

Návrh metodiky monitoringu kvality krasových vod

Jiří Bruthans

Horáčkova 1215, Praha 4 Krč 140 00

Důležitost sledování kvality podzemní vody v krasových oblastech

Krasové vody jsou značně zranitelné, tj. snadno podléhají znečištění i ze vzdálených zdrojů (Ford a Williams 2007). Důvodem je přítomnost krasových kanálů, kterými pronikají vody na velké vzdálenosti značnou rychlostí a bez významnějšího naředění. Krasové vody jsou zejména náchylné vůči znečištěním dusičnany z různých zdrojů (Coxon 1999, Panno a kol. 2001, Katz 2004). Zvýšené koncentrace dusičnanů jsou důsledkem aplikace hnojiv (Wells a Krothe 1989, Katz a kol. 2001), úniků splaškových vod (White 1988, Pacheco a Cabrera 1997, Veni a kol. 2001) a z živočišných odpadů (Berryhill 1989). Dalším hojným kontaminantem krasových vod jsou pesticidy a bakteriální znečištění (Panno a kol. 2001, Katz a kol. 2009). Hnojení polí bývá doprovázeno zvýšeným obsahem chloridů, draslíku, vápníku, hořčíku a síranů v půdních vodách (Böhlke 2002). K odlišení zdroje dusičnanů z hnojení polí a splaškových vod lze použít bor, který je ve zvýšeném množství obsažen ve splaškových vodách (Katz a kol. 2009).

V ČR, která je relativně hustě osídlená s značnou koncentrací průmyslu a intenzivní zemědělskou aktivitou jsou krasová území mimo horské oblasti výrazně ohrožená znečištěním podzemní vody. Chemické složení ponorných toků Moravského krasu popsali např. Taraba (1976), nověji údaje zpracovala s ohledem na rozsah zemědělsky využívaných ploch Holendová (2007). Novější údaje chemického složení podzemního toku Punkvy uvádí např. Šulák (2006) a Závodná (2006), Sloupského koridoru v Amatérské jeskyni pak Gregorová (2010). David (2016) a Ondruš (2016) studovali vliv čistírny odpadních vod na chemické složení vod v jeskynním systému Lopače, Schrimpelová (2015) pak vliv ČOV na tok v jeskynním systému Rudické propadání. Míru znečištění skapových vod v Amatérské jeskyni dokumentoval Kamas a kol. (2015). Chemické složení skapových vod Býčí Skály vč. obsahu chloridů uvádí Blažková (2014). Obsahy chloridů a dusičnanů ve skapech Rudického propadání dokumentovali Zeman a Bruthans (2007), u skapů Punkevních jeskyní Šulák (2006) a Němcových jeskyní Gregorová (2012). Studie Vysoké a kol. (2006) a Kamase a kol. (2015) poukázaly na velmi dlouhé doby zdržení v nenasycené zóně Moravského krasu, které často dosahují 15 i více let. Kondenzační korozi a tedy korozní poškození speleotém v Moravském krasu studovali např. Obalinová (2002), Zajíček a Faimon (2005) a Fajkošová (2011).

Chemické složení vod Mladečského krasu shrnula nově Kroupová (2007). Chemismus vody podzemních krasových jezer v Českém krasu a jejich vztah k řece Berounce popsala Vysoká a kol. (2012). Chemismus krasových pramenů vč. znečišťujících látek v Českém krasu popsal Žák a kol. (2001, 2004, 2008). Chemismus skapových vod a toku v Chýnovské jeskyni uvádí Bruthans a Krejča (2016). Míru znečištění Miskovického krasu chloridy a dusičnany popsali Bruthans a Churáčková (2011). Chemické složení jezer Hranického krasu uvádí Geršl (2016), obsahy dusičnanů a chloridů v dalších krasových oblastech zmiňuje Bruthans a kol. (2005), Bruthans (2006).

Z těchto studií, i řady dalších analýz roztroušených v publikovaných i nepublikovaných pracích vyplývá, že v řadě oblastí ČR jsou podzemní vody krasu více či méně znečištěné dusičnany, případně chloridy a dalšími látkami. Stav kvality krasových podzemních vod je důležitý pro dobrý stav bioty a kvality vody by proto měla být monitorována. Existuje velmi málo informací o znečištění krasových vod pesticidy (pilotní rozbory v Moravském krasu).

Výběr lokalit

Byla sestavena excelová tabulka „seznam lokalit.xlsx“ (viz i tab. 1 a2) obsahující 82 jeskyních objektů s výskytem proudící podzemní vody, jezer nebo vody skapávající ze stropů jeskyní (dále skapů) vhodných k odběru vzorků. Část objektů (celkem 58) splňuje podmínky lokalizace v zvláště chráněných územích, zbylé objekty jsou uvedeny jako seznam ostatních jeskyní s výskytem stojaté či proudící vody, které však pod ochranu nespádají, ačkoli jsou často výrazně ohrožené znečištěním.

Potenciálním znečištěním jsou nejvíce ohrožené objekty v nižších polohách ČR s vyšší hustotou obyvatelstva, kde jsou koncentrovány průmyslové provozy a intenzivní zemědělská činnost. Naopak ve vyšších polohách je riziko znečištění podstatně nižší. Lokalitám v seznamu je na základě očekávané míry zranitelnosti přiřazen koeficient důležitosti 1-3, kde 1 jsou objekty, které mají buď relativně malý význam, nebo lze vzhledem k poloze v krajině očekávat jejich nízkou míru zranitelnosti lidskou činností (např. horské oblasti). Naopak objekty 3 jsou objekty významně zranitelné, nebo v případě Moravského krasu objekty, jejichž sledováním jsou zároveň monitorovány i jejich zdrojnice, což z nich činí prioritní objekty pro monitoring. Objekty s koeficientem důležitosti 3 a 2 jsou proto navrženy pro prioritní monitorování, objekty s důležitostí 1 je nicméně také vhodné monitorovat.

Vzorkování má za účel zachytit při minimálním počtu vzorků a tedy při minimálních ekonomických nákladech potenciální znečištění na co nejvyšším počtu sledovaných objektů. Protože objektů navržených k monitorování je značný počet, jsou na každém objektu navrženy odběry za nízkého a vysokého vodního stavu a pouze v případě, že budou zjištěny nadlimitní hodnoty, je navrženo vzorkování opakovat. Pokud by to finanční prostředky dovolily, je samozřejmě vhodné vzorkování v několikaletém intervalu opakovat, protože znečištění podzemních vod se může výrazně během času měnit.

Sledované parametry

Je navrženo sledování následujících parametrů:

- 1) Teplota, pH, vodivost vody a rozpuštěný kyslík (200 Kč); Informace o vodním stavu (vysoký, nízký)
- 2) dusičnany, dusitany, chloridy, sírany (iontová chromatografie 85+85+85+85Kč, akreditováno)
- 3) sodík, draslík (ICP-OES, 130+130Kč)
- 4) hydrogenuhličitan (titrace, 50 Kč, akreditováno)
- 5) NH₄ (fotometrie, 75 Kč, akreditováno),
- 6) CHSK-Mn (chemická spotřeba kyslíku manganistanem 80 Kč, akreditováno)
- 7) Celkový fosfor (fotometrie, 180 Kč, akreditováno)
- 8) BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku); titrace 190 Kč, akreditováno
- 9) Pesticidní látky (4000Kč, GC-MS, LC-MS, A)
- 10) NEL (nepolární extrahovatelné látky, 500Kč, fotometrie-IR, akreditováno)
- 11) Mikrobiologický rozbor krácený (500 Kč, akreditováno)

V závorce je uvedena metoda stanovení, předpokládaná cena a zda se jedná o akreditovanou metodu (akreditováno).

Pro měření parametrů budou používány profesionální měřicí přístroje na měření konduktivity, pH a rozpuštěného kyslíku odolné vůči stříkající vodě a vlhkosti aby nedošlo k ovlivnění měřených parametrů vlhkostí v jeskynním prostředí. Sondy přístrojů budou před měřením řádně zkalibrovány.

Vzorky ze skupin 2 a 3 budou filtrovány pomocí filtrů 0,45 mikrometru (vakuová filtrace, nebo filtry uzpůsobené pro nasazení na injekční stříkačku s bajonetovým ukončením). Vzorky ze skupiny 3 (kationty) budou po filtraci acidifikovány superčistou kyselinou dusičnou.

Navržené parametry představují základní údaje o nejběžnějším znečištění krasových vod (dusíkaté látky, pesticidy, koliformní bakterie) a rámcové informace o dalších možných znečišťujících látkách (organické látky, posypové soli apod.).

Celková cena za rozbor z jednoho objektu činí 6400Kč. Při jednorázovém odběru na každé lokalitě se jedná při 58 objektech o celkovou částku 371 tis. Kč a při opakovaném odběru pak o částku 742 tis. Kč. Je třeba počítat i s náklady na odběry vzorků, které zde nejsou započítány.

Vzorkující osoba

Vzhledem k tomu, že se většina objektů určených k vzorkování nachází v jeskynních systémech a to často ve značné vzdálenosti od vchodů anebo v obtížně přístupných místech (zdolávání žebříků o celkovém převýšení až přes 100 m, brodění ve vodních tocích, možnost náhlého zatopení jeskyně) jeví se výrazně neekonomické, aby vzorkování prováděly vnější subjekty bez speleologické zkušenosti. Důvody jsou v zásadě tři:

- 1) Tyto osoby budou stejně muset mít doprovod pracovníků AOPK, kteří jeskyni znají a ví kde vzorkovat a jak se zachovat např. za náhlé změny vodních stavů, takže tyto osoby budou vázat čas pracovníků AOPK.
- 2) Profesionální vzorkaři budou žádat značné finanční prostředky za vzorkování ve výrazně nestandardním prostředí (rizika pádu a utonutí za náhlé povodně, obtížný pohyb, problémy s odběrem a transportem vzorků)
- 3) Profesionální vzorkaři nemají vybavení a zkušenosti se specifickým odběrem vzorků v jeskynním prostředí (nutnost používat transportní vaky, všudypřítomnost bláta a vlhkosti) a bude docházet k řadě chyb, než tyto zkušenosti získají

Z těchto důvodů je nezbytné, aby vzorkování prováděli buď k odběrům vyškolení pracovníci AOPK, kteří mají speleologické zkušenosti, nebo hydrogeologové, kteří vzorky standardně odebírají a mají přitom dostatečnou speleologickou zkušenost (v ČR nejméně několik osob a společností).

Odběr vzorků a měření parametrů

Na vzorkovaném místě bude změřen nebo alespoň odhadnut průtok (toky, vývěry), nebo stav hladiny (jezera). Na skapových místech se průtok určí buď zachycením vody do nádoby za jednotku času, nebo počtem kapek za jednotku času. U objektů, kde by si určení průtoku vyžádalo neúměrný čas či finanční prostředky bude průtok pouze odhadnut. V takovém případě bude namísto měřeného průtoku zaznamenán průtok na nejbližším profilu ČHMU v době vzorkování. Mapa profilů je uvedena na <http://portal.chmi.cz/>, karta voda. Po kliknutí na daný profil se zobrazí měřené hodnoty za poslední týden. K odhadnutému průtoku se uvede též název toku, název stanice, vodní stav (cm) a průtok (m³/s). Tím bude možné pro danou oblast zhruba určit vodní stav.

Na odběrovém místě budou změřeny terénní parametry: teplota, konduktivita, pH a rozpuštěný kyslík. Zodpovědná osoba bude dbát na to, aby byly všechny přístroje a sondy zkalibrovány v periodě udané výrobcem vybavení. Při měření s pH elektrodou dochází obvykle k úniku uchovávacího elektrolitu (často koncentrovaný KCl) do podzemní vody a měřící osoba bude proto dbát na to aby nedošlo k ovlivnění hodnot konduktivity (měření pH provádět až po měření konduktivity) a aby nedošlo ke kontaminaci vzorků chloridovými ionty. Rovněž vzorky na všechny sledované ukazatele budou odebrány před měřením pH.

Při odběru se uvede datum odběru, rámcový charakter vodních stavů (nízký, střední, vysoký) a případně i další detaily (zvýšení vlivem tání sněhu, deštových srážek, dlouhodobé sucho), u odběrů mimo jeskynní prostředí teplota vzduchu. Dále se uvedou měřené parametry (průtok, teplota vody, konduktivita, pH, rozp. kyslík). Konduktivita vody bude uvedena po přepočtení na referenční teplotu 25 °C.

V případě tekoucí vody budou vzorky odebírány přímo z toku.

V případě stojaté vody (podzemní jezera) bude odběr proveden malým ponorným čerpadlem pod hladinou vody tak, aby nedošlo k zakalení vody. U hladiny jezera lze očekávat únik CO₂ z roztoku a změnu fyzikálně chemických parametrů, proto i měření sondami musí být prováděno hlouběji pod hladinou vody. Pro odběr vzorku se použije malé přenosné ponorné čerpadélko, např. gigant napájené gelovou baterií 12V.

V případě skapových vod bude voda odebrána do vymytých plastových nádob umístěných na skapové místo.

Vzorky budou odebírány podle pokynu laboratoře.

Uchování a transport vzorků

V jeskynním systému je třeba zamezit rozbití vzorkovnic vhodným obalem a zabránit smazání jejich popisek (obtočením vzorkovnic do stahovací folie). Teploty v jeskyních nevyžadují použití chlazení při transportu. Vně jeskyně je třeba vzorky uložit do mobilní chladničky a bez zbytečného odkladu vzorky transportovat do laboratoře aby doba transportu po odběru nepřesáhla čas stanovený laboratoří.

Laboratoř

Analýzy vzorků budou prováděny v akreditované laboratoři za použití metod zmíněných v kap. Sledované parametry

Použitá literatura:

Berryhill Jr WS. (1989): The impact of agricultural practices on water quality in karst regions. In: Beck BF editor. Engineering and environmental impacts of sinkholes and karst. Proceedings of the Third Multidisciplinary Conference, Balkema, Rotterdam. p. 159–64.

Blažková K. (2014): Hydrogeochemie skapových vod v jeskyni Býčí Skála (Moravský kras). Bakalářská práce. PŘ F MU. Brno. 35 str.

- Böhlke J. K. (2002): Groundwater recharge and agricultural contamination. *Hydrogeology Journal* 10: 153-179.
- Bruthans J., Vojtěchovská A., Kukačka J., Zeman O., Horáček D. (2005): Nové poznatky o proudění vody a vzniku propasti Rokytka v Kryštofově Údolí u Liberce. *Speleofórum* 2005: 47-50.
- Bruthans J. (2006): Využití přirozených stopovačů (18O; 3H, freony; SF6) a dalších metod pro zhodnocení doby zdržení vod a charakteru proudění v krasových oblastech ČR.- doktorská disertační práce. PŘF UK. Praha 207.str.
- Bruthans J., Churáčková Z. (2011): Využití stopovačů pro studium proudění, původu a vývoje chemického složení vody pramene (Sv. Vojtěch, česká křídlová pánev). *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010*: 227-232.
- Bruthans a Krejča (2016): Poznámky k hydrogeologii a vývoji chýnovského krasu. Ed. F. Krejča 150 let Chýnovské jeskyně: Sborník příspěvků semináře k 150. výročí objevení Chýnovské jeskyně. *Acta speleologica* 7/2016: 48-55.
- Coxon C. (1999): Agriculturally induced impacts. In: Drew D, Hotzl H, editors. *Karst Hydrogeology and Human Activities*. Rotterdam: Balkema. p. 37–80.
- Ford D. a Williams P. (2007): *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley and Sons, Chichester, 562 p.
- David T. (2016): Znečištění jeskynního systému Lopač vodami z čistírny odpadních vod. *Bakalářská práce*. PŘF MU Brno 37 str.
- Fajkošová L. (2011): Kondenzační koroze v Amatérské jeskyni. *Diplomová práce*. PŘF MU. Brno 74 str.
- Geršl M. (2016): Rozlišení vod Hranického krasu na základě archivních analýz. *Geoscience Research Reports* 49: 247-252
- Gregorová, A. (2010): Hydrologie Amatérské jeskyně a ponorných toků se zaměřením na stopovací zkoušky. *Bakalářská práce*. PŘF UK Praha 36 str.
- Gregorová, A. (2012): Výzkum nenasycené zóny v severní části Moravského krasu, *Diplomová práce*. PŘFUK, 70 str.
- Holendová, K. (2007): Hydrogeologie Moravského krasu se zaměřením na chemické složení vod. *Diplomová práce PŘFUK Praha*. 94 str.
- Hrdinka T. (2005): Limnologická studie jezera v lomu Velká Amerika. *Český kras* 30: 5-10.
- Kamas J., Bruthans J, Vysoka H. a Kovařík M. (2015): Range of horizontal transport and residence time of nitrate in a mature karst vadose zone. *International Journal of Speleology* 44(1): 49-59
- Katz BG. (2004): Nitrate contamination in karst ground water. In: Culver D, White W, editors. *Encyclopedia of Caves*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science.
- Katz BG, Böhlke JK, Hornsby HD. (2001): Timescales for nitrate contamination of spring waters, northern Florida. *Chem Geol.* 179(1–4):167–86.
- Katz B. G., Griffin D. W., Davis J. H. (2009): Groundwater quality impacts from the land application of treated municipal wastewater in a large karstic spring basin: Chemical and microbiological indicators. *Science of the Total Environment* 4007: 2872-2886.
- Konečná I. (2009): Hydrogeochemie skapových vod Punkevních jeskyní (Moravský kras). *Bakalářská práce*. 42 str. Masarykova Universita v Brně

- KROUPOVÁ, B. (2007): Hydrogeologie Javoříčko-Mladečského krasu se zaměřením na chemické složení vod. Diplomová práce. PŘFUK Praha, 55 str.
- Obalinová E. (2002): studium krápníkové koroze ve vybraných jeskynních systémech Moravského krasu MS diplomová práce. Ústav geologie a pedologie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno
- Ondruš M. (2016): Vliv obecní čistírny odpadních vod na jeskynní systém propadání Lopače. Fakulta Stavební VUT Brno 66 str.
- Pacheco AJ, Cabrera SA. (1997): Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Hydrogeol J.* 5:47–53.
- Panno SV, Hackley KC, Hwang HH, Kelly WR. (2001): Determination of the sources of nitrate contamination in karst springs using isotopic and chemical indicators. *Chem Geol.* 179:113–28.
- Schrimpelová K. (2015): Vliv odtoku z čistíren odpadních vod na krasové toky. Diplomová práce. Fakulta stavební. VUT Brno 80 str.
- Šulák M. (2006): Studium nenasycených skapů ve vybraných jeskyních Moravského krasu. Bakalářská práce. PŘ. F. MU Brno 46 str.
- Taraba J. (1976): Závěrečná zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu. Geotest Brno, (P25636).
- Veni G, DuChene H, Crawford NC, Groves CG, Huppert GN, Kastning EH, et al. (2001): Living with karst. American Geological Institute Environmental Awareness Series, vol. 4.. 65 pp.
- Vysoká H., Zeman O. a Bruthans J. (2006): Studium skapových vod v Ochozské jeskyni: Překvapivě dlouhá doba zdržení v nenasycené zóně i za extrémních stavů. *Speleofórum* 25: 93-94.
- Vysoká H., Bruthans J., Žák K. a Mls J. (2012): Response of the karst phreatic zone to flood events in a major river (Bohemian Karst, Czech Republic) and its implication for cave genesis. *Journal of Cave and Karst Studies* 74:65-81
- White WB. (1988): *Geomorphology and hydrology of karst terrains.* Oxford: Oxford University Press;. 464 pp.
- Wells ER, Krothe NC. (1989): Seasonal fluctuation in delta¹⁵N of groundwater nitrate in a mantled karst aquifer due to macropore transport of fertilizer-derived nitrate. *J Hydrol.* 112:191–201.
- Zajíček P., Faimon J. (2005): Kondenzace vody jako jedna z příčin koroze speleotém v jeskynních Moravského krasu.-Výzkum, využívanie a ochrana jaskýň. 5. vedecká konferencia, 26-29.9.2005. Demanovská dolina. Zborník referátov Ed. P. Bella 151-155. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš.
- Závodná B. (2006): Vývoj povrchových krasových vod (Punkva, Moravský kras). Diplomová práce. 59 str. PŘ. F. Masarykova Univerzita v Brně
- Zeman O. a Bruthans J. (2007): Skapové vody a přítoky v Rudickém propadání-Býčí Skále: Vliv využití území nad jeskyní a otázka původu vod. *Speleofórum* 26: 105-108.
- Žák, K., Hladíková, J., Buzek, F., Kadlecová, R., Ložek, V., Cílek, V., Kadlec, J., Žigová, A., Bruthans, J. a Šťastný, M. (2001): Holocenní vápence a krasový pramen ve Svatém Janu pod Skalou v Českém krasu. - Práce Českého geologického ústavu (Czech Geological Survey Special Papers), vol. 13, p 136. ČGÚ, Praha
- Žák K., Vysoká H., Bruthans J., Hlaváč J. (2004): Hydrogeologie krasového systému pramen pod Domášovem-Tetínský vývěr: nová pozorování a data. *Český kras* 30: 45-50. Beroun

Žák K., Schmelzová R., Hlaváč J., Gottfried L., Urbánek R., Bruthans J., Světlík I., Majer M. (2008): Mlýn v Kodě - přírodovědné, historické a technické aspekty. Český kras 34: 5-20.

Tab. 1 Objekty navržené k vzorkování, řazení podle oblastí

pořadové číslo	status	druh ochrany	případné paralelní rozborů jinou organizací	typ objektu	objekt	důležitost (1 min, 3 max, 0 vyřazené)	oblast	předpokládaná míra znečištění (1 min, 3 max)
1		CHKO		ponor jeskyně	Žďárský ponor	2	Moravský kras	2
2		CHKO	ověřit zda neprovádí rozborů CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Luha	2	Moravský kras	1
3		CHKO		ponor	z kanalizace u Hřebenáče	2	Moravský kras	3
4		CHKO		podzemní tok	sifon S3 Šachta u Brouška	3	Moravský kras	3
5		CHKO	ověřit zda neprovádí rozborů CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Bílá voda	2	Moravský kras	1
6		CHKO		ponor/podzemní tok	Nová Rasovna, Lipovecký potok	2	Moravský kras	2
7		CHKO		podzemní tok	Plánivy	1	Moravský kras	1
8		CHKO		podzemní tok	tok Leknínové dómy, Stará Amatérská	2	Moravský kras	1
9		CHKO		podzemní tok	tok Konstantní přírok	2	Moravský kras	2
10		CHKO		ponor	Suchdolský ponor	2	Moravský kras	2

11		CHKO		skap	vybrané dlouho sledované v Amatérce pod býv polem a současným	2	Moravský kras	2
12		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	vývěr	Punkva	3	Moravský kras	2
13		CHKO	odběr vody, je sledována kvalita pitné vody?	podzemní tok	Štaigrovka	1	Moravský kras	1
14		CHKO		jeskynní jezero	Císařská	1	Moravský kras	2
15		CHKO		ponor	Lopač	2	Moravský kras	2
16		CHKO		podzemní tok	Kajetánův závrť	2	Moravský kras	2
17		CHKO		podzemní tok	tok Harbechy	2	Moravský kras	2
18		CHKO		vývěr	Ostrovské vody (Stovka)	3	Moravský kras	2
19		CHKO		podzemní ?tok?	Svážná studna	1	Moravský kras	1
20		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Jedovnický potok	2	Moravský kras	2
21		CHKO	odběr vody, je sledována kvalita pitné vody?	podzemní tok	Tipeček	1	Moravský kras	1
22		CHKO		podzemní tok	tok Stará řeka	2	Moravský kras	2
23		CHKO		skap	nejvyšší kond Rudické	2	Moravský kras	2
24		CHKO		vývěr	Býčí skála	3	Moravský kras	2
25		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Křtinský potok (Mariánská)	2	Moravský kras	2
26		CHKO		vývěr	Křtinský potok	3	Moravský kras	2
27	vyřazeno	CHKO	je sledována kvalita pitné vody, není jeskyně	pramen	Olomoučanský vývěr	1	Moravský kras	1
28		CHKO		ponor	Hostěnický potok	2	Moravský kras	2

29		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Říčka	2	Moravský kras	2
30		CHKO		vývěr	Říčka I	3	Moravský kras	2
31	vyřazeno	CHKO	není jeskyně	vývěr	Kaprálka	0	Moravský kras	1
32		CHKO		obč. tok	Arnika	2	Český kras	2
33		CHKO		jeskynní jezero	Arnoldka	2	Český kras	2
34		CHKO		jeskynní jezero	Čeřinka	2	Český kras	1
35		CHKO		jeskynní jezero	Únorová propast	2	Český kras	2
36		CHKO		jeskynní jezero	Menglerova	2	Český kras	2
37		CHKO		jeskynní jezero	Pecoldovy jeskyně	2	Český kras	2
38		CHKO		jeskynní jezero	Dynamitka	1	Český kras	1
39		CHKO		jeskynní jezero	Javorka	1	Český kras	1
40		CHKO		jeskynní jezero	jeskyně Nad Tetínem	3	Český kras	3
41		CHKO		jeskynní jezero	Tetínská vyvěračka/Propástky	3	Český kras	2
42		CHKO		jeskynní jezero	Podtraťová	2	Český kras	2
43		CHKO		jeskynní jezero	Tomášková	1	Český kras	1
44		CHKO		jeskynní jezero	Bonzáková jeskyně	2	Český kras	2
45	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Divišova	0	kras sedlčansko (týnčany)	2
46	vyřazeno	žádná ochrana	odběr pitné vody? Sledována kvalita?	vývěr ze zatopené jeskyně	Svatojánská	0	kras sedlčansko (týnčany)	2
47		CHKO		jeskynní jezero	Peklo	1	Šumava, Pošumaví	1
48	vyřazeno	jen PP		jeskynní jezero	Strašínská	0	Šumava, Pošumaví	2
49	vyřazeno	jen PR		jeskynní jezero	Sudslavická	0	Šumava, Pošumaví	2
50	vyřazeno	jen PP		podzemní tok	Loreta u Klatov	0	Šumava, Pošumaví	2

51	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Podolská a Páterova jesk.	0	Železné hory	3
52	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Pod Šeptuchovem	0	Posázaví	2
53	vyřazeno?	NPR ale přístupná jesk.		podzemní tok	Chýnovská j. tok	0	Chýnov	2
54	vyřazeno?	NPR ale přístupná jesk.		skap	Chýnovská j., skap Žižkova Střelba a nebo spíš v Lepivé chodbě z výstuží	0	Chýnov	2
55	vyřazeno	žádná ochrana		ponor	ponor do jeskyně	0	Miskovický kras	2
56	vyřazeno	žádná ochrana		podzemní tok	Rokytky	0	Liberecko	1
57	vyřazeno	jen PR		vývěr ze zatopené jeskyně	vývěr z Huberova ponoru	0	Liberecko	1
58	vyřazeno?	NPP ale přístupná jesk		jeskynní jezero	Bozkovské jeskyně	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
59	vyřazeno	jen PR		vývěr ze zatopené jeskyně	Ponor (vývěr) Vošmendy	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
60	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Poniklá	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
61	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Netopýří Mlýn	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
62		KRNAP	odběr pitné vody? Sledována kvalita?	vývěr ze zatopené jeskyně	Štěpanická Lhota	2	Krkonoše a Jizerské hory	1
63		KRNAP		jeskynní jezero	Albeřická	1	Krkonoše a Jizerské hory	1
64		CHKO		jeskynní jezero	V Orlickém záhoří	1	Orlické hory	1
65		NPR		podzemní tok	Tvarožné díry	1	Králický Sněžník	1
66		NPR		jeskynní jezero	Patzeltova	1	Králický Sněžník	1
67		NPP		ponor	Propadání (jesk na ponoru nad j. na Pomezí)	1	Jeseníky	1
68	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Velký dóm (obč. jezero?)	0	Jeseníky	1
69	vyřazeno	žádná ochrana		vývěr ze zatopené jeskyně	Za Hájovnou	0	Jeseníky	1
70		NPP		jeskynní jezero	Jesk. Na Špičáku	2	Jeseníky	?

71		NPR		jeskynní jezero	Hranická propast	1	Hranický kras	1
72	vyřazeno	jen PP		jeskynní jezero	Jesk. Na Hraně	0	Hranický kras	?
73	vyřazeno	jen PP		jeskynní jezero	Na Kučách	0	Hranický kras	?
74		NPR		ponor	Ponor pod Zkamenělým zámekem	3	Mladečský a Javoříčský kras	2
75	vyřazeno	žádná ochrana		ponor	Ponor pod smrkem	0	Mladečský a Javoříčský kras	2
76	vyřazeno	žádná ochrana		podzemní tok	jesk údolí Rachavy	0	Mladečský a Javoříčský kras	2
77		NPP		jeskynní jezero	Mladečské jesk	2	Mladečský a Javoříčský kras	2
78	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Vinšova vyvěračka	0	Tišnovský kras	2
79	vyřazeno	žádná ochrana	odběr pitné vody? Sledována kvalita?	jezero	Němčické jesk	0	Němčický kras	1
80		CHKO, PP		podzemní tok	Bartošova pec	2	Turnovský kras	2
81		CHKO, NPR		podzemní tok	jeskyně Pod Velkým vodopádem	1	Adršpoach	1
82		CHKO, NPR		podzemní tok	Teplická j.	1	Teplice	1
83		CHKO, NPR		podzemní tok	J. Pod Luciferem	1	Broumov	1

Tab. 2 Objekty navržené k vzorkování, řazení podle priority odběru

pořadové číslo	status	druh ochrany	případné paralelní rozbory jinou organizací	typ objektu	objekt	důležitost (1 min, 3 max, 0 vyřazené)	oblast	předpokládaná míra znečištění (1 min, 3 max)
4		CHKO		podzemní tok	sifon S3 Šachta u Brouška	3	Moravský kras	3
12		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	vývěr	Punkva	3	Moravský kras	2
18		CHKO		vývěr	Ostrovské vody (Stovka)	3	Moravský kras	2
24		CHKO		vývěr	Býčí skála	3	Moravský kras	2
26		CHKO		vývěr	Křtinský potok	3	Moravský kras	2
30		CHKO		vývěr	Říčka I	3	Moravský kras	2
40		CHKO		jeskynní jezero	jeskyně Nad Tetínem	3	Český kras	3
41		CHKO		jeskynní jezero	Tetínská vyvěračka/Propástky	3	Český kras	2
74		NPR		ponor	Ponor pod Zkameněným zámekem	3	Mladečský a Javoříčský kras	2
1		CHKO		ponor jeskyně	Žďárský ponor	2	Moravský kras	2
2		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Luha	2	Moravský kras	1

3		CHKO		ponor	z kanalizace u Hřebenáče	2	Moravský kras	3
5		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Bílá voda	2	Moravský kras	1
6		CHKO		ponor/podzemní tok	Nová Rasovna, Lipovecký potok	2	Moravský kras	2
8		CHKO		podzemní tok	tok Leknínové dómy, Stará Amatérská	2	Moravský kras	1
9		CHKO		podzemní tok	tok Konstantní přírok	2	Moravský kras	2
10		CHKO		ponor	Suchdolský ponor	2	Moravský kras	2
11		CHKO		skap	vybrané dlouho sledované v Amatérce pod býv polem a současným	2	Moravský kras	2
15		CHKO		ponor	Lopač	2	Moravský kras	2
16		CHKO		podzemní tok	Kajetánův závrt	2	Moravský kras	2
17		CHKO		podzemní tok	tok Harbechy	2	Moravský kras	2
20		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Jedovnický potok	2	Moravský kras	2
22		CHKO		podzemní tok	tok Stará řeka	2	Moravský kras	2
23		CHKO		skap	nejvyšší kond Rudické	2	Moravský kras	2
25		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Křtinský potok (Mariánská)	2	Moravský kras	2
28		CHKO		ponor	Hostěnický potok	2	Moravský kras	2
29		CHKO	ověřit zda neprovádí rozbory CHMU, v tom případě přebytečné	ponor	Řička	2	Moravský kras	2
32		CHKO		obč. tok	Arnika	2	Český kras	2

33		CHKO		jeskynní jezero	Arnoldka	2	Český kras	2
34		CHKO		jeskynní jezero	Čeřinka	2	Český kras	1
35		CHKO		jeskynní jezero	Únorová propast	2	Český kras	2
36		CHKO		jeskynní jezero	Menglerova	2	Český kras	2
37		CHKO		jeskynní jezero	Pecoldovy jeskyně	2	Český kras	2
42		CHKO		jeskynní jezero	Podtraťová	2	Český kras	2
44		CHKO		jeskynní jezero	Bonzákova jeskyně	2	Český kras	2
62		KRNAP	odběr pitné vody? Sledována kvalita?	vývěr ze zatopené jeskyně	Štěpanická Lhota	2	Krkonoše a Jizerské hory	1
70		NPP		jeskynní jezero	Jesk. Na Špičáku	2	Jeseníky	?
77		NPP		jeskynní jezero	Mladečské jesk	2	Mladečský a Javoříčský kras	2
80		CHKO, PP		podzemní tok	Bartošova pec	2	Turnovský kras	2
7		CHKO		podzemní tok	Plánivy	1	Moravský kras	1
13		CHKO	odběr vody, je sledována kvalita pitné vody?	podzemní tok	Štaigrovka	1	Moravský kras	1
14		CHKO		jeskynní jezero	Císařská	1	Moravský kras	2
19		CHKO		podzemní ?tok?	Svážná studna	1	Moravský kras	1
21		CHKO	odběr vody, je sledována kvalita pitné vody?	podzemní tok	Tipeček	1	Moravský kras	1
27	vyřazeno	CHKO	je sledována kvalita pitné vody, není jeskyně	pramen	Olomoučanský vývěr	1	Moravský kras	1
38		CHKO		jeskynní jezero	Dynamitka	1	Český kras	1
39		CHKO		jeskynní jezero	Javorka	1	Český kras	1
43		CHKO		jeskynní jezero	Tomáškova	1	Český kras	1
47		CHKO		jeskynní jezero	Peklo	1	Šumava, Pošumaví	1
63		KRNAP		jeskynní jezero	Albeřická	1	Krkonoše a Jizerské	1

						hory	
64		CHKO		jeskynní jezero	V Orlickém záhoří	1	Orlické hory 1
65		NPR		podzemní tok	Tvarožné díry	1	Králický Sněžník 1
66		NPR		jeskynní jezero	Patzeltova	1	Králický Sněžník 1
67		NPP		ponor	Propadání (jesk na ponoru nad j. na Pomezí)	1	Jeseníky 1
71		NPR		jeskynní jezero	Hranická propast	1	Hranický kras 1
81		CHKO, NPR		podzemní tok	jeskyně Pod Velkým vodopádem	1	Adršpoach 1
82		CHKO, NPR		podzemní tok	Teplická j.	1	Teplice 1
83		CHKO, NPR		podzemní tok	J. Pod Luciferem	1	Broumov 1
31	vyřazeno	CHKO	není jeskyně	vývěr	Kaprálka	0	Moravský kras 1
45	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Divišova	0	kras sedličansko (týnčany) 2
46	vyřazeno	žádná ochrana	odběr pitné vody? Sledována kvalita?	vývěr ze zatopené jeskyně	Svatojánská	0	kras sedličansko (týnčany) 2
48	vyřazeno	jen PP		jeskynní jezero	Strašínská	0	Šumava, Pošumaví 2
49	vyřazeno	jen PR		jeskynní jezero	Sudslavická	0	Šumava, Pošumaví 2
50	vyřazeno	jen PP		podzemní tok	Loreta u Klatov	0	Šumava, Pošumaví 2
51	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Podolská a Páterova jesk.	0	Železné hory 3
52	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Pod Šeptuchovem	0	Posázaví 2
53	vyřazeno?	NPR ale přístupná jesk.		podzemní tok	Chýnovská j. tok	0	Chýnov 2
54	vyřazeno?	NPR ale přístupná jesk.		skap	Chýnovská j., skap Žižkova Střelba a nebo spíš v Lepivé chodbě z výstuží	0	Chýnov 2
55	vyřazeno	žádná ochrana		ponor	ponor do jeskyně	0	Miskovický kras 2
56	vyřazeno	žádná ochrana		podzemní tok	Rokytky	0	Liberecko 1
57	vyřazeno	jen PR		vývěr ze zatopené jeskyně	vývěr z Huberova ponoru	0	Liberecko 1
58	vyřazeno?	NPP ale přístupná jesk		jeskynní jezero	Bozkovské jeskyně	0	Krkonoše a Jizerské 1

						hory		
59	vyřazeno	jen PR		vývěr ze zatopené jeskyně	Ponor (vývěr) Vošmendy	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
60	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Poniklá	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
61	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Netopýří Mlýn	0	Krkonoše a Jizerské hory	1
68	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Velký dóm (obč. jezero?)	0	Jeseníky	1
69	vyřazeno	žádná ochrana		vývěr ze zatopené jeskyně	Za Hájovnou	0	Jeseníky	1
72	vyřazeno	jen PP		jeskynní jezero	Jesk. Na Hraně	0	Hranický kras	?
73	vyřazeno	jen PP		jeskynní jezero	Na Kučách	0	Hranický kras	?
75	vyřazeno	žádná ochrana		ponor	Ponor pod smrkem	0	Mladečský a Javoříčský kras	2
76	vyřazeno	žádná ochrana		podzemní tok	jesk údolí Rachavy	0	Mladečský a Javoříčský kras	2
78	vyřazeno	žádná ochrana		jeskynní jezero	Vinšova vyvěračka	0	Tišnovský kras	2
79	vyřazeno	žádná ochrana	odběr pitné vody? Sledována kvalita?	jezero	Němčické jesk	0	Němčický kras	1