

Nové poznatky o krasu v Kryštofově údolí u Liberce - Rokytky

Daniel Horáček (ZO 4-01 Liberec)

Úvod

Výrazná vložka, tvořená vápnitými dolomity, zaklesnutá mezi fylity a křemencem ještěského krystalinika, se rozkládá mezi obcemi Karlov u Liberce a Kryštofovým údolím. V z. části je ostře kaňonovitě proříznutá říčkou Rokytkou. V této části je jednoznačně karsologicky nejzájímavější. Dospod zde bylo prozkoumáno a popsáno pět krasových jeskyní, z nichž dvě mají jednoznačně průkaznou souvislost. Jedná se o propast Rokytku a Nedobytnou jeskyni. Obě jmenované lokality jsou vyvinity na stejně dislokaci, přičemž Rokytku tvoří spodní část systému a Nedobytná jeskyně horní patra systému (Horáček a kol. 1999). Nedobytná jeskyně je středem pozornosti už od jejího objevení v roce 1997. Tvrdość vápnitých dolomitů vlastně dala jeskyni i její jméno, bylo nutné se do ní doslova dobýt. I do dalších částí tohoto systému nás příroda pouště neochotně a každý nový metr je zde velkým objevem. Přesto vše se v roce 2004 podařilo proniknout do dalších nových částí, které tvoří již třetí podzemní patro systému. Speleologické průzkumy na lokalitě doprovázely biospeleologický výzkum a hydrospeleologické výzkumy zaměřené na aktivní tok v propasti Rokytku.

Průběh prací po roce 1999

Nedobytná jeskyně byla objevena 24.11.1997 (Horáček a kol. 1999) náročným průnikem úzkým meandrem, který byl jediným možným přístupem do celé jeskyně. Náročnost prací v jeskyni jsme si ověřili hned v roce 1998 příjezdem zaměřování. Bylo rozhodnuto, že se pokusíme o průnik závalem vedoucím do Starého vstupního dómu. Práce jsme zahájili 25.3.2000. Z důvodu transportu materiálu a snadného přístupu do jeskyně jsme začali co nejbliže k úrovni dna domu Vrápenců. Tak započalo několikaleté úmorné prokopávání se od jeskyně. Množství bukových kořenů a velkých bloků celou tu praci ještě znepříjemňovalo a zvyšovalo její náročnost na čas a též na fyzické síly. Jako by to nebylo dost, narazili jsme na vyzdvížené skalní dno již zřícené části jeskyně, které bylo nutno pro další postup poněkud poupravit a zarovnat. Celkem bylo při pronikání do Nedobytné jeskyně spodním vchodem uvolněno a svrženo do hlubin lomu před vchodem do jeskyně cca 96 m³ sutě, kamení, bloků a hlín. Teprve počátkem roku 2002 jsme se dostali až na úroveň přední části Starého vstupního dómu. Prolongační práce byly přerušeny a započaly práce na zabezpečení nové vznikajícího spodního vchodu. Do takto odkrytého a očistěného portálu byl umístěn kovový vratový rám, který nám na místo instalovala fa. Němeček. Kolem rámu byl vytvořen svařec z betonářské oceli, sloužící jako kovová kostra pro pozdější obezdění. Bohužel pro nepřízeň počasí jsme nemohli začít s obezdíváním zasazeného rámu, protože po rozmáčené přístupové cestě nad jeskyní nebylo možné zajet a dovést potřebný materiál. Naštěstí v březnu roku 2003 bylo možné tento materiál nad jeskyní dopravit a po jeho snesení k vchodu jsme započali s obezdíváním. V průběhu roku 2003 jsme dokončili obezdívání rámu vrat a dopravili na lokalitu samotná vrata, která po dobrodružném spouštění byla osazena do rámu. Pro úplnost musíme doplnit, že vrata váží téměř 200 kg a byla spouštěna po 100% svahu. Touto bohatou činností jsme se zabývali pouze tři. Nejkritičtějším okamžikem byl moment, kdy jsme v úrovni vchodu vrata málem nezastavili, naštětí jsme pokus s doprovou vrat nemuseli opakovat. Po osazení nových vrát na spodní vchod jsme pokračovali v další prolongaci a ještě v roce 2003 jsme pronikli do již známých prostor prozkoumaných v roce 1997 horním vchodem. Na zimní období byly práce přerušeny, aby jsme nerušili zimující netopýry. A v další prolongaci se pokračovalo na jaře roku 2004. Bohužel se jistá část stropu ve Starém vstupním domu ukázala jako nestabilní, tak jsme ji podepřeli dřevěnými stojkami. Bylo jasné, že ty budou nutné nahradit zděným pilířem. Dno jsme očistili až na rostou horu. V této chvíli nebylo jasné, zda se jedná o velký blok a nebo s rostou skálou. Panovaly obavy, že je to velký blok, který bude nutné rozbit a založit základ pilíře tak asi o dva metry níže. Při postupném očištěování dna, ve snaze zjistit, jak se to má, se odkryla jistá úžina hned za vraty spodního vchodu. Skrz ní byl vidět jakýsi prostor pod námi. Byla to šan-

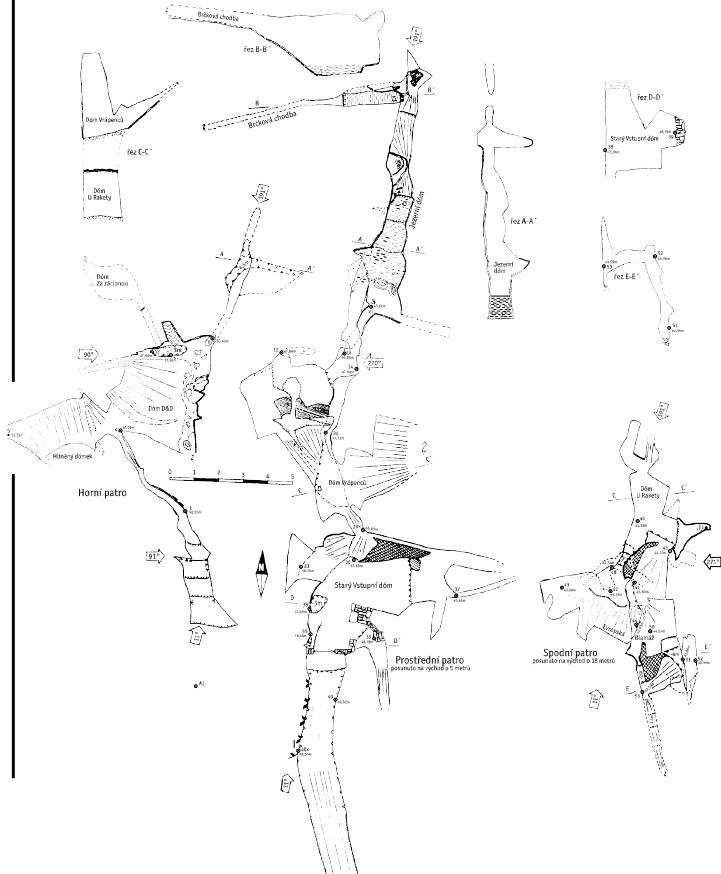
ce, jak najít odpověď na naš problém. Po náročném rozširování pukliny pomocí střípacích klínů jsme 1.5.2005 sestoupili do onoho prostoru. Byl to nízký, uzavřený, sutí vyplněný prostor. Po ohlídce bylo jasné, že mezi tímto prostorem a Starým vstupním domem je rostlá skála, tudíž, že se nám podařilo proniknout do další úrovně jeskyně a že pilíř můžeme založit na obnažené skále. Teprve tehdy nás napadlo, že by jsme se mohli v tohoto prostoru dostat i někam dál. Nějak se to nedalo a zpočátku to vypadalo, že to nepovede nikam, že to nemá pokračování. Vzhledem k datu (vstup ČR do EU) a takové nějaké bezvýchodnosti, kdy jsme tam museli a kdy to vypadalo, že to nepovede nikam dál, dostala tato prostory jméno Evropská blamáž. Ale vytřvali jsme a podařilo se nám proniknout do dalších prostor, zejména do krásně zdobeného domu U Rakety. V průzkumu nových částí jsme pokračovali 15.5.2004, kdy jsme našli pokračování směrem pod vrata a dostali se do pukliny pod vrata, slabě zaplněnou sutí, vedoucí nadějným směrem dolů. Postupně pak souběžně pokračovaly práce na zdění bezpečnostního pilíře, dokončení prolongačních prací ve Starém vstupním domu, ale též práce na přístupném třetím patru Nedobytné jeskyně. Veškeré tyto práce byly v tomtéž roce dokončeny. Na přelomu měsíce října a listopadu jsme provedli zaměření nově objevených částí a vyhotovili jejich plán, který navazoval na stávající mapu jeskyně.

Koncem roku 2001 došlo k absolutnímu vyschnutí velkého skapového jezírka v Jezerním domu. Podařilo se nám zjistit, že u dna jezírka pod pagodou je sifon. Využili jsme suchého jezírka a po rozšíření sifonu jsme pronikli do unikátně zdobené Korálitové chodby.

Popis nově objevených částí

První části nově objevenou v roce 2001 je Korálitová chodba. Začíná v sifonu na dně velkého skapového jezírka pod pagodou. Úzká, zprvu nízká, prudce se zvedací puklinová chodba vede zhruba 4 m k S, kde její výška dosahuje více než 2 m, poté se stáčí pravoúhle vlevo a pokračuje směrem k výšce.

Obr. 1 Nedobytná jeskyně – půdorys
Fig. 1 Nedobytná Cave - map



rem pod Brčkovou chodbou. Celková délka této části je 8 m. Za povšimnout stojí unikátní výzdoba. Zprvu klasická výzdoba byla opakujícím se mechanizmem zatápení a vysoušení prostory, ve které vznikla, překryta sintrem nodulárním, subakyvatickým.

Další části postupně uvolněné prolongací v letech 2003–2004 navazují k J za Dómem vrápenčů a již dříve známou částí prostoru Starého vstupního dómu v místě, kde byl v popisu Horáčka a kol (1999) zával. Po uvolnění tohoto závalu byl odkryt zbytek Starého vstupního dómu, který je momentálně druhou největší prostorou Nedobytné jeskyně. Její délka je 5 m a šířka 1,5 až 6 m, výška 3 až 4 m. Tento prostor je jen slabě vyzdoben. zejména stěnovými sintrovými kúrami.

Do třetího podzemního patra Nedobytné jeskyně (obr. 1, 2) se do staneme úzkou puklinou hned za vraty spodního vchodu ve Starém vstupním dómu. Ta ústí do přední části členitého dómu Evropská blamáž, který je částí zaplněn rozměrnými bloky. Z přední části dómu Evropská blamáž směrem k S můžeme vylézt na zmíněné velké bloky. Do tohoto místa ústí druhý později otevřený vstup do spodního patra ze Starého vstupního dómu. Severozápadním směrem pokračuje dále zadní část dómu Evropská blamáž. V této části se jedná zhruba o 0,5 až 0,7 m vysokou prostorou ukloněnou k J. Výzdoba je zde roztroušená. Za povšimnutí stojí výrazné záclonky připomínající letícího netopýra a v koncové části skupinka menších, mléčných až žlutohnědých stalaktitů narostlých na vložce růžových vápenců. Nejseverněji je ve třetím podzemním patře, přímo pod Dómem vrápenců, Dóm u Rakety. Jedná se o zhruba 4 m dlouhou, 1,5 m širokou a 2 m vysokou prostoru, do níž ústí z východu výrazná puklinová příčná kapsa. Celý tento dóm je poměrně bohatě zdobený, i když výzdoba v porovnání s výše položenými patry jeskyně je poněkud chudší a méně monumentální. Nejčastěji je tvořena drobnými stalaktity a excentriky mléčné bary. Nejbohatší výzdoba je ve výše zmíněné kapse. Je tvořena převážně sintrovými kůrami hnědé bary, množstvím brček a stalaktitů bílé až žlutohnědé barvy. Celé scenérii dominuje stalagmit připomínající svým tvarem raketu. Odtud tež název celé prostory. Na protilehlé stěně Dómu u Rakety se nachází na tmavé stěně žlutobílý sintrový povlak, jazyk. Dno Dómu u Rakety je tvořeno hlinitými sedimenty, v s. části se zemními pyramidami, které jsou zasintrované. Strop tvoří podlahový sintr se zarostlými, různě velkými valouny. Dóm u Rakety je spojen se zadní částí dómu Evropská blamáž úzkým puklinovým oknem, pod nímž se nachází vertikální stupeň vedoucí do dalších, zatím nepřistupných částí neznámého rozsahu. Z přední části dómu Evropská blamáž vystupují k J dva souběžné vertikální, puklinové, řídce zasucené stupně. Ty

jou naprosto bez výzdoby. V jednom z nich bylo dosaženo nejníže položené místo Nedobytné jeskyně.

Třetí podzemní patro je odděleno od druhého patra v s. části mocnou vrstvou podlahového sintru (víc než 50 cm) a v přední části strmě upadá do vertikálních nuklin.

Celková délka nových částí objevených v roce 2004 je 22 m a jeskyně má teď délku všech známých prostor 99 m s denivelací 16,5 m.

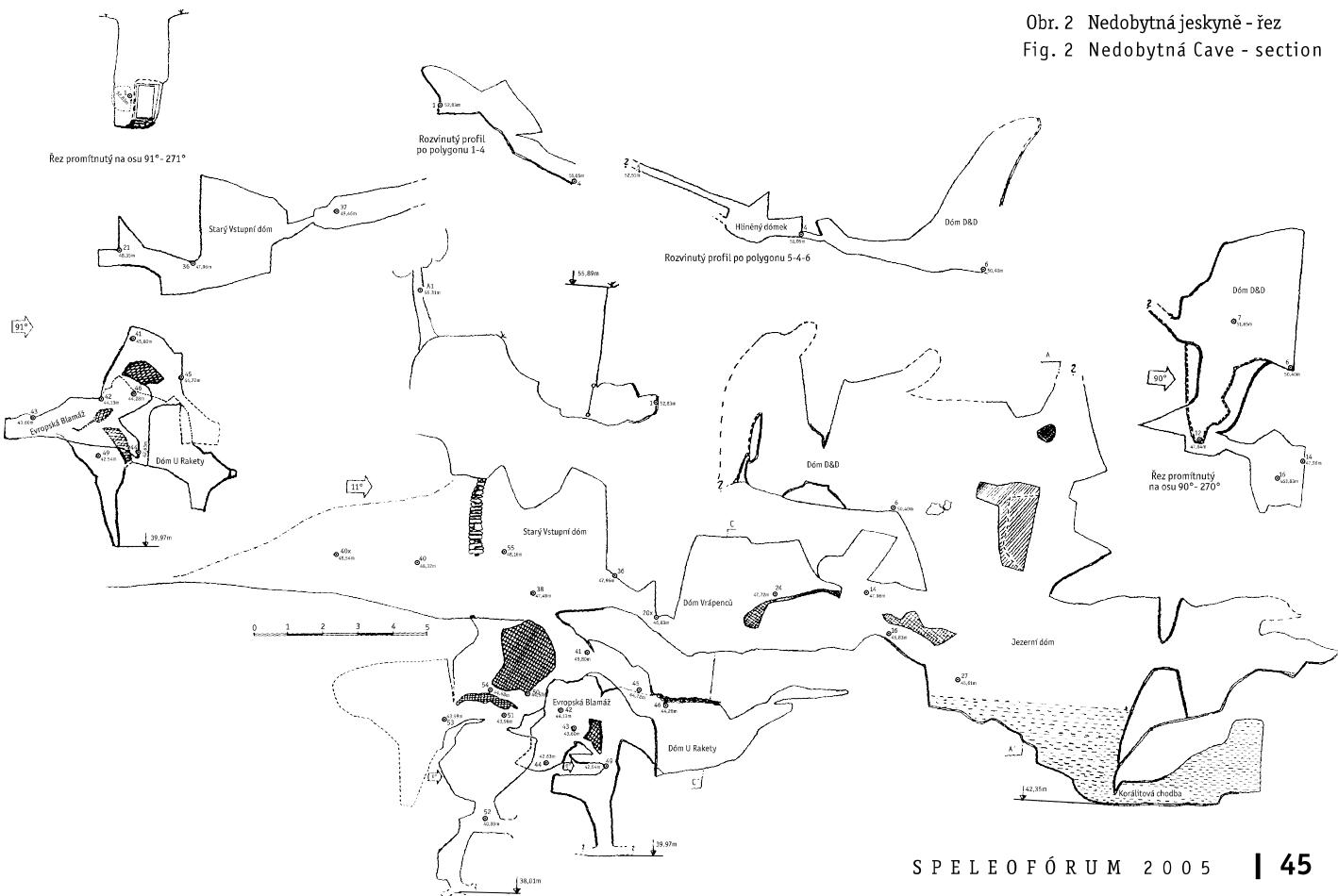
Připravované směry dalších výzkumů

V současné době je několik možností, kudy proniknout do dalších částí Nedobytné jeskyně. První z nich je překonání úžiny nad záclonou, která se nachází v puklině vedoucí přibližně směrem z domu D&D. Další zajímavé možnosti jsou ve dvou nejníže položených místech. A to pukliny pod nově instalovanými vraty a vertikální stupeň mezi Dómem u Rakety a zadní částí domu Evropská blamáž.

Pár poznatků ke genezi jeskyně

Hlavní směr jeskyně je vyvinutý na výrazné vertikální dislokaci mající směr 6 až 9°. Prostory vzniklé na této poruše jsou výrazně rozšířeny v místě křížení s jinými vertikálními, často kolmo položenými, puklinami. Ty někde přecházejí v přítokové kanály, až v úzké chodby (Brčková chodba). Jelikož jsou svým směrem příčně se svážnicí, slouží jako povrchový drén a do jeskyně přivádějí vodu z povrchu. V některých částech jeskyně se projevuje i vliv horizontálních, vrstevních puklin. Dále se prostory rozšiřují podél vložek růžového vápence, který podstatně snadněji zvětrává, než okolní vápnitý dolomit. Tyto vložky jsou široké od 20 cm do 1 m. Jsou uloženy vertikálně ve směru V-Z. Dá se předpokládat, že všechna tři patra tvořila původně jednu úroveň a k jejímu rozdělení na tři došlo vlivem dalšího vývoje jeskyně. Pravděpodobně v předposlední a poslední době ledové, kdy kontinentální ledovec několikrát dosáhl sv. části Ještědského hřebene, došlo vlivem promrzání k rícení stropů v širších prostorách. Ty jsou postupně zapadány většími bloky a vznikají v nich drobná bludiště. Při tomto rícení se vytvořilo horní patro tvořené přítokovými kanály, ale zejména Hlinitým dómkem a dómem D&D. V dómu D&D je výrazně odlišen vysoký a úzký zbytek původního prostoru, který je propojen s nízkou plochou částí, kde dno tvoří ukloněná skalní lavice, oddělená po vrstvách.

Je nutné si uvědomit, že v té době dochází k proměnlivému zvodnění jeskynních prostor tavnou vodu, zejména ze sněhové pokrývky, případně i z vrcholových ledovců, nelze vyloučit vliv stékajících vod přes



Obr. 2 Nedobytná jeskyně - řez
Fig. 2 Nedobytná Cave - section

ZIMOVÍŠTĚ	DATUM	R.HIP	M.MYO	M.DAU	P.AUR	CELKEM
Nedobytná jeskyně	24.11.1997	8	0	0	0	8
Nedobytná jeskyně	20.12.1997	2	0	0	0	2
Nedobytná jeskyně	21.2.1998	3	0	1	0	4
Nedobytná jeskyně	4.4.1998	3	1	0	0	4
Nedobytná jeskyně	6.12.1998	5	0	0	0	5
Nedobytná jeskyně	17.2.1999	6	1	0	0	7
Nedobytná jeskyně	17.3.1999	5	2	2	0	9
Nedobytná jeskyně	26.2.2000	2	0	1	1	4
Nedobytná jeskyně	17.2.2001	7	0	0	0	7
Nedobytná jeskyně	22.12.2001	10	0	0	0	10
Nedobytná jeskyně	22.2.2002	7	1	1	0	9
Nedobytná jeskyně	19.12.2002	22	0	0	0	22
Nedobytná jeskyně	19.2.2003	22	0	0	0	22
Nedobytná jeskyně	17.12.2003	23	0	0	0	23
Nedobytná jeskyně	26.2.2004	19	1	0	0	20
Nedobytná jeskyně	4.12.2004	23	0	0	0	23

Tab. 1 Zimní stavy netopýrů v Nedobytné jeskyni
Table 1 Winter census of bats in Netopýří Cave

hřeben z předledovcového jezera, čemuž nasvědčuje i současný reliéf hřebene. Ledovec v té době měl jen o málo nižší výšku, než Ještědský hřeben a v nedalekém Jitravském sedle ho dokonce dvakrát překonal. Dá se předpokládat, že kontinentální ledovec byl od Nedobytné jeskyně vzdálen jen pouhý jeden až dva kilometry. Dalším faktorem je nižší nadmořská výška celého hřebene, ten se totiž neustále zdvíhá podél lužické poruchy. Také Kryštofovou údolí bylo mělká a pravděpodobně i směr odvodňování Kryštofova údolí mohl být jiný, kdy vody neměly možnost odtékat k řece Stak, jak je tomu dnes.

Nejvýrazněji jsou citelné stopy po protékající vodě v Dómu vrápenec, kde jsou ve stěně výrazné hluboké skalní hrnce, vymleté proudící vodou. Pravděpodobně při předposledním ústupu ledovce došlo ke snížení množství protékající vody a dochází k zaplnění spodních částí sedimenty. Na dně jeskyně vznikají místo skapová jezírka, nebo jsou protékány jen menší množstvím vody. Z tohoto údolí zde zbylo množství ohlazených valounů, ty jsou dnes patrné ve stropě Dómu u Rakety. Postupně vzniká na sedimentech mocná vrstva sintru (cca 50 cm). Při posledním zalednění dochází opět k navýšení množství protékající vody v jeskyni. Ta proniká pod sintr a vyplavuje sedimenty. Tím se vytvořilo spodní, třetí patro jeskyně. V pozdějším období je množství vody protékající jeskyní malé a vzniká bohatá krápníková výzdoba. Při současné fázi výzkumu Nedobytné jeskyně a propasti Rokytky nemohu říct, do jaké míry je výše uvedené časové vymezení vzniku jednotlivých patr jeskyně správné a předpokládám, že zpřesnění by mělo přinést datování sintrů.

Nedobytná jeskyně pravděpodobně vznikla na výrazné dislokaci jako jeskyně svahová, kde hlavní směr odvodňování podzemních částí byl jižní. Současný aktivní tok na dně propasti Rokytky je pravděpodobně původně samostatná jeskyně charakteru jeskyně s mnohonásobnými freatickými koleny. Její směr odvodňování je k V. Tento aktivní tok se prořízl i do dislokace, na níž je vyvinutá Nedobytná jeskyně. Stekající vody z úrovně Nedobytné jeskyně erozivně rozšířily tuto puklinu navazující na svrchní koleno aktivního toku jeskyně Rokytky a druhotně obě jeskyně spojily v jeden systém.

Výzkum biospeleologické (kvadrát 5255)

Od samotného objevení Nedobytné jeskyně je tato lokalita chiropterologicky sledována. De facto výsledky chiropterologického výzkumu vedly k nalezení nejrychlejší cesty do prostoru této jeskyně. Po jejím prozkoumání už nebyl proveden žádný další odchyt a chiropterologický výzkum se omezil jen na zimní sčítání. Celkem byly na lokalitě prokázány čtyři druhy (tab. 1), z tohož iž tři jsou popsány Horáčkem a kol. (1999). Jsou to *Rhinolophus hipposideros* (vrápenec malý), *Myotis myotis* (netopýr velký), *Myotis daubentonii* (netopýr vodní) a nově *Plecotus auritus* (netopýr ušatý). Většinou byly zaznamenány jen jednotlivé kusy, pouze druh *Rhinolophus hipposideros* (vrápenec malý) zde tvoří stálou populaci. Za devět zimních sezón, co je tato lokalita známá, jeho početnost narůstá (viz tab. 1). Nárůst početnosti populace druhu *Rhinolophus hipposideros* (vrápenec malý) je vysoko statisticky průkazný ($p=0,0006$, násobné $R=0,8336$). Ve stejném období probíhalo i sledování zimního výskytu netopýrů v propasti Rokytky. Zde bylo prokázáno celkem 7 dru-

ZIMOVÍŠTĚ	DATUM	R.HIP	M.MYO	M.DAU	M.MYS	M.NAT	P.AUR	E.NIL	CELKEM
Rokytka	20.12.1997	0	0	0	0	0	3	0	3
Rokytka	4.4.1998	0	2	0	0	0	0	0	2
Rokytka	19.12.1998	0	1	0	0	1	2	1	5
Rokytka	9.1.1999	0	2	1	0	1	4	0	8
Rokytka	17.2.1999	0	2	1	0	0	3	0	6
Rokytka	15.12.1999	2	0	0	0	0	0	0	2
Rokytka	26.2.2000	1	2	1	0	0	0	0	4
Rokytka	17.2.2001	0	2	0	0	0	0	0	2
Rokytka	22.12.2001	0	3	0	0	1	5	0	9
Rokytka	22.2.2002	0	3	1	0	1	1	0	6
Rokytka	19.12.2002	0	1	0	0	0	0	0	1
Rokytka	19.2.2003	0	2	1	0	0	2	0	5
Rokytka	17.12.2003	0	0	1	0	0	2	0	4
Rokytka	26.2.2004	0	0	1	0	0	0	0	1
Rokytka	20.11.2004	0	1	0	1	0	0	0	2
Rokytka	13.12.2004	0	3	0	0	0	1	0	4

Tab. 2 Zimní stavy netopýrů v propasti Rokytky
Table 2 Winter census of bats in Rokytk Shaft

hú (tab. 2), z nichž již 5 je popsáno Horáčkem a kol. (1999). Jsou to *Myotis myotis* (netopýr velký), *Myotis daubentonii* (netopýr vodní), *Myotis nattereri* (netopýr řasatý), *Plecotus auritus* (netopýr ušatý), *Eptesicus nilssonii* (netopýr severní) a nově *Rhinolophus hipposideros* (vrápenec malý) a *Myotis mystacinus* (netopýr vousatý).

V období od 4.6.1998 do 27.4.1999 umístili RNDr. J. Růžička a Ing. P. Vonička v Nedobytné jeskyni tři zemní pasti s návnadou (zrající sýra a ryba). Následuje přehled zjištěných druhů brouků. Veškerý uvedený materiál je uložen ve sbírce J. Růžičky (Praha), který materiálu i určoval (pokud není uvedeno u jednotlivých druhů jinak).

Jezerní dóm:

čeled' *Geotrupidae*: chrobák *Anoplotrupes stercorosus* – 1 ex.;

čeled' *Histeridae*: mršník *Margarinotus striola succicola* – 1 ex. (J. Vávra det. 2005);

čeled' *Leiodidae*: zdechlináři *Catops fuliginosus fuliginosus* – 1 samec; *Catops longulus* – 3 samci, 2 samice; *Catops subfuscus* – 1 samice;

Starý vstupní dóm

čeled' *Leiodidae*: zdechlináři *Catops fuliginosus fuliginosus* – 1 samice; *Catops picipes* – 1 samec; *Catops tristis tristis* – 1 samice;

vchod

čeled' *Cryptophagidae*: maločlenec *Cryptophagus* sp. – 2 ex.;

čeled' *Curculionidae*: nosatec *Brachysomus cf. echinatus* – 3 ex.;

čeled' *Hydrophilidae*: vodomil *Megasternum concinuum* – 1 ex. (M. Fikáček det.);

čeled' *Leiodidae*: zdechlináři *Catops fuliginosus fuliginosus* – 1 samec; *Catops longulus* – 4 samice; *Catops picipes* – 2 samice; *Catops subfuscus* – 1 samice; *Catops tristis tristis* – 2 samice;

čeled' *Ptiliidae*: pírnik *Acrotrichis* sp. – 2 samice;

čeled' *Staphylinidae*: drabčík *Acidota* sp. – 1 samice;

Věsměs se jedná o brouky náhodně nalezené do jeskyně z povrchu. Jediný druh brouka s určitou vazbou na jeskynní prostředí je zdechlinář *Catops longulus* Kellner, 1846 (čeled' *Leiodidae*) – v ČR růdceji se vyskytuje druh, nalézáný často ve vstupních partiích jeskyní či v norách savců a pravidelně také v sutích.

Závěr

Nedobytná jeskyně byla objevena 24.11.1997 a následně byla prozkoumána dvě podzemní patra (Horáček a kol. 1999). Pro další průzkum lokality bylo nutné otevřít pravděpodobně zastřelený vstup ústící do druhého podzemního patra. Tyto práce byly započaty 25.3.2000. Cílem této práce bylo vytvořit přístupovou cestu do jeskyně (včetně venkovního prostoru), která by umožnila snazší transport vykopaného materiálu z jeskyně ven a zajistila i dostatečný vstup pro případné poskytnutí zdravotní pomoci. V průběhu této práce byl věnován i čas sledování vnitřních poměrů v jeskyni. V roce 2001 vyschllo zcela skapové jezírko v Jezerním dómu. Na jeho dně byl objeven sifon a po jeho překonání byla nalezena 8 m dlouhá Korálitolová chodba s unikátní výzdobou tvořenou nodularním, subakvatickým sintrem. Počátkem roku 2002 jsme postupnou prolongací odkryli portál vstupu do druhého podzemního patra. Ten byl začítěn a byla do něj osazen vrata obezděná z místního kamene. Teprve poté by-

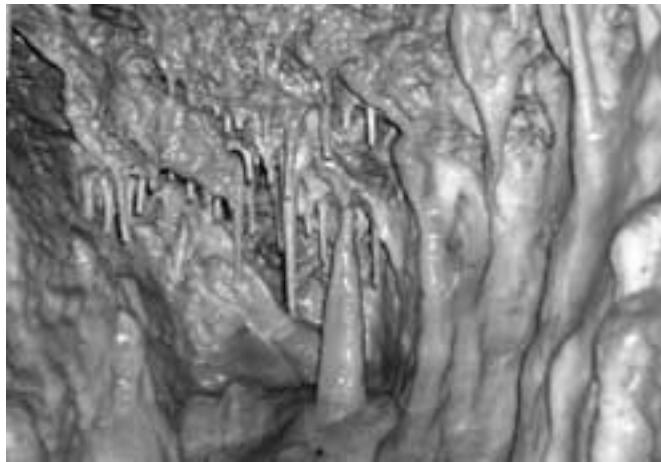


Foto 1 Nedobytná jeskyně (foto D. Horáček)

Photo 1 Nedobytná Cave (Photo by D. Horáček)

Foto 2 Nedobytná jeskyně (foto D. Horáček)

Photo 2 Nedobytná Cave (Photo by D. Horáček)



lo pokračováno v další prolongaci. Koncem roku 2003 jsme konečně pronikli do známých částí Nedobytné jeskyně, konkrétně do Starého vstupního dómu, spodním vchodem. Pro pokračování ve výzkumech bylo nutné ve Starém vstupním dómu dočistit dno pro získání výchozí pozice pro průnik do v té době neznámých částí jeskyně a zajištění základů pro zděný opěrný pilíř nestabilní části stropu. V dubnu 2004 se nám nečekaně otevřela úzká puklina hned za nově instalovanými vraty. Po jejím rozšíření jsme 1.5.2004 pronikli do třetího podzemního patra Nedobytné jeskyně (obr. 1, 2). První prostora byla nazván Evropská blamáž, z ní jsme pronikli do Dómu u Rakety a úzkých puklin doucí hluboko pod do té doby známou nejnižší úroveň Nedobytné jeskyně. Celková délka nových částí objevených v roce 2004 je 22 m a jeskyně má teď délku všech známých prostor 99 m s denivelací 16,5 m. Při výše popsaných speleologických průzkumech Nedobytné jeskyně byly získány nové poznatky o genezi této jeskyně. Původně vznikla prostora na výrazné vertikální dislokaci o směru 6 až 9°, s prostory rozšířenými na místech křížení s jinými puklinami, nebo s vložkami růžových vápenců. Vlivem říčení, pravděpodobně v posledních dobách ledových, došlo k vytvoření horního patra a později za sedimentování spodní části, překrytím sedimentu asi 50 cm mocným sintrem a následnému vypláchnutí sedimentu se vytvořilo třetí patro.

Nedobytná jeskyně pravděpodobně vznikla jako svahová, pod kterou se vytvořila samostatná freatická jeskyně Rokytka s mnohonásobnými koleny. Později se obě jeskyně po dislokaci, na níž je vzniklá Nedobytná jeskyně, spojily v jeden systém.

Chiropterologické výzkumy na obou lokalitách probíhaly ve dvou rovinách a to odchyt a zimní sčítání (Horáček a kol. 1999). Od objevení Nedobytné jeskyně (24.11.1997) se provádí pouze zimní sčítání.

V Nedobytné jeskyni byly prokázány 4 druhy (tab. 1) a v propasti Rokytka 7 druhů (tab. 2). Populace druhu *Rhinolophus hipposideros* (vrápence malého) v Nedobytné jeskyni narůstá ($p = 0,0006$) (viz tab. 1).

V období od 4.6.1998 do 27.4.1999 byly v Nedobytné jeskyni umístěny tři zemní pasti. Celkem bylo zastiženo 12 druhů brouků. Jediný zjištěný druh brouka s určitou vazbou na jeskynní prostředí je zdechlinář *Catops longulus* Kellner, 1846 (čeče *Leiodidae*).

Poděkování

Velmi děkuji RNDr. Janu Růžičkovi za poskytnutí nepublikovaných dat o zjištěné fauně bezobratlých v Nedobytné jeskyni. Dále děkuji všem jeskyňářům, kteří se podíleli na prolongačních a uzavíracích pracích v Nedobytné jeskyni.

Literatura:

Horáček D. a kol. (1999): Rokytka – stará a nové objevy. – Speleoforum '99: XXIII – 30. Praha.

S u m m a r y :

New data on karst in the Kryštofov Valley near city of Liberec - Rokytka

The cave was discovered on November 24, 1997. It consists of two levels. Some discoveries from 2001 are nicely decorated. The third level was discovered in 2004. The total length of the cave is recently 99 m and depth is 16.5 m. The winter bat census discovered that the population of *Rhinolophus hipposideros* is increasing. *Catops longulus* Kellner, 1846 (*Leiodidae*) represents the only beetle species.

Nové poznatky o proudění vody a vzniku propasti Rokytka v Kryštofově Údolí u Liberce

Jiří Bruthans, Anna Vojtěchovská, Jan Kukačka, Ondřej Zeman a Daniel Horáček
(ZO 1-05 Geospeleos, ZO 5-01 Bozkov a ZO 4-01 Liberec)

Úvod

Na podzim roku 2000 jsme byli kontaktováni Václavem Velechovským ze 4-01 Liberec za účelem studia původu vody v propasti Rokytka v Kryštofově Údolí u Liberce. Prozkoumanost oblasti, geologie i výsledky ze studia v letech 2001 a 2002 jsou podrobнě diskutovány v diplomové práci (Vojtěchovská 2002). Základní údaje o jeskyních a pramenech oblasti popsala Horáček a kol. (1999) včetně výsledků stopovacích zkoušek mezi propastí Rokytka a vodárnou Pila. Tok v propasti Rokytka se nachází 3 m pod úrovňí Údolského potoka vzdáleného pouhých 60 m od jeskyně (Horáček a kol. 1999). Lhotský (1968) popisuje stopovací zkoušku, kdy byla s použitím NaCl ověřena komunikace mezi železničním tunelem procházejícím vápenci 900 m jižně od vodárny a prameny ve vodárně. Předcházely tomu občasné objevy bakterií ve vodárně. Poté bylo dno tunelu zatěsněno. Milka (v Horáček a kol. 1999) srovnával chemické složení vody v propasti s Údolským potokem.

Metodika

Měření průtoku pramenů bylo provedeno pomocí nádob o objemech do 65 l, v případě Údolského potoka a toku v propasti Rokytka byla použita chemická iteracní metoda (princip dokonalého zředění známého množství soli a sledování pomocí konduktometru (Ouhrabka 1992). Ze srovnatelních lokalit je zřejmé, že přesnost metody se pohybuje okolo $\pm 5\%$.

Chemické analýzy provedly laboratoř České geologické služby v Praze Barrandově. Stopovací zkoušky byly vyhodnoceny pomocí programu Otracer2 (Field 2002). Případné korozní vlastnosti vody (saturační index) byly vypočteny z chemického složení, teploty a pH pomocí programu PhreeqC (Parkhurst a kol. 1999).

Teplo a výdatnost pramenů a toku v jeskyni

Jednotliví autoři uvádějí různou výdatnost pramenů v propasti Rokytka (vodárně), které bylo využíváno pro zásobování Liberce, Machnín a místní ob-

1	datum	m nad vodárnou	Vodárná I (l/s)	Vodárná A (l/s)	T. vývěr z Rokytky (l/s)	ceková výdatnost prameniště (A+B+C+T) (l/s)	Propast Rokytky (l/s)	Tufový pramen (l/s)	poznámka
10.12.2000	50?	3?	7,2	0,6?	10?	2 až 5?	0,5?		
28.4.2001	200?	4,6	9,3	7,5		7,1	1?		
3.5.2001	200?	4,6	9,3	7,5	20				
2.11.2001					1,7				
29.11.2001					5,6				
12.1.2002					3,5				
24.1.2002	400?	4,4	10	21		35		3?	
19.6.2004	100				3,4			4,8	

Tab. 1 Průtoky měřené v propasti Rokytky, vodárně a dalších objektech. Otazníky značí odhad výdatnosti (neměřeno). Z tabulky je zřejmá značná rozkolísanost průtoku na vývěru z jeskynního systému (T).

Tab. 1 Discharge measurements in Rokytk Chasm, springs and stream. Question marks signify estimated values (without measurements) .

Tab. 2 Měření teplot pramenů ve vodárně, Tufovém prameni a propasti Rokytky (*měření převzata z Horáček a kol., 1999). Další komentář v textu.

Tab. 2 Temperature measurement on springs and Rokytk Chasm (*measured by Horáček a kol., 1999). More comments in the text.

2	datum	Údolský potok (oC)	Vodárná A (oC)	Vodárná B (oC)	T. vývěr z Rokytky (oC)	Travertinový pramen (oC)	Propast Rokytky (oC)
4.10.1991*	10,4						9,2
12.4.1992*	10,9						10,9
10.12.2000	6	8,3	8,6	8,5	8	8,8	
28.4.2001	9	7,8	7,4	7,5	7,9	7,5	
3.5.2001	11,5	7,9	7,45	7,6	8		
19.5.2001	10,2				7,4		
25.5.2001	8,2	7,4	7,4	7,5	7,7		
1.6.2001	9,8	7,6	7,4	7,6	7,8		
8.6.2001	10,6	7,7	7,4	7,8	7,9		
15.6.2001	11,2	7,7	7,5	7,8	7,8		
21.6.2001	11,4	7,6	7,7	8	7,9		
3.7.2001	10,9	7,7	7,5	8	7,9		
27.7.2001	13,7	8	7,9	8,1	8,2		
6.8.2001	12,2	8,1	8,1	8,2	8,3		
6.9.2001	12,1	8,1	7,8	9,1	7,9		
2.11.2001	8,2	8,6	8,9	9,3			
29.11.2001	3,9	8,5	8,6	8,8	8		
12.1.2002	1,6	8,2	8	7,7			
24.1.2002	3,8	8,2	7,7	7,8	8		
19.6.2004	11,4	7,5		8	8	8	
max	13,7	8,6	8,9	9,3	8,3	8,8	
min	1,6	7,4	7,4	7,4	7,7	7,5	
max-min	12,1	1,2	1,5	1,9	0,6	1,3	

4	datum	zás	potok, profil 1	potok, profil 2	potok, profil 3	potok, profil 4	propast Rokytky	trubka I	poznámka
2.11.2001		104	94*					1,7	
19.6.2004	cca 10:00							3,4	
dtto	cca12:00							89	před deštěm, neovlivněno
dtto	13:30								ditto
dtto	cca16:00							101	po prudším dešti, ovlivněno
dtto	cca17:00		116						ditto
dtto	cca18:00	102							ditto
dtto	19:00							4,8	
dtto	19:30							3,4	bez deště
20.6.2004	10:30							93	bez deště
dtto	11:40							3,1	bez deště
dtto	12:40		99						bez deště
dtto	13:30		89						bez deště
dtto	15:00			93					bez deště
dtto	16:00				86				bez deště

Tab. 4 Měření průtoku Údolského potoka. Průtok Údolského potoka během měření 20.6.2004 pomalu klesal (*měřeno na úrovni propasti Rokytky). Průtok narůstá v úseku mezi tenisovými kurty a místem 100 m nad propasti Rokytky o cca 10–20 l.s⁻¹ (část vody pochází z pramenů, část z toku od Čechovní štoly). Odtud průtok klesá do místa pod propasti Rokytky, což indikuje zřejmě existenci skrytých ponorů.

Tab. 4 Údolský Brook discharge measurements. During second campaign on 20.6.2004 the discharge was slightly dropping down. Discharge is rising between tennis court and place 100 m above Rokytk Chasm of 10 to 20 l.s⁻¹. After that there is significant drop in discharge indicating the presence of hidden sinks in riverbed.

3	objekt	teplota vody (oC)	konduktivita přepracovaná na 25°C (µS/cm)	pH	HCO ₃ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	F (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	Li (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Si kalcit (PříseďC)	Ca/Mg poměr
vývěr Rokytky (trubka T)	8,0	320	7,4	146	5,1	0,12	33,8	3,7	38,4	1,4	11	14,2	3,6	-0,53	2,7	
Propast Rokytky tok	8,0	323	7,5	146	5,0	0,12	34,2	3,7	39,6	1,4	6	14,3	3,6	-0,41	2,8	
vodárna A	7,5	341	7,6	159	6,1	0,11	33,4	3,4	40,3	1,0	9	15,9	3,1	-0,34	2,5	
Travertinový pramen	8,0	501	7,4 (8,2*)	256	9,2	0,06	42,5	3,3	62,9	1,2	10	30,3	2,4	-0,17 (+0,64*)	2,1	
Údolský potok nad prameny	11,4	214	7,8	73	3,2	0,13	34,8	2,8	26,7	1,0	8	7,6	3,3	-0,50	3,5	
systém Rokytky, zastoupení nekrasové vody				60%	70%					66%			72%			
vodárna A, zastoupení nekrasové vody				53%	50%					63%			62%			

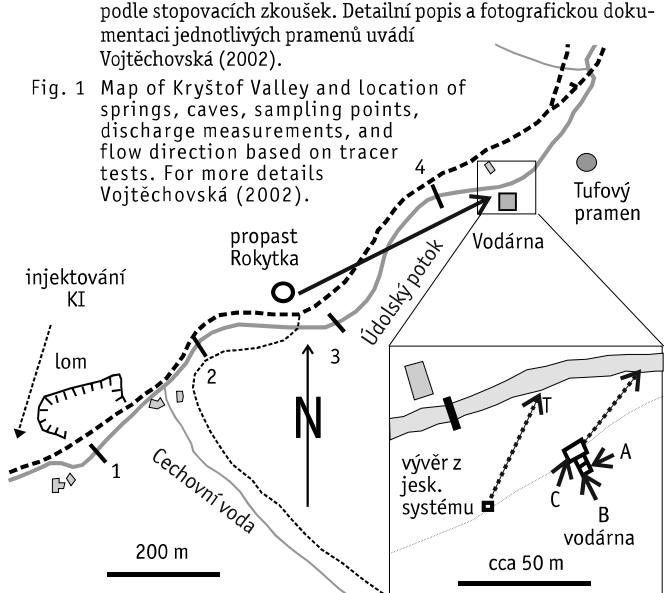
Tab. 3 Stanovení chemizmu z 19.6.2004 (laboratoře ČGS Barrandov, Praha). Teplota, konduktivita a pH bylo měřeno přímo v terénu (*měřeno 30 m pod pramenem). Starší chemické analýzy uvádí Horáček a kol. (1999).

Tab. 3 Basic chemical analysis of samples taken 19.6.2004 (ČGS laboratories Barrandov, Praha), Temperature, conductivity, pH was measured in the field (*measured 30 m above the spring). Compare with older chemical analysis in Horáček a kol. (1999).

ce. Podle Krutského (1995) se zde využívala výdatnost 7–28 l.s⁻¹. Lhotský (1967) uvádí výdatnost pramene mezi 18–20 l.s⁻¹. Podle Sedlářea a Kořána (1970) je výdatnost menší a pohybuje se v rozmezí 10–12 l.s⁻¹. V době provádění našich měření se výdatnost celého prameniště pohybovala mezi 10–35 l.s⁻¹ (prameny A, B, C, T; tab. 1). Výdatnost trubky T a tedy hlavního vývěru z propasti Rokytky výrazně kolísá mezi cca 0,1 l.s⁻¹ (nízký stav, listopad 2004) a 21 l.s⁻¹ (vysoký stav, 24.1.2002).

Obr. 1 Topografická situace Kryštofova Údolí s vyznačením zkoumaných objektů, profilů měření průtoků i směru proudění podzemní vody podle stopovacích zkoušek. Detailní popis a fotografickou dokumentaci jednotlivých pramenů uvádí Vojtěchovská (2002).

Fig. 1 Map of Kryštof Valley and location of springs, caves, sampling points, discharge measurements, and flow direction based on tracer tests. For more details Vojtěchovská (2002).



Teplota vývěru (trubka T) i toku v propasti Rokytky je téměř shodná a kolísá nejméně o 1,5 °C (tab. 2). Kolísání teploty v propasti Rokytky je jasným důkazem, že voda (z části) pochází z ponorů Údolského potoka (jinak by byla teplota stálá). Z měření je zřejmé, že nejnižší teploty jsou vázány na duben až červen (7,4–7,6 °C) a nejvyšší naopak na září až prosinec (8,5–9,1 °C). Minimální a maximální teploty vody v jeskynním systému mohou být zpožděny cca o 4–6 měsíců oproti teplotě vody v vzduchu na povrchu. Takový posun a průběh teploty během roku podobný sinusoidě je jasným důkazem, že voda proudí během své cesty po určitém části v hlbobce prvních metrů pod terénem. Voda v této hlbobce přejímá průběh teploty vznikající vlivem vedení tepla kondukcí sedimenty od povrchu (detaile Bruthans, 1999). Voda do propasti Rokytky tedy neproniká přes otevřené ponory (pak by muselo být kolísání teplot nepravidelnější a extrémní hodnoty vázány na léto a zimu), ale voda z Údolského potoka se vsakuje do náplavů a proudí jimi po značné době při povrchu, než se dostane do vápenců. Prameny A a B vyzkoušely poněkud kolísání teploty, což je odrazem menšího zastoupení nekrasové vody v propasti Rokytky (Vojtěchovská, 2002).

Chemické vlastnosti vody a schopnost koroze
Původ vody v propasti Rokytky byl studován pomocí stanovení chemického složení (tab. 3). Výsledky jsou následující:
1) Složení vody Rokytky-propast Rokytky-vývěr je zcela shodné (svýjímkou lithia, kde se však spíše jedná o chybu ve stanovení malých koncentrací, než o skutečný rozdíl). To odpovídá výsledkům stopovacích zkoušek, která ukázala, že vývěr je tvořen v září částí vody z propasti. Podobně i voda z vodárny se liší od Rokytky nepatrně, mírně vyššími hodnotami větších iontů.
2) Největší rozdíl existuje mezi vodou Údolského potoka a vodou Tufového pramene. Oba objekty tvoří většinu iontů dva koncové členy, to znamená, že původ vody ostatních pramenů lze vysvetlit mísením těchto dvou typů vod. Zatímco Tufový pramen je představitelem chemizmu autochtonních vod (infiltrovaných přes půdní profil přímo na krasovém území), voda potoka je naopak představitelem nekrasových (allochtonních) vod. Z koncentrací iontů lze proto u každého pramene zhruba určit zastoupení nekrasové vody, která se do vápenců dostává buď průniky po zlomech z okolního krystalinika nebo z ponoru potoka (rovnicemi mísení). V případě systému Rokytky-propast-vývěr tvořily nekrasové vody

	5	propast Rokytky - vodárna A (28.4.2001)	propast Rokytky - vodárna B+C (28.4.2001)	propast Rokytky - trubka T (28.4.2001)	propast Rokytky - trubka T (19.6.2004)
průtok na místě injektáže (l/s)	7,1	7,1	7,1	4,8	
průtok na místě vzorkování (l/s)	4,5-4,8	5,6-5,9	6,9-7,9	3,4	
vzdálenost místa injektáže a sledování (m, x 1,5)	465	465	465	465	
čas prvního objevení (hod)	3,7	3,4	2,8	3,4	
čas maximální koncentrace (hod)	5,5	5,5	3,9	4,8	
čas ležení a střední doba zdřžení (hod)	8,8	8,3	4,4	6,1	
čas ležení a střední doba zdřžení (dny)	0,37	0,35	0,18	0,25	
střední rychlosť - podél střední doby zdřžení (m/den)	1300	1380	2510	1870	
maximální rychlosť - podél prvního objevení (m/den)	3020	3280	3990	3250	
koefficient disperze (m^2/s)				0,67	
podélní disperzivita (m)				3,1	
Početové číslo ()	10	8	48	149	
návratnost stopovače	3 až 4%	4%	66 až 76%	47%	
návratnost stopovače (včetně dalších objektů)	73-84%	73-84%	73-84%	na 47%	
objem kanálu (m^3), podle Q na místě vzorkování	143-152	167-176	105-125	75	
průměrná plocha omočeného profilu (m^2), podle Q na místě vzorkování	0,32	0,37	0,25	0,16	
objem kanálu (m^3), podle Q na místě injektáže	225	212	112	105	
průměrná plocha omočeného profilu (m^2), podle Q na místě injektáže	0,48	0,46	0,24	0,23	

Tab. 5 Parametry získané ze stopovacích zkoušek. Viz zejména objem kanálu a plocha omočeného profilu, který ukazuje, že prostory zřejmě nebudou přístupné pro potápěče. Detailní komentář viz Vojtěchovská (2002) a Field (2002).

Tab. 5 Karst conduit and flow parameters based on tracer tests. For more details see Vojtěchovská (2002) and Field (2002).

cca 60–70 % vydatnosti pramene. V případě vodárny A bylo jejich za-stoupení nižší, cca 50–60 %. Je tedy zřejmé, že na rozdíl od Tufového prameňsou zbývající prameny z výrazné části tvořeny nekrasovou vodou a to i z nízkých vodních stavů.

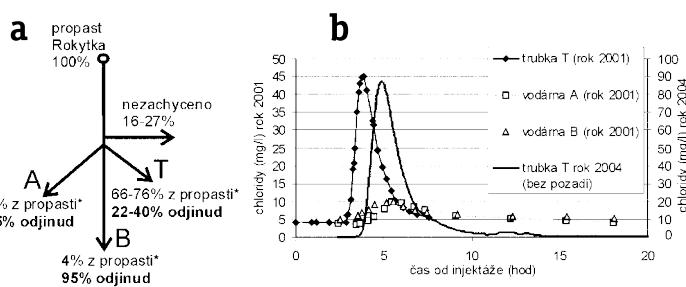
3) pH měřeného na místě a chemického složení bylo v programu Phreeqcypočten saturační index ke kalcitu, který ukazuje, zda-li má voda korozní schopnosti (záporné hodnoty, zejména SI (-0,5), nebo se z ní naopak bude CaCO_3 srážet (kladné hodnoty, zejména SI (+0,5)). Z výsledků patrné, že v Údolském potoce a systému Rokytky je voda korozní (SI –0,4 až –0,5). V ostatních objektech pak jen mírně korozní až neutrální a to včetně Tufového pramene (SI –0,2; pH 7,4). Teprve po prvních desítkách metrů proudění na strém svahu a úniku CO_2 z roztoku se voda z Tufového pramene stává výrazně přesycená, což je zřejmé i z současného srážení pěnovců (SI +0,6; pH 8,2). Korozní schopnosti vody byly autory zjištěny i v toku v Chýnovské jeskyni (SI –0,4; potvrzeno mramorovou zkouškou) a prameni Blom-blom na Králickém Sněžníku (SI –1,4).

Měření průtoku

Pro určení, zda-li se voda z Údolského potoka propadá, byla provedena řada měření průtoků na profilech nad a pod propastí Rokytky. První série měření byla provedena v listopadu 2001, přičemž se ukázalo, že nad propastí Rokytky se ztrácí okolo 20 l.s⁻¹ (Vojtěchovská 2002). Pro potvrzení výsledků bylo měření opakováno ve dnech 19.–20.6.2004 (tab. 4). Celkem bylo provedeno 20 měření chemickou metodou na 4 profilech (ve dvou opakování). Z výsledků je jednoznačné, že průtok narůstá v úseku mezi tenisovými kurty a místem 100 m nad propastí Rokytky o cca 10–20 l.s⁻¹ (část vody pochází z pramenů, část z toku od Čechovníštoly). Odtud průtok klesá do místa pod propastí Rokytky o 5 až 20 l.s⁻¹. Voda se zřejmě infiltruje do nivních náplavů a teprve odtud do vápenců.

Stopovací zkoušky

Horaček a kol. (1999) prokázali, že voda z propasti Rokytky proniká během necelých čtyř hodin do vodárny, přičemž podteká Údolský potok. Pro zjištění, v kterém zvývěře vodárna se voda z jeskyně objevuje, jsme 28.4.2001 stopovací zkoušku opakovali s NaCl. Stopovač byl injektován do toku v propasti, sledován byl již pouze vývěr T. Výsledky NaCl jsou uvedeny v tab. 5; výsledky ostatních stopovačů jsou s NaCl ve shodě, budou diskutovány v jiné práci. Při zkoušce bylo poprvé použito programovatelné, plně automatické zařízení pro odběr vzorků, zkonstruované O. Zemanem a J. Kukačkou na Universitě Karlově (obr. 4). Zařízení využívá programovatelný krokový motor a další díly vsouhrnně ceně nepresahující 10 tis. Kč. Vzorky byly automaticky odebrány v intervalu 20 a později 30 min. Navíc byla měřena konduktivita v intervalu 1 min.



Obr. 2 Proudová síť na základě stopovací zkoušky a průběhové křivky stopovaců v jednotlivých prameňech. Číslo s hřeždičkou znamená, kolik procent stopovače z propasti dorazilo do jednotlivých prameňů (suma 100 %, rozptyl je dán nepřesností měření průtoků). Naopak spodní hodnota uvádí, kolik % stopovače přítéká z jiného zdroje (tj. u A a B tvoří voda z propasti jen 5 %, naopak u T velmi převažuje: 60–78 %).

Fig. 2 Karst conduit network based on breakthrough curves of first tracer test in particular springs (*tracer recovery in individual springs).

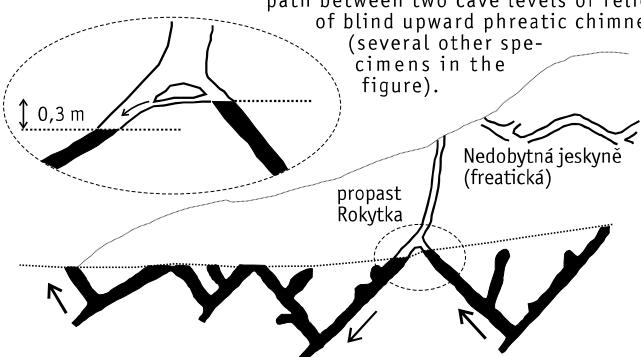
Většina vody z propasti Rokytky se objevuje v jímce při úpatí svahu a potocni nivy asi 50 m západně od vodárny (Rokytky – vývěr). Jímka je zakryta ocelovým poklopem a na jejím dně je vidět korozí rozšířený kanálek, z kterého voda vývěrá. Odtud již voda velmi rychle odtéká betonovou rourou o světlosti 300 mm, zaústěnou do Údolského potoka (trubka T).

Stopovací zkoušky shodně prokázaly, že velikost zatopeného kanálu mezi propastí Rokytky a vývěrem jsou dosť malé (okolo 110 m³, což odpovídá ploše omočeného profilu 0,25 m²). Prostory tak zřejmě budou v mnoha úsecích pod hranicí průleznosti pro potápěče. Zde stojí za zmínku, že přesnost výpočtu objemu krasového kanálu pomocí stopovací zkoušky byla testována ve spolupráci s F. Krejčou v prostoru Kaskád v Chýnovské jeskyni (Bruthans a Vojtěchovská 2004). Objem prostor byl přesně určen z doby plnění při dvou čerpacích zkouškách, kdy byl prostor Kaskád úplně vyčerpán (Krejča a kol. 2003). Stopovací zkouška v zatopených prostorách poskytla výsledek prakticky identický (210 m³) svýsledkem získaným z doby plnění prostor při známém průtoku (190 m³). Jetedy zřejmé, že výsledky stopovacích zkoušek souvisejí ohledu hodnotově a přesně.

Pro určení komunikace mezi Údolským potokem a jeskynním systémem Rokytky byly 19.6.2004 v 19. hodiny injektovány 3 kg KI do potoka asi 500 m nad propastí Rokytky. Vzorkován byl pramen T v intervalu 30 min. po dobu 24 hod. Následné stanovení vzorků pomocí ISE elektrody (metodika viz Kobrová a kol. 1983) ukázalo, že koncentrace I- ve vzorcích nepřesáhla 0,4 mg.l⁻¹ a stopovač se tak ve vzorcích neobjevil. I při zředění do 2 000 m³ vody by přitom měl být jasné určitelný. Pravděpodobně proto doba zdřžení mezi potokem a jeskyní přesahuje za daného vodního stavu 20 hod.

Obr. 3 Propast Rokytky zasazená do typového prostředí freatické jeskyně s mnohonásobnými ohyby (upravila Vojtěchovská 2002 podle Ford a Ewers, 1978). Propast v minulosti pravděpodobně buď fungovala jako spojující kanál mezi jeskynními úrovněmi nebo se jedná o relikt slepého do vrchního freatického komína (viz slepé komíny na obrázku).

Fig. 3 Rokytky chasm located into ideal sketch of phreatic cave with multiple loops (Vojtěchovská 2002 modified after Ford a Ewers, 1978). Rokytky chasm is probably remnant of connecting path between two cave levels or relict of blind upward phreatic chimney (several other specimens in the figure).



Poznámky k charakteru a vzniku jeskyní v oblasti

Vznik jeskyně je zřejmě spojen s korozní činností vody Údolského potoka a nekrasových vod přítékajících po zlomech z okolních fytitů. V současnosti korozní rozširování prostor ve freatické zóně pokračuje (viz SI index vod, výše).

Propast Rokytka i jeskyně Rokytka II patří zřejmě pod typ 3 (Ford a Ewers 1978) jeskyně s mnohonásobnými freatickými koleny (obr. 3). Dno propasti Rokytka je pěkným příkladem dovrchní části freatického kolena, kde po poklesu hladiny v spodní části systému vznikl strmý spád hladiny (v současnosti cca 0,2 m na 3 m). Je zde možné pozorovat vznik kanálků, které po rozšíření sníží hladinu (zkratky).

Zajímavostí jsou velmi masivní síntry nalézané nejen v jeskyních, ale místy i na povrchu. Bylo by velmi zajímavé pokusit se je datovat (U/Th metoda).

Závěr

Opakování stopovací zkouška ukázala, že neznámý aktivně protékající jeskynní systém mezi propastí Rokytka a vodárnou má jen malý objem (110 m³), což odpovídá ploše omočeného profilu 0,25 m². Zatopený jeskynní systém bude tedy zřejmě neprůstupný pro potápěče.

Opakování měření průtoku Údolského potoka na řadě profilů ukázalo, že z potoka se v úseku cca 100 m nad propastí Rokytka ztrácí voda do podzemí v množství cca 5–20 l.s⁻¹. Z charakteru kolísání teploty vody v jeskynním systému je zřejmé, že voda z potoka do jeskyně neproniká přes otevřené ponory, ale před vniknutím do vápenců teče po značnou dobu v hloubce prvních metrů pod povrchem v potočních náplavech. Doba průniku vody z potoka do jeskynního systému zřejmě přesahuje 20 hod. (negativní stopovací zkouška).

Z chemického složení je zřejmé, že voda Údolského potoka a voda v jeskynním systému Rokytka je schopna koroze a to i za nízkých vodních stavů. Ze srovnání s chemizmem Tufových pramenů představujícího autochtonní vody je zřejmé, že cca 60–70 % vody v jeskynním systému je tvořeno nekrasovou vodou, z větší části zřejmě z Údolského potoka. Zbylých 30–40 % pochází z infiltrace přímo na povrch vápenců. To platí pro nízké vodní stavky. Za vyšších stavů zřejmě zastoupení nekrasové vody narůstá.

Jak ukázala stopovací zkouška, tvoří voda Údolského potoka jen menší část vody vyvěrající přímo v vodárně (prameny A, B, C; tab. 1). Zhruba 40–50 % zřejmě pochází z autochtonní infiltrace (tab. 3). Otázkuje původ zbývající části vody. Určité indikce naznačují (poměrně vysoké ztráty průtoku Údolského potoka oproti průtoku v propasti Rokytka, podobné kolísání teploty pramenů A, B) a přitom jen malý výnos stopovací v pramech A+B), že část vod z ponoru Údolského potoka může úplně mít jeskynní systém propast Rokytka – vývěr T a objevuje se přímo v pramech A+B. To by znamenalo existenci paralelního jeskynního systému. Jedná se však zatím o pracovní hypotézu bez zásadnějších důkazů.

V budoucnu bude vhodné zopakovat stopovací zkoušku mezi Údolským potokem a tokem v jeskyni pro určení charakteru komunikace a rychlosti proudění v tomto úseku.

Při stopovací zkoušce v roce 2004 bylo úspěšně otestováno levné programovatelné zařízení pro odběr vzorků bez lidské přítomnosti. Zařízení výrazně usnadňuje odběry vzorků vody při stopovacích zkouškách a umožňuje odebírat vzorky v hlubokých či špatně přístupných částech jeskynních systémů. Případní zájemci nás mohou kontaktovat.

Poděkování

Autori děkují Nikole Jurkové za pomoc při realizaci stopovací zkoušky, odběru vzorků a měření v oblasti v červnu 2004. Stopovací zkoušky byly provedeny v rámci grantu Fondu rozvoje vysokých škol 2001/2006. Práce byly podpořeny z výzkumného zámeru MSM 1131 00006.

Literatura:

- Bruthans J. (1999): Hydrogeologické poměry Českého krasu severně od řeky Berounky. – MS, Dipl. práce: 1–100. PřFUK Praha.
Bruthans J., Vojtěchovská A. (2004): Karst conduit parameters estimated by tracer test: Verification of results in natural conditions. – Geovestník, Mineralia Slovaca, 36, 1: 4.
Field M. (2002): The QTRACER2 program for Tracer Breakthrough Curve Analysis for Tracer Tests in Karstic Aquifers and Other hydrologic Systems. – U.S. Environmental protection agency hypertext multimedia publication in the Internet at <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=54930>.

Ford D. C., Ewers R. O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimension of length and depth. – Can. J. Earth Sci., 15: 1783–1798.

Horáček D. a kol. (1999): Rokytka – staré a nové objevy. – Speleofórum '99, XXIII: – 30. Praha.

Kobrová M. (1983): Metody chemické analýzy přírodních vod. – MS, arch. Ústř. Úst. geol.: 1–200. Praha.

Krejča F., Vandělík J., Bohuslav V., Hájek L., Šindelář J., Štěrbová H., Kodada K., Králová J., Dvořák M. (2003): Kaskády 2003 – vyčerpání dokumentace trvale zatopených prostor Chýnovské jeskyně. – MS, arch. Chýnovské jeskyně AOPK Chýnov.

Krutský N. (1995): Rebilance ložiska Kryštofovo Údolí, dodatek úkolu „Ještědsko-cementářské suroviny, lokalita Kryštofovo Údolí“. – MS, arch. GET, s.r.o., Praha.

Lhotský O. (1967): Krasové vody jako hygienický problém. – Československý kras, r. 19, str. 23 – 33, Praha.

Ouhrabka V. (1992): Hydrogeologie krystalických vápenců v horním povodí Moravy pod Kralickým Sněžníkem. – MS, Dipl. práce PřFUK Praha.

Parkhurst D. L., Appelo C. J. (1999): Users guide to PHREEQC (Version 2). – U.S. Geol. Surv. Water Res. Investigation Report, 99-4259: 1–312.

Sedlář J., Kořán J. (1970): Kryštofovo Údolí-sever-surovina: Kámen. – MS, arch. Geofond Praha.

Vojtěchovská A. (2002): Hydrogeologie karbonátových výskytů v Krkonoško-jizerském krystaliniku. – MS, Dipl. práce, PřFUK Praha.

S u m m a r y :

New findings on hydrology and evolution of Rokytka chasm in Kryštof Valley (Northern Bohemia)

This study was conducted after request of Václav Velechovský (4-01 Liberec). The main aim was to resolve local hydrology and estimate the speleological potential of locality. Detailed information on geology and hydrology of locality are described in Vojtěchovská (2002) who made the diploma thesis in 2001 to 2002 in the area. Final measurements were made in 2004.

We used tracer tests, chemical analysis, discharge measurements on subsequent profiles on stream and measurements of temperature and yield of springs.

Main results are as follows:

- local cave system is under limit of accessibility for divers based on two tracer test (very small volume of conduits)
- there are hidden sinks in riverbed of Údolský Brook above Rokytka Chasm. The water feeding cave system is flowing some tens of meters in alluvial deposits few meters below ground surface prior entering the cave system. This can be demonstrated by shifted minimal and maximal water temperatures in outlet of cave system (due to delay in heat conduction from surface to depth where water is flowing)
- based on chemistry two end members can be defined: 1) autochthonous waters (Tuff spring) and 2) allochthonous waters (Údolský brook). Other springs are mixtures these two types of water.

Foto 1 Zařízení pro automatický odběr vzorků při stopovací zkoušce. Viz text.

Photo 1 Automatic sampler developed by O. Zeman and J. Kučačka from Charles University. This cheap apparatus was used for sampling during second tracer test.

