

BP 68

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



Krasové jevy v okolí Turnova
Karst phenomena in Turnov area

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Petr Mikuš

Vedoucí: RNDr. Jiří Bruthans Ph.D.

Praha, září 2008

Obsah

1. Úvod a cíl práce	3
2. Úvod do problematiky	3
2.1 Sebeorganizující proudění, kras a pseudokras	3
3. Úvod do zájmové oblasti.....	5
3.1 Vymezení zájmového území.....	5
3.2 Geologie oblasti	6
3.3 Hydrogeologie oblasti.....	8
3.4 Vodohospodářské využití území.....	10
3.5 Zranitelnost podzemní vody	11
4. Geneze zájmových útvarů.....	12
5. Předchozí práce.....	13
6. Metodika a postup.....	14
6.1 Terénní studium	14
6.2 Přístroje a použité postupy.....	15
7. Výsledky	16
7.1 Zjištěné útvary, jevy a jejich lokalizace.....	16
7.2 Fyzikální a chemické parametry měřených vod a jejich porovnání.....	18
7.3 Zjištěné zdroje ohrožení krasovějících oblastí.....	20
7.4 Budoucí práce	22
8. Závěr	22
9. Poděkování.....	22
10. Použitá literatura	23

1. Úvod a cíl práce

Okolí Turnova je pro svou geologickou stavbu územím velmi příhodným pro vznik rozmanitých forem geomorfologických útvarů. Z oblasti je známa řada jevů, řazených pod pseudokras (jeskyně, rozsedlinová propast, závrtý – Balatka a kol., 1971; Lhotský a kol., 1965; Vitek, 1987) Z oblasti byly popsány i krasové jevy (Bruthans a kol., 2001). Vznik a velmi rychlý vývoj jeskyně v lomu Střeleč ukázala, že v oblasti mohou existovat také jevy vzniklé sebeorganizujícím prouděním (self organizing flow/pattern), dále SO jevy.

Cílem této práce byla lokalizace, popis a fotodokumentace pramenů a dalších jevů, jejichž původ může být spojen s procesem SO např.: pramenů s jeskynním rozšířením okolí vývěru, závrtů a ponorů aktivních buď celoročně či po mimořádných srážkách. U pramenů bylo cílem změření základních parametrů (průtok, pH, konduktivita atd.). Dalším cílem bylo pak zjištění rizik a možných ohrožení podzemní vody zejména v souvislosti s „černými“ skládkami.

Terénní průzkum směřoval do oblasti výskytu jizerského souvrství a předpokládaných hranic souvrství jizerského a teplického, kde lze předpokládat v analogii s územím u Bartošovy pece ponor vod z teplického do jizerského souvrství. Práce není zaměřena na pseudokrasové jevy skalních měst, které mají jiný mechanismus vzniku než hledané jevy SO a navíc byly již důkladně popsány v diplomových a jiných pracích (Pokorný, 2001)

2. Úvod do problematiky

2.1 Sebeorganizující proudění, kras a pseudokras

Jako sebeorganizující označujeme ty procesy, při nichž se vnitřní organizace otevřeného systému rozvíjí co do komplexnosti a složitosti bez působení a vedení vnějšího zdroje.

V prostředí s průlinovou nebo puklinovou porozitou je porozita v čase neměnná a proudění je tak určeno charakterem a geometrií porozity a topografií terénu. Proudění vody na porozitu nemá žádný měřitelný vliv (v regionálním měřítku).

V krasových oblastech naproti tomu postupem času dochází k významným změnám porozity, kdy se nemění její celkový objem (výrazněji), ale dochází ke změně propustnosti a geometrie propustných cest (Klimchouk kol., 2000). Zpočátku se prostředí chová stejně jako při odvodňování puklinovou porozitou. Prouděním vody však dochází k rozšiřování některých

puklin a vrstevních ploch, čímž vznikají ve směru proudění tzv. protokanály, tj. prostory o průměru několika mm podél cest, jimiž se fluidum pohybuje (Klimchouk a kol., 2000). Tyto protokanály směřují do oblasti drenáže a ve chvíli, kdy jí první z nich dosáhne a odvodní se, poklesne v něm i jeho okolí hydraulická výška. To má za následek, že se z něj stává nové místo drenáže a proudění v ostatních protokanálech začíná směřovat sem, místo původním směrem, je-li to pro vodu hydraulicky výhodnější. Postupně se čím dál více kanálů napojuje na první úspěšný kanál a vzniká samovolně dostředná odvodňovací síť, která efektivně odvádí vodu z prostředí. Mírou organizace je přitom podobá říční síti na povrchu, nebo městské kanalizaci (odtud název sebeorganizace - jedná se o samovolně vznikající organizovaný systém odvodnění).

Výsledkem sebeorganizujícího proudění, je pak po určité době drénování celého prostředí do několika málo pramenů. Krasové kanály sledují samozřejmě také pukliny a vrstevní plochy, protože je ale k dispozici obrovské množství puklin a jiných diskontinuit, "vybírá si" proudění nejvýhodnější cesty, které pak rozšiřuje. Nad systémem poruch tak během času nabývá na významu proudové pole, které se během vývoje porozity výrazně mění. Platí zde zpětná vazba: více proudící vody => větší rozšíření => více proudící vody.

Krasový systém je podle moderní definice integrovaný systém přenosu hmoty v rozpustných horninách s takovou strukturou propustnosti, v níž dominují kanály vzniklé rozpouštěním horniny a organizované tak, aby usnadnily cirkulaci fluida (Klimchouk a kol., 2000). Kras je tedy výsledkem sebeorganizace proudění vody v horninovém prostředí. O kras se však jedná pouze v případě, že dochází k rozpouštění. To však neznamená, že by bez rozpouštění k sebeorganizaci nemohlo docházet, uplatňuje se např. při mechanickém odnosu klastických zrn z jílové matrix. Sebeorganizovaný systém proudění je tak širším termínem než krasový systém, protože zahrnuje i jevy vznikající bez účasti rozpouštění.

S krasem bude mít výsledná porozita SO některé společné specifické rysy: naprostá většina vody proudí na konci své cesty několika drény, jejichž rozsah je tak malý, že je nelze efektivně zachytit pomocí vrtů. Voda bude těmito cestami proudit extrémně rychle, téměř vždy více než 100 m/den (Domenico a kol., 1991). Obě tyto vlastnosti výrazně ztěžují predikci šíření kontaminace a využití vrtů jako monitorovacího systému pro zamezení šíření kontaminace.

V zájmové oblasti představuje Bartošova pec krasový jev (Bruthans a kol., 2001), zatímco jeskyně v lomu Stěleč je výsledkem sebeorganizace proudění, aniž by se jakkoli mohlo uplatnit rozpouštění (pískovec zde neobsahuje karbonátový tmel ani jiný materiál, který by se rozpouštěl). Rozšiřování se děje za odnosem pískových zrn uvolňovaných

z kaolinické matrix. Jedná se o umělý jev vyvolaný čerpáním v lomu Střeleč, kam je vlivem vzniklé deprese jeskyní drénována voda z okolního kolektoru. V okolí se však vyskytují i přírodní prameny, kde dochází k vynášení písku a rozšiřování porozity (Hynie, 1961). Vzhledem k nehomogennímu obsahu rozpustitelných karbonátů v jednotlivých souvrstvích dochází často v různé míře k součinnosti obou principů (tj. rozpouštění a vyplavování zrn).

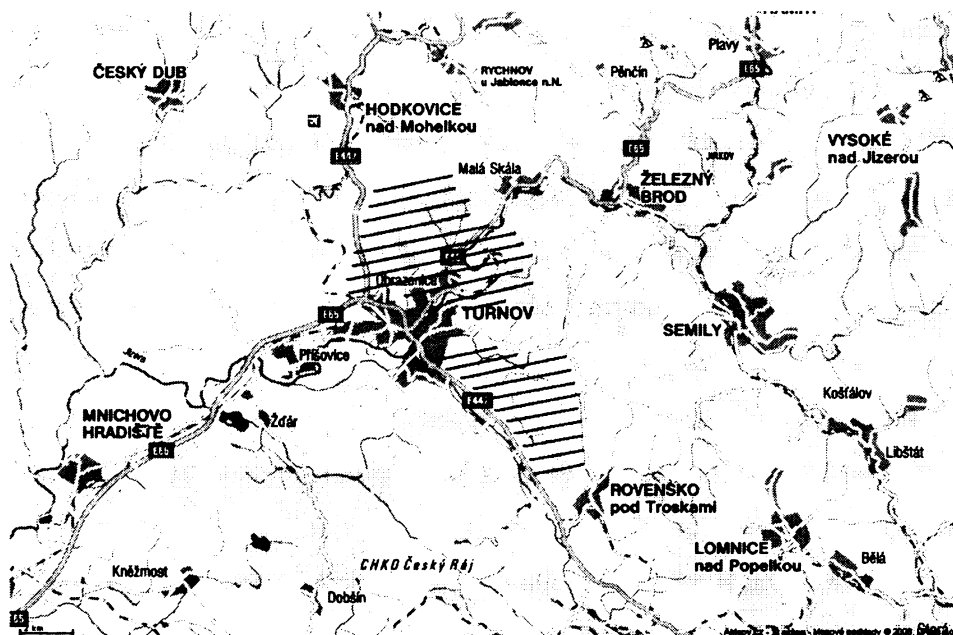
Tato práce se nezabývá vznikem pseudokrasu – tj. závrťů a rozsedlinových jeskyní, které vznikají v návaznosti na svahové pohyby na okraji skalních plošin. Tyto jevy byly již popsány v řadě prací (Kunský, 1957; Vítek 1987; Lhotský a kol., 1965; atd.) Nezabývá se ani vznikem tzv. „vrstevných jeskynní“ v skalních městech, jejichž vznik není dosud spolehlivě vysvětlen (srov. Vítek, 1987 a Cílek, 1998), byť existuje více teorií o jejich původu.

Práce se zabývá zejména jevy sebeorganizujícího proudění v jizerském souvrství, které dosud unikaly pozornosti (Bruthnans, 2006) a které přitom mají značný význam díky významným vodním zdrojům, které jsou na tyto horniny vázány (např. prameny Dolánky, zásobující pitnou vodou velkou část města Turnov).

3. Úvod do zájmové oblasti

3.1 Vymezení zájmového území

Můj zájem směřoval do oblasti blízkého okolí Turnova, vyznačené na obr. 1, kde jsem podle geologické mapy (Coubal, 1998) předpokládal slínovce a písčité vápence jizerského souvrství vhodné pro uplatnění jevů sebeorganizujícího proudění. Území je přibližně ohraničeno směrem k SV Lužickým zlomem, k JZ údolím Libuňky a hruboskalskou kuestou, k Z rychlostní komunikací Turnov/ Liberec a k S spojnicí obcí Paceřice, Odolenovice, Voděrady a Malá Skála. Zatímco na levém břehu Jizery je území omezeno přirozenými litologickými hranicemi, na pravém břehu je ohraničeno uměle v rámci možností rozsahu této práce.



Obr.1 – Vymezení zájmového území.

3.2 Geologie oblasti

Křídové horniny v území kterým se zabývá tato práce patří do tzv. Jizerské facie křídý, což znamená, že jsou budovány většinou jemnozrnnějšími sedimenty, ve kterých je oproti Lužické facii (Českolipsko) vyšší podíl CaCO_3 , místy až 80% (Kühn, 2006).

Na spodu se nalézají nejstarší cenomanské usazeniny – perucko-korycanského souvrství, přičemž platí, že málo mocné a nehomogenní perucké vrstvy jsou tvořeny říčními a jezerními sedimenty typu jílovců, pískovců a slepenců, zatímco v hrubších korycanských vrstvách dominují marinní slepence a pískovce. Na ně nasedá bělohorské souvrství stáří spodního a středního turonu, ve kterém dominují vápnité jílovce s pískovci. Mocnost bělohorského souvrství se pohybuje okolo 90 m (Adamovič, 1992).

Následuje více než 100 m (Čurda, 1987) mocné jizerské souvrství náležející střednímu až svrchnímu turonu. V části zájmového území se jizerské souvrství dostává k povrchu a tvoří reliéf s výskytem zkoumaných jevů - tam je jeho mocnost denudací samozřejmě snížena. Je budováno především několika opakujícími se sledy vrstev prachovců a pískovců, ve kterých směrem do nadloží přibývá hrubší složky pískovců na úkor jemnějšího prachovce (Petrů, 1978) a zároveň se lokálně zvyšuje podíl karbonátů, což se často odráží i v místních názvech (např. Vápeník u Hrubého Rohozce či u Voděrad). Souhrnem se ve svrchní části jizerského souvrství nalézají horniny typu jemnozrnných vápnitých pískovců, slínovců až písčitých vápenců. Zajímavostí je, že v Dolánkách, ve skalní stěně odkryté při stavbě silnice z Turnova

na Malou Skálu se nachází stratotyp jizerského souvrství s platností pro celou Českou křídovou pánev (Čech a kol., 1980).

V nadloží jizerského souvrství se nachází souvrství teplické, oddělené od jizerského souvrství vrstvou vápnatých jíílů. Teplické souvrství se ve studovaném území dochovalo pouze v denudačních zbytcích, z větší části překrývajících souvrství jizerské a to především v jeho jižní části. Litologicky se jedná o středně až hrubě zrnité kvádrové pískovce coniackého stáří, v nich se však velmi vzácně vyskytují i čočky téměř čistého vápence, např. v oblasti PP Tachovský vodopád (který je však již vně studovaného území). Křemenná zrna jsou spojena nejčastěji kaolinickým tmelem a křemenným prachem, lokálně také oxidy železa, východně od zájmového území pak i příměsí karbonátů. Mocnost tohoto souvrství kolísá v závislosti na stupni denudace, největších hodnot dosahuje patrně v Bukovině na vrchu Chocholka (60 m). Z geologické mapy (Coubal, 1998) a ze schematických geologických řezů zhotovených pro VaK Turnov (Šeda, 1987) ke stanovení ochranných pásem je patrné, že teplické souvrství se generelně pozvolna uklání k jihu. Místy lze v jeskyních v pískovcích teplického souvrství nalézt reliktů vápnatých sintrů (Krtola, Klokočské skály). Radiouhlíkové datování ukázalo, že vznikly mobilizací karbonátu deponovaného v nadloží pískovců ve spraších v posledním glaciálu. V současnosti je na obou lokalitách nadloží zcela odvápněno, jak je zřejmé ze srážení alumů na stejných místech, kde se před mnoha tisíci lety srážel karbonát (Bruthans, J. ústní sdělení).

Terciární horniny do studovaného území s výjimkou jedné intruze skryté pod povrchem nezasahují, významné jsou až kvartérní uloženiny. Mimo několika ostrůvků spodně pleistocénních říčních štěrků (Hrušnice, Vrchhůra atd.) se jedná především o váté spraše a sprašové hlíny posledního glaciálu. Jejich mocnost se pohybuje v řádu metrů. V údolích protékaných současnými nebo někdejšími toky se nacházejí říční štěrkové náplavy.

Tektonika celého území je v regionálním měřítku ovlivněna především blízkostí Lužického zlomu (vedoucího ve směru SSZ - JJV nedaleko severovýchodní hranice území), podél něž došlo k přesmyknutí hornin západosudetské oblasti přes sedimenty permu a křídů. (Šeda, 1987) JV hranice zájmové oblasti je tvořena další výraznou poruchou a sice Rovenským zlomem, vedoucím rovnoběžně s Lužickým, podél kterého došlo k poklesu zkoumaného území o několik desítek m (Šeda, 1987). Směrem do centra území proniká řada radiálních poruch kolmých na zlomy Rovenský a Lužický, ale také zlomy rovnoběžně kopírující průběh zlomu Libuňského. Severní část toku Jizery je také tektonickým pásmem, od něž se odvíjí dva další významné zlomy – Vazovecký a Podloučkovský. Samotné horniny jednotlivých souvrství, jsou pak vlivem této regionální tektoniky intenzivně rozpukány

pravidelnou hustou sítí drobnějších, přibližně na sebe kolmých poruch, probíhajících nejčastěji pod úhly $25^\circ - 50^\circ$ a $120^\circ - 150^\circ$. Tyto poruchy jsou dobře viditelných na skalních výchozech.

3.3 Hydrogeologie oblasti

Oblast spadá do Bc 2, s výskytem kolektorů A,B,C a D. Tabulka Tab.1 převzatá z práce Turnov-Nudvojovice (Šeda, 1987) ukazuje průtočnost jednotlivých kolektorů v oblasti, údaje z jiných zdrojů však uvádějí transmisivitu nižší (např. v Jizerském souvrství $6 * 10^{-5} - 6 * 10^{-6}$; Petřů 1978)

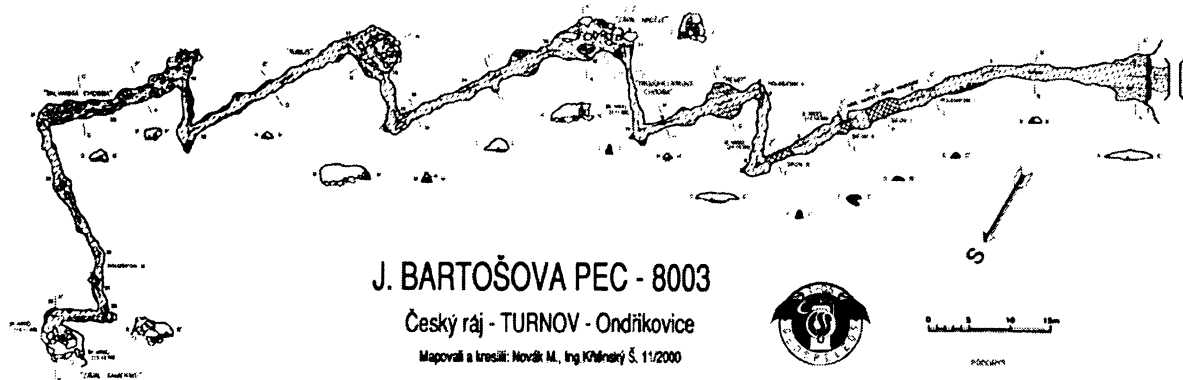
Kolektor	Transmisivita m^2/s
Paleozoikum	$2,9 - 7,4 * 10^{-6}$
A (Perucko-korycanské s.)	$1,3 * 10^{-3} - 4,9 * 10^{-6}$
B (Bělohorské s.)	$1,1 - 9,7 * 10^{-5}$
C (Jizerské s.)	$1,8 * 10^{-1} - 1,6 * 10^{-4}$
D (Teplické s.)	$1,0 * 10^{-3} - 8,5 * 10^{-5}$

Tab.1 - Transmisivita jednotlivých kolektorů (Šeda, 1987)

Kolektory A a B se na jevech spojených se sebeorganizací proudění nepodílejí a nejsou ani významněji využívány.

Jizerské souvrství (kolektor C) je nejvýznamnějším zdrojem vody pro Turnovsko a nachází se v něm také většina zkoumaných projevů sebeorganizace. Je budováno převážně písčítými prachovci, vápnitými slítnými pískovci a písčítými vápenci. Tyto horniny jsou pro vodu propustné díky silnému rozpukání z dob saxonského vrásnění (Mackovčín a kol., 2002), které zasahuje do hloubek min. 70 m (geofyzika, čerpací zkoušky, např. Petřů, 1978), průlinová porozita není příliš velká a uplatňuje se pouze lokálně. Filtrační schopnosti prostředí jsou značně proměnlivé v závislosti na intenzitě rozpukání a vlivu průlinové porozity, obecně však lze říci, že voda proudí prostředím rychle a její zranitelnost je tedy větší, což platí zvláště v blízkosti zlomových linií. Zpoždění maximální výše HPV oproti maximálnímu průtoku v Jizeře po srážkách je dva týdny (Šeda, 1987). Přítok do jizerského souvrství se uskutečňuje třemi způsoby - vsakem na výchozových partiích, přetokem z kolektoru D po jeho obvodu (popsáno níže) a průnikem přes sprašové pokryvy. Spraše působí vzhledem ke své malé propustnosti (k podle Hazena pro oblast Malého Rohozce 8 x

10^{-8} m/s; Čihák a Žitný, 2001) jako izolátory a srážková voda po nich buď odtéká nebo se vsakuje do podloží v oblastech kopírujících hlubší poruchy, což může být provázeno tvorbou závrtů (např. závrtů u malého Rohozce, Lažan i Kvítkovic). Nemůže-li se voda na spraších vsáknout, odtéká po povrchu, což na polích vede ke značné erozi. Jizerské souvrství má HPV volnou a je odvodňováno buď do pramenných vývěřů v zaříznutých údolích, kde voda opouští puklinový systém (např. Bartošova pec, Bezednice, pramen u Betléma a další prameny v údolí Jizery) nebo podzemním odtokem, který směřuje generelně k JJV, pouze v okolí Malého Rohozce k JZ (Šeda, 1987). Sebeorganizace proudění zde spočívá ve využívání vhodných puklin druhotně rozšiřovaných rozpouštěním, přičemž jejich původní systém může mít vliv na tvar kanálu. To je patrné např. z nákresu jeskyně Bartošova pec, držící se horizontálně jedné vrstevní plochy, a několika vertikálních poruch (Obr. 2). Jedná se o ideální horizontální jeskyni (Ford a Ewers, 1978).



Obr. 2 - Tvar jeskyně Bartošovy pece využívá síť regionálního tektonického rozpukání

Nedaleko odtud (2 km) se zde vyskytuje další typ krasového vývěru – Bezednice, což je pramen vacluského typu (Bruthans a kol., 2001), přivádějící vodu zezdola na povrch ramenem sifonu a o další 2 km SV je postupně se po puklině zahlubující jeskyně vývěru u Betlémského mlýna.

Teplické souvrství (kolektor D) budované především křemennými pískovci je pro vodu dobře propustné průlinovou porozitou, vzhledem ke svému omezenému výskytu má však pro vodohospodářské účely pouze doplňkový význam. Přítok do teplického souvrství je čistě ze srážek vsakem, odtok málo mineralizované vody pak probíhá přetokem do Jizerského souvrství, to je však odděleno vrstvou vápnitých jíílů, která je i přes svou malou mocnost (cca 10 m) schopna zabránit odtékání vody gravitačním spádem z jednoho souvrství do druhého. Proto je toto litologické rozhraní lemováno řadou drobných pramenů vytékajících z pískovců

teplického souvrství, které se často po překonání jílu opět ztrácí v podloží. V teplickém souvrství může docházet k sebeorganizaci proudění výše pospaným způsobem odnosu křemenných zrn. (Obr. 3)



Obr. 3 – *Vchod do jeskyně v lomu Střeleč, kde voda volně vyplavuje materiál. (Bruthans 2006)*

3.4 Vodohospodářské využití území

Hlavním odběratelem vody ve studované oblasti je vodárenská firma VaK Turnov, jímající vodu z podzemních zásob v Nudvojovicích u Turnova, z pramenů v Dolánkách a z několika dalších, již menších pramenních jímek či studní. K dalším významným odběratelům patří pivovar Malý Rohozec, podniky v průmyslové zóně Turnova, několik okolních vodárensky samostatných obcí a řada drobných odběratelů. Z map vrtné prozkoumanosti je patrné, že území je k jímání vody intenzivně využíváno a i proto by mělo být zvláště důsledně chráněno. Zvláště vhodné k jímání jsou prameny na přetoku z kolektoru D do C (např. Šlejferna, Metelka), případně vyvěrající podél zlomů v údolích zahloubených do kolektoru C (např. Dolánky, pivovarské prameny ve Vazovci, Sekerkovy Loučky). Část těchto pramenů má krasový původ. Na některých polních plochách byla také provedena meliorace, která sice zabraňuje podmáčení, na druhou stranu zvyšuje riziko povodní a zabraňuje vodě ve vsaku. Celá hustá síť jímacích zařízení, studní, zásobovacích potrubí, odvodňovacích drenáží a

meliorací mi v terénu připadala značně nepřehledná a ztěžovala mapování. V tabulce Tab. 2 jsou některé poskytnuté údaje o čerpaných množstvích vody.

Název	Odběr (l/s), 2007
Šlejferna	2,7
Dolánky	22,8
Borek (Ondříkovice)	3,4
Kalich (Besedice)	1,1
Loučky	0,2
Pivovarské prameny ve Vazovci	1

Tab. 2 – Poskytnutá data o čerpaných množstvích vody

3.5 Zranitelnost podzemní vody

V krasovějícím prostředí má ochrana podzemních vod oproti jiným oblastem některá specifika. Ta jsou dána především tím, že díky kanálům proteče voda ze soustředěné infiltrace porozitou velmi rychle. Díky tomu se kontaminant může dostat velmi rychle od zdroje znečištění k cíli. Kontaminant je v krasových oblastech často zjištěn až v pramenech vzdálených kilometry od místa znečištění, zatímco monitorovací vrty ležící přímo v dráze šíření kontaminace žádné znečištění nevykazují (Domenico a kol., 1997). Důvodem je nepatrný objem protékajících kanálů, které prakticky nelze zachytit vrty. Ochrana krasových oblastí je proto mimořádně důležitá.

Zranitelnost podzemní vody je definována jako přírodní náchylnost (citlivost) útvaru podzemní vody ke kontaminaci (Linström a kol., 1995). Rozlišujeme dva základní typy zranitelnosti – jednak **vlastní zranitelnost**, která charakterizuje geologické, hydrologické a hydrogeologické podmínky pro obecný kontaminant v prostředí, ve kterém se voda pohybuje a pak **specifickou zranitelnost**, vystihující odolnost prostředí vůči konkrétní znečišťující látce. Z hlediska toho, co je považováno za cílový předmět průniku kontaminátu pak rozlišujeme **zranitelnost zásob podzemní vody**, kdy je cílovým předmětem celá zvědeň. Za průnik je pak považováno zasažení hladiny podzemní vody. Naopak v případě **zranitelnosti povrchových zdrojů podzemní vody**, je za průnik považováno až zasažení vodního zdroje tzn. pramenu, studny nebo vrtu.

Z hodnot vlastní a specifické zranitelnosti vypočtených pro tu kterou konkrétní část území se sestavují **mapy zranitelnosti**, které se používají pro přehledné zhodnocení širšího území a jsou cenným nástrojem např. při stanovování ochranných pásem nebo při procesu posuzování vlivů na životní prostředí. Jak jsem však zjistil, nižší orgány státní správy

(městský odbor Ž.P. v Turnově) jich nevyužívají a uplatňují se snad až např. v environmentální politice na krajské úrovni.

Cest ke stanovení zranitelnosti podzemní vody je několik, přičemž jednotlivé metody se liší jak matematickým postupem, tak tím, které aspekty ovlivňující podzemní vody zohledňují. Vzájemné porovnání těchto metod je možné získat jejich aplikací na stejné území a srovnáním podobnosti výsledných map (Gogu a kol., 2001). Některé metody jsou obecnější, jiné se hodí pro určitá prostředí. Výsledky jednotlivých metod jsou částečně ověřitelné buď terénními stopovacími zkouškami nebo matematickým modelováním. V přílohách uvádím dvě nejpoužívanější a nejvhodnější pro prostředí sebeorganizujícího proudění a krasu (Příloha 2).

Celé Turnovsko je zařazeno do CHOPAV Severočeská Křída, větší část studovaného území navíc do širšího ochranného pásma některé z čerpacích stanic, a byť ve studovaném území není prokázáno mnoho krasových kanálů, závrtů se na Turnovsku vykytují, což samo o sobě znamená možnost rychlého šíření znečištění.

4. Geneze zájmových útvarů

V zájmovém území lze počátek krasovnění klást do pleistocénu, ke vzniku nekrasových jevů sebeorganizujícího proudění mohlo docházet i dříve. Pro studovanou oblast je důležitým milníkem konec svrchního pleistocénu, kdy Jizera začala využívat současné koryto (Šeda, 1987) a kdy již byly denudovány nadložní vrstvy usazenin a k povrchu se na některých místech dostalo na karbonáty bohaté a zároveň silně tektonicky postižené souvrství středního turonu. Byť totiž ke krasovnění může docházet i v podmínkách překrytí těchto vrstev jinými sedimenty (Worthington a kol., 2000), je-li mocnost tohoto nadloží příliš velká nebo je-li málo propustné a brání průniku vody (což je případ vápnito-jílové mezivrstvy jizerského a teplického souvrství), vyvíjí se síť kanálů jen velmi pomalu či téměř vůbec. Málo propustná vrstva pokryvných spraší by však neměla být na překážku, naopak zde dochází ke koncentraci proudění povrchových vod a ty se pak soustředěně ponáří do jizerského souvrství za tvorby závrtů.

Z důvodů malého rozsahu karbonátových hornin se v území nemohou vyskytovat struktury typu poljí. Netvoří se zde ani škrapy. Nacházejí se zde však závrtů, ponory, slepá a poloslepá údolí, pramenní vývěry s tvorbou pěnoveců a vzácně jeskynní vývěry (Kühn, 2006; Balatka B., Sládek J., 1975)

- Závrtý – prohlubně v reliéfu vzniklé zde patrně kombinací říčeného a sufózního typu (tj. postupným sesedáním při rozpouštění vápnatého podloží pod sprašemi nebo říčením). Tvoří se nad tektonickými poruchami, kterými voda vniká do podloží a rozpouští jej. V zájmovém území se jedná například o závrtý u Lažan
- Pramenní vývěry – vyskytují se zde ve dvou základních typech – jednak po obvodu lemují teplické souvrství, ze kterého voda nemůže kvůli jílové vrstvě prosakovat do podloží (vzácně tvoří pěnovce na kontaktu s vápnatými jíly, např. prameny u Bukoviny), dále se pak objevují ve vývěrech ze souvrství jizerského na dnech údolí (např. pivovarské prameny ve Vazoveckém údolí). V oblastech kde je beze spraší odkryto jizerské uvrství, mohou se po vydatných srážkách vyskytnout ještě prameny hypodermického odtoku (např. prameny kolem Roudného).
- Ponory – jsou lokalizovány v místech kde drobnější prameny překonají jílovou polohu. Jsou orientovány podle tektoniky a situovány na nejprostupnější puklině daného údolí. Postupem času na nich mohou vznikat závrtý a slepá údolí (např. ponory u Kozic)
- Slepá údolí končí tzv. závěrovou stěnou pod místem, kde je voda ponorem odváděna do podzemí a jejich další pokračování je uzavřeno. Poloslepá údolí také končí ponorem, na rozdíl od údolí slepých však nekončí závěrovou stěnou a jejich zahloubení postupně vyznívá. Oba dva typy bývají situovány na tektonických poruchách a v jejich ose může pokračovat širší údolí. (např. slepé údolí pod Voděrady)
- Jeskyně – v teplickém souvrství jsou hojné jeskyně pseudokrasu, v jizerském souvrství se objevují velmi vzácně jeskynní rozšíření podzemních toků a pramenů. Ty mohou mít genezi buď v rozpouštění horniny po puklině, nebo v odnášení říčeného materiálu. (např. jeskyně Bartošova pec)

5. Předchozí práce

Výzkum v oblasti se zaměřoval z praktického hlediska především na možnosti čerpání vody, ložiskové vrty jsou relativně vzácné, z výzkumného hlediska se pak jednalo většinou o průzkum pseudokrasových jevů v pískovcích (bez vrtů), k nimž byly přiřazeny i projevy SO. Patrně nejširší a nejpodrobnější výzkum oblasti byl proveden v roce 1987 pro VaK Turnov, kvůli stavbě nové čerpací stanice v Nudvojevicích a týkal se mírně širšího území než tato bakalářská práce (Šeda, 1987). V rámci tohoto průzkumu byla prováděna hlubší vrtná činnost (max. 530 m) a mapování, byla zkoumána geologie a konstruovány geologické řezy, dále

hydrogeologie (vzdálenosti 50-ti denního zdržení, čerpací zkoušky), hydraulika, hydrochemie, sledování klimatu. O něco méně podrobně se zkoumané oblasti věnuje také syntéza české křídové pánve (Herčík a kol., 1987). Celé zájmové území se nachází na území Geoparku Český ráj, dosud prováděné průzkumy se však SO jevy nezabývaly.

Do jihozápadní části území zasahují okrajově některé posudky vypracované pro lom Střeleč pod Troskami (např. Smutek, 2003). V oblasti je mnoho vrtů, jejichž dokumentace je přístupná v Geofondu ČR (např. Čechura, 1958; Anton, 2003; atd.) na většině hlubších byly provedeny čerpací zkoušky. V okolí Kvítkovic a Sekerkových Louček proběhl před nedávnem výzkum, který zdokumentoval závrtý a slepé údolí (Bruthans, 2006). Krasováním tohoto území se zabýval i J. Mertlík, který však výsledky svých výzkumů nepublikoval.

V severní části SZ oblasti (Povodí Vazoveckého potoka) se výzkumem pramenů zabýval Macák (1956), později území pomocí stopovacích zkoušek zkoumal Žitný (1961 - 1965), čímž prokázal propojení některých závrtů a vývěrů a stanovil ochranná pásma Rohozeckých pramenů, Petrů (1978) prováděl hydrogeologický průzkum okolí Jenišovic. Nejvýznamnějším projevem krasovnění – Bartošovou pecí se také zabýval nejdříve Kukla (1950), později Vítek (1981). Bruthans a kol. (2001) prováděli další stopovací zkoušky a zařadil celý systém do jevů krasových. Novák a Křtěnský (2001) objevili a zmapovali pokračování jeskyně Bartošova pec, jejíž známá délka v současnosti dosahuje 225 m. Při stavbě obchvatu Turnova na Harrachov byl ještě proveden detailní průzkum Hruborohozeckých závrtů, neboť jeden z nich měl být zlikvidován, k čemuž nakonec nedošlo (Čihák, S., Žitný, L., 2001)

V okolí Lažan se žádné informace o výzkumech zaměřených konkrétně na toto území získat nepodařilo, ze skutečnosti, že závrt u Lažan je podle dostupných informací teprve nyní objeveným jevem vyplývá, že z hlediska krasu či pseudokrasu zde průzkum neprobíhal.

6. Metodika a postup

6.1 Terénní studium

Koncem února 2008 jsem začal s terénními pochůzkami po zájmovém území, při nichž jsem se snažil získat maximum informací o litologii, geomorfologii, hydrogeologii a rizicích pro podzemní vodu. V těchto monitorovacích pochůzkách jsem s přestávkami pokračoval až do července téhož roku a snažil se při nich navštívit zejména místa, která mě upoutala na základních mapách 1:10 000 (03-32-[13,17,18,19,24] 1999), případně na geologické (Coubal, 1998) a hydrogeologické (Burda, 1999) mapě 1:50 000. Od místních obyvatel jsem zjišťoval

informace o existenci pramenů, hladiny podzemní vody (studny) a chování vody po srážkách. Získané informace jsem přepsal do elektronické podoby a zanesl jednotlivé body do mapy. V zápiscích jsem vždy uváděl datum, stav počasí v posledních dnech, polohu a popisy jednotlivých dokumentačních bodů a v případě potřeby i jejich náčrt. Jednalo se zejména o prameny, ponory, závrtky, koryta potoků, podmáčená místa, studny, jímací vodohospodářská zařízení a černé skládky. V poznámkách jsem se snažil charakterizovat jejich současný stav, geologické podloží, případně původ a souvislost s dalšími útvary a podobně. Snažil jsem se také o fotografickou dokumentaci, bohužel ne vždy jsem měl fotoaparát k dispozici, proto snímky nejsou u všech bodů. U části pramenů jsem také provedl odběr vzorků a z nich později změřil konduktivitu. Některá z těchto mých pozorování jsou také pro příklad uvedena v přílohách.

Kromě terénního průzkumu jsem si vyžádal informace o čerpaných množstvích vody v Turnovských vodovodech a kanalizacích (VaK) a v pivovaru Malý Rohozec. U obou firem jsem se setkal s ochotou a data mi byla poskytnuta. Dále jsem se snažil zkoumanou problematiku konzultovat s odborníky, kteří se jí již dříve zabývali (Řídkošil, T., Žitný, L., Mertlík, J., a další)

Dalším bodem bylo prostudování odborné literatury a práce s mapami (geologickými, topografickými i ortofotosnímky) v programu GIS, kam jsem zanášel body dokumentované v terénu a zjištěný rozsah jizerského a teplického souvrství.

6.2 Přístroje a použité postupy

Na vybraných pramenech jsem měřil pH, konduktivitu, teplotu a průtok. Polohu dokumentačních bodů jsem zaměřil pomocí GPS.

pH – měřil jsem vždy přímo v prameni pH metrem pH 330i se sondou SenTix 41 od firmy WTW.

Konduktivita – měřil jsem vždy nejdříve orientačně v terénu přímo v prameni přístrojem “HANNA instruments – HI 8733 Conductivity meter“, poté ještě později z odebraného vzorku pomocí přesnějšího konduktometru Cond 340i se sondou TetraCon 325 od firmy WTW (Německo) s přesností 0,5% a automatickým přepočten na srovnávací hladinu 25oC.

Teplota – měřil jsem vždy přímo v prameni elektrickým odporovým teploměrem s ponorným čidlem s přesností 0,1 °C

Průtok – pomocí měrné nádoby o známém objemu $V=10$ l, trubice na jímání přehrazeného toku a stopek jsem změřil čas potřebný k naplnění nádoby a vypočetl průtok.

GPS – jednotlivé body jsem zaměřoval pomocí systému GPS (Etrex Summit), přičemž bylo vždy nutné zaznamenat aktuální chybu měření (způsobenou dostupností signálu) a nadmořskou výšku, které se do paměti neukládaly. Nadmořskou výšku jsem posléze ještě kontroloval podle vrstevnic v mapě (03-32-[13,17,18,19,24], 1999)

7. Výsledky

7.1 Zjištěné útvary, jevy a jejich lokalizace

Výsledkem terénních pochůzek bylo jak navštívení již popsaných jevů sebeorganizace proudění tak objevení či prozkoumání některých nových. Nově byl popsán velký závrt u Lažan (příloha X, DB. Y), další u obce Blatec (příloha X, DB. Y), a několika menších v okolí Sekerkových Louček (příloha X, DB. Y), průzkum jeskyně s pramenem u Betlémského mlýna (příloha X, DB. Y), dokumentaci celé řady pramenů i ponorů a zmapování poloslepých údolí, či údolí protékaných občasnými toky (přílohy). Výsledkem mapování bylo rozšíření známého území s krasovými jevy jak v JV části (Blatecký závrt), tak v části západní (Lažanský závrt). Zatímco JV směrem se z litologických důvodů již další tyto jevy vyskytovat nemohou, směrem na Z pravděpodobně pokračují dál.

Územím s jednoznačně nejvyšší mírou sebeorganizace proudění a nejhojnějším výskytem krasových útvarů je oblast Vazoveckého údolí, s přesahem na obě strany – jak ke Hrubému Rohozci, tak k Bukovině - kde je zaznamenáno cca 8 závrťů, dvě slepá údolí, několik ponorů i pramenů (z toho některých o značné vydatnosti) a jedna rozpouštěním vzniklá jeskyně. Počet závrťů nelze stanovit přesně, protože nové říčené závrtky neustále vznikají, jsou však většinou likvidovány a zaváženy.

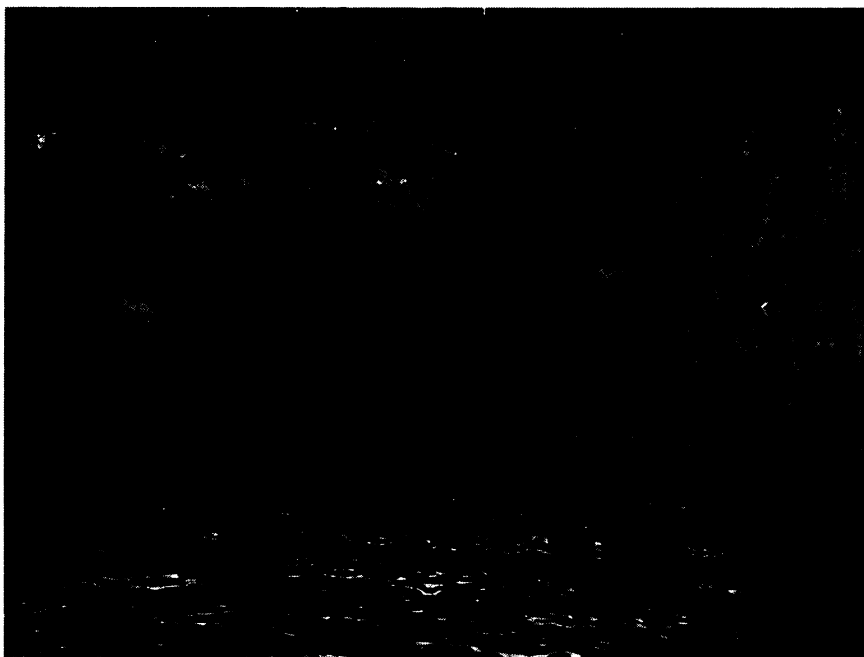
Druhou významnou oblastí je území okolo Sekerkových Louček a Kvítkovic, s výskytem jednoho poloslepeho údolí, tří závrťů průkazných a třech prozatím nepotvrzených (Obr. 5), a několika drobnějších ponorů i pramenů jevících známky sebeorganizace. K tomuto území jsem přiřadil ještě asi 2 km vzdálený závrt u Blatce, byť je zjevné, že odvádí vodu jinam.



Obr. 5 – Jeden z možných řícených závrťů u Sekerkových Louček

Třetí oblast se pak nachází u Lažan, kde je doposud znám jeden závrť velkého rozsahu, jeden ponor a několik občasných pramenů. Tuto část území se mi bohužel z časových důvodů nepodařilo prozkoumat příliš důkladně, proto je možné, že krasových útvarů zde bude více.

Posledním a bohužel nejméně prozkoumaným územím v zájmové oblasti je okolí Betlémského mlýna a obce Loučky. Zde je situováno několik pramenů, z toho jeden s rozšířením vývěru v jeskyni (Obr.6). Dle morfologie terénu, zjištěné geologie a informací od místních obyvatel (včetně provedených amatérských barvicích zkoušek), však předpokládám, že i zde ještě dojde k dalším objevům.



Obr. 6 – Jeskyně s pramenem u Betlémského mlýna

Krom čtyřech výše vyjmenovaných oblastí se určité drobnější projevy sebeorganizace rozptýleně projevují takřka po celém zájmovém území, jedná se především o prameny a následné ponory na rozhraní teplického a jizerského souvrství.

Mimo toto vymezené území byl jeden závrt lokalizován ještě jihovýchodně za jeho okrajem u vesnice Svijany.

Všechny zjištěné projevy krasovění a sebeorganizace byly zdokumentovány a jsou popsány v přílohách. Rovněž jsou zaneseny do mapy v programu ArcGIS.

7.2 Fyzikální a chemické parametry měřených vod a jejich porovnání

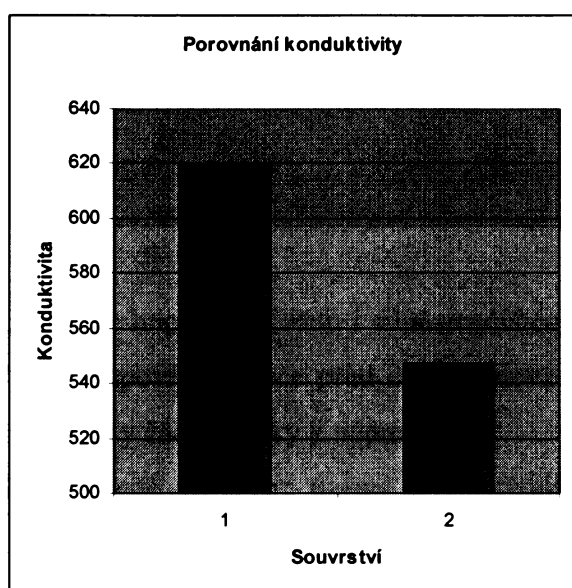
U pramenů byly měřeny a zapisovány veličiny uvedené v tabulce 3. Bohužel ne vždy bylo možné zjistit nebo alespoň odhadnout průtok a teplotu, také údaje o pH ve dvou případech chybí.

Pramen	Číslo v mapě	Zdroj vody	Průtok (l/s)	Teplota (°C)	pH	Konduktivita pro 25oC (μS/cm)	Nadmořská výška (m.n.m.)	Poloha GPS
Pramen pod Šetřilovskem	1	Teplické	0,25	9,4	6,6	450	290 + ?	50°35'54,6"N, 15°10' 2,7"E
Pramen Boží voda	1	Teplické	0,07	8,5	7,4	590	306	50°35' 59,2"N, 15°10' 20,0"E
Přepad na Šleiferně	3	Teplické	1,5	8,6	7,4	349	305	50°36' 0,3"N, 15°10' 54,7"E
Prameny nad Bukovinou	4	Teplické	4x0,2	7,5	7,4	642	334	50°36' 39,7"N, 15°10' 32,9"E
Voda ze studny v Kozicích	5	Teplické	?	?	7,5	705	333	50°34'19,8"N, 15°13'0,4"E
Přepad u jímání na Kalichu	6	Teplické	1,1	8	7,5	160	415	50°37' 32,3"N, 15°11' 56,9"E
Pramen u Betlémského mlýna	7	Jizerské	3,5	8,7	6,9	567	255	50°36'41,4"N, 15°11'41,1"E
Studny u Zrcadlové kozy	8	Jizerské	?	?	7,1	680	255	50°36' 9,3"N, 15°10' 58,1"E
Pramen mezi Zrc.Koz. A Dolánkami	9	Jizerské	2	8,5	7,6	385	250	50°36' 1,7"N, 15°10' 45,6"E
Pramen mezi Dolánkami a Loužkem	10	Jizerské	0,2	8,9	7,0	635	265	50°36'15,3"N, 15°10'54,1"E

Bezednice	11	Jizerské	5,5	7,6	7,0	681	270	50°36'17,3"N, 15°10'1,9"E
Pivovarské prameny	12	Jizerské	45	8,4	7,1	490	290	50°37'9,8"N, 15°9'39,9"E
Pramen pod Hrubým Rohozcem	13	Jizerské	4	8,9	7,0	815	250	50°36' 0,1"N, 15°9' 31,6"E
Kapající voda ze stěn nad Jizerou (Bukovina)	14	Jizerské	?	?	8,2	510	260	50°36' 42,7"N, 15°10' 30,9"E
Pramen u Jizery pod Oběšencem	15	Jizerské	1	8,6	7,4	540	265	50°37' 0,8"N, 15°10' 10,9"E
Potok v poloslepém údolí u Lažan	16	Jizerské	0,6	11	?	842	300	50°36'41.2"N, 15°6'34.3"E
Pramínek v Karlovicích	17	Jizerské	0,08	0,1	?	674	255	50°33'53,1"N, 15°13'27,0"E

Tab. 3 – Prameny, jejich vlastnosti a poloha

Z naměřených hodnot byla vybrána konduktivita a pH a z nich zhotoven graf porovnávající vodu jizerského a teplického souvrství. Z výpočtů jsem vypustil pramen u Kalicha, který má jiný původ než sledované prameny na teplicko-jizerském litologickém rozhraní. Ukázalo se, že průměrná hodnota pH je u obou souvrství v měřených vzorcích téměř stejná (7,26), konduktivita je však jasně vyšší u vod jizerského souvrství (Obr. 7). Mírné zvýšení hodnot konduktivity u obou souvrství lze předpokládat vlivem hnojení, což však pravděpodobně postihuje více nadložní teplické souvrství a výsledný rozdíl konduktivit by tak bez něj byl ještě vyšší.



Obr. 7 – Průměrná konduktivita vod jizerského (1) a teplického (2) souvrství v měřených vzorcích.

7.3 Zjištěné zdroje znečištění krasovějících oblastí

Při terénním mapování jsem zjistil 3 zdroje, u kterých považuji možnost znečištění podzemních vod za závažné riziko. V prvním případě se jednalo o nepovolenou skládku plastových zbytků v Sekerkových Loučkách (Obr. 8), v případě druhém o velmi nevhodné uskladnění zemědělského hnojiva na poli u Lažan a v posledním o rozsáhlou skládku v blateckém závrtu.

V Sekerkových Loučkách, v místech, kde lze právě díky sebeorganizujícímu proudění předpokládat vyšší rychlosti šíření konataminantů (např. do blízkého toku Stebénky), shledala kontrola ČIŽP, která sem přijela právě na základě mapování, řadu závažných pochybení a nedostatků, bohužel však vzhledem k složitým vlastnickým poměrům (firma, která byla dřívějším majitelem areálu a původcem odpadu, již před řadou let ukončila činnost) nebylo možné uložit přímo likvidaci skládky a výsledkem byla prozatím pouze dohoda o vyčištění některých nejproblematictějších lokalit.



Obr. 8 – Část skládky
v Sekerkových Loučkách

Depozice hnojiva u Lažan i silně znečištěný blatecký závrt byly objeveny při jednom z posledních mapování, krátce před datem odevzdání této práce, proto v této oblasti dosud nebyly provedeny žádné kroky k nápravě.

Roztroušeně po celém území se vyskytují drobnější “černé“ skládky odpadů, které bohužel postihují především právě různé deprese v terénu – tedy i závrtky a poloslepá údolí nebo třeba slepá říční ramena. Naštěstí se jedná vesměs o inertní odpad – keramika, cihly,

sklo, případně železo, který není výraznou hrozbou pro podzemní vodu (Výjimkou je bohužel blatecký závrt, ve kterém se nacházejí i chladničky a další nebezpečný odpad).

Z pohledu zachování a studia krasovějících útvarů by bylo také vhodné vymezit jejich ochranu, např. v jejich blízkosti omezit hnojení nebo zabránit jejich likvidaci zavážením odpadní zeminou, zemědělskou činností nebo při stavbách. To by bylo možné například jejich vyhlášením přírodními památkami (jako u Bartošovy pece) nebo ustanovením za ochranná pásma zdrojů podzemních vod (což je využito v případě Hruborohozeckých závrtů). Závrtý se navíc při zavážení tvoří opakovaně, čímž může docházet k materiálním škodám, při zavážení údolíček se zase mohou nevhodně měnit odtokové poměry dané lokality. (Obr. 9)



**Obr. 9 – zavážení
údolíčka u Lažan**

Významným plošným rizikem pro kvalitu podzemní vody mohou být dusičnany z hnojení polí a znečišťující látky z provozu komunikací (především chloridy a ropné látky). Dusičnany skutečně vodu významně ovlivňují (např. místní pramen Boží voda byl kvůli jejich vysokým hodnotám dlouhodobě vyhlášen jako nepitný) a jejich koncentrace je v celém území zvýšena (Burda 1999). Naproti tomu z provozu komunikací zatím nebyly zjištěny závažnější problémy (Monitorovací vrty u obchvatu Turnova na Harrachov nezaznamenaly žádné znečištění – Žitný, L. – ústní sdělení).

V zájmovém území se také nachází několik živočišných zemědělských výroben (vepřiny a kraviny ve Štěpánovicích, na Malém Rohozci, v Jenišovicích, v Sekerkových Loučkách...), v těch jsem však žádná zkoumání neprováděl, stejně jako jsem se nezabýval vlivem průmyslových podniků, neboť to je věcí orgánů státní správy.

Dokumentace všech zjištěných rizikových objektů je v přílohách.

7.4 Navrhované práce

V dalších letech bude vhodné sledovat znečištěné oblasti a bude-li to možné, pokusit se po domluvě s místními samosprávami, případně ČIŽP, o nápravu jejich stavu. To se týká především závrtů, skládky plastů a depozice hnojiva.

Po výzkumné stránce pak půjde především o zjištění zdrojových oblastí pramene u Betléma a několika dalších vývěřů, sledování vývoje mladých říčených závrtů, průzkum podzemních odtoků lažanského a blateckého závrtu a vymezení západní hranice území, po níž se projevují jevy sebeorganizace proudění.

8. Závěr

Ve své práci jsem shrnul dosavadní výzkumy a poznatky o zájmové oblasti týkající se jevů spojených se sebeorganizací proudění. Na základě terénního mapování jsem lokalizoval 8 dosud neznámých krasových jevů (4 závrtů, 3 větší ponory a 1 jeskyni). Výsledky terénního průzkumu tak ukázaly, že krasové jevy se projevují v okolí Turnova v širší oblasti než bylo doposud známo. Plný plošný rozsah oblasti s výskytem těchto jevů se mi nepodařilo vymežit, protože to přesahovalo možnosti a rozsah bakalářské práce. Na vybraných pramenech v oblasti jsem změřil průtok, konduktivitu, pH. Srovnání parametrů ukázalo, že prameny z jizerského a teplického souvrství se liší především hodnotami konduktivity. Na základě mapování bylo také upozorněno na některá rizika pro kvalitu podzemní vody a došlo k jejich řešení ze strany orgánů státní správy.

9. Poděkování

Za trpělivé vedení a všestrannou pomoc děkuji především školiteli J. Bruthansovi, T. Řídkošilovi pak za cenné rady i pomoc v terénu. Dále děkuji L. Matoušovi za pomoc při práci s GISem, J. Mizerovi za zapůjčené materiály, V. Lachmanovi za připomínky k obsahu, J. Mertlíkovi a V. Žitnému za praktické informace z jejich výzkumů. Vodovodům a kanalizacím Turnov a pivovaru Malý Rohozec děkuji za poskytnuté údaje o čerpané vodě, R. Jurečkovi a J. Mrázkovi za vytištění této práce.

10. Použitá literatura

Adamovič, J. (1992): Sedimentologie pískovců lužické a jizerské oblasti české křídové pánve. Úvod do problematiky., MS Archiv Čes. Geol úst., 1992, Praha

Anton, Z. (2003): Ochrana režimu a jakosti podzemních vod před negativními vlivy vrtných prací, VaK Turnov, GF P104800

Balatka, B., Sládek, J. (1971): Závrtý v pískovcích Jičínské pahorkatiny. Československý kras, 1971, roč. 20, s. 63-74. Praha

Balatka B., Sládek J. (1975): Pseudokrasové jevy ve východní části Českodubské pahorkatiny.- Ochrana přírody 30,7: 211-212. Praha

Bruthans, J. (2006): Málo známé krasové a pseudokrasové jevy Českého ráje. - In: Pískovcový fenomén českého ráje 2006, s.67 – 72, Jičín

Bruthans, J., Zeman, O. a Vysoká, H. (2001): Geologie a hydrogeologie Bartošovy pece a okolí.-Speleofórum 2001, s. 39-44. Praha.

Burda, J. (1998): Hydrogeologická mapa ČR 1:50 000, 03-32 – Jablonec nad Nisou, ČGS, 1998 Praha

Cílek, V., Kopecký, J. (1998): Pískovcový fenomén: klíma, život a reliéf. Knihovna České speleologické společnosti 32, 1-174. Praha.

Coubal, M. (1998): Geologická mapa ČR 1:50 000, 03-32 – Jablonec nad Nisou, ČGS, 1998 Praha

Čech, S. - Klein, V. - Kříž, J. - Valečka, J. (1980): Revision of the Upper Cretaceous stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. - Věst. Ústř. Úst. geol., s. 55, 5, 277-296. Praha

Čechura, V. (1958): Závěrečný vodohospodářský posudek o možnosti opatření zdroje pitné a užitkové vody pro plánovanou výstavbu provozovny B při JZD Loučky, Agroprojekt, GF V036641, Liberec

Český Úřed zeměměřičský a katastrální (1999): Základní mapy ČR 1:10 000, 03-32-[13,17,18,19,24], 1999, Praha

Čihák, S., Žitný, L. (2001): Vliv závrtu Hrubý rohozec na vodní zdroj Dolánky; Projektová dokumentace ke stavbě silnice E65, 2001, Vodní zdroje, Praha

Čurda, S., Kříž, L. (1987): Příloha řady 5 – hydrogeologie, in Turnov – Nudvojovice (závěrečná zpráva), Vodní zdroje, n.p. Praha, závod 02 Bylany, 1987, Chrudim

Domenico, P.A., Schwarz, F.W. (1997): Physical and chemical hydrogeology (2nd ed.), Wiley, New York (1997), s. 29

- Ford, D.C., Ewers, R. O. (1978): The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth.- Can. J. Earth Sci., v. 15., s. 1783-1798
- Gogu, R. C. and Dassargues, A. (2001): Intrinsic vulnerability maps of karstic aquifer as obtained by five different assessment techniques: comparison and comments. In Mudry, J and Zwahlen, F (eds). 7th conference on Limestone Hydrology and Fissured Media: 161-166. Université de Franche-Comté, Besancon (France).
- Herčík, F. a kol., (1987): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve (závěrečná zpráva), Stavební geologie, Praha
- Hynie, O. (1961): Hydrogeologie ČSSR I., ČSAV, Praha
- Kamberský, P., Žitný, L. (1961): Zpráva o hydrogeologickém průzkumu mezi Frýdštejnem a Turnovem.- Praha. Geofond P13051
- Klimchouk, A., Ford, D., Palmer, A., Dreybrodt, W., Eds: Speleogenesis, (2000): Evolution of karst aquifers. Huntsville: Natl. Speleol. s. 46, 91-99.
- Kůhn, P. (2006): Geologické zajímavosti Libereckého kraje, Liberecký kraj 2006, s. 20. Liberec
- Kukla, J. (1950): Vyvěračka v České křídě.-Český kras 3:293-294. Praha
- Kunský, J., (1957): Typy pseudokrasových tvarů v Československu, Československý kras,10, s. 108-125, Praha, 1957
- Lhotský O., Ginzel G. (1965): Pseudokrasová propast na Mužském u Mnichova Hradiště. Československý kras, 1965, roč. 17, 137-138. Praha.
- Linström, R. and Scharp, C. (1995): Offprint from Approaches to groundwater vulnerability, a state of the art report, chapter 2 Groundwater vulnerability assesment. In: Alvetag, T., Scharp, C.: Seminar on Groundwater vulnerability and protection, Royal Institute of Technology, s. 12-14., Stockholm.
- Macák, P. (1956): Hydrogeologické poměry na Drábovně u Malé Skály.-1-38. Diplomová práce PřFUK. Praha
- Mackovčín P., Sedláček M. a Kuncová J. (2002): Liberecko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek III., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha
- Novák, M. (2001): Bartošova pec, jedna z nejdelsích jeskynní v české křídě. – Speleofórum 2001, s. 38 – 39, Praha
- Petrů (1978): Závěrečné vyhodnocení vodního zdroje J2 na lokalitě Jenišovice. Agroprojekt Liberec. Geofond V78963
- Pokorný, A. (2001): Atlas pseudokrasových tvarů České republiky. Diplomová práce, Ostravská univerzita v Ostravě 2001

Smutek, D. (2003) Střeleč – lom, Královehradecký kraj, režim podzemních a povrchových vod, vyhodnocení monitorování za rok 2002

Šeda, S. (1987): Turnov – Nudvojovice (závěrečná zpráva), Vodní zdroje, n.p. Praha, závod 02 Bylany, 1987, Chrudim

Vítek, J. (1987): Pseudokrasové tvary v pískovcích Klokočských skal. Československý kras, 1987, roč. 38, s. 71-85. Praha

Vítek, J. (1981): Morfogenetická typizace pseudokrasu v Československu.-Sborník Čs. geografické společnosti, roč. 86, č. 3: s. 153-165. Praha.

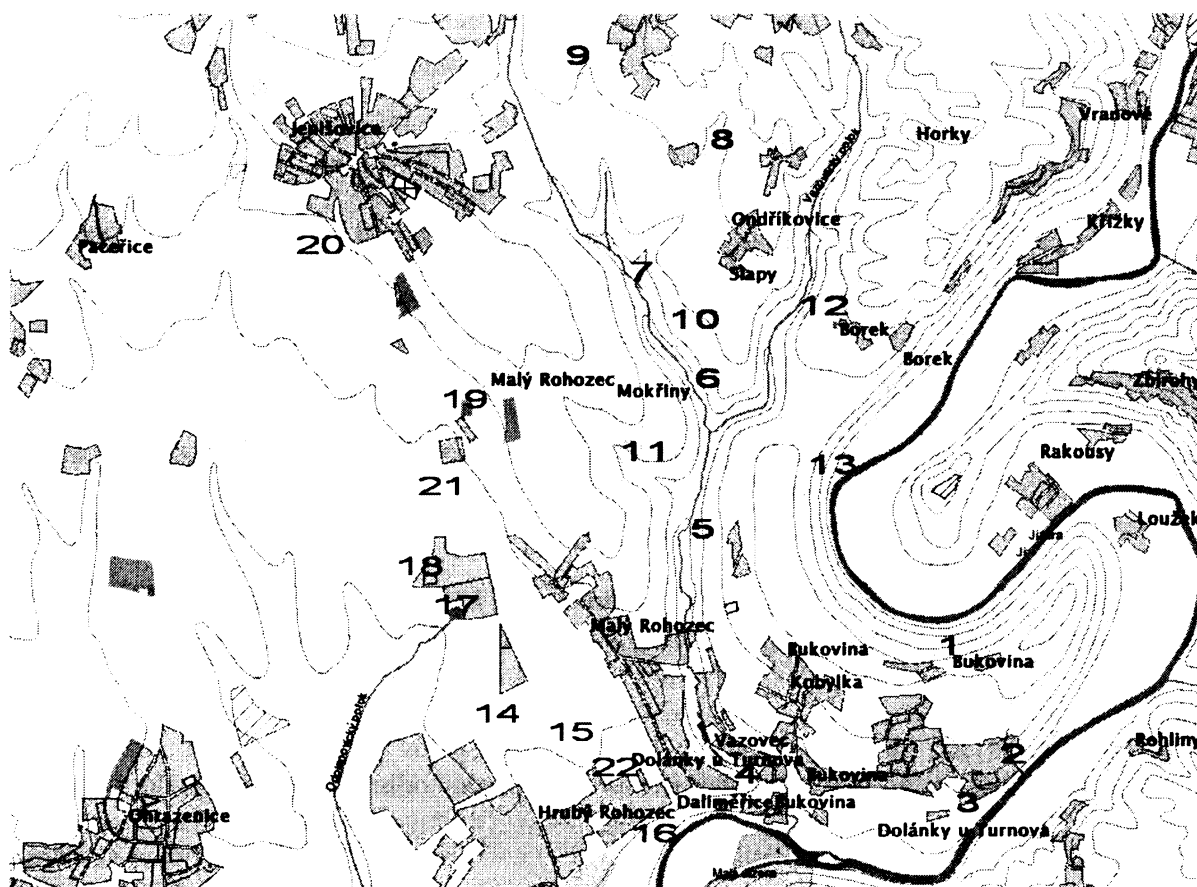
Worthington, S., Ford, D.C., Beddows, P.A. (2000): Porosity and permeability enhancement in unconfined carbonate aquifers as a result of solution. In Klimchouk, A. Ford, D., Palmer, A. & Dreybrodt, W.(eds) Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers, Cave Books, s. 463-471, St Louis

Žitný, L., Fahrlichová, V., Štáva, M. a Matyáš V. (1965): Prozatímní vymezení ochranných pásem turonského vodovodu v oblasti Rohozce.: 1-6. MS-Vodní Zdroje. Praha.-Geofond P17882

Přílohy

1. Dokumentační body v zájmovém území

1. Oblast – Vazovecké údolí, Bukovina, Malý a Hrubý Rohozec



Obr. P1 – Mapa dokumentačních bodů v 1. oblasti

DB1) Prameny na Bukovině

Popis: V několika mělkých, rovnoběžných údolích vyvěrají ve stejné nadmořské výšce drobnější prameny o max. průtoku 0,3 l/s. Voda jimi proudí pouze cca 15m, poté se opět ztrácí do podloží. Je zde hojná tvorba pěnovců, horniny pod pramenem reagují s HCl, nadloží nikoli. Největší pramen byl jímán, dnes je však již nevyužíván. Pod svahem, na břehu Jizery se voda opět objevuje v podobě stékání a skapu ze stěn. Také zde jsou mohutné nánosy pěnovců.

Interpretace: Jedná se o přetok vody z teplického souvrství přes jílovou mezivrstvu do jizerského. Karbonát na tvorbu pěnovců pochází u pramenů patrně z jílové mezivrstvy, u skapů dole je voda ještě dosycena průchodem jizerského souvrství. Voda proudí patrně šikmými puklinami nikoli přímo po spádnicí dolů k Jizeře, protože hlavní oblasti výtoku u Jizery neleží v ose pod největšími prameny, ale jsou mírně posunuty JZ směrem. Ve vlhkých obdobích lze předpokládat výrazně vyšší průtok.

Změřené parametry vody v pramenech:

Průtok: 0,3 l/s (největší pramen)

Teplota: 9°C

pH: 7,4

Konduktivita: 642 μ S/cm

Nadmořská výška vývěru: 334

Změřené parametry vody ve skapu:

Průtok: ?l/s

Teplota: ?°C

pH: 8,2

Konduktivita: 510 μ S/cm

Nadmořská výška: 223m.n.m.

(Měřeno 12.6.08, poslední týden beze srážek)

DB 2) Popis: Pěnovcová poloha na skalním výchozu, ve vlhčích obdobích přetékaná vodou z pramene na Bukovině (druhá strana hřebenu než bod č. 1).

Interpretace : Pramen na JV straně hřebenu u Bukoviny se za nižších vodních stavů ztrácí krátce po vývěru obdobně jako prameny na SZ straně, v období výraznějších srážek však patrně pukliny nestačí vodu odvádět a pramen se tak objevuje ještě na několika dalších místech ve svahu.

DB 3) Popis: Odvodňovací štola pod železničním náspem, protékána drobným pramenem. Do šachty je svedena voda z drobných puklin a pramenů vyvěrající pod svahem hřebenu. Chodba šachty je z větší části zanesena jemným sedimentem.

Interpretace: Pravděpodobně ve vyšších polohách vsakující se voda zde nemůže překonat základy mohutného železničního náspu, je přinucena vytékat a proto je svedena do šachty.

Změřené parametry vody:

Průtok: 0,21l/s (největší pramen)

Teplota: 8,9°C

pH: 7,0

Konduktivita: 635 μ S/cm

Nadmořská výška vývěru: 265

DB 4) Popis: Pramen Bezednice, v drobném jezírku (3x3 m) vyvěrá ze dna pramen čeřící jemný písek na dně.

Interpretace: Jedná se o pramen Vaucluského typu (Bruthans a kol., 2001), tedy o kolmé rameno sifonu přivádějící vodu z podzemních prostor na povrch.

Změřené parametry vody:

Průtok: 5,51l/s (největší pramen)

Teplota: 7,6°C

pH: 7,0

Konduktivita: 681 μ S/cm

Nadmořská výška vývěru: 270

DB 5) Popis: Převíslá mělká jeskyně ve skalnatém břehu na dně Vazoveckého údolí. V hornině jsou vidět jednotlivé sedimentační vrstvičky.

Interpretace: V rámci jizerského souvrství je zde vidět nehomogenita jednotlivých vrstev, přičemž spodní jsou méně odolné, snáze se erodují a prosakující voda je rozpouští, takže zde postupně vzniká převis.

DB 6) Popis: Jímaný pivovarský pramen na dně Vazoveckého údolí. Jedná se o šachtu se třemi přívodními trubkami na levém břehu Jenišovického potoka. O 150 m výš proti proudu je druhý jímaný pramen.

Interpretace: Prameny opouštějící jizerské souvrství na vyústění puklin na dně údolí. Jedná se o případ krasování, zdrojové oblasti a ochranná pásma zmapoval Žitný v r. 1964.

Změřené parametry vody:

Průtok: 45 l/s (největší pramen)

Teplota: 8,4°C

pH: 7,1

Konduktivita: 490 μS/cm

Nadmořská výška vývěru: 290

DB 7) Popis: Bartošova pec – z jeskyně pod prudkým svahem od Ondříkovic vyvěrá mohutný pramen do uměle přehrazené tůně.

Interpretace: Jedná se o nejdelší známou krasovou jeskyni v České křídě, doposud známá délka je 225 m. Zdrojové oblasti vody jsou v oblasti Ondříkovického propadání, ponoru u Roudného slepého údolí u Voděrad (Žitný, 1964), celkem má povodí plochu cca 5 km² (Bruthans a kol., 2001)

DB 8) Popis: Slepé údolí u Voděrad. Jedná se o údolí zahloubené do okolního terénu oproti okolí cca 5 m, přehrazené závěrovou stěnou. Na dně je vidět koryto občasného toku ukončené hltačem. Za závěrovou stěnou pokračuje širší a mělké údolí dál směrem k Bartošově peci. Vzdálenost obou míst je cca 600 m. Výše v údolíčku je podmáčené místo s velmi drobným a téměř okamžitě mizejícím vývěrem. Voda je odtud prokazatelně odváděna do Bartošovy pece (stopovací zkoušky, Žitný, 1964) Jeden z nejvýraznějších projevů krasování - propojení pramene, slepého údolí, ponoru, jeskyně a opětovného pramene.

DB 9) Popis: Ponor v poloslepém údolí u Roudného Mělké suché údolíčko je zakončeno závřtem a hltačem. Ve vlhčích obdobích patrně odvádí povrchový odtok do Bartošovy pece (stopovací zkoušky, Žitný, 1964)

Interpretace: Viz. bod 8.

DB 10) Popis: Ondříkovické propadání – slepé údolíčko končící závěrovou stěnou, dotované drobným pramenem od Ondříkovic, který však nedotéká až na konec údolí. Maximální hloubka je cca 3 m, délka odhadem 120 m. Okolní terén je mírně svažité k J, nedaleko od závěru údolíčka se však prudce uklání do Vazoveckého údolí.

Interpretace: Při stopovacích zkouškách se nepodařilo prokázat kam dále proudí vsakovaná voda (Žitný, 1964), vyloučena byla pouze Bartošova pec. Jinak se jedná genezí o podobný jev jako u slepého údolí pod Voděrady.

DB 11) Popis: Ponor a závrt u Mokřin - drobný tok s vydatností cca 0,2 l/s pramení v podmáčeném místě z údolíčka JV od obce Mokřiny a přibližně po 100 m se postupně ztrácí a vsakuje. Přibližně o 300 m níže jsou v levém svahu údolí 4 závrtů, přičemž tři jsou menších rozměrů, hluboká cca 2 m při průměru 8 m a jeden podélný větší o rozměrech 20x10 m při maximální hloubce 3,5 m.

Interpretace: Jedná se o pramen vyvěrající na teplicko/jizerském rozhraní a ztrácející se po překonání jílové mezivrstvy. Závrtů se nacházejí níže, zcela v horninách jizerského souvrství a spolu s výše popsáním ponorem odvádějí vodu patrně do některého z drobnějších přítoků Vazoveckého potoka, což však není doloženo stopovacími zkouškami.

DB 12) Popis: Skupinka závrťů u obce Borek, přičemž do největšího vtéká drobný tok a ztrácí se v malé jeskyni (Poprvé popsal až Bruthans a kol., 2001). V sušších obdobích je tok velmi nevýrazný, a jeho průtok klesá až k 0,1 l/s, čímž se spíše mění v podmáčenou rýhu. Nové menší závrtů v okolí vznikají řícením (Bruthans a kol., 2001), jsou však průběžně likvidovány nebo zaváženy odpadky.

Interpretace: Vzhledem k morfologii terénu je patrný odvod vody do Vazoveckého potoka, potůček pochází z přetoku z teplického souvrství do jizerského.

DB 13) Popis: Pramen u Trampské osady pod kopcem Kobylka, naproti obci Rakousy. Vyvěrá těsně u hladiny Jizery v trampském tábořišti na levém břehu řeky cca 2,5 km pod Malou Skálou. Tok pramení z sut'ové rozsedliny a zbylé asi 3 m do Jizery dotéká po povrchu.

Interpretace: Jedná se o pramenní vývěr využívající pukliny jizerského souvrství, je pravděpodobné, že zdrojem vody je pramen s ponorem na hřebeni u obce Borek. Rozpouštění zde probíhá, protože v menší míře zde lze nalézt drobnější pokryv pěnovce. Asi o tři metry vedle vyvěrá druhý, velmi drobný pramínek (vydatnost max. 0,05 l/s)

Změřené parametry vody:

Průtok: 11 l/s (největší pramen)

Teplota: 8,6°C

pH: 7,4

Konduktivita: 540 μS/cm

Nadmožská výška vývěru: 265

DB 14)) Popis: Závrt u pivovaru Malý Rohozec – jedná se o dva závrtů v těsné blízkosti, menší z nich (průměr cca 7m, hloubka cca 3,5 m) má přibližně pravidelný tvar, zatímco větší je jednak hlubší (cca 4,5 m) a je protažen do vyznívající deprese. Závrtů jsou oploceny, platí zde 1. pásmo hygienické ochrany Dolánecké čerpací stanice. Oba závrtů jsou zarostlé ale bez odpadků, na dně nejsou vidět vtokové otvory ani usazeniny po běžněji tekoucích proudech, pouze jezevčí vchodové nory.

Interpretace: U zdejších závrťů bylo Žitným (2001) prokázáno propojení s prameny pod Hrubým Rohozcem, kam stopovač dorazil po 17 hod. Jedná se o propad ve spraších pokrývajících jizerské souvrství, velmi pravděpodobně je situován nad tektonickou poruchou.

DB 15) Závrt na Vápeníku – rozměry jsou menší než u závrtu u Malého Rohozce, jedná se pouze o jednu asi 3 m hlubokou trychtýřovitou depresi. Přestože je oplocen, je znečištěn odpady, byť nepříliš nebezpečné povahy (keramika, železo, sklo, plast).

Interpretace: Viz. bod 14.

DB 16) Popis: Pramen pod zámkem Hrubý Rohozec, vytékající z drobné rozsedliny přímo pod srázovitým svahem nad údolní nivou Jizery, tvořenou štěrkovými lavicemi. Pramen teče do blízkého potoka a s ním pokračuje do blízké Jizery. Je zde umístěna i naučná informační tabule.

Interpretace: Bylo zde prokázáno propojení s Hruborohozeckými závrti. Překvapivé je, že se zde nepodařilo nalézt pěnovce, přestože typem vývěru a velmi pravděpodobně i genezí se jedná o podobný pramen jaký je popsán u bodu 13.

Průtok: 4 l/s

Teplota: 8,9°C

pH: 7,0

Konduktivita: 815 μ S/cm

Nadmořská výška: 240m.n.m.

DB 17) Popis: Menší rybník na Malém Rohozci – zachycuje vodu, dříve byl využíván místním pivovarem, dnes nemá užitkovou funkci.

Interpretace: Rybník je velmi pravděpodobně napájen prameny vyvěrajícími po obvodu teplického souvrství, které je zde nedaleko. Jako spodní izolátor mohly posloužit buď naváté spraše nebo navezený jíl z mezivrstvy t/j.

DB 18) Kruhová nádrž na vodu s neznámým účelem v opuštěném areálu na Malém Rohozci. Je ohrazená plotem, který je však na několika místech protržen. Ve vodě plavou mrtvá zvířata, pneumatiky a další odpad. Nádrž je budována železnými skružení o průměru cca 6 m, hloubka nezjištěna.

Interpretace: Jedná se o potenciální zdroj znečištění podzemních vod, za předpokladu, že by skruže netěsnily, na což se dá usuzovat ze špatného a dlouhodobě neudržovaného stavu celého okolního areálu. Voda je neznámého původu – buď srážková, z pramene nebo z průsaku

DB 19) Popis: Několik pramenů vyvěrajících v lese mezi Jenišovicemi a Mokřinami. Vedou od nich vymletá koryta občasných toků, hluboká přibližně 30 cm. Část z nich teče přímo do nedalekého rybníčku, část z nich je do něj odváděna zatrubněním. Dno erozních rýh je tvořeno jílem. Rybníček má rozlohu přibližně 30x30 m, uprostřed s ostrůvkem. Voda z něj následně odtéká strouhou, která se postupně ztrácí a zaniká. V blízkosti o malý kus níž na louce je betonová jímka kam do které je voda přiváděna dvěma potrubími a jedním je odváděna dále.

Interpretace: Jedná se o využití pramenů na hranicích souvrství, větší část z nich je následně patrně využita v nedalekém vepříně, zbytek se vsakuje.

DB 20) Popis: Jeden z drobnějších pramenů vyvěrajících na rozhraní t/j. Brzy se ztrácí a vsakuje, z koryta je však vidět, že při srážkách se všechna voda vsakovat nestačí a voda jím protéká. Odhadovaný průtok: 0,2 l/s.

Interpretace: Z nadmořských výšek jednotlivých pramenů v okolí na t/j rozhraní je vidět, že toto rozhraní se mírně uklání směrem k Jenišovicím. Tento pramen se jinak od ostatních v podstatě neliší.

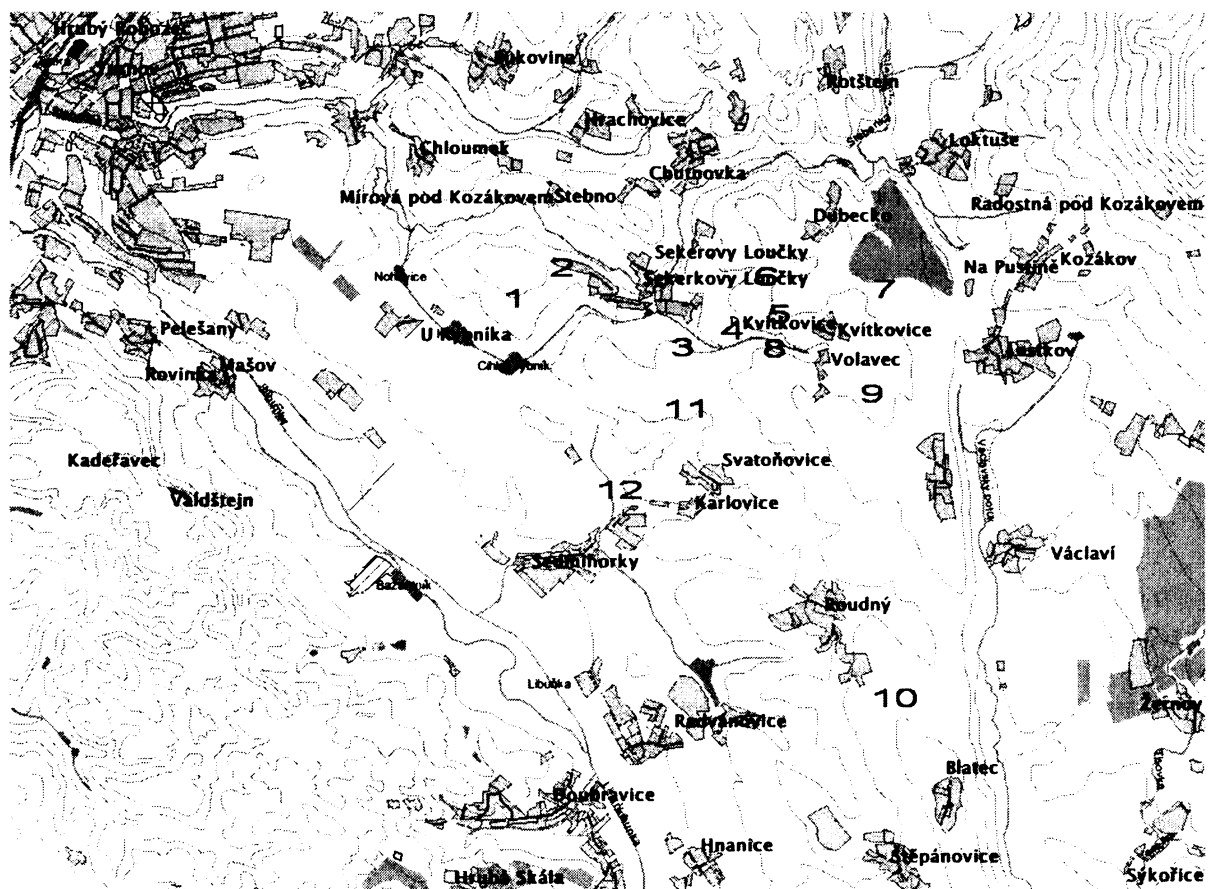
DB 21) Popis: V mělké podélné depresi o rozměrech přibližně 300x20 m je několik přehrazujících náspů. Deprese vyznívá do roviny, je zcela suchá a zarostlá neprostupným lesem.

Interpretace: Je pravděpodobné, že zde dříve býval rybník, který však zanikl, na to ukazují i trubky prostupující jednotlivé náspy.

DB 22) Popis: Betonová šachta s vodou a potrubím. Okolní území je intenzivně zaváženo zeminou.

Interpretace: Patrně přírodní vodovodní šachta. V okolním území jsem žádné projevy krasovění nezaznamenal, přesto v budoucnu nelze pod zavázkou vyloučit vznik závrtů.

2. Oblast – Sekerkovy Loučky, Kvítkovice, Blatec



Obr. P2 – Mapa dokumentačních bodů v 2. oblasti

DB 1) Popis: Propad v poli u Sekerkových Louček. Propad se uskutečnil ze dne na den v březnu 2008 (ústní informace místních obyvatel). Po půl roce je jeho stav nezměněn. Podložní horniny s HCl nereagují.

Interpretace: Litologicky podle geologické mapy by se zde mělo jednat o pískovce teplického souvrství, proto je pravděpodobné, že se jedná spíše o pseudozávrt. Zajímavé však je, že nikde po obvodu tohoto ostrůvkovitého výskytu pískovců nebyl nalezen žádný pramen (průzkum však probíhal v rychlosti, proto mohl být přehlédnut), který by se měl na rozhraní t/j objevit. Zajímavostí je, že téměř identicky vypadající propad byl objeven na poli nedaleko Lomnice n.P., nad porušeným melioračním potrubím.

DB 2) Popis: Skládky odpadů v Sekerkových Loučkách. Jedná se o mnoho m³ (rámcově X00) především plastových zbytků, ze kterých již rostou vzrostlé břízy. Zdá se, že směrem do areálu provozní firmy, která se zde zpracováním odpadů zabývá, se ke starším haldám odpadu přidávají mladší. Odpad je rovněž rozptýlen po okolních lesích a na polích. ČIŽP na základě tohoto mapování zahájila s provozovatelem správní řízení, jehož výsledkem je alespoň částečná náprava stavu. Původní majitel skládky však již není vlastníkem odpadu ani areálu, celá situace je proto dost komplikovaná a bohužel neslibuje brzkou nápravu.

Interpretace: Velmi významné riziko pro podzemní vody, neboť skládka se podle geologické mapy nachází téměř na jizerském souvrství, ve kterém se vlivem samoorganizace proudění mohou kontaminant šířit velkou rychlostí (nedaleký závrť ukazuje, že patrně i v souvrství teplickém). V blízkosti teče také potok Stebénka. V případě požáru by zase došlo k obrovské zátěži ovzduší, proto je potřeba oblast co nejdříve sanovat.

DB 3) Popis: Kvítkovický potok a jeho drobné levostranné přítoky – koryto Kvítkovického potoka je zjevně příležitostně protékáno již od samotných Kvítkovic, po většinu roku je však ve značné části suché a potok pramení až přibližně v polovině vzdálenosti k Sekerkovým Loučkám, kde se k němu přidává řada drobných pramenů především z levé strany. Podloží potoka silně šumí sHCl.

Interpretace: Koryto potoka je zaříznuté do teplického souvrství. Ve své horní části však pískovce nejsou zcela denudovány a voda tedy proudí podložím. V místech, kde se koryto potoka dostává na jílovou mezivrstvu, vyvěrá řadou drobnějších pramínků i potok, ke kterému se posléze přidávají ještě malé vývěry z okolních svahů (náležejících rovněž teplickému souvrství ve styku s jílovou mezivrstvou. Při srážkách však voda v horní části toku nedokáže všechna proudit pod povrchem a potok značné vydatnosti teče již od Kvítkovic. (Viz. také bod 9.)

DB 4) Popis: Kruhovitá deprese na pastvině u silnice mezi S.L. a Kvítkovicemi. Jedná se o prohlubeň ve svažitém terénu v ose mělkého údolíčka. Deprese má hloubku max. 0,5 m a průměr cca 2 m a po jejích okrajích jsou vidět drobné svahové deformace.

Interpretace: Může se jednat buď o mělký závrť nebo pseudozávrť. Z geologické mapy není patrné, které souvrství je hlubším podložím, protože je zde pokryv spraší.

DB 5) Popis: Pseudozávrť a pískovcový lom v lese u Kvítkovic

Interpretace: Prohlubně a deprese jsou zjevně antropogenního původu.

DB 6) Popis: Mělká deprese při kraji lesa zanesená odpadem. V její JV části je hliněný val, svědčící o antropogenním původu.

Interpretace: Deprese je antropogenního původu s neznámým účelem. V současnosti může představovat riziko pro vody zdejšího teplického souvrství, po jejich přetoku i pro širší oblast.

DB 7) Popis: 2 závrtý mezi Kvítkovicemi a Lestkovem. Větší z nich má podélný tvar s přibližnými rozměry 20x8 m a max. hloubkou 3 m. Je silně zanesen komunálním odpadem, který je sem zjevně deponován i v současnosti. Menší závrt má kruhovitý tvar s průměrem okolo 4 m a hloubkou 1,5 m, rovněž je znečištěn. Oba závrtý se nacházejí na počátku údolí vedoucího přes Kvítkovice na Sekerkovy Loučky (viz bod. 3).

Interpretace: Voda je odtud patrně odváděna do potoka v údolí na Sekerkovy Loučky, což znamená, že ji s vysokou pravděpodobností silně znečišťují. Oba závrtý popsal a zdokumentoval v roce 2006 J. Bruthans.

DB 8) Popis: Suché údolí o délce asi 300 m ústící do koryta Kvítkovického potoka. Oproti okolnímu terénu je zahloubené cca 3 metry, má velmi strmé svahy a tvar písmene U. Nahoře začíná sbíháním několika menších rozsedlin. Podloží je pískovec.

Interpretace: Jedno z mnoha původních údolí z dob kdy ve zdejším systému proudilo více vody. Nyní zcela suché a vodou nevyužívané.

DB 9) Popis: Slepé údolíčko a závrt u silnice mezi Volavcem a Kvítkovicemi. Údolíčko je dlouhé přibližně 40 m, široké 5 m a hluboké maximálně 1,5 m. Má průběh Z–V a je zakončeno závěrovou stěnou, jedním hlavním hltačem a několika menšími. Za závěrovou stěnou nepokračuje dál ani náznakovou depresí. Z náplavů je patrné, že do hltače za dešťů proudí větší množství ronové vody.

Interpretace: Údolíčko leží na vápnitých horninách jizerského souvrství a je nesporným projevem krasování. V geologické mapě je rovněž do této oblasti zakresleno křížení dvou méně významných zlomů, je tedy možné, že je využito jejich tektonického rozrušení. Podle místních obyvatel voda z tohoto závrtu vytéká na louce ve větším Kvítkovickém údolí směrem na Sek. Loučky.

DB 10) Popis: Velký závrt mezi obcemi Blatec a Roudný, nachází se na pozvolně svažitém hřebenu se sklonem směrem k SZ. V jeho okolí jsou pole, podle geologické mapy se nachází na spraších, které překrývají podložní hranici mez teplickým a jizerským souvrstvím. Závrt je velmi silně znečištěn a to i nebezpečným odpadem.

Interpretace: Hranice mezi oběma souvrstvími je zde skryta pod nánosem spraší, je však logické, že závrt se nachází nad souvrstvím jizerským. Vodu odvádí patrně do Roudenského potoka a dále do rybníku Roudný. Znečištění podzemních vod je velmi velkým rizikem, protože množství odpadu je zde alarmující a kontaminace se může rychle šířit. Vliv podloží, ve kterém musí inverzně přecházet jizerské souvrství do teplického není zcela jasný.

DB 11) Popis: Prameny a prouděním vody vymletá koryta ve svahu, která se sbíhají do jednoho většího údolí, ve kterém prameny posléze opět mizí.

Interpretace: Jedná se opět o přetok, tentokrát však s velmi vyvinutými stržovitými údolíčky, které se hluboko zařezávají do okolního terénu. Z náplavů a dalších úkazů je zjevné, že po srážkách zde proudí obrovské množství vody. Přetok je také situován výš než ostatní prameny tohoto typu, což je pravděpodobně způsobeno intenzivním tektonickým zvrásněním této části území.

DB 12) Popis: Drobný pramen v Přáslavicích na hranici t/j souvrství. Byl odebrán vzorek vody ke změření parametrů.

Interpretace: Podle geologického řezu tímto územím (Šeda, 1987) je zde vlivem zlomů teplické souvrství ve výrazně nižších nadmořských výškách než jinde, proto je tento pramen oproti ostatním značně nízký.

3. Oblast – Ohrazenice, Lažany



Obr. P3 – Mapa dokumentačních bodů v 3. oblasti

DB 1) Popis: Vyústění melioračního potrubí v malé nádrže a jeho pokračování potokem. Také zde voda po srážkách rychle reaguje a značně stoupá, vliv nedávného deště byl v době mapování jasně patrný.

Interpretace: Vliv meliorace na níže popsané krasové jevy není zcela zřejmý. Každopádně jejím urychlen odtok z území a dříve vlhké údolí může dnes být využíváno jako louka. Otázkou však je, zda meliorace odvádí i vodu ze závrtu.

DB 2) Popis: Drobný pramen a vzápětí ponor v kukuřičném poli na hranici t/j souvrství. Okolní půda je vodou značně erodována a splavována do nižších poloh.

Interpretace: Nevhodným pěstováním kukuřice na svažitém poli dochází k značnému odnosu zeminy, což je umocněno právě i drobnými pramennými vývěry.

DB 3) Popis: Skládka hnojiva na louce. Hnojivo leží na rovině, ze které nemá kam odtékat močůvka a ta tu tak stojí v kalužích a vsakuje se do země. Ze starších satelitních snímků je patrné, že hnojivo tu je uskladněno již řadu let.

Interpretace: Vzhledem k velmi blízkému závrtu a tedy puklinové propustnosti je pravděpodobné, že hnůj nitrifikuje podzemní vodu v oblasti.

DB 4) Popis: Závrt u Lažan – jedná se o největší známý závrt v zájmovém území této práce. Ten má charakter dvou krátkých a strmých sbíhajících se údolíček přehrazených závěrovou stěnou. Ještě před ní však výše ve svahu je již spojené údolíčko přepaženo náspem, který patrně dříve působil jako hráz rybníka a zadržoval vodu nad místem odtoku. V náspu jsou nyní z náhorní strany vidět hltače, ze strany spodní pak do terénu zahloubená trubka lemovaná náplavovým valem. Pod náspem až k závěrové stěně je již závrt suchý, zarostlý hustou vegetací. V horních partiích obou matečných údolíček jsou vidět výrazné erozní rýhy způsobené splachovou vodou po deštích.

Interpretace: Vzhledem k tomu, že v místě kde je pod náspem z jedné strany hltač a z druhé zahloubená trubka se nedrží voda, přestože v době mapování bylo po dešti, přestože se místo nalézá pod úrovní terénu a přesto že z horní strany (od hltače) jsou vidět jasné známky naplaveného materiálu, soudím, že voda si v průběhu času vytvořila novou cestu právě v tomto místě a již nepotřebuje dotéct až na konec slepého údolíčka. Druhou variantou je, že pod náspem začíná zahloubené potrubí, které by vodu odvádělo do níže uložených meliorací, to však vzhledem ke geomorfologii terénu není pravděpodobné. Otázkou tak je, kam proudí voda, jež se zde vsakuje.

DB 5) Popis: Erozní rýha v polích od Paceřic přecházející postupně v hlubší brázdu (2m) dosahující velmi strmě až na horninové podloží jizerského souvrství. Brázda je protékána tokem o odhadovaném průtoku 0,6 l/s, který se však v oblasti rozšíření brázdy do širšího hlubšího údolíčka ztrácí do podloží a na povrchu se rozlévá jen za srážek. Stěny tohoto širšího údolíčka jsou tvořeny pískovcem, dno však naplaveninou a pod ní vápnitými horninami jizerského souvrství (odkryv). Údolíčko je silně podmáčené a na jeho ústí do širokého a mělkého údolí začíná meliorační odvodnění. Vysoká konduktivita vzorku vody bude patrně způsobená hnojením.

Změřené parametry vody:

Průtok: 0,6 l/s (největší pramen)

Teplota: 11 °C

pH: ?

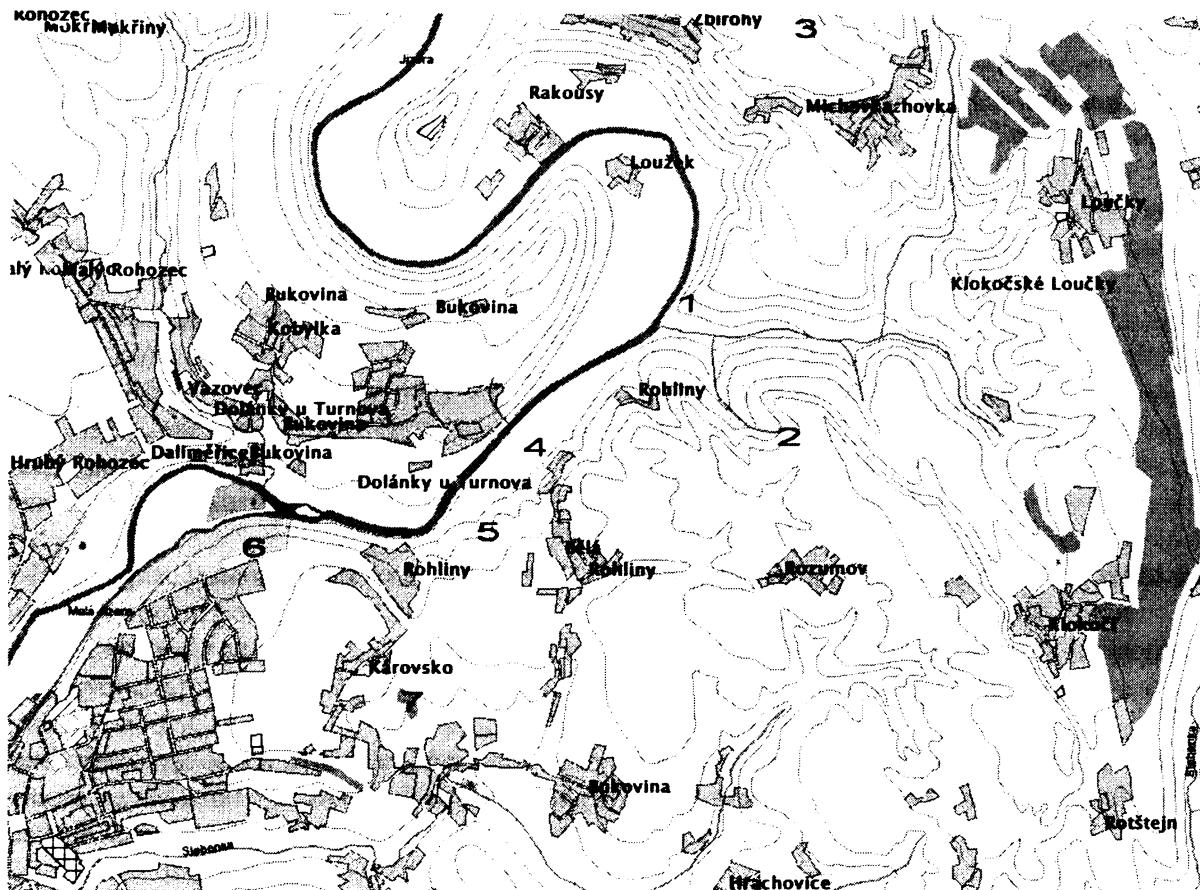
Konduktivita: 842 μS/cm

Nadmořská výška vývěry: 300

DB 6) Popis: Údolí protékané občasným tokem, i s řadou menších bočních údolíček. Pramene občasných vývěrů se objevují po deštích a lemují hranice souvrství t/j.

Interpretace: výskyt těchto občasných pramenů může dobře posloužit k určení jizersko-teplického rozhraní, které je zde jinak skryto pod nánosy spraší.

4. Oblast – Betlémský mlýn, Dolánky (levý břeh Jizery)



Obr. P4 – Mapa dokumentačních bodů v 4. oblasti

DB 1) Popis: Pramen u Betlémského mlýna. V jeskyni o rozměrech přibližně 4x2 m zde vyvěrá pramen o vydatnosti 4 l/s (v době tohoto mapování bylo sucho a již delší čas nepršelo) Jeskyně je uměle přehrazená, takže pramen v ní vytváří menší jezírko, ze kterého je voda odváděna zatrubněním pryč do blízké Jizery. Stěny jeskyně jsou rovné, stejně jako strop, jedná se o tektonické rozpukání.

Interpretace: Jeskyně vznikla pravděpodobně skalním řícením podél zlomových diskontinuit. Zdrojová oblast tohoto pramene je pravděpodobně v oblasti obce Loučky, kde místní obyvatelé provedli amatérské barvicí zkoušky s pozitivním výsledkem.

DB 2) Popis: Pramen na rozhraní t/j, v horní části toku se ztrácí do podloží v silně rozpukaném skalnatém prostředí, po krátké vzdálenosti se však opět dostává na povrch a zbytek toku již teče korytem.

Interpretace: Tento pramen krom litologického rozhraní dokumentuje i pro krasovění příhodnou silnou porušenost hornin jizerského souvrství.

DB 3) Popis: Přepad pramene jímaného pod vrcholem Kalich. Je zde jímací stanice, údaje o čerpaném množství vody jsou obsaženy v bakalářské práci. V geologické mapě je do těchto míst situován výrazný zlom.

Interpretace: Vývěrem na zlomu si lze vysvětlit velmi nízkou konduktivitu – je možné, že voda prochází horninou velmi rychle a beze styku s podložními vápnitými jíly, takže se nestihne obohatit vyššími hodnotami rozpuštěných látek.

DB 4) Popis: Studny u restaurace „Zrcadlová koza“ Podle informací místních lidí není hladina vody ve studních ovlivněna hladinou Jizery ani krátkodobými srážkovými výkyvy.

Interpretace: Vzhledem k výše zmíněnému je pravděpodobné, že ve studních se mísí jak voda z nivy Jizery, tak voda přitékající puklinami ze svahů tvořených jizerským souvrstvím.

Změřené parametry vody:

Průtok: ? l/s

Teplota: 9,2°C

pH: 7,1

Konduktivita: 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Nadmořská výška: 255 m.n.m.

DB 5) Popis: Jímání a pramen na Šlejferně. Jímací stanice je umístěna v údolí svažujícímu se k Jizeře, voda z hornin jizerského souvrství je zde jímana horizontálně vedenou štolou a galerií. Přepad z jímání o průtoku 1,5 l/s volně vytéká, ale po cca 150 m se vsakuje do podloží a zbylých 200 m až k Jizeře se již na povrchu neobjevuje.

Interpretace: Údolí je zjevně predisponováno tektonicky, což je vidět na pravidelné orientaci puklin na skalních výchozech. Nebýt jímací stanice, je pravděpodobné, že by se celý tok na povrch vůbec nedostal a všechen proudil pod zemí až do Jizery.

Změřené parametry vody:

Průtok: 1,5 l/s

Teplota: 8,6°C

pH: 7,4

Konduktivita: 349 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Nadmořská výška: 305 m.n.m.

DB 6) Popis: Pramen Boží voda a pramen pod Šetřilovskem – dva prameny na hranici jizerského a teplického souvrství, pramen pod Šetřilovskem je ve své horní části zatrubněn a nelze poznat kde přesně pramení

Interpretace: I tyto prameny svou téměř stejnou nadmořskou výškou, dokládají hranici t/j souvrství.

Změřené parametry vody:

Průtok: 0,1 – 0,2 l/s

Teplota: 9°C

pH: 6,6; 7,4

Konduktivita: 450; 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Nadmořská výška: 300 m.n.m.

DB 7) Popis: Odpadky znečištěný úval, patrně antropogenního původu. Nachází se v teplickém souvrství v lese na svahu ke Stebénce.

Interpretace: Prohlubeň se zdá být antropogenního původu, je znečištěná mnoha odpadky.

2. Fotodokumentace jednotlivých bodů

Tato příloha je na přiloženém CD

3. Metody stanovení zranitelnosti

EPIK je metoda vyvinutá ve Švýcarsku, pracující se čtyřmi složkami prostředí :

- Epikarst (epikras)
- Protective cover (ochranný povrch)
- Infiltration conditions (způsob infiltrace)
- Karst network development (rozsah a typ krasové sítě)

Tyto složky jsou pak rozřazeny do tříd:

Epikras –

- a) jeskyně, ponory, závrtů, škrabové pole, ruinovitý reliéf, kuesty
- b) území podél skupin závrtů, uvaly, suchá údolí, kaňony, polje
- c) zbytek povodí

Ochranný povrch –

- a) 0 - 20 cm půdy
- b) 20 - 100 cm půdy
- c) 20 - 100 cm půdy

Způsob infiltrace –

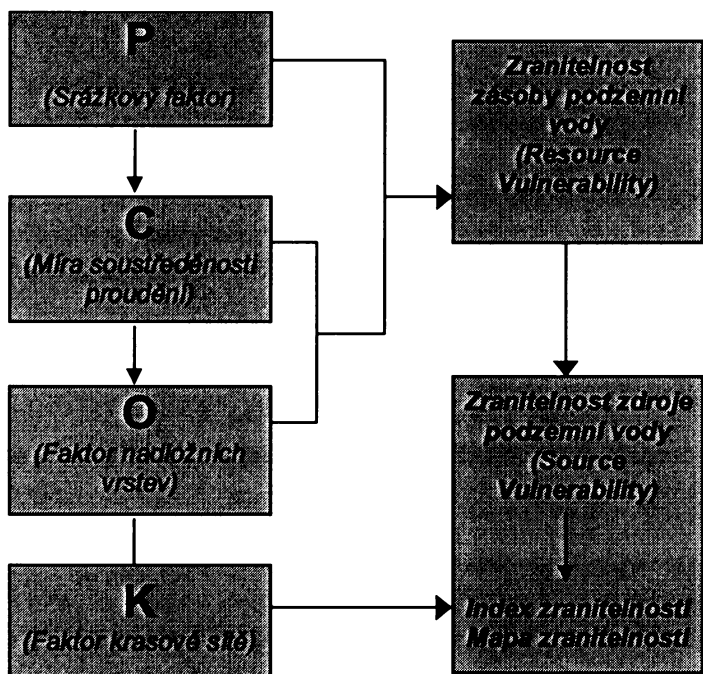
- a) ponory, povodí umělých drenáží
- b) prudké svahy povodí toku bez umělé drenáže (>10%)
- c) pozvolné svahy povodí toku (<10%)
- d) zbytek povodí

Rozsah a typ krasové sítě –

- a) plně vyvinutý kras s dobře propojenými kanály o průměru min. 0,1 m
- b) neúplně vyvinutý kras se špatným propojením kanálů
- c) nekrasový kolektor s průlinovou propustností

Jednotlivým složkám je podle jejich významu v té které oblasti dále přiřazena váha, kterou se jejich koeficient násobí. Vynásobením se získá koeficient zranitelnosti, pomocí kterého je možné zhodnotit riziko kontaminace vody v dané oblasti.

European Approach – tato metoda je výsledkem snahy odborníků sjednotit v rámci Evropy přístup ke zranitelnosti podzemní vody. Pracuje se čtyřmi parametry a sice faktorem nadložních vrstev (O), mírou soustředěnosti proudění (C), faktorem krasové sítě (K) a srážkovým faktorem (P), přičemž mapa zranitelnosti se získává syntézou jednotlivých faktorů podle obrázku 5.



Obr. P5 - Faktory, podílející se na zranitelnosti podle "Evropského přístupu" (upraveno podle Daly et al., 2002)

4. Mapa se zanesenými dokumentačními body v programu ArcGIS

Tato příloha je na přiloženém CD.

