

Střední odborná škola pro ochranu a tvorbu životního prostředí
Veselí nad Lužnicí

Maturitní práce

Sledování skapových vod v Chýnovské jeskyni

Březen 2006

Vypracovala: Lenka Zajíčková, 4.B
Vedoucí práce: Ing. Milan Bumerl, CSc.

Resumé

Obsahem této maturitní práce bylo sledování skapových vod v Chýnovské jeskyni. Byla vybrána tři odběrová místa, nepravidelně rozmístěná v systému jeskyně. Sledování probíhalo od května 2005 do června 2006. Vzorky skapové vody byly laboratorně analyzovány. U vzorků bylo měřeno: pH, množství vápníku, draslíku, sodíku, dusičnanů, fosforečnanů, síry, amonných iontů a chloridů. Naměřené množství těchto veličin odpovídá krasovému systému jeskyně.

The subject of this leaving examination work was to track cavern water in The Chýnov's cave. For this purpose, 3 extractive spots (for taking water samples), placed in various locations in the cave, were chosen. The tracking was in progress from May 2005 to June 2006. The water samples were continuously analysed in laboratory with the aim to measure: Ph value, amount of calcium, kalium, sodium, nitrate, phosphate, sulphur, ammoniac ions, and chloride. The gained emission levels of the aforementioned elements correspond with type of the cavern cave of Chýnov.

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Teoretická část	4
2.1.Chýnovský kras	4
2.1.1. Chýnovská jeskyně.....	4
2.1.2. Vznik a vývoj Chýnovské jeskyně	4
2.1.3. Hydrologie	5
2.1.4. Mineralogie	6
2.1.5. Biospeleologie	7
2.1.6. Výzkum.....	7
2.1.7. Ochrana a využití	8
2.2. Krasové jeskyně.....	8
2.2.1. Krasové jevy	9
2.3.Charakteristika sledovaných prvků	10
2.3.1. Dusičnany.....	10
2.3.2. Sodík a draslík	10
2.3.3. Vápník	10
2.3.4. Chloridy	11
2.3.5. Fosforečnany.....	11
2.3.6. Amonné ionty.....	11
2.3.7. Sírany	11
2.3.8.Hodnota pH	11
3. Praktická část	12
3.1. Popis odběrových míst.....	12
3.2. Způsob odběru vzorků	13
3.3. Laboratorní rozborů	13
3.4. Uspořádání výsledků	14
4. Zhodnocení a diskuse	14
4.1.Zhodnocení obsahu vápníku	14
4.2.Zhodnocení obsahu dusičnanů	15
4.3.Zhodnocení obsahu draslíku a sodíku	15
4.4.Zhodnocení obsahu chloridů	16
4.5.Zhodnocení hodnoty pH	16
5. Závěr.....	17
6. Seznam použité literatury.....	18
7. Přílohy	19

1. Úvod

Chýnovská jeskyně je jednou z 13 veřejnosti zpřístupněných jeskyní v ČR. Od jejího objevu uplynulo již 143 let, přesto za celé toto období nebyla problematika skapových vod věnována prakticky žádná pozornost. To bylo pravděpodobně způsobeno i faktem, že množství sintrové výzdoby v této jeskyni je ve srovnání s jinými krasovými oblastmi na našem území velmi malé.

V průběhu letní praxe, kterou jsem absolvovala v Chýnovské jeskyni jsem se dozvěděla, že kvalita skapových vod nebyla dosud v této lokalitě žádným způsobem zkoumána. Proto jsem se rozhodla, že tématem mé maturitní práce bude sledování těchto vod.

Zejména jsem se zabývala problematikou chemismu. Zde se jedná o vztah množství rozpuštěných minerálních látek ve vodách a tvorby sintrových útvarů v systému Chýnovské jeskyně. Chemický rozbor mohl napovědět i některé dílčí poznatky z hlediska znečištění skapových vod s ohledem na zejména zemědělskou činnost v okolí. Protože Chýnovská jeskyně není zcela typickým představitelem krasové jeskyně a její vznik je ovlivněn i přítomností mnoha nekrasových hornin v nadloží, může se tato situace projevit i v chemismu těchto zkoumaných skapových vod.

2. Teoretická část

2.1. Chýnovský kras [8]

Chýnovský kras je nevelké krasové území, vázané na souvrství krystalických vápenců chýnovsko-ledečského pruhu, tzv. pestré skupiny hornin geologické oblasti moldanubika. Leží na jihozápadním okraji Českomoravské vrchoviny. Vápence jsou zde společně s amfibolity uloženy v okolních dvojslídých pararulách a celé pásmo je rozděleno do několika menších bloků. Mimo Chýnovskou jeskyni lze pozorovat krasové jevy též v okolí obce Věžná, v údolí Josafat, a zejména u Velmovic.

2.1.1. Chýnovská jeskyně [8]

- Objevena byla roku 1863. Od roku 1868 je první veřejnosti zpřístupněnou jeskyní na území Čech a Moravy. Dodnes je zachován původní romantický ráz jejího zpřístupnění.
- Celková délka dosud objevených částí činí 1 400 m s výškovým rozdílem 74 m. Téměř čtvrtina chodeb jeskyně je trvale zatopena vodou.
- Délka návštěvního okruhu je 220 m s převýšením 42 m.
- Teplota vzduchu je 5–9 °C, vlhkost 96 – 100 %.
- V roce 1992 byla zařazena do kategorie ***národní přírodní památka***. (Vyhláškou MŽP č. 395/1992 Sb.)
- Leží v jižním úbočí Pacovy hory (589 m n. m.) poblíž Dolních Hořic, 2 km severovýchodně od města Chýnov.
- Je složitým krasovým systémem, vytvořeným v hrubozrnných krystalických vápencích a částečně i v nekrasových horninách – amfibolitech převážně korozní činností vod podzemního toku.
- Postrádá krápníkovou výzdobu, je však naprosto unikátní svéráznou modelací jeskynních prostor a mimořádně pestrým zbarvením stěn a stropů.
- Je významnou geologickou a mineralogickou lokalitou.
- Je největším přirozeným zimovištěm ***netopýra řasnatého (Myotis nattereri)*** v Evropě.

2.1.2. Vznik a vývoj Chýnovské jeskyně [8]

Přestože se Chýnovská jeskyně řadí mezi jeskyně krasové, tedy vytvořené vodou v krasových rozpustných horninách, není zcela typickým představitelem této skupiny. Rozdíl je dán přítomností nekrasových hornin uvnitř vápencového komplexu. Tyto horniny omezují jeho rozpustnost a tím i vznik, vývoj a tvary podzemních prostor. Jsou důležitým faktorem, podmiňujícím průběh krasování v chýnovské oblasti.

Také hydrologické poměry zdejšího krasového systému nejsou typické. Chybí tu viditelné ponory povrchových vod do podzemí. Podzemní potok v Chýnovské jeskyni vzniká netypicky soustřeďováním podzemních pramenů. Teprve pak protéká jeskynním systémem, aby na své cestě do vývěru v podzemí překřížil trasu povrchového toku.

Složitost a členitost chodeb Chýnovské jeskyně vedla v minulosti k představě, že hlavní podíl na jejím vzniku měla eroze – mechanické působení podzemního toku. Objevy z 80. a 90. let 20. století potvrdily naopak teorie, že nejdůležitějším faktorem vzniku jeskyně je koroze – tedy chemické rozpouštění vápenců, probíhající v prostorách trvale zatopených vodou. Vložky nekrasových hornin, značná rekrytalizace vápenců a vysoký obsah nerozpustných minerálů omezují účinky koroze. Velmi dobrá až výborná propustnost vápenců společně se značnou agresivitou podzemní vody krasový proces naopak výrazně podporují. Navíc se v jeskyních moldanubika často objevuje i tzv. koroze směšová. Probíhá tam, kde se voda podzemního toku, po ztrátě své rozpouštěcí schopnosti v důsledku nasycení uhličitany v trvale zatopených prostorách mísí s vodou prosakující z povrchu. Dva nasycené roztoky o různé koncentraci rozpuštěných látek tak vytváří nový nenasycený roztok, opět chemicky aktivní. Tento jev se pravděpodobně podílí i na vzniku mnoha primárních tvarů ve stěnách a stropěch jeskyně (žlaby, hrnce, oka), které připomínají často spíše jevy evorzní.

Již při pohledu na mapu jeskyně je patrná zákonitost průběhu jeskynních chodeb. Výrazně kopírují geologickou a tektonickou stavbu masívu. Vznikly v místech umožňujících snadný průnik vody, tedy na tektonických zlomech či puklinách a na kontaktech vápenců a nekrasovými horninami. Větší prostory pak podmínilo řízení stropů, které zejména v místech zlomů a puklinových zón zasáhlo až do nadložních hornin. Celý jeskynní systém je ukloněn v úhlu 40–50 stupňů k severu, tedy shodně s uložením vápenců a jejich vrstevnatostí (foliací).

Popsané vývojové schéma se v jeskyni uplatňuje patrně již od mladších třetihor a protože je jeskyně i nadále protékána aktivním podzemním tokem, pokračuje i v dnešní době.

2.1.3. Hydrologie [6, 7]

I přes dlouhodobý výzkum zůstávají poměry podzemního toku Chýnovské jeskyně a jeho vztah k povrchové hydrografii oblasti stále ještě otevřenou otázkou. Dodnes nejsou známy cesty podzemních vod v oblasti východně od jeskyně, tedy přítok a jeho zdroje.

O něco lépe je prozkoumána odtoková větev. Již v první odborné zprávě z roku 1863 vyslovili Frič a Krejčí domněnku, že obě tehdy známá jezírka (Čertovo a Purkyňovo) spolu souvisí. Teprve ve 40. letech 20. století prokázali V. Homola a C. M. Schiller, že voda v Chýnovské jeskyni je pouze malým úsekem daleko delšího podzemního toku, který měl zásadní podíl na vzniku celého systému. Přestože v té době bylo provedeno několik stopovacích zkoušek, nepodařilo se najít vývěr vod na povrch. Tento problém vyřešil jednoznačně až v roce 1962 F. Skřivánek, kdy stopovací zkouškou pomocí barviva prokázal, že vody z jeskyně vytékají v tzv. Rutické vyvěračce, vzdálené od jeskyně asi 1,5 km. V téže době se také podařilo proniknout i do systému chodeb, jimiž z Purkyňova jezírka odtéká voda směrem k tomuto vývěru. Po několika desítkách metrů však další postup zastavil mělký sifon, zaplněný suti ze zřícené chodby. Komplikovanost průběhu vodního toku mezi jeskyní a vývěrem v následujících letech prokázaly i průzkumy V. Macha.

Překvapení přinesl objev trvale zatopených prostor východně od Homolova jezírka. V 80. letech 20. století pronikli potápěči do vzdálenosti 140 m proti proudu podzemního toku a dosáhli hloubky 45 m pod hladinou. Poslední úsek vodního toku mezi již dříve poznanými prostory jeskyně byl objeven po odčerpání vody ze sifonu mezi jezírkem Čertovým a Purkyňovým v roce 1993.

Do karbonátových hornin, ve kterých vzniká Chýnovské jeskyně protéká voda z okolních hornin nekrasových. Protéká vápencovou zónou, která působí jako drenáž a na jejím okraji v místě Rutické vyvěračky vytéká na povrch. Na své cestě dokonce podtéká některé povrchové potoky, přičemž jejich voda do podzemního toku neproniká.

Teplota vody v jeskyni je velmi stálá: 8,7 °C, průtok se pohybuje v rozmezí 6–9 l · s⁻¹

V posledních letech jsou systematicky sledovány podzemní průtoky i jejich závislost na srážkách, což může přinést nové poznatky zejména o původu a zdrojích podzemních vod. Rutická vyvěračka je dnes podchycena pro vodovodní síť a pro zachování její vysoké kvality bylo nad vápencovým masivem v roce 1992 vyhlášeno pásmo hygienické ochrany. (Rozhodnutí OkÚ Tábor o stanovení ochranných pásem prameniště Rutice u Chýnova ze dne 7.5. 1992).

2.1.4. Mineralogie [11]

Pacova hora byla mineralogicky studována již v 19. století a to díky mnoha selským lomům otevřených na jižním svahu za účelem těžby vápence. Postupem let se tu prokázalo neobyčejně pestré zastoupení minerálních asociací a dnes je nesporné, že Pacova hora je pozoruhodná zejména množstvím minerálů popsaných v rámci jedné lokality. Dnes je jich známo více než padesát a význam naleziště vysoko překračuje měřítko regionu.

Mineralogické bohatství je důsledkem opakovaných metamorfóz skupiny hornin různého petrografického a chemického složení, které vyvolaly hned několik odlišných procesů mineralizace. V amfibolitu, tvořícím nadloží vápencového souvrství, byly v posledních letech zjištěny i projevy mineralizace tzv. alpských žil.

Ve sbírkách Národního muzea je uložen krystal záhnědy nalezený v 50 letech 20. století v okolí Chýnova, který je vysoký 37 cm a váží 20 kg. Z lomu je popsána odrůda pargasitu s neobyčejně vysokým obsahem hliníku. Pacova hora je po Kašmíru jeho druhým nalezištěm na světě.

Ze všech minerálů, popsaných z lokality, byla více než třetina nalezena také v systému Chýnovské jeskyně. Některé z nich nebyly do té doby z Pacovy hory známy. Minerály, které jsou obsažené přímo ve vápenci, také často ovlivňují zbarvení stěn jeskyně. Po rozpuštění méně odolného vápence jich pak většina zůstává v jeskynních sedimentech, jejichž výzkum tak přináší nové poznatky i v oblasti mineralogie.

V mnoha případech nerosty vyplňují tektonické poruchy hornin. Takovým minerálem je například palygorskit, lidově nazývaný „skalní růže“. Přestože se jedná o nerost, je ve vlhkém prostředí ohebný a měkký.

Protože pod hladinou podzemního potoka koroze vápenců i nadále pokračuje, zůstávají na stěnách vypreparovány formy odolnějších minerálů. Tomuto jevu se říká selektivní koroze. Útvary z křemene, chalcedonu nebo palygorskitu visí ze stropů chodeb a na pohled připomínají opravdové záclony. Výzkum těchto minerálních forem v podzemí umožnil až průnik do trvale zatopených prostor jeskyně. Mimo vodní prostředí totiž tyto útvary rychle podléhají destrukci a zachovány bývají jen velmi vzácně.

V některých vrstvách krystalických vápenců se vyskytuje také opál, který je však patrný jen v ultrafialovém světle, v němž se projeví jasně zeleným zbarvením. Opál bývá obsažen také v sintrových výplních jeskyně.

2.1.5. Biospeleologie [8]

Na rozdíl od mnoha našich jeskyní nejsou z Chýnovské jeskyně doloženy žádné paleontologické nálezy. Pravděpodobně tato podzemní dutina nebyla v minulosti dostupná větším druhům živočichů.

Dnes se v jeskyni setkáváme se zástupci hned několika živočišných skupin. Z bezobratlých jsou to zejména některé druhy plžů, korýšů a hmyzu. V posledních desetiletích se v chodbách blízko povrchu, především v okolí vchodu, úspěšně rozmnožuje **křížák temnostní (*Meta menardi*)**

Nejpřitažlivějšími živočichy podzemí jsou netopýři. V jeskyni bylo dosud zjištěno 9 druhů těchto zástupců řádu letounů. K pravidelným obyvatelům patří **netopýr velký (*Myotis myotis*)** (viz. obrázek č. 10), **vodní (*Myotis daubentonii*)** a **ušatý (*Plecotus auritus*)**, (viz. obrázek č. 8). Vzhledem k množství přezimujících jedinců lze Chýnovskou jeskyni považovat za největší dosud známé zimoviště **netopýra řasnatého (*Myotis nattereri*)**, (viz. obrázek č. 7) v Evropě.

Ojedinele zde přezimují také: **netopýr večerní (*Eptesicus serotinus*)**

netopýr černý (*Barbastella barbastellus*), (viz. obrázek č. 9)

netopýr vousatý (*Myotis mystacinus*)

Vzácně byl zaznamenán: **netopýr velkouchý (*Myotis bechsteinii*)**

netopýr Brandtův (*Myotis brandtii*).

2.1.6. Výzkum [13]

Díky pokračujícím speleologickým průzkumům se na mapě Chýnovské jeskyně téměř každým rokem objevují nové zákresy prostor. Vzhledem k jedinečnosti lokality se při průzkumu nepoužívá trhacích prací a průchody jsou vedeny výhradně přirozenými cestami. Objev největšího významu přinesl průzkum trvale zatopených částí v roce 1982–1989. Potápěčům České speleologické společnosti se podařilo objevit rozsáhlé prostory až 45 metrů pod hladinou podzemního toku.

V následujících letech byla odčerpána voda z dalších zatopených chodeb, což umožnilo výzkum a dokumentaci v místech, kde v současné době stále probíhají intenzivní krasové procesy. Důraz je při takových akcích kladen na dokumentaci a přesné mapování podzemních prostor.

V návaznosti na základní průzkum jsou řešena další aplikovaná témata zvláště z oblasti hydrogeologie, mineralogie a morfologie krasu.

Od roku 2000 je monitorována závislost průtoku podzemního toku na srážkových vodách. Ve spolupráci s mineralogickým oddělením Národního muzea byla od roku 1996 analyzována řada minerálů. Některé z nich, nebyly z této lokality dosud známy. Soustavně je sledováno i složení jeskynního ovzduší a jeho proměny v ročních obdobích a při provozu jeskyně.

V roce 1981 bylo zoologickým oddělením Národního muzea zahájeno komplexní studium společenstva netopýrů. Dlouhodobý monitoring přezimujících jedinců pokračuje bez přerušení dodnes.

2.1.7. Ochrana a využití [13]

Vzhledem k výraznému postupu prací v lomu na Pacově hoře bylo již ve 40. letech 20. století úředně stanoveno ochranné pásmo Chýnovské jeskyně, tedy hranice, na které musí být těžba zastavena. V roce 1949 pak byla zřízena přírodní rezervace Chýnovské jeskyně (Výnos MŠVU čj.42.760/49-VI/2 z 25.4.1949). Díky svému významu byla v roce 1992 převedena vyhláškou ministerstva životního prostředí do kategorie ***národní přírodní památka*** (vyhláškou MŽP č. 395/1992 Sb.). Všechny pozemky nad krasovým systémem jsou součástí pásma hygienické ochrany vodního zdroje Rutice, odkud je odebírána pitná voda pro město Chýnov.

Od počátku 90. let 20. století jsou v jeskyni prováděny práce tzv. „ochranářského managementu“. Jejich cílem je odstranění nebo alespoň minimalizace všech negativních vlivů způsobených zpřístupňováním a dlouholetým turistickým provozem jeskyně. Aby umožnili pohodlný průchod návštěvníkům, museli zpřístupňovatelé jeskyně vytěžit a přesunout desítky tun sutí a jeskynních sedimentů. Tento materiál však dříve většinou nevyklízeli z jeskyně, ale zaplňovali jím přirozené boční chodby a výklenky okolo turistické trasy. V letech 1994 – 2001 byl veškerý takto deponovaný materiál vynesena na povrch a jeskyni byl z velké části navrácen její původní vzhled. Ve stejném období byly ze stěn odstraněny saze, prach, vosk i plísňe z dob, kdy jeskyni osvětlovaly zdroje s otevřeným plamenem. Teprve teď chápeme, proč se objevitelé obdivovali třpytu vápencových krystalů na jeskynních stěnách.

Citlivý ekosystém každé veřejnosti zpřístupněné jeskyně je zatížen již samostatným turistickým provozem. Proto využívání Chýnovské jeskyně podléhá přísným podmínkám ochrany přírody. Nezbytná regulace návštěvnosti spočívá zejména v omezení počtu osob v jednotlivých výpravách a v dodržování frekvence vstupů. Uzavřením jeskyně pro turisty v zimním období je zajištěno nerušené zimování přísně chráněných netopýrů.

Správcem a provozovatelem Chýnovské jeskyně je dnes Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, která kromě průvodcovských služeb zajišťuje ve spolupráci s Českou speleologickou společností i ochranu, dokumentaci a výzkum krasu. Tímto nekomerčním způsobem provozu je zajišťována prezentace jeskyně laické i odborné veřejnosti jako jedinečné součásti přírodního bohatství České republiky.

Chýnovský kras je v mnoha směrech skutečně nenahraditelným přírodním fenoménem. Veškerá činnost v Chýnovské jeskyni je proto podřízena jedinému cíli – aby její objev nebyl zároveň prvním krokem k jejímu zániku.

2.2. Krasové jeskyně [4]

Všeobecně nejznámějšími, nejrozsáhlejšími a nejvýznamnějšími jeskyněmi jsou jeskyně krasové. Jižní Čechy nemají typická krasová území s velkými systémy uchvacujícími svou krápníkovou výzdobu a mohutnými dómy. Jihočeské jeskyně jsou až na výjimky jen menších rozměrů s nedokonale vyvinutými krápníkovými formami, ale to nic neubírá na jejich neobyčejné zajímavosti a vědeckém významu.

Krasovění je složitý fyzikálně-chemický proces rozpouštění, probíhající v prostředí krasových, tj. ve vodě rozpustných hornin, jimiž bývají nejčastěji vápence. Srážková voda, která pohlcováním atmosférického a hlavně půdního oxidu uhličitého nabývá schopnosti vápenec rozpouštět, se z povrchu vsakuje do podzemí. Zde se pohybuje v místech s vyšší propustností, jako jsou systémy puklin a vrstvení plochy a postupně je rozšiřuje za vzniku krasových dutin. K chemickému rozpouštění (korozi) může v dalším vývoji krasových dutin přistupovat i mechanický vodní výmol (eroze). Rozpuštěný hydrogenuhličitán vápenatý je krasovou cirkulací z podzemí odnášen. Za určitých podmínek se však oxid uhličitý

z nasycených krasových roztoků uvolňuje a tím klesá rozpustnost uhličitanu, který se pak v jeskyni sráží ve formě sintrů a krápníků.

Skalní podklad téměř celé oblasti náleží geologické jednotce označované jako moldanobikum Šumavy a jižních Čech. Je tvořena metamorfovanými horninami a tělesy hlubinných vyvřelin. Hlubinné vyvřeliny jsou zastoupeny různými typy žul a granodioritů a nemají pro krasovění význam. Kras je v moldanobiku vázán na vložky krystalických vápenců v metamorfovaných komplexech, ve kterých se rozlišují dvě jednotky: skupina jednotvárná a pestrá. Jednotvárná skupina je rozšířenější, budovaná především pararulami a migmatity, má jen nepatrný podíl vložek krystalických vápenců a jiných odlišných hornin, zatímco pro pestrou skupinu je charakteristický jejich hojný výskyt. V pararulách a migmatitech pestré skupiny se vedle vápenců často objevují i vložky erlánů, amfibolitů a grafitických hornin.

Vápencové vložky se vyznačují nepravidelnou mocností, pohybující se od několika desítek centimetrů až výjimečně do několika set metrů. Jsou sledovatelné někdy i na vzdálenost několika kilometrů, v převážně většině případů však tvoří jen drobné izolované čočky. Vápencové polohy jsou většinou prostupovány vložkami jiných, nekrasových hornin, jako rulami, amfibolity, grafitickými horninami a žilnými vyvřelinami. Nejčastější bílá barva vápenců přechází podle množství a druhu přimíšených minerálů do žlutavé, šedé, šedo zelené až tmavě šedé. Proměnlivá je i zrnitost vápenců, které jsou zastoupeny hrubozrnnými, středně zrnitými i jemnozrnnými typy.

V moldanubiku jižních Čech je krasovění výrazně omezováno nepatrnou mocností vápencových těles, jejich úplným uzavřením v okolních nekrasových horninách a prostoupením četnými nekrasovými vložkami, dále i vysokou mírou rekrystalizace a často značným obsahem příměsí nerozpustných minerálů. Geologické podmínky zde prakticky vylučují vytvoření klasické krasové hydrografie s typickými ponory, s vodou protékanými aktivními jeskyněmi a s vývěry, a proto i erozní činnost podzemních vod zde měla velmi omezenou úlohu a na vzniku krasových dutin se spolupodílela pouze ojediněle a nevýrazně (*Chýnovská jeskyně*, jeskyně v Bližně).

2.2.1. Krasové jevy [2]

Krasové jevy se vyskytují pouze tam, kde jsou v zemských vrstvách vápence, dolomity a podobné horniny chemickým složením uhličitán vápenatý. Jsou vytvořeny vodou prosakující puklinami v zemi. Ve vodě rozpustný oxid uhličitý, vápenec rozkládá a mění na hydrogenuhličitán vápenatý $[Ca(HCO_3)_2]$, ten se v tenkých vrstvičkách pomalu ukládá jako sintr.

Krasové oblasti jsou charakteristickou součástí území pokrytých vápencovými masivy. Na povrchu krasového území se mnohdy objevují tzv. **závrty**. Jsou to dolíky různé velikosti typického trychtýřovitého tvaru, které vznikají na místech, kde vyúsťují podzemní prostory či skalní pukliny na zemský povrch. Jimi proniká do podzemních prostor povrchová voda, která splavuje okolní zeminu.

Podzemní prostory vznikaly působením vody, pronikající desítky tisíc let skalními masivy. Některé části masivu byly měkčí, méně odolné působením vody a zvětráváním byly odplavovány za vzniku dutin nejrůznějších velikostí a tvarů. Tyto prostory byly pak často znovu zaneseny zeminou z povrchu. Proto je průzkum podzemních prostorů velmi namáhavou činností, spojenou s odklizením zeminy z chodbiček a puklin, které by mohli vést do dalších jeskynních systémů.

Na stěnách skalních puklin a jeskyní se v místech, kudy prosakuje voda s rozpuštěnými minerálními látkami, vytváří krasová výzdoba. Odpařováním vody dochází ke zpětnému vylučování rozpuštěných minerálů v nejrůznějších podobách.

Typickou výzdobu krasových prostor tvoří sintrové povlaky stěn a krápníky.

Krápníky tvoří v jeskyních sloupy nejrůznějších tvarů. Sloupům rostoucím od stropu dolů říkáme **stalaktity** a sloupům, které vyrůstají na dně jeskyně říkáme **stalagmity**. Někdy se stalagmity spojí s protilehlými stalaktity a vytvoří se souvislý sloup tzv. **stalagnát**. Krápníky z vyloučeného čistého kalcitu (uhličitanu vápenatého), jsou zbarveny bíle, obsahuje-li vodný roztok příměsí jiných minerálních solí (zejména s obsahem železa a manganu), bývají krápníky zbarveny žlutě, červeně, hnědě až černě. Jen krápníky stále smáčené vodou přirůstají. Jakmile krápník "ztratí vodu", přestává růst. To se často děje ve veřejně přístupných jeskyních, kterými proudí kromě návštěvníků i velké množství vzduchu, který mění mikroklima uvnitř jeskyní. Roční přírůstek krápníku je závislý na mnoha faktorech (vlhkosti, obsahu látek rozpuštěných ve vodě, včetně oxidu uhličitého) a dosahuje hodnoty zhruba jednoho krychlového milimetru.

Bohaté tvary krápníků v podobě varhanních píšťal, závěsů, obrovitých stonků nebo velikánských tajících svíček dávají jeskyním pohádkový nádech a přitažlivost.

2.3. Charakteristika sledovaných prvků

2.3.1. Dusičnany

Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Jejich zdrojem je hnojení zemědělsky obdělávané půdy dusíkatými hnojivy, které obsahují jak dusík amoniakální, tak i dusík dusičnanový.

Dusičnany jsou v malých koncentracích obsaženy téměř ve všech vodách. Jsou pro člověka sami o sobě velmi málo škodlivé. Mohou však škodit nepřímo tím, že se v gastrointestinálním traktu mohou redukovat bakteriální činností na toxičtější dusitany.

2.3.2. Sodík a Draslík

Sodík a draslík jsou kovové prvky a v přirozených vodách se vyskytují ve formě jednoduchých jednomocných kationtů Na^+ a K^+ . Ionty těchto kovů jsou pravidelnou součástí přirozených vod, přičemž obvykle převládají ionty sodíku nad ionty draslíku. Oba prvky se do přirozených vod dostávají vyluhováním slaných půd, rozkladem živcových hornin.

Obsah draslíku obvykle činí jen 4-10% obsahu sodíku. V prostých podzemních vodách se pohybuje obsah sodíku od 0,1 do 10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Obsah draslíku je podstatně nižší.

2.3.3. Vápník

Vápník se vyskytuje ve vodách převážně jako vápenatý kationt. Množství vápníku ve vodách závisí převážně na geologickém podloží, v prahorních útvarech (žuly, ruly) mívají toky pouze několik $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, vody z vápencových (krasových) útvarů i několik set $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

2.3.4. Chloridy

Chlor se v přirozených vodách vyskytuje ve formě chloridů (Cl^-) a spolu s hydrogenuhličitanů a sírany patří mezi nejvíce zastoupené anionty. Do vod se chloridové anionty dostávají vyluhováním zvětralých slaných půd především srážkovou vodou. V povrchových a prostých podzemních vodách jsou obsaženy jednotky až desítky mg Cl^- v jednom litru. Větší obsah chloridů nalézáme v minerálních vodách a pochopitelně ve vodě mořské.

Chloridy mohou hodně naznačit o původu vody: Čisté skapové vody a vody neovlivněné lidskou činností (solením silnic, průsakem odpadních vod, hnojením) mívají obvykle 2-7 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Obsahy chloridů bývají vysoké ve vodě zasažené antropogenními vlivy, zejména v odpadních vodách (desítky až stovky $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

2.3.5. Fosforečnany

Fosfor se do podzemních a povrchových vod dostává splachy ze zemědělsky obdělávané půdy hnojené fosforečnými hnojivy a z odpadních vod.

2.3.6. Amonné ionty

Amonné ionty mohou sekundárně vznikat přímo ve vodách chemickou nebo biochemickou redukcí dusičnanů nebo dusitanů. Jejich zdrojem mohou být splachy z půdy hnojené dusíkatými hnojivy a odpady ze zemědělské velkovýroby.

Amonné ionty jsou velmi nestálé. Biochemickou oxidací přechází na dusíkaté sloučeniny vyšších oxidačních stupňů. Z hygienického hlediska jsou velmi důležité. Jsou proto z jedním z významných chemických indikátorů znečištění podzemních vod živočišnými odpady.

2.3.7. Sírany

V přírodních vodách se sírany vyskytují jako anorganické i organické sloučeniny síry. K anorganickým sloučeninám patří sírany. Hlavními minerály jsou sádrovec a anhydrit. Dále vznikají oxidací sulfidických rud. Tvoří se při rozkladu organických sirných látek, spojené s oxidací sloučenin síry nižších oxidačních stupňů na sírany.

Sírany podléhají ve vodách biologické redukci na sirovodík a jeho iontové formy. Jejich běžná koncentrace v podzemních a povrchových vodách nemá hygienický význam. Jen při velké koncentraci sírany ovlivňují senzorické vlastnosti vody.

2.3.8. Hodnota pH

Hodnota pH charakterizuje, do jaké míry je daný vzorek kyselý či zásaditý. Pro neutrální hodnoty se pohybuje hodnota pH kolem 7, čím je hodnota nižší, tím je roztok kyselější, naopak vyšší hodnoty jsou u alkalických roztoků. Hodnota pH vody je závislá na chemickém a biologickém znečištění vody a na teplotě. Hodnota pH vody významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodě a proto její stanovení je nezbytnou součástí každého rozboru vody.

Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách, je jedním z hledisek posuzování agresivity vody a ovlivňuje účinnost většiny chemických, fyzikálně – chemických a biologických procesů.

3. Praktická část

3.1. Popis odběrových míst

Skapové vody byly odebírány na třech vybraných místech nepravidelně rozmístěných v systému jeskyně. Jednotlivá odběrová místa se od sebe lišila zejména předpokládaným charakterem nadloží, intenzitou skapu a tvorbou (případně absencí) sintrové výzdoby. Všechna odběrová místa byla ve veřejnosti nepřístupných částech Chýnovské jeskyně (mimo turistickou trasu).

Odběrové místo č. 1 (viz. obrázek č. 1) se nacházelo v Pisolitové propasti, poblíž zpřístupněné části jeskyně. Pisolitová propast je 11 metrů vysoká, vertikální chodba na druhé odvodňovací úrovni systému. Mocnost nadloží je zde 28 metrů. V celé spodní polovině této propasti jsou vytvořeny drobné hrachovcovité útvary nazývané *pisolity* (viz. obrázek č. 2). Názor na vznik těchto sintrových útvarů není ani v odborné literatuře zcela jednotný. Pravděpodobně se tvoří přirůstáním vrstviček v místě výronu skapových vod, není však vyloučeno, že se jedná o produkty rozstřikování dopadajících kapek, případně se na jejich vzniku podílí i kondenzace vzdušné vlhkosti. Na povrchu se v tomto místě nachází zahrada s ovocnými stromy.

Odběrové místo č. 2 (viz. obrázek č. 3) je situováno přímo ve štolě nouzového východu Chýnovské jeskyně. Voda odkapává z tzv. *záclonky* (viz. obrázek č. 4) jejíž velikost nepřesahuje cca 15 cm. Nadloží je v tomto místě tvořeno středně zrnitým dolomitickým vápencem. Tato štola byla uměle vybudována v 60. letech 20. století a je vlastně nepřirozeným zásahem do horninového prostředí. Povrch nad štolou je z části selský lom, který zde vytváří výraznou terénní depresi. Pole v jeho nejbližším okolí se svažuje právě na toho místo. Mocnost nadloží je zde 26 metrů. V místě dopadu kapek se vytváří několik mm mocná vrstva podlahových sintrů.

Odběrové místo č. 3 (viz. obrázek č. 5) se nachází v Blátivé chodbě. Tato chodba je založena na výrazné tektonické poruše a je silně ovlivněna řícením stropů v oblasti této poruchy. Téměř v celém průběhu Blátivé chodby došlo v minulosti k rozrušení nekrasových hornin v nadloží. Skapové vody byly odebírány přímo v místě tektonické poruchy. V horní části Blátivé chodby se ještě ve 40. letech 20. století nacházel několik metrů vysoký komín, který byl uzavřen sutí. Později došlo k provalení stropu komína, přičemž se na povrchu objevil tzv. řícený závrt. Postupně byl zemědělcem zavezen do úrovně terénu, avšak cesta povrchových vod do podzemí je touto cestou stále aktivní. Nadloží je tvořeno erlánem, amfibolitem (viz. obrázek č. 6) a v partiích v blízkosti povrchu jsou přítomny také pararuly. Na povrchu se nachází hranice mezi loukou a polem. Mocnost nadloží je zde 35m.

3.2. Způsob odběru vzorků

Odběr vzorků byl prováděn pokaždé stejným způsobem. Voda byla odebírána do PET láhvi o objemu 1,5 litru. Láhve byly před odběrem důkladně vypláchnuty a horní okraj byl seříznut tak, aby umožnily snadnější zachycení skapů. V případě odběru v Pisolitové propasti musela být PET láhev stabilizována pomocí dřevěné tyče a provázku (viz. obrázek č. 1). U druhého a třetího odběrového místa byla PET láhev umístěna do lože vytvořeného z kamenů tak, aby nedošlo k její převrnutí. Skapy byly zachycovány po dobu 3-4 dnů tak, aby kapající voda přetékala přes okraj láhve.

Protože hodnota pH by mohla být ovlivněna časovou prodlevou, byla měřena přímo na místě. Laboratorní zpracování vzorků bylo prováděno v co nejkratším možném čase po odběru. Navíc byly vzorky v době mezi odběrem a zpracováním uloženy do chladničky, aby se co nejvíce zamezilo změně koncentrací sledovaných kationů a anionů obsažených ve vodě.

Komplikace se objevily v zimním období, kdy na některých odběrových místech dochází v důsledku nízké teploty k tvorbě ledu. Chýnovská jeskyně se dle proudění vzduchu řadí mezi jeskyně dynamické. Toto je způsobeno tím, že má dva vchody o různé nadmořské výšce. Tím se v prostorách v blízkosti nouzového východu snižuje teplota až na $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Některé vzorky skapových vod ze zimního období tak bylo možné zpracovat teprve po jejich rozmrazení, což by však z hlediska chemického složení nemělo mít zásadní vliv.

Termín odběrů :

23. 5. 2005 (jaro)

28. 8. 2005 (léto)

20.11. 2005 (podzim)

15. 1. 2006 (zima)

3.3. Laboratorní rozbor

Ihned druhý den po odběru byly prováděny laboratorní rozbor. Měřily se tyto veličiny: chloridy, dusičnany, vápník, draslík, sodík, fosforečnany, amonné ionty a sírany.

Chloridy a dusičnany byly měřeny potenciometricky pomocí iontové selektivní elektrody a kalomelové srovnávací elektrody se solným můstkem. Jako solný můstek byl použit 1 % roztok Na_2SO_4 .

Vápník, draslík a sodík byly měřeny metodou plamenové fotometrie pomocí přístroje – plamenový fotometr Sherwood 410.

Fosforečnany byly stanoveny fotometricky s molybdenanem amonným po redukci chloridem cínatým jako fosfomolybdenanová modř.

Amonné ionty byly určovány Nesslerovým činidlem.

Sírany byly zkoumány turbidimetricky jako síran barnatý.

Hodnota pH byla měřena potenciometricky pomocí skleněné elektrody.

3.4. Uspořádání výsledků

Naměřené hodnoty sledovaných veličin byly uspořádány do tabulek (viz. tabulka č. 1, 2, 3) Průměrné (ze všech ročních období) naměřené hodnoty na jednotlivých odběrových místech byly porovnány s vybranými výsledky hydrochemického výzkumu skapových vod na území severní části Moravského krasu.(viz. tabulka č. 4).

Vybrané důležité veličiny byly pro zajímavost porovnány také s ukazateli státní normy jakosti pro pitnou vodu (viz. tabulka č. 5).

4. Zhodnocení a diskuse

4.1. Zhodnocení obsahu vápníku

Z rozborů (viz. tabulka č. 1, 2, 3) jasně vyplývá, že nejnižší množství obsahu vápníku bylo naměřeno u **vzorku č. 1 – Pisolitové propasti**. Zajímavé je, že právě v tomto místě vzniká velké množství sintrových útvarů (pisolitů) a dalo by se proto předpokládat, že ve skapových vodách budou obsahy vápníku obecně vyšší. Tento stav by bylo možno vysvětlit tím, že v místě Pisolitové propasti byl podchycen relativně malý okruh skapových vod. Na druhou stranu je růst pisolitů v tomto místě (ve srovnání například s odběrovým místem č. 2 - štola) velmi pomalý.

Naproti tomu u **skapu ve štole (vzorek č. 2)** je vidět extrémní nárůst sintrových tvarů. V literatuře se obecně udává, že rychlost nárůstu sintrové výzdoby je cca 1 mm za 20 let. Ve štole Chýnovské jeskyně však přirůstají sintry mnohem rychleji. Vzhledem k tomu, že ještě v roce 1996 byla na tomto odběrovém místě betonová výztuž a sintrové útvary se zde vytváří teprve v období posledních 10 let, můžeme jednoduchým propočtem prokázat nárůst sintrové výzdoby dokonce **o 3 mm za rok**. Tento stav lze vysvětlit právě vysokým obsahem vápníku ve skapových vodách.

Výsledky z tohoto měření jsem porovnávala s údaji z Moravského krasu (viz. tabulka č. 4). Je jasně viditelné, že obsahy vápníku ve skapových vodách v jeskyních Moravského krasu jsou mnohem vyšší než v Chýnovské jeskyni. Je nutno podotknout, že vápence Moravského krasu jsou typické sedimentární vápence (devonského stáří) a mocnost nadložních vrstev činí řádově až stovky metrů. Naproti tomu nadloží Chýnovské jeskyně je z velké části tvořeno i horninami nekrasovými a mocnost nadloží zde nepřevyšuje 50 metrů.

Výsledky analýz mohou být ovlivněny zpožděním mezi odběrem a zpracováním. V okamžiku skapu může mít vzorek větší hodnoty, než jaké byly naměřeny v laboratoři. Při výzkumu v Moravském krasu byl právě obsah vápníku zjišťován přímo na lokalitě. V případě Chýnovské jeskyně toto nebylo z technických důvodů možné. Pro relativní srovnání jsou však hodnoty použitelné.

4.2. Zhodnocení obsahu dusičnanů

Dusičnany jednoznačně dokladují zemědělskou činnost na povrchu v oblasti Chýnovské jeskyně.

U **vzorku č. 1 (*Pisolitová propast*)** se v průběhu celého roku neprojevovalo výrazně zvýšené množství dusičnanů. Na povrchu se v tomto místě nachází zahrada s travním porostem koseným dvakrát ročně a ovocnými stromy. Nedochází zde ke hnojení dusíkatými hnojivy ani se nepoužívají jiné techniky zemědělské úpravy, což se jasně potvrdilo i na kvalitě skapových vod.

U **vzorku č. 2 (*Štola*)** se naopak ukázaly zdaleka nejvyšší hodnoty dusičnanů ze všech odběrových míst. Povrch nad tímto místem tvoří terénní deprese bývalého selského lomu, do kterého se splavuje i velké množství povrchových vod z blízkého pole. V minulosti sem byl dokonce ukládán i odpad (komunální odpad, popel z kamen, apod.). Přestože již k tomuto v současnosti nedochází je zřejmé, že kvalita skapových vod je výše uvedenými skutečnostmi stále ovlivňována. Je třeba brát u úvahu, že zpoždění průniku vod do podzemí může být i několik let. Největší podíl na vysokém obsahu dusičnanů však má zcela evidentně zemědělská činnost. Anomálie zaznamenaná v obsahu dusičnanů v zimním období jasně napovídá výše uvedeným závěrům. V zimním období, kdy v důsledku zamrznutí povrchových partií půdního pokryvu, je snížen průnik povrchových vod do podzemí jsou hodnoty dusičnanů cca 60 x nižší.

U **vzorku č. 3 (*Blátivá chodba*)** je situace obdobná jako u **vzorku č. 1 (*Pisolitová propast*)**. Přesto, že se odběrové místo č. 3 částečně nachází pod polem, neprojevuje se tato situace zvýšeným obsahem dusičnanů ve skapové vodě. Zřejmě je to způsobeno i tím, že terén se výrazně svažuje směrem k blízkým depresím a voda je z velké části odváděna z tohoto prostoru.

I přesto, že se dusičnany v některých místech ve skapových vodách objevují je poměrně zastoupení skapových vod vzhledem k množství vody podzemního toku zanedbatelné. Podzemní tok Chýnovské jeskyně **je zdrojem pitné vody** pro město Chýnov. Tato voda musí být průběžně analyzována a mezní hodnoty pro pitnou vodu nebyly dosud nikdy překročeny.

4.3. Zhodnocení obsahu draslíku a sodíku

Vyšší výskyt **draslíku a sodíku**, může dokladovat vliv zemědělské činnosti. Je zajímavé, že v odebraných vzorcích (například vzhledem k množství dusičnanů ve štole) nejsou naměřené hodnoty nijak vysoké.

Nízký obsah **draslíku** téměř ve všech obdobích může být způsoben tím, že většinou pro svou větší velikost tento prvek špatně migruje a většina zůstává v půdě. Jediné zvýšení obsahu draslíku bylo zaznamenáno u **vzorku č. 1 (*Pisolitová propast*)** v podzimním období. Zvýšení má však spíše souvislost s horninově pestrým nadložím jeskyně.

Sodík, je dobře migrující prvek. Jeho zvýšení může dokladovat solení, nebo zemědělskou činnost, což se však v případě Chýnovské jeskyně neprojevuje.

4.4. Zhodnocení obsahu chloridů

Ve většině vod je obsah chloridů velmi stabilní. V mnoha případech se při indikačních zkouškách ve speleologii používá kuchyňská sůl jako jednoduchý stopovač. Právě cílené zvyšování obsahu chloridů může vést k prokázání spojení podzemních vod s povrchovými vývěry apod.

Mírné zvýšení obsahu chloridů na všech sledovaných místech můžeme pozorovat v letním období. V okolí Chýnovské jeskyně však nikde nedochází k solení pozemních komunikací ani zde nejsou žádné zdroje odpadních vod, které by mohly mít za příčinu výše uvedený stav. Důvody, které vedly ke zvýšení obsahu chloridu v letním období jsou tak nejasné.

4.5. Zhodnocení hodnoty pH

Hodnoty pH ve skapových vodách krasových systémů by se měly pohybovat v rozmezí od 7,5–8,5. Tato skutečnost je v zásadě dodržena i v případě Chýnovské jeskyně. Výjimky (hodnota pH pod 7) se v průběhu roku projevily prakticky na všech odběrových místech. V letním období došlo k měření hodnoty pH až v laboratoři, čímž mohlo dojít k určitému zkreslení těchto výsledků, vzhledem k možnosti vysrážení uhličitanu vápenatého. Hodnota pH je výhradně diktována karbonátovými horninami. Obsah rozpuštěného vápence nejvíce ovlivňuje tuto veličinu. Skapové vody s pH nižším než 7 by v obecné rovině způsobovaly destrukci sintrové výzdoby. Naměřené hodnoty v některých případech (6,74; 6,46; 6,65) se však stále pohybují víceméně v neutrálním prostředí a z hlediska krasování jsou prakticky zanedbatelné. Navíc se jedná pouze o jednotlivé případy, které se dlouhodobě neprojevují a mohou být způsobeny horninovým prostředím.

5. Závěr

Z provedených analýz vyplývá, že tvorba sintrové výzdoby ve vybraných partiích Chýnovské jeskyni je přímo úměrná množství rozpuštěných látek ve skapových vodách (vápník). Do systému jeskyně se v některých případech dostávají povrchové vody se zvýšeným obsahem dusičnanů, které jasně dokladují probíhající zemědělskou činnost v okolí. Tyto ojedinělé případy však nemají zásadní vliv na kvalitu podzemního toku ve vztahu ke zdroji pitné vody pro město Chýnov. Tento stav je však zarážející vzhledem k vyhlášenému území II. stupně pásma hygienické ochrany vodního zdroje Rutice. Napovídá, že podmínky ochrany PHO nejsou vždy zcela dodržovány.

U ostatních sledovaných veličin nebyly zaznamenány výrazné odchylky a vesměs odpovídají místním podmínkám.

Při porovnání chemismu skapových vod s normou jakosti pro pitnou vodu nebyly překročeny mezní hodnoty s výjimkou dusičnanů u vzorků ve štole.

Také při srovnání s hodnotami obdobného výzkumu prováděného v minulých letech na území Moravského krasu nejsou výsledky nijak překvapivé. Vzhledem k charakteru geologické situace porovnávaných krasových oblastí je logické, že vznik sintrových forem v typickém krasovém území je mnohem intenzivnější.

Tato práce byla vůbec prvním sledováním skapových vod na území Chýnovského krasu a její výsledky lze považovat pouze za orientační. V budoucnosti by bylo vhodné na tuto práci navázat dalším sledováním skapových vod, které by se však celou problematikou zabývalo mnohem podrobněji. Přinejmenším bude třeba provádět sledování v průběhu celého roku (spíše několika let) s intervalem odběrů cca 1 x za měsíc. Stejně tak bude nutné rozšířit počet sledovaných skapů a to i na další jeskyně Chýnovského krasu.

6. Seznam použité literatury

1. Anděra M. (1994): Netopýří společenstvo Chýnovské jeskyně na Tábořsku (Ochrana přírody, 49, 1994, č. 7) str.: 201-202
2. Bosák Pavel a kol. (1988): Jeskyňářství v teorii a praxi
3. Cajz Václav (1984): Geologické poměry pestré skupiny moldanubika v okolí Chýnova (diplomová práce katedry geologie PřFUK)
4. Cícha Jaroslav (1999): Jeskyně a historická důlní díla v jižních Čechách a na Šumavě
5. Drbal Karel (1994): Program obnovy Chýnovské jeskyně (Ochrana přírody, 49, 1994, č. 9)
6. Frič A.-Krejčí J. (1863): Živa, časopis přírodnický, str.: 343-350
7. Homola V., C.M. Schüller (1949): Výzkumy v Chýnovské jeskyni u Tábora v letech 1943-1948 (Československý kras ročník 2)
8. Kolektiv autorů (2001): Chýnovská jeskyně
Vydala: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Praha, Správa Chýnovské jeskyně
9. Krejča F., Vandělík J. (1994): Čerpací pokusy v Chýnovské jeskyni v prosinci 1993 (sborník Speleofóra 1994)
10. Litochleb J.-Sejkova J. (1999): Přehled minerálů a skupin z území Pacovy hory (stav k 15.11. 1999)
11. Litochleb J., Sejkova J., Krejča F., Šrein V., Šreinová B., (2004): Pacova hora u Chýnova- (Chýnovská jeskyně a lom)-nové poznatky mineralogického výzkumu (Bulletin mineralogicko petrografického oddělení NM č.12)
12. Mach V. (1965) : Správa o hydrogeologickém průzkumu na Pacově hoře u Chýnova (str.: 45-49)
13. Materiály z archivu Správy Chýnovské jeskyně
14. Nakladatelství Praha (1989): Československá státní norma jakosti vod (Pitná voda)
15. Skřivánek F. (1963): Jubileum státní přírodní rezervace Chýnovská jeskyně (ochrana přírody č. 6)
16. Zajíček P. (2005): Některé výsledky hydrochemických výzkumů krasových vod na území severní části Moravského krasu (nepublikovaná správa ÚOPJ AOPK ČR)

7. Přílohy

Seznam příloh:

1. Tabulka č. 1 - Hodnoty měření z prvního odběrového místa - Pisolitová propast
2. Tabulka č. 2 - Hodnoty měření z druhého odběrového místa - štola
3. Tabulka č. 3 - Hodnoty měření z třetího odběrového místa – Blátivá chodba
4. Tabulka č. 4 - Průměrné hodnoty měření v porovnání s Moravským krasem
5. Tabulka č. 5 - Průměrné hodnoty měření v porovnání s hodnotami pro pitnou vodu
6. Graf č. 1 - Průměrné hodnoty vápníku z odběrových míst
7. Graf č. 2 - Průměrné hodnoty veličin prokazujících vliv zemědělské činnosti
8. Obrázek č. 1 - Fotografie 1. odběrového místa
9. Obrázek č. 2 - Fotografie 1. odběrového místa - místo vzniku skapu
10. Obrázek č. 3 - Fotografie 2. odběrového místa
11. Obrázek č. 4 - Fotografie 2. odběrového místa - záclonka(místo vzniku skapu)
12. Obrázek č. 5 - Fotografie 3. odběrového místa
13. Obrázek č. 6 - Fotografie 3. odběrového místa - místo vzniku skapu
14. Obrázek č. 7 - Fotografie netopýra řasnatého (Myotis nattereri)
15. Obrázek č. 8 - Fotografie netopýra ušatého (Plecotus auritus)
16. Obrázek č. 9 - Fotografie netopýra černého (Barbastella barbastellus)
17. Obrázek č. 10 - Fotografie netopýra velkého (Myotis myotis)

Tabulka č. 1 - Hodnoty měření z prvního odběrového místa - Pisolitová propast

Sledované veličiny	Jaro 2005 Květen	Léto 2005 Srpen	Podzim 2005 Listopad	Zima 2006 Leden
pH	7,78	6,74	6,96	8,25
Vápník (mg·l ⁻¹)	19,01	13,34	2,54	12,91
Dusičnany (mg·l ⁻¹)	1,81	19,97	2,96	3,22
Draslík (mg·l ⁻¹)	1,62	2,55	7,07	1,04
Sodík (mg·l ⁻¹)	3,11	4,72	0,61	2,91
Chloridy (mg·l ⁻¹)	0,81	17,57	2,63	1,68
Sírany (mg·l ⁻¹)	48,31	28,94	55,41	32,98
Amonné ionty (mg·l ⁻¹)	0,03	0,22	0,21	0,02
Fosforečnany (mg·l ⁻¹)	0,02	0,00	0,00	0,00

Tabulka č. 2 - Hodnoty měření z druhého odběrového místa – štola

Sledované veličiny	Jaro 2005 Květen	Léto 2005 Srpen	Podzim 2005 Listopad	Zima 2006 Leden
pH	7,75	6,46	7,67	6,74
Vápník (mg·l ⁻¹)	68,91	39,88	79,78	52,55
Dusičnany (mg·l ⁻¹)	108,61	443,41	132,91	3,47
Draslík (mg·l ⁻¹)	0,61	0,49	3,32	0,94
Sodík (mg·l ⁻¹)	3,21	4,77	0,77	1,47
Chloridy (mg·l ⁻¹)	5,61	6,95	6,12	2,81
Sírany (mg·l ⁻¹)	38,51	102,5	54,87	65,43
Amonné ionty (mg·l ⁻¹)	0,01	0,59	0,14	0,00
Fosforečnany (mg·l ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabulka č. 3 - Hodnoty měření z třetího odběrového místa – Blátivá chodba

Sledované veličiny	Jaro 2005 Květen	Léto 2005 Srpen	Podzim 2005 Listopad	Zima 2006 Leden
pH	8,09	6,65	7,76	8,35
Vápník (mg·l ⁻¹)	34,9	8,97	34,51	38,43
Dusičnany (mg·l ⁻¹)	2,80	11,48	5,41	3,36
Draslík (mg·l ⁻¹)	1,31	1,67	3,02	0,87
Sodík (mg·l ⁻¹)	3,21	5,29	1,26	3,47
Chloridy (mg·l ⁻¹)	1,01	20,40	1,98	1,64
Sírany (mg·l ⁻¹)	43,5	26,32	46,82	36,56
Amonné ionty (mg·l ⁻¹)	0,04	0,15	0,03	0,01
Fosforečnany (mg·l ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00

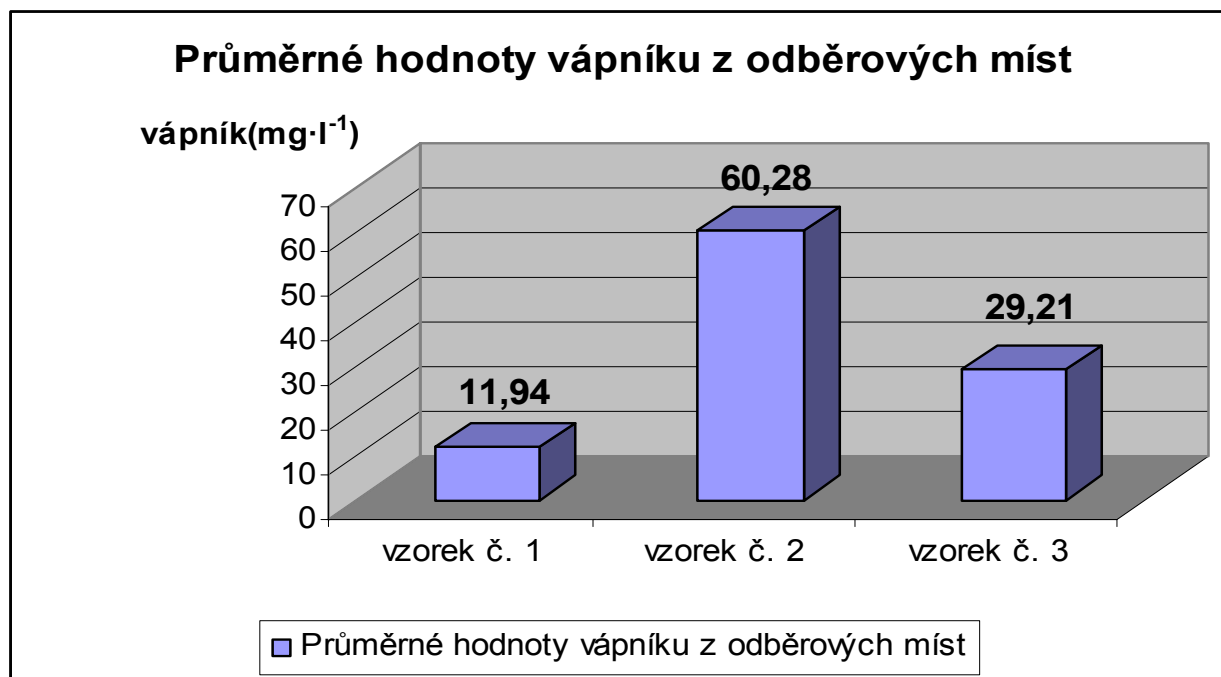
Tabulka č. 4 - Průměrné hodnoty měření v porovnání s Moravským krasem [16]

Sledované veličiny	Průměrné hodnoty vzorku č. 1	Průměrné hodnoty vzorku č. 2	Průměrné hodnoty vzorku č. 3	Moravský kras Punkevní jeskyně	Moravský kras Eliščina jeskyně
pH	7,41	7,16	7,71	7,82	7,73
Vápník (mg·l ⁻¹)	11,94	60,28	29,21	70, 00	120, 00
Dusičnany (mg·l ⁻¹)	6,98	172,19	5,76	8, 00	8, 00
Draslík (mg·l ⁻¹)	3,06	1,34	1,71	0, 80	0, 70
Sodík (mg·l ⁻¹)	2,84	2,55	3,31	8, 00	13, 00
Chloridy (mg·l ⁻¹)	5,71	5,12	6,32	3, 00	11, 00
Sírany (mg·l ⁻¹)	41,41	65,33	38,29	55, 00	160, 00
Amonné ionty (mg·l ⁻¹)	0,11	0,19	0,06	0,15	0,00
Fosforečnany (mg·l ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02

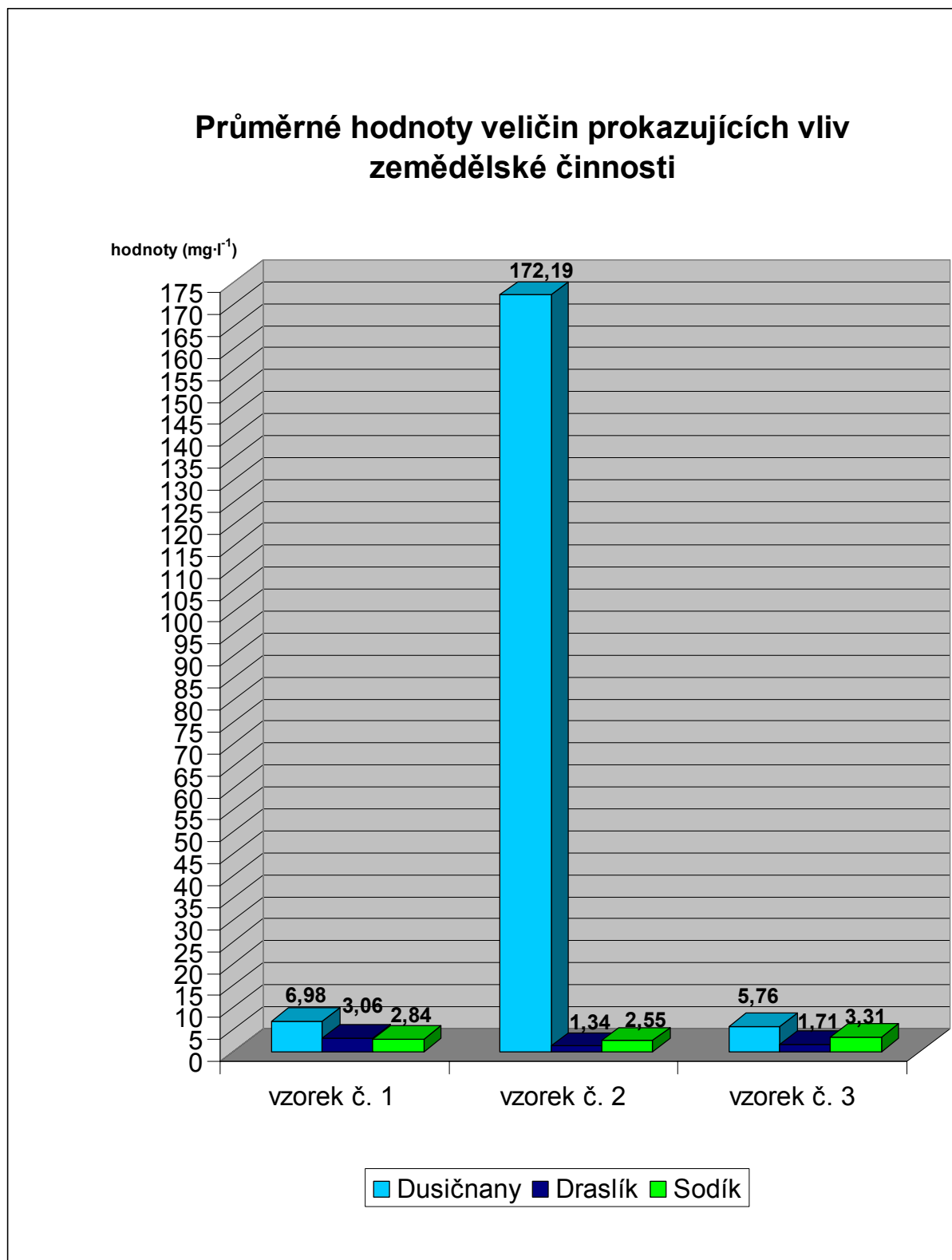
Tabulka č. 5 - Průměrné hodnoty měření v porovnání s hodnotami pro pitnou vodu [15]

Sledované veličiny	Průměrné hodnoty vzorku č. 1	Průměrné hodnoty vzorku č. 2	Průměrné hodnoty vzorku č. 3	Mezní hodnoty pro pitnou vodu
pH	7,41	7,16	7,71	6,50 - 9, 50
Vápník (mg·l ⁻¹)	11,94	60,28	29,21	20,00
Dusičnany (mg·l ⁻¹)	6,98	172,19	5,76	50,00
Draslík (mg·l ⁻¹)	3,06	1,34	1,71	x
Sodík (mg·l ⁻¹)	2,84	2,55	3,31	x
Chloridy (mg·l ⁻¹)	5,71	5,12	6,32	100,00
Sírany (mg·l ⁻¹)	41,41	65,33	38,29	250 00
Amonné ionty (mg·l ⁻¹)	0,11	0,19	0,06	0,50
Fosforečnany (mg·l ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	x

Graf č. 1 :



Graf č. 2:



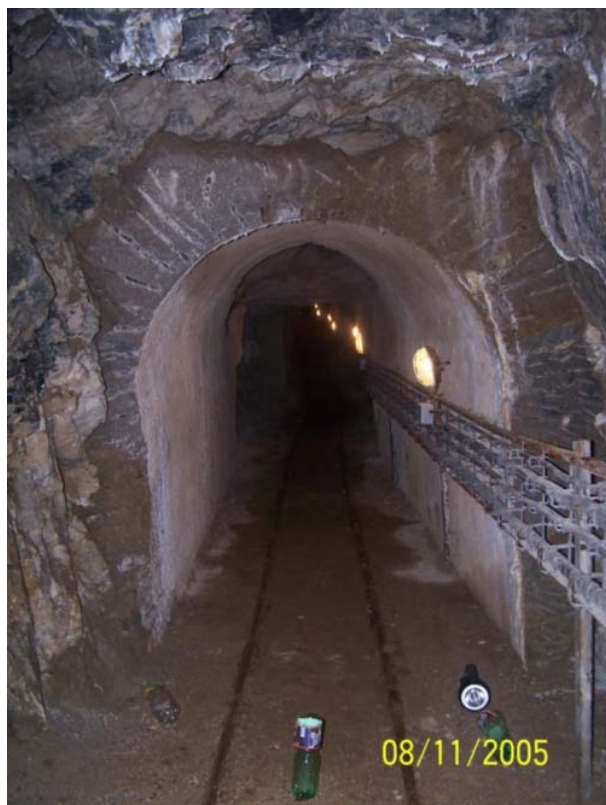
Obrázek č. 1 - Fotografie 1. odběrového místa



Obrázek č. 2: - Fotografie 1. odběrového místa - místo vzniku skapu



Obrázek č. 3 - Fotografie 2. odběrového místa



Obrázek č. 4 - Fotografie 2. odběrového místa - záclonka(místo vzniku skapu)



Obrázek č. 5 - Fotografie 3. odběrového místa



Obrázek č. 6 - Fotografie 3. odběrového místa - místo vzniku skapu



Obrázek č. 7 - Fotografie netopýra řasnatého (*Myotis nattereri*)



Obrázek č. 8 - Fotografie netopýra ušatého (*Plecotus auritus*)



Obrázek č. 9 - Fotografie netopýra černého (*Barbastella barbastellus*)



Obrázek č. 10 - Fotografie netopýra velkého (*Myotis myotis*)



