobře dokumentována z vrtů (Dvořák 1961). Výšková úroveň horní hrany této terasy odpovídá hloubkám dna Holštejnské jeskyně (Kalenda, Kučera 1999), která pravděpodobně odvedla vody do podzemí. Z tohto pohledu je pravděpodobné, že dno Holštejnské jeskyně v nadmořské výšce cca 450 m n. m. bylo založeno již před badenskou transgresí. Kromě Holštejnské jeskyně byla nalezena tato výšková úroveň ještě na vrcholu sedimentů na balkónku ve Spirálové jeskyni (Štogr, Kučera 1997). Také recentní odvodňování Bílé Vody do podzemí

je v této výškové úrovni jak ve Staré a Nové Rasovně, tak v dalších jeskyních propadání, které však tvoří pouze vertikální propojení s níže položenými chodbami a netvoří jeskynní úroveň ve smyslu Panoše (1963). Obdobně tomu mohlo být i v jeskyni Holštejnské.

4. 3. Střední pleistocén až recent

Na rozdíl od 2. terasy, jejíž horní úroveň byla v úrovni starší (předbadenské) jeskynní úrovně, došlo při sedimentaci nadložních štěrků k dovrchní erozi této jeskynní úrovně až do výše vysoké úrovně II (viz výše). V tomto období sedimentovaly v obou ponorových údolích sedimenty s velkým podílem štěrků (Dvořák 1961, Štelcl 1961), které vyplnily obě údolí až po závěrové hrany údolí (které také výškově omezily dovrchní erozi jeskyně Holštejnské) a došlo k přelití toků do žlebů. Protože strop Holštejnské jeskyně ležel relativně níže než stropy obdobných jeskyní ve sloupském údolí, došlo v Holštejnské jeskyni k dovrchí erozi stropů a vyrovnání spádové křivky, která má nyní spád pouze 0,6 % (Zatloukal a kol.1996, pozn. stejný, jako jižní pokračování Hrádského žlebu k Ostrovu). V jeskyni bylo na základě sledování stropních korýtek, dostupných boků jeskyně a výšky pilířů zjištěno, že bylo dovrchně erodováno cca 10 m vápence. Tato eroze musela probíhat po relativně dlouhou dobu za současné akumulace sedimentů, které vyrovnávaly dno obdobně jako v dnešním Obtoku v Amatérské jeskyni (Přibyl 1988, Motyčka a kol. 2000) za vzniku velice nízkých a širokých chodeb. V průběhu této akumulace bylo v obou ponorových údolích uloženo více sedimentů, než je schopna pojmout celá známá Amatérská jeskyně. Proto v této době docházelo k celkovému zasypání vertikálních odvodňovacích spojnic, přísun sedimentů neumožnil jejich vyklizení a všechny zdrojnice Punkvy protékaly touto jeskynní úrovní až do doby, kdy se přelily do obou žlebů. Na základě datování sedimentů této akumulační terasy v obou poloslepých údolích a jeskyních vysoké úrovně I (Kadlec et al. 2000, Kadlec et al. 2001) je možno říci, že k přelití zdrojnic do obou žlebů proběhlo v pleistocénu před cca 1 mil. lety. V obou žlebech byly pravděpodobně vytvořeny akumulační terasy a byla vyplněna dna žlebů do značné výše. Jedním z možných pozůstatků takové terasy by mohl být i sediment nalezený 32 m nad dnem Pustého žlebu v úrovni Zakouřené a Zazděné jeskyně (Kadlec 1993). Je vysoce pravděpodobné opakování sedimentační a denudační fáze v glaciálech a interglaciálech (Kadlec 1997 b). Přibližně stejně datované sedimenty byly nalezeny také v níže položené jeskynní úrovni v Zazděné, avšak tam mají jiný charakter sedimentace v klidném prostředí (rytmicky tence vrstevnaté sedimenty, Kadlec 1994, Kadlec et al.1996), což by mohlo svědčit o ucpání odtokových cest a vzniku napjatých hladin v níže položených jeskyních a jezer v propastech a komínech. Tím by se mohlo vysvětlit i uložení písčitých sedimentů pod Písečnou jeskyní a Absolonově dómu v Amatérské jeskyni, které byly v té době pod dnem žlebu a pod hladinou vývěru Punkvy, resp. pod hladinou jezera v Macoše. Kadlec a Beneš (1996) vznik jezera v Macoše přisuzovali spíše lokálnímu ucpání odtokových cest v Macoše po zřícení stropu. Pokud bychom si ale prošli takový zával, vzniklý zřícením stropu, jak tomu máme možnost ve Wankelově závrtu, který se zřítil 5. 4. 1885 (Wankel 1988), pak bychom zjistili, že v nejnižších polohách se nacházejí větší balvany, mezi kterými je možno dokonce prolézt. Směrem vzhůru se postupně stává zával neprůlezný, protože mezery jsou vyplněny menší frakcí. Takže toto vysvětlení ucpání odtoku z Macochy nepovažuji za věrohodné.

Podle Kadlece (1997 b) došlo ve později středním pleistocénu k prohloubení Sloupského údolí na úroveň 2. terasy (450 m n. m.) a ve svrchním pleistocénu k opětovnému vyplnění obou údolí do maximální výše. O přehloubení Holštejnského údolí nejsou dosud

přímé doklady, ale z dlouhodobě korelovatelných sedimentačních a erozních cyklů mezi oběma ponorovými údolími je možno usuzovat na obdobu Sloupského údolí (Přibyl 1988). Sloupsko-šošůvskými jeskyněmi protékal tok v období před více než více než 750 tis. lety a následně před 128 tis. lety obdobně, jako v Holštejnské jeskyni (120–150 tis. let, Kadlec 2000 b, Kadlec et al. 2000 c).

Nejmladší fluviální sedimenty v Holštejnské jeskyni jsou staré 29000 let (Kadlec et al. 2000 c). V té době bylo pravděpodobně vyplněno celé ponorové údolí sedimenty.

Za dobu 29 tis. let (pravděpodobněji za 10 tis. let od posledního glaciálu) byly sedimenty v Holštejnském údolí opět přehloubeny na úroveň 2. terasy, která se stala úrovní nových ponorů Bílé Vody nejprve ve Staré Rasovně, Zbořisku, Ledové a Trativodné chodbě a posléze po boční erozi levého břehu také jejím načepováním do vývojově starší chodby Nové Rasovny, která před stažením toku Bílé Vody odvodňovala Lipovecký žlíbek (Zatloukal 1997, Zámek 1996) a patra nad Modrým komínem ve Spirálové jeskyni (Štogr, Kučera 1997) směrem do údolí k hlavním odvodňovacím chodbám na západě.

5. Závěr

V severní části Moravského krasu jsme analogií povrchových a podzemních toků Punkvy a Křtinského potoka a jejich přítoků zjistili, že vyrovnané jeskynní úrovně Bílé Vody, Sloupského potoka, společně pak Punkvy i Křtinského potoka se svým přítokem Jedovnickým potokem by měly mít vyrovnané spády 0,5–0,8 %. Tomuto rozmezí vyhovují veškeré zjištěné jeskynní úrovně, ať už vázané na dno protékaných žlebů nebo na nejnižší odvodňovací úroveň u vývěru.

Na základě zjištění štěrkových teras na svazích údolí a žlebů, vyvinutých horizontálních pater v jeskyních, komínech a propastech a vodních tunelů jsme vymezili tři skupiny geneticky svázaných jeskynních úrovní nepočítaje v to úroveň peneplénizovaného předkřídového povrchu krasu.

Nejvyšší jeskynní úroveň je svázána s povrchovým tokem Punkvy a jejích přítoků v mělkém údolí o spádu 0,72 % do Lipůvky, kde se vlévala do Svitavy ve výšce 360 m n. m.

Druhé vysoké jeskynní úrovně jsou relativně nevýrazné ve svém průběhu, pouze nižší z nich (vysoká II) je velice výrazná v oblastech propadání, protože do této výše se prohloubila obě poloslepá údolí a jeskynní úroveň byla opětovně využívána v kvartéru po zasypání ponorových údolí. Délka opětovného využívání této úrovně závisela na množství materiálu, který zasypával vertikální odvodňovací systém. V holštejnském i sloupském údolí se mohlo jednat i o délku několika kilometrů. Jinak jejich celková nevýraznost pravděpodobně souvisí s rychlým zahlubováním erozní báze.

Čtyři střední jeskynní úrovně souvisí s načepováním Punkvy pod Blanskem jedním z přítoků Křtinského potoka a následným načepováním Svitavy (přenesením koryta do Blanenského prolomu) při stabilní výšce odvodnění Svitavy u Brna. Výška soutoku Punkvy a Svitavy pod Blanskem byla cca 365 m n. m., což je téměř shodné s výškou původního soutoku u Lipůvky. Zkrácením toku Punkvy se snížila erozní báze u vývěru o cca 40–50 m. Zařezáním Punkvy a Svitavy do podloží se následně snížila také erozní báze Křtinského potoka a obdobně, jako u Punkvy, zde vznikly střední jeskynní úrovně na rozdíl od jižní části Mor. krasu.

Nejvyšší ze středních úrovní má vyrovnaný spád 0,75 % a je ze všech úrovní (kromě aktivních) nejvýraznější. Jsou na ní založeny jeskyně jako Holštejnská, Sedmnáctka,

Řečiště, Propasťovitá, Pod hradem a další. Dobře je vyvinuta i v Alabastru nad Amatérskou jeskyní. Druhá střední úroveň je méně výrazná a má nižší spád. S dalším poklesem spádu nižších středních úrovní jsou stále méně výrazné, což může svědčit o jejich častém ucpávání a využívání vyšších úrovní. Nejnižší z nich (střední IV) má spád pouze 0,5 % a začíná ve výšce cca 410 m n.m. v ponorové oblasti a je dobře patrná ve vývěrové oblasti v jeskyních cca 40 m nad aktivním tokem. V průběhu „senilnění" střední jeskynní úrovně se zahloubil tok Svitavy pod Blanskem pouze o 10 m, zatímco v oblasti propadání se jeskynní úroveň zahloubila o cca 40 m!

Tři spodní jeskynní úrovně geneticky souvisely s výzdvihem Českého masívu na konci oligocénu a počátkem miocénu před badenskou transgresí. Dvě nejvyšší spodní úrovně jsou dnes využívány aktivním tokem Punkvy s řadou propojek mezi nimi, sloužící jako povodňové přepady, protože nižší z nich je částečně zasedimentována a pro Bílou Vodu není nad Bludištěm M. Šlechty vůbec průchodná stejně, jako je tomu v případě Sloupského potoka nad Turbínou. Dnešní aktivní tok Punkvy a jejích přítoků využívá v průběhu svého toku podzemím dvě jeskynní úrovně, mezi kterými vytváří řadu více nebo méně stupňovitých propojek, které ztratí svou funkci po propláchnutí zbytků sedimentů ve freatické jeskynní úrovni a stane se pouze povodňovým korytem.

Mezi všemi výše uvedenými jeskynními úrovněmi se tvořily takové spojovací krátké úrovně s vysokým spádem (nad 2 %), protože vždy geneze nižších úrovní vždy začínala od vývěru a pokračovala desetitisíce let, než se vytvořila celá úroveň od propadání po vývěr s vyrovnanou spádovou křivkou. (Př. za 10 000 let od posledního glaciálu stačila Punkva odnést sedimenty pouze od výtoku po Šolimovu mísu, tedy v délce cca 4 km).

Nejnižší, pravděpodobně neúplně vytvořená jeskynní úroveň, je dnes zcela pod hladinou vody v hloubkách cca 20–30 m a byla vázána na odvodnění do výše dna žlebů, které jsou dnes překryty kvartérními a miocénními sedimenty.

Vývoj jeskynních úrovní v kvartéru byl ve znamení opakovaného zasypávání ponorových údolí až po závěrové hrany, zanášení a opětovné exhumace všech jeskynních úrovní od spodních až po střední a ponornou část vysoké úrovně II. Tím se stávaly níže položené úrovně částečně fosilizovanými, v propastech a komínech se tvořila opakovaně hluboká jezera a ve žlebech byly vysoké akumulace štěrků a písků. Při vyklízení materiálu se často a opakovaně využívala subvertikální komunikace mezi jeskynními úrovněmi.

O tom, že kras je vysoce dynamický a živý organismus, svědčí soudobá fáze rychlého vyklízení sedimentů, obnovování starších jeskynních úrovní a tvorba nových meziúrovní zejména v oblastech propadání.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři by rádi poděkovali všem recenzentům, zejména Dr. J.Kadlecovi za detailní posouzení práce a řadu návrhů na její zpřesnění, Dr. J. Himmelovi za odbornou pomoc a rady, Dr. J. Vítovi za konzultace vývoje jeskynních úrovní a v neposlední řadě i Dr. S.Houzarovi za přípravu k tisku.

SUMMARY

We found that subsurface rivers in the Moravian karst (and therefore cave levels) have the same gradients as surface rivers with the same drainage areas. On the basis of ancient valley bottoms, sub-horizontal parts of caves, recent cave systems and new data from Holštejnská jeskyně cave and Hrádský žleb canyon we recognised four main cave levels (high I, middle I, low I and low II) and five slave cave levels (high II, middle II, middle III, middle IV, the lowest). Main caving levels continues down the stream towards corresponding four

valleys bottoms. The high I caving level was created in lower oligocene after movement of Punkva river stream to the Blanenský prolom sink. The middle I caving level was created in oligocene after movement of Svitava river stream into the Blanenský prolom sink, which consequent the first deepening of karst rivers and formed the first canyons (upper part of recent canyons). The low I and low II caving levels were created in lower miocene after uplift of Bohemian massif. The lowest caving level was created in karpat. In baden the whole area of Moravian karst was below the sea and canyons were filled by clay sediments. After next uplift of the area the most of previous river net was exhumed except Lažánecký žleb canyon. In pliocene and pleistocene canyons and valleys were filled by fluvial sediment which reaches up to the high II caving level and denuded many times. In that time the rivers used mainly middle I – high II caving level and low I and low II caving levels. Recently Punkva river flow uses partly low I caving level in the entrance parts (near Holštejn and Sloup villages) and low II caving level down the Bludiště Milana Šlechty in Amatérská jeskyně cave and creates many short connections between them.

LITERATURA

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

ABSOLON, K., 1970 b: Moravský kras 2. – Academia, 345 p.

AUDY. I., AUDY, M., VITOUCHOVÁ, B., 1997: Atlas jeskyní Moravského krasu – Pustý žleb. Museum Blansko, 328 p.

BENEŠ, V., 1994: Geofyzikální měření v Holštejnském a Sloupském údolí v Moravském krasu. – MS, Čes. geol. Úst., 29 p.

BENEŠ, V., 1995: Geofyzikální měření v propasti Macocha v Moravském krasu. – MS, archiv ČGÚ Praha, 1–21.

BENEŠ, V., 199): Moravský kras – Lažánecké údolí. Zpráva o geofyzikálním měření. – MS, archiv Čes. geol. Úst., 13 p.

BOSÁK, P., 1977: Spodnokřídový fosilní kras v Evropě. – Čes. Kras (Beroun), 2, 59–64.

BOSÁK, P., Demek, J., Horáček, I., 1981: Fosilní kras. – Stalagmit 1/81, 1–15.

BOSÁK, P., HORÁČEK, I., PANOŠ, V., 1989: Paleokarst in Czechoslovakia. In Bosák, P, Ford, D. C., Glazek, J., Horáček, I. (eds): Paleokarst: a systematic and regional review. - Academia, 107–135.

BURKHARDT, R., 1972: Studie o vývoji podzemních toků Punkvy. – Sbor. Okr. vlastiv. muzea v Blansku, IV, 3–15.

DVOŘÁK, J., 1961: Výsledky vrtného průzkumu v severní části Moravského krasu. – Symposion o problémech pleistocénu, Anthropos (Brno), 14, 93–95.

DVOŘÁK, J., 1994: Neogenní výplň údolí u Jedovnic a otázka stáří hlavních jeskynních úrovní v severní části Moravského krasu. – J. Czech. geol. Soc., 39, 2, 1–7.

DVOŘÁK, J., 1995: Tektonický a morfologický vývoj jv. Okraje Českého masívu při podsouvání pod Karpaty. – Knih. Zem. Plyn Nafta, 16, 15–24.

DVOŘÁK, J., SEDLÁK, J., 1991: Jedovnice na Drahanské vrchovině – gravimetrický a geologický výzkum neogénem vyplněných depresí. – MS, Čes. geol. Úst., 20 p.

DVOŘÁK, J., ŠTELCL, O., DEMEK, J., MUSIL, R., 1993: Geologie a geomorfologie Moravského krasu. In Musil, R. (ed): Moravský kras – labyrinty poznání. - GEO program, 32–76.

GLAZEK, J., HERCMAN, H., VÍT, J., 1995: Předběžné výsledky datování sintrů metodou $^{230}Th/^{234}U$ z Holštejnské jeskyně. In Cílek, V. (ed): Svět v podzemí. – Knih. Čes. speleol. Spol., 25, 24–29.

GLOZAR, P., 1979: Studium sedimentů vyšší jeskynní etáže mezi Macochou a jeskyní Řečiště. – MS, Diplomová práce, MU, Brno, 1–55.

GREGOR, V., 1973: Příspěvek k hydrografii a hydrologii horní části krasového povodí Sloupského potoka v Moravském krasu. – Čas. Morav. Mus., Vědy přír., 58, 57–78.

HERCMAN, H., LAURITZEN, S., GLAZEK, J., VÍT, J., 1997: Uranium-series dating of speleothems from Amaterska and Holstejnska Caves, Moravian Karst, Czech Republic. – Proc. 12th Int. Cong. Speleol., Basel, 45–47.

HOLUBEK, M., CHROMEK, M., 1994: Hankensteinova propast č. 829. – Speleo 15, 31–33.

HROMAS, J., BÍLKOVÁ, D., 1998: Jeskyně a krasová území České republiky. Přehledná mapa 1:500 000 s výřezy 1:100 000 a doprovodným textem. – Kartografie Praha.

HYPR, D., 1980: Jeskynní úrovně v severní a střední části Moravského krasu. – Sbor. Okr. vlastiv. muzea v Blansku, 12, Blansko, 65–79.

HYPR, D., 1995: Třídění fluviálních štěrků v jeskyních Moravského krasu metodou sdružovací analýzy. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1994, Brno, 2–4.

JAMES, N. P., CHOQUETTE, P. W. (eds), 1988: Paleokarst. – Springer – Verlag, 416 p.

KADLEC, J., 1993: Relikt písčitého štěrku v Pustém žlebu. – Speleo 12, 11–12.

KADLEC, J., 1994: Sedimenty Zazděné jeskyně v Pustém žlebu. – Speleo 15, 17–25.

KADLEC J., 1995: Geofyzikální měření ve Sloupském a Holštejnském údolí. Svět v podzemí, V. Cílek (ed), 23–24.

KADLEC, J., BENEŠ, V., 1996: Jak vznikla Macocha? – Speleo 23, 5–17.

KADLEC, J., HLADÍKOVÁ, J., ŽÁK, K., 1996: Isotopic study of cave carbonates from Moravian Karst, Czech Republic. – Conf. Climate Change: The Karst Record, Bergen, Norway, 67–71.

KADLEC, J., 1997 a: Shape of fluvial pebbles in surface and subsurface streams from Moravian Karst, Czech Republic. – Proc. of the 12th Internat. Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Switzerland,Vol. 1, 13–16.

KADLEC, J., 1997 b: Reconstruction of the development of semiblind ponor valleys in Moravian Karst based on geophysical surveying, Czech Republic. – Proc. of the 12th Internat. Congress of Speleology, La Chaux-de--Fonds, Switzerland, Vol. 1, 387–390.

KADLEC, J. et al., 2000 a: Late glacial and holocene climate record in a stalagmite from Holštejnská cave (Moravian Karst, Czech Republic). – Geolines, 11, 174–176.

KADLEC, J., et al., 2000 b: Rekonstrukce paleohydrografie na základě datování sedimentů Holštejnské jeskyně (Moravský kras). – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1999. Brno, 12–18.

KADLEC, J., et al., 2000 c: Dating of the Holštejnská Cave deposits and their role in the reconstruction of semiblind Holštejn Valley Cenozoic history (Czech Republic) – Geologos, 5, 57–64.

KADLEC, J. et al., 2000: A complex study of the Holštejnská cave deposits (Moravian Karst, Czech Republic). – Proc. of Conf. Climate Changes – the Karst Record II. Krakow, 72–73.

KADLEC, J., 2001: Paleohydrografie hádeckého údolí v jižní části Moravského krasu. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2000. Brno, 5–7.

KADLEC, J. et al., 2001a: Cenozoic history of the Moravian Karst cave systems, Czech Republic. – Proc. 13th Int. Speleol., Brasilia,.

KADLEC, J. et al., 2001 b: Cenozoic history of the Moravian Karst (northern segment): Cave sediments and karst morphology. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol. 86 (2001), 111–160.

KADLECOVÁ, R., KADLEC, J., 1995: Vznik a stáří Amatérské jeskyně. – Speleo, 20, 16–22.

KALENDA, P., KUČERA, J., 1999: Seismické měření v Holštejnské jeskyni. Estavela, 3/99, 23–26.

KALENDA, P., KUČERA, J., DURAS, R., 2002: Geofyzikální a geotechnická měření v Holštejnské jeskyni. – Speleo, 35, 5–11.

KALENDA, P., KUČERA, J., DURAS, R., MRAVEC, P., 2004: Zjišťování hloubek dna a vývoje Hrádského žlebu. – Speleofórum 2004, 19–22.

KALENDA, P., KUČERA, J., DURAS, R., MRAVEC, P., 2005: Zjišťování hloubek dna přítoků do Hrádského žlebu. – Speleofórum 2005, v tisku.

KETTNER, R., 1960: Morfologický vývoj Moravského krasu a jeho okolí. – Čs. Kras, 12:47–84.

KRAUS, L., MAYER, S., 1988: Použití geofyzikálních metod při průzkumu krasu. – Stalagmit 3/1988 (42), 3–31.

KRHOVSKÝ, J., HAMRŠMÍD, B., ŠVÁBENICKÁ, L., ČECH, S., 1995: Kdy byl vyhlouben Nesvačilský a Vranovický kaňon ? – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1994, Brno, 32–34.

KUČERA, J., 1991: Závrt u národního výboru (Ostrov u Macochy). – Speleo 5, 4–7.

MOTYČKA, Z., POLÁK, P., SIROTEK, J., VÍT, J. (2000): Amatérská jeskyně.

MOUČKA, J., FATKA, J., 1986: 20 let činnosti ZO ČSS 6–15. Holštejnská 1966—1986. Zpráva ZO ČSS 6–15.

MUSIL R. (ed.), 1993: Moravský kras – labyrinty poznání. – Geo program, 1–336. Brno.

OTAVA, J., VÍT, J., 1992: Paleohydrography of the northern tributaries of the Punkva river reconstructed from the analysis of cave sediments. – Scripta geol. 22, Fac. Sci. Mas. Univ. Brno.

OTAVA, J., KAHLE, V., 2003: Svážná studna v Lažáneckém žlebu – geneze a hydrografická situace. – Spelofórum 2003, 5–7.

PANOŠ V., 1961: Sloupské údolí a Pustý žleb v Moravském krasu, jejich postavení v krasovém cyklu. – MS, Kand. dis. práce, Nár. knih., Praha: 1–383.

PANOŠ, V., 1963: K otázce původu a stáří sečných povrchů v Moravském krasu, – Čs. Kras, 14:29–41.

PIŠKULA, M., 1994: Speleopotápěčský průzkum Šolimovy mísy v Amatérské jeskyni. Spelofórum '94. 16–17.

PŘIBYL, J., 1973: Paleohydrography of the caves in the Moravian Karst (Moravský kras). – Stud. geogr. (Brno), 28:1–64.

PŘIBYL, J., RAJMAN, P., 1980: Punkva a její jeskynní systém v Amatérské jeskyni. – Studia geographica, Vol. 68, Geograf. ústav ČSAV Brno.

PŘIBYL, J., 1988: Paleohydrografický vývoj a morfotektonika severní části Mor. krasu a Amatrérské jeskyně. Rozpravy ČSAV, roč. 98, sv.1, Praha, 1–82.

PŘIBYL, J., VÍT, J., 1992: Rytířská jeskyně v Moravském krasu ve světle morfotektonické a sedimentologické analýzy. – Sborník muzea Blanenska, 32–38.

ŘÍKOVSKÝ F., 1929: Paleopotamologický vývoj Svitavy. – Sbor.Stát.geol.úst., 13, 257–304.
SCHUTZNEROVÁ-HAVELKOVÁ, E., 1958: Mocnost tortonských sedimentů v Lažáneckém údolí v Moravském krasu. – Čs. Kras, 1, 180–182.
SMOLÍKOVÁ, L., KADLEC, J., 1993: Interglaciál v holštejnském údolí v Moravském krasu. – Věst. Čes. geol. Úst., 68(4), 63–64.
ŠROUBEK, P., DIEHL, J. F., 1995: Paleomagnelické/environmentálně magnetické studium jeskynních sedimentů Moravského krasu. In V. Cílek (ed): Svět v podzemí. – Knih. Čes. speleol. Spol., 25:29–30.
ŠTELCL, J. et al., 1989: Komplexní geologický výzkum oblasti Chobotu v severozápadní části Mor. krasu. – MS, arch. Přírodověd. fak. Univ.J. E. Purkyně: 1–150. Brno.
ŠTELCL, O., 1961: Geomorfologické poměry holštýnského poloslepého údolí v Moravském krasu. – Čs. kras 13, Praha, 31–52.
ŠTELCL, O., 1964: Geomorfologické poměry jihozápadní části Drahanské vrchoviny. – Sbor. Čs. Spol. zem., 69:21–45.
ŠTELCL, O. a kol., 1984: Moravský kras. Skripta, OK ONV Blansko, 216 s.
ŠTOGR, J., KUČERA, J., 1997: Piková dáma a Spirálka – monografie jeskyně, 60 pp.
ŠTOS, O., 1994: K výzkumu ve Skleněných dómech – Brandtaterův komín. – Speleo 15, 26–29.
VAHALA, M. et al., 1963: Moravský kras. Turistické průvodce ČSSR, 25, Sportovní a turist. nakl. Praha, 85 s.
VALOCH, K., 1989: Osídlení a klimatické změny v poslední době ledové na Moravě. – Čas. Morav. Muz. (Brno), Vědy přír., 74:7–27.
VÍT, J., 1990: Asociace těžkých minerálů v sedimentech jeskyní Moravského krasu. – MS, Dipl. Thesis, MU Brno, 75p.
VÍT, J., 1994: Interpretace výsledků datování metodou ^{14}C. – Speleo 15, 33–34.
VÍT, J. (1995): Jílové minerály fluviálních sedimentů severní části Moravského krasu. Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1994, Brno, 9–10.
VÍT, J., 1996 a: Interpretace vývoje Amatérské jeskyně na podkladě morfologie a pozice hlavních chodeb. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1995, Brno, 39–41.
VÍT, J., 1996 b: Fluviální sedimenty severní části Moravského krasu. – MS, Ph.D. Thesis, MU Brno, 110 p.
VÍT, J., HERCMAN, H., 1996: U/Th datování sintrů Holštejnské jeskyně. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1995, Brno, 42–44.
VÍT, J., 2001: Sedimentologie Amatérské jeskyně. – Speleo 33, p. 36.
WANKEL, J., 1988: Obrazy z Moravského Švýcarska a jeho minulosti. – Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, Okresní muzeum v Blansku.
ZÁMEK, E., 1996: Hydrografické poměry jeskyně Nová Rasovna. – Speleo 22, 15–19.
ZÁMEK, E., ZATLOUKAL, R., 1993: 26 let práce v Holštejnské jeskyni. – Speleo, 11, 22–25.
ZATLOUKAL, R., 1994: Holštejnská jeskyně a závrt č.74. – Sborník „Speleofórum 94", 13, 26–28, ČSS Brno.
ZATLOUKAL, R. (ed), 1996: Speleologie na Holštejnsku. Výzkumy v letech 1966–1996. – Knih. Čes. speleol. Spol., Sv. 28, Brno, 1996.