

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



Zdroje dusičnanů v náplavech dolní Jizery: Nenasycená zóna a další možné zdroje

Sources of nitrate in lower reach of Jizera alluvium:
unsaturated zone and other sources

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Lukáš Hronec

Vedoucí: RNDr. Jiří Bruthans, Ph.D.

Praha, 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 27.01.2012

Lukáš Hronec

Abstrakt

V posledních letech dochází v oblasti vodního zdroje Káraný k zvyšování koncentrací NO_3^- ve vodě násoskových řadů břehové infiltrace situovaných v kvartérních sedimentech řeky Jizery. Na lokalitě severně od Sojovic jsem instaloval půdní lyzimetry, vzorkování jsem prováděl jednou měsíčně. V odebraných vzorcích byl stanoven chemismus a obsah izotopů ($\delta^2\text{H}$ a $\delta^{18}\text{O}$ z H_2O). Množství odebrané vody jsem přepočtl na hodnoty mm/rok. Infiltrační zkoušky ukázaly, že povrch na polích má nízkou propustnost a po vydatných srážkách nebo během zavlažování dochází k tvorbě povrchového (Hortonova) odtoku, který mizí v desikačních trhlinách. Ty mohou představovat preferenční cesty pro kontaminaci NO_3^- v jímacích objektech. S pomocí vybraných stopovačů (Ca^{2+} a SO_4^{2-}) jsem odhadl množství vody z řeky Jizery v jímacích objektech břehové infiltrace sojovického řadu (71 - 80%) a skorkovského řadu (38 - 41%). Zbývající podíl připadá na podzemní vodu tvořenou směsí vod kolektoru středního turonu a přímé infiltrace srážkových vod a vod ze zavlažování do kvartérního kolektoru, které od sebe pomocí chemických stopovačů nelze oddělit. Tyto vody jsou zdrojem kontaminace NO_3^- .

Abstract

The water supply system Káraný (WSSK), which is using the water from Quaternary fluvial aquifer and induced recharge from Jizera River, is affected by increase of nitrate content in recent years. No tension lysimeters were emplaced into the soil at locality north of Sojovice and sampled roughly with monthly frequency. Samples were analyzed on isotopic content ($\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of H_2O) and chemistry. Volume of water collected in lysimeters was recalculated to mm/year. Infiltration tests demonstrated that infiltration rate at surface of agricultural land is low and therefore Horton surface flow is generated after heavy rains and during watering periods. Horton surface flow is disappearing into open desiccation cracks. This concentrated recharge may via preferential pathways transport nitrates via unsaturated zone. Using selected environmental tracers (Ca^{2+} a SO_4^{2-}) the portion of water from Jizera River in individual wells of WSSK was calculated. For Sojovice part of WSSK the water from Jizera River accounts for 71 - 80% of pumped groundwater and for Skorkov part of WSSK this is only 38 - 41%. The remaining part of water is either water from infiltration to Quaternary fluvial aquifer and/or water from Cretaceous Jizera

Formation Aquifer. It is not possible to distinguish these two sources by means of chemical composition of groundwater. These waters are main source of nitrates in WSSK.

Poděkování:

V úvodu bych chtěl poděkovat svému školiteli RNDr. Jiřímu Bruthansovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, poskytnuté vybavení a značnou trpělivost při zpracovávání této práce. Za poskytnutá data z projektů SP/2e1/153/07 (řeší ČGS, RNDr. Kadlecová et al.) a SP/2e7/229/07 (řeší VÚV ve spolupráci s ČGS, Ing. Bůzek CSc. et al.) děkuji RNDr. Renatě Kadlecové. RNDr. Jaromíru Šantrůčkovi děkuji za informace ohledně chemizmu vod v Káraném. Za možnost provádět terénní práce v oblasti sojovického řadu děkuji firmě Veolia, zejména pak Ing. Ladislavu Herčíkovi. Mé poděkování také patří: mému otci Pavlu Hroncovi, který mi pomáhal při terénních pracích, mé matce Ivetě Hroncové za pomoc při infiltračních zkouškách, Bc. Petru Mikušovi a Bc. Heleně Pokorné, kteří mi pomohli se stavbou některých lyzimetrů, Ing. Mirku Pokornému za poskytnuté vybavení, Ing. Pavlu Příbkovi za rady ohledně GIS a Radku Svobodovi za pomoc při sestrojování obrázku z nesaturované zóny. Nakonec bych chtěl poděkovat své rodině a Bc. Heleně Pokorné za podporu a trpělivost.

Obsah

1. Úvod	11
2. Zájmové území	13
3. Stručný přehled výzkumů týkajících se řešeného tématu	16
4. Přírodní poměry	18
4.1. Geomorfologické, klimatické a jiné poměry	18
4.2. Geologické poměry	18
4.3. Hydrogeologické poměry.....	21
4.4. Hydrochemie	23
5. Metodika	24
5.1. Půdní lyzimetry	24
5.1.1. Konstrukce půdních lyzimetrů	24
5.1.2. Odběr půdní vody z lyzimetrů.....	26
5.2. Měření fyzikálních parametrů v půdní vodě.....	27
5.2.1. Měření konduktivity	27
5.2.2. Měření pH	27
5.3. Chemické analýzy půdní vody.....	27
5.3.1. Analýza kationtů a křemíku	27
5.3.2. Analýza aniontů.....	27
5.3.3. Analýza alkality	28
5.4. Stabilní izotopy vodíku a kyslíku v půdní vodě	28
5.5. Výpočet orientační míry evapotranspirace	28
5.6. Infiltrační zkoušky	29

6. Interpretace dat a diskuze výsledků z měření v nesaturované zóně	32
6.1. Parametry a lokalizace půdních lyzimetrů	32
6.2. Interpretace izotopových dat z půdní vody	34
6.3. Výpočet orientační míry evapotranspirace	37
6.4. Srovnání fyzikálních parametrů a chemizmu ve vzorcích půdní vody z lyzimetrů	38
6.4.1. Konduktivita.....	39
6.4.2. pH	40
6.4.3. Koncentrace dusičnanů.....	41
6.4.4. Koncentrace hydrogenuhličitanů	43
6.4.5. Koncentrace chloridů	44
6.4.6. Koncentrace síranů	45
6.4.7. Koncentrace vápníku	46
6.4.8. Koncentrace sodíku	46
6.4.9. Koncentrace hořčíku	47
6.4.10. Koncentrace draslíku	48
6.4.11. Shrnutí vlastností půdní vody v lyzimetrech	48
6.5. Infiltrační zkoušky	49
7. Interpretace dat a diskuze výsledků v saturované zóně	55
7.1. Vzájemný vztah mezi koncentracemi iontů v jímácích studnách	55
7.1.1. Sojovický řad.....	55
7.1.2. Skorkovský řad.....	59
7.2. Výběr objektů	61

7.3. Popis dat z ČHMÚ	61
7.4. Popis dat z hydrofondu.....	64
7.4.1. Vody kvartérně – fluviálních sedimentů zalesněného území.....	66
7.4.2. Vody kvartérně – fluviálních sedimentů nezalesněného území.....	67
7.4.3. Vody jizerského souvrství	68
7.5. Srovnání chemického složení vymezených skupin vody a vod sojovického řadu.....	69
7.5.1. Dusičnany	70
7.5.2. Hydrogenuhličitaný.....	72
7.5.3. Sírany.....	73
7.5.4. Chloridy.....	75
7.5.5. Vápník.....	75
7.5.6. Sodík.....	77
7.5.7. Hořčík.....	78
7.5.8. Draslík.....	79
7.5.9. Shrnutí chemizmu skupin.....	80
7.6. Odhad zastoupení vody z řeky Jizery v jímácích studnách	81
7.6.1. Sojovický řad.....	85
7.6.2. Skorkovský řad.....	87
7.7. Srovnání koncentrace dusičnanů a chloridů s přítokem vody z Jizery do studní jímácích řadů.....	89
7.7.1. Sojovický řad.....	89
7.7.2. Skorkovský řad.....	93
8. Závěr	97

9. Seznam citací 100

Seznam příloh

Příloha 1 – Chemické analýzy půdní vody z lyzimetrů..... 103

Příloha 2 - Seznam objektů z hydrogeofondu..... 107

1. Úvod

Oblast vodního zdroje Káraný funguje již od roku 1914 a dodává 25% pitné vody pro hlavní město Praha. Zásobuje také další obce v blízkosti (např. Brandýs nad Labem – Stará Boleslav, Čelákovice) (Kněžek, Křivánek 2001). Podzemní voda se zde získává třemi způsoby (Kněžek, Křivánek 2001):

- První tvoří systém násoskových řadů na obou březích Jizery, celkem 659 studní v průměrné vzdálenosti 250 m od řeky. Studny leží v údolní nivě řeky Jizery a voda v nich je jímána z kvartérních sedimentů. Voda ve studních je směsí tří zdrojů vody: z řeky Jizery (přirozená infiltrace), vody infiltrované ze srážek do kvartérních náplavů a vody ze sedimentů středního turonu. Kapacita je 900 – 1000 l/s.
- Druhým je umělá infiltrace. Voda z Jizery se čerpá do vsakovacích van s pískovým dnem a následně je jímána ze studní situovaných do kvartérních náplavů. Kapacita činí 700 – 900 l/s.
- Třetím a nepříliš významným je jímání vody z cenomanského kolektoru. Získává se z něj kvalitativně jiná voda. Jedná se o artéskou vodu s vysokým obsahem železa, která vyvěrá z vrtů hlubokých 60 - 80 m. Vydatnost je 50 l/s (Kněžek, Křivánek 2001).

S ohledem na zvyšující se ekonomické náklady na umělou infiltraci v oblasti jímacího území Káraný a pokles potřeby výroby pitné vody z tohoto jímacího území zvažoval v jeden okamžik provozovatel tohoto jímacího území o zastavení provozu umělé infiltrace. Studie Buzka et al. (2006) však ukázala, že umělá infiltrace v případě některých jímacích řadů potlačuje anebo zředuje přítoky podzemních vod se zvýšenými koncentracemi dusičnanů v podzemních vodách (ve smyslu vyhlášky č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů). Proto byla umělá infiltrace v oblasti jímacího území Káraný optimalizována na základě hydraulického modelu. Buzek et al.(2006) ve své práci dokládá původ dusičnanů převážně v nesaturované zóně.

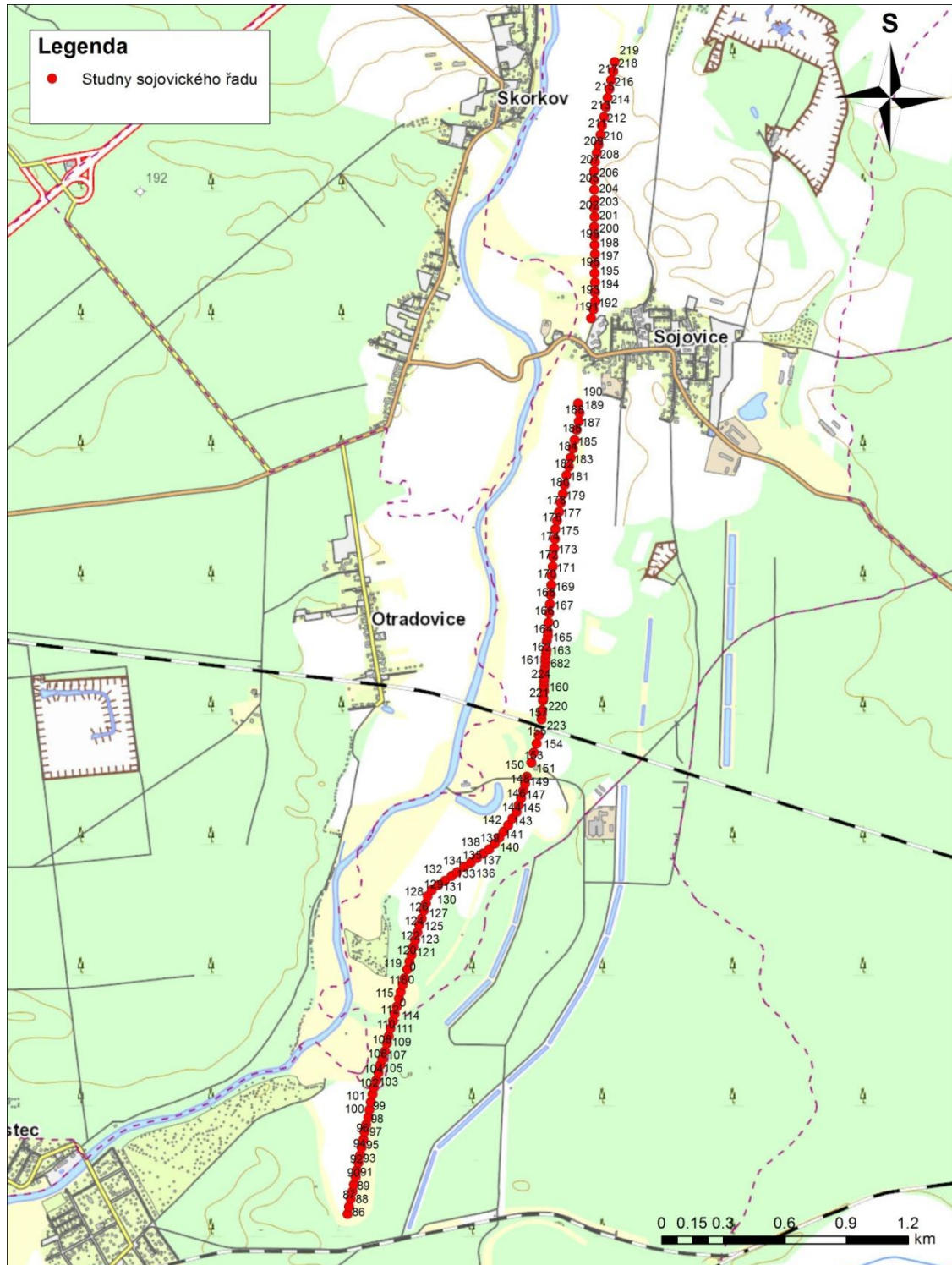
Hlavním cílem této práce proto bylo pokusit se ověřit a upřesnit původ dusičnanů v násoskovém systému. S ohledem na rozsáhlost problematiky se v této práci zabývám pouze sojovickým a skorkovským řadem.

Díličními cíly této práce bylo:

- Provedení terénních měření zejména instalace půdních lyzimetrů a provedení infiltračních zkoušek. Dále monitoring chemického složení vody v půdě sestupující nenasycenou zónou
- Pokusit se určit množství vody a dusičnanů sestupujících nenasycenou zónou ve vybrané oblasti sojovického řadu
- Vybrat vhodné chemické stopovače a použít jich k odhadu zastoupení vody v násoskových řadech (sojovický a skorkovský) z následujících zdrojů vod: 1. Sedimenty středního turonu (jizerské souvrství) 2. Řeka Jizera (břehová infiltrace) 3. Infiltrace srážek (a vody ze zavlažování) do kvartérních náplavů

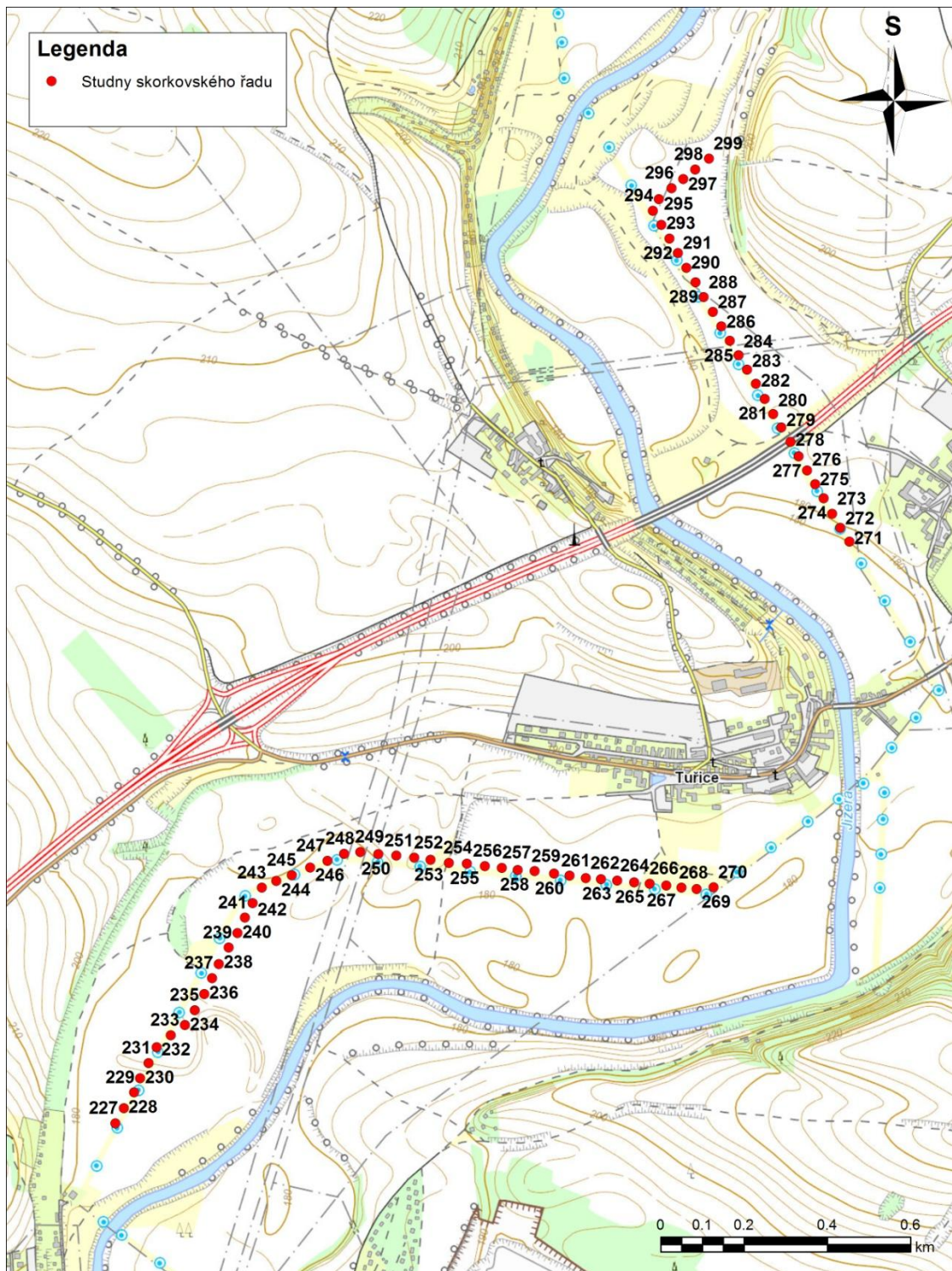
2. Zájmové území

Vodní zdroj Káraný leží přibližně 30 km severovýchodně od Prahy, na dolním toku řeky Jizery. Samotné zájmové území zahrnuje sojovický (obr. 2.1.) a skorkovský (obr. 2.2.) násoskový řad a oblast, ze které jsou dotovány podzemní vodou.



Obr. 2.1. – Sojovický násoskový řad na základě údajů Veolia a.s. Podklad topomapa ČR 1:10 000.

Důležitá je především část násoskového řadu severně od Sojovic (okolí studní 203 – 208), kde byly prováděny terénní práce.



Obr. 2.2. – Skorkovský násoskový řad na základě údajů Veolia a.s. Podklad topomapa ČR 1:10 000. Sojovický řad se dělí od jihu na dolnosojovický (studny č. 86 - 150) a hornosojovický (studny č. 151 - 226). Určitý zmatek v číslování způsobují studny 220 – 226, které byly převrtány a nyní se nacházejí mezi studnami 155 – 165. Proto se užívá

alternativní číslování, např. studna 223 leží mezi studnami 155 a 156, značí se tedy 155,5. Vzdálenost studní od řeky Jizery se pohybuje mezi 330 – 380 m (Kněžek, Křivánek 2001). Tento řad jímá především vodu bezprostředně infiltrovanou z Jizery. Jakost vody je rovněž příznivě ovlivněna tím, že část studní zachycuje vodu z vsakovacích van umělé infiltrace. Odvodnění kolektoru sedimentů středního turonu do náplavu Jizery připadá v úvahu jen v nejseverněji situovaných studních sojovického řadu (Milický et al. 2007). Odebírané vody jsou převážně Ca-HCO₃ typu. Celková mineralizace se pohybuje okolo 0,4 g/l. Vydátnost řadu kolísá v rozmezí 50 - 250 l/s (Jiráková 2007). Přestože koncentrace dusičnanů ve většině studní nepřesahuje limit pro pitnou vodu, v některých studních dochází v posledních letech až k trojnásobnému překročení tohoto limitu.

Skorkovský řad tvoří dvě samostatné větve, jižní pravobřežní (studny č. 227 – 270) a severní levobřežní (studny č. 271 – 299). Vzdálenost studní od řeky Jizery se pohybuje mezi 150 – 280 m (Buzek et al. 2006). Jímané vody mají mineralizaci zpravidla v rozmezí 0,6 - 0,9 g/l a jsou Ca-HCO₃ typu (Milický et al. 2007). Důvodem je podle Milického et al. (2007) odvodnění podzemní vody z podložních turonských sedimentů do sedimentů kvartéru. Vydátnost řadu je 40 – 115 l/s (Jiráková 2007). Skorkovský řad je, co se týče koncentrací dusičnanů, dlouhodobě nejproblémovějším.

3. Stručný přehled výzkumů týkajících se řešeného tématu

Dusík ($\delta^{15}\text{N}$) v dusičnanech využívá Buzek et al. (2006) a Buzek et al. (2011) jako přirozený stopovač indikující původ dusičnanů ve studnách násoskových řadů a stanovení procesů, kterými prošly. Původ dusičnanů je podle Buzka et al. (2006) převážně v nesaturované zóně. Během období hojných srážek je zdrojem podzemních vod pouze nesaturovaná zóna kvartérního kolektoru (vyšší koncentrace dusičnanů), zatímco během suchých období jsou studny doplňovány vodou z kvartérního kolektoru s delší dobou zdržení. Vody ze středního turonu obsahují denitrifikované dusičnany (prostředí je redukčního rázu). Transportem dusičnanů v nesaturované zóně se zabýval Buzek et al. (2011). Byla použita i data z již instalovaných lyzimetrů L2, L3 a L4.

Problematikou množství vody z jednotlivých zdrojů v jímácích objektech násoskových řadů se zabývá Buzek et al. (2006). Používá stabilních izotopů kyslíku ($\delta^{18}\text{O}$) ve vodě jako přirozených stopovačů k zjištění zdrojů vody jímácích objektů sojovického a skorkovského řadu. Pro skorkovský řad je použit model míšení dvou složek. První složka řeka Jizera tvoří 60 % vody v jímácích objektech a druhá infiltrovaná voda z lokálních srážek s dobou zdržení jeden měsíc tvoří zbývajících 40%. V sojovickém řadu existuje i třetí zdroj a to vody ze středního turonu (Buzek et al. 2006). V rozporu s výše uvedeným odhadli Šantrůček, Milický (2004) podíl množství vody ze středního turonu na 80 % ve skorkovském řadu pomocí celkové mineralizace vody. Buzek et al. (2011) navrhl dvousložkový model založený na hodnotách $\delta^{18}\text{O}$ v podzemní vodě pro vysvětlení zvyšujících se koncentrací dusičnanů v jímácích objektech. Pro měření byly použity studny č. 198 a č. 209. První složka, která tvoří 20 % podzemní vody dotující jímací objekty, je déšť a voda ze zavlažování pohybující se přes nesaturovanou zónu kvartérních sedimentů. Druhá složka je podzemní voda ze středního turonu tvořící 80% podzemní vody.

Jakostí vody a potenciálními zdroji kontaminace v jímacím území Káraný se zabývala Jiráková (2007) a Milický et al. (2007). Jiráková (2007) si jako ukazatel hodnocení jakosti vody vybrala především dusičnany a také provedla mapování bodových zdrojů kontaminace. Milický et al. (2007) hodnotí jakost vod podle koncentrací dusičnanů a celkové mineralizace v násoskovém systému. Ve vybraných monitorovacích vrtech však byly stanoveny i nepolární extrahovatelné látky, chlorované, polycyklické a polyaromatické uhlovodíky a některé vybrané kovy (např. u sojovické skládky).

Asanací a monitoringem sojovické skládky, která tvoří potenciální zdroj kontaminace sojovického řadu, se zabývá Švoma et al. (1994).

4. Přírodní poměry

4.1. Geomorfologické, klimatické a jiné poměry

Geomorfologicky náleží zájmové území do provincie české vysočiny, soustavy české tabule, podsoustavy polabské tabule, celků jizerské tabule a středolabské tabule, podcelků dolnojizerské tabule a mělnické kotliny (Czudek et al. 1972).

Klimaticky se jedná o teplou oblast, okresek teplý, suchý, s mírnou zimou, s kratším slunečním svitem. Průměrné roční teploty se pohybují v rozmezí 9 – 10 °C a průměrné srážkové úhrny mezi 450 – 550 mm (Tolasz et al. 2007).

Řeka Jizera je s plochou povodí 2193 km², délkou toku 170 km místní drenážní bází. Její dlouhodobý průměrný průtok při ústí do Labe je 24,4 m³/s (Ryšánek 2006). Dolní oblasti jejího toku jsou intenzivně zemědělsky obhospodařovány (pastviny, obilí, kukuřice, pěstování brambor, chov prasat) (Buzek et al. 2006).

4.2. Geologické poměry

Oblast zájmového území náleží do české křídové pánve. Hlavními tektonickými směry v této oblasti jsou krušnohorský směr (orientace VSV - ZJZ), sudetský směr (SZ – JV) a jizerský směr (S – J) (Mísař 1983). SV od Benátek n. J., kde křídové sedimenty ve smyslu generelního úklonu podloží vystupují cca JJV směrem je dokumentován luštěnický zlom sudetského směru (Kaas, Valečka 1987). Jizerský směr je patrný na predispozici říční sítě zejména na toku Jizery (Mísař 1983). Většina levostranných a pravostranných přítoků Jizery má však pravděpodobně tektonickou predispozici v systému drobných zlomů sudetského směru (Müller et al. 2001).

V podloží křídových sedimentů zasahují od jihu až do JZ okolí Benátek n. J. jednak slabě metamorfované sedimenty tepelsko - barrandienského proterozoika, jednak metamorfovaný ordovik (Kaas, Valečka 1987, Müller et al. 1991). Faciální vývoj ordoviku se vyznačuje převahou monotónních tmavých břidlic až fylitů, které se zastupují s pískovci až křemenci (Malkovský et al. 1974, Chlupáč et al. 2002).

Ve zbylé části širšího okolí zájmového území jsou v podloží křídý permokarbonské sedimenty mšensko – roudnické pánve. Ta je zde vyklíněna na luštěnické podložní elevaci (v SV okolí Benátek n. J.). V podloží byly zjištěny metamorfity (hlavně fylity). Mšensko - roudnická pánev je vyplněna převážně klastickými sedimenty proměnlivé

zrnitosti (psefity až aleuropelity) o celkové mocnosti kolem 1000 m (Kaas, Valečka 1987, Malkovský et al. 1974).

Sedimenty české křídové pánve tvoří v zájmovém území na bázi perucko-korycanské souvrství cenomanského stáří. Perucké vrstvy (tzv. sladkovodní cenoman) tvoří různé litotypy, od hrubozrnných psamitů po aleuropelity až pelity. Korycanské vrstvy (tzv. mořský cenoman) reprezentují mořskou transgresi. Sedimenty se vyznačují psamitickým vývojem. Jsou tvořeny převážně pískovci místy až slepenci. Mocnost perucko-korycanského souvrství se pohybuje v rozsahu 20 – 30 m a vzrůstá od JZ směrem k SV. Na některých elevacích mohou mocnosti poklesnout i pod 10 m (v oblasti severně od obce Skorkov je zjištěna mocnost dokonce jen 7,2 m) (Kaas, Valečka 1987, Mísař 1983).

V nadloží korycanského souvrství se nachází souvrství bělohorské spodnoturonského stáří. Báze bývá obvykle ostrá a je vyznačena zvýšením jílového podílu (Mísař 1983). Souvrství je tvořeno facií pelitů a aleuropelitů (slínovce a prachovce) a jeho mocnost je 35 – 40 m (Kass, Valečka 1987, Müller et al. 2001).

Středněturonské jizerské souvrství je v nadloží bělohorského vyvinuto pouze v severní polovině zájmového území. Denudační hranice se nachází cca 2 km severně od obce Sojovice, kde souvrství vyклиňuje a v jižní polovině území je zcela erodováno (Kass, Valečka 1987). Jizerské souvrství je zde tvořeno především psamity. Mezi nimi převažují jemnozrnné pískovce až prachovce s vápnitým tmelem a jílovitou příměsí (Müller et al. 2001).

Kvartérní sedimenty pokrývající povrch celého zájmového území jsou několika různých typů.

Sedimenty pleistocénního stáří jsou v zájmovém území tvořeny zejména fluviálními uloženinami říčních teras a vátými písky.

Spodně pleistocénní fluviální písky a štěrky jsou reprezentovány 0,5 – 10 m mocnou akumulací převážně jemně až středně zrnitých, silně limonitizovaných písků a štěrkovitých písků na plochem hřbetu mezi obcemi Čihadla, Jiřice a Lipník. Báze této akumulace leží cca 54 - 64 m nad nivou Jizery a její povrch je ve výšce 55 - 65 m (Müller et al. 2001).

Ve stejné výškové úrovni se v okolí Zdětína a Benátek n. J. nacházejí nejčastěji šedohnědé až hnědé, středně až hrubě zrnité, fluviální, polymiktní písčité štěrky. Mocnost této spodně pleistocénní terasy je 0,5 – 4 m (Müller et al. 2001).

Středně pleistocénní (mindel1) fluviální uloženiny jsou zachovány především na velkém reliktu mezi Hlavencem a Skorkovem, který patří do soutokové oblasti Jizery a Labe. Je tvořen fluviálními, písčitými až hlinitými štěrky o mocnosti pravděpodobně 4 – 5 m, s bází 39 m a s povrchem 43 – 46 m nad nivou dnešní Jizery (Müller et al. 2001). Štěrk je tvořen zejména křemenem, dále silicity, křemenci, kvarcity, granitoidy, živci, porfyry, porfyrity, rulami a křídovými horninami (Růžičková, Havlíček 1981).

Nejrozsáhlejší a místy i nejmocnější akumulací je středně pleistocénní (riss) terasa fluviálních písků a štěrkovitých písků v soutokové oblasti Labe a Jizery (Tuřice – Sojovice - Stará Lysá). V okolí Staré Boleslavi se její mocnost pohybuje v rozmezí 9 – 21 m (Müller et al. 2001). Celá akumulace je gradačně zvrstvená. Spodní část tvoří 4 – 7 m mocná poloha hrubých štěrků s převahou křemene, buližníku a břidlice. Do nadloží sediment přechází až ve velmi jemné slabě jílovité písky a silty, horizontálně, diagonálně i křížově zvrstvené. Povrch této úrovně leží 10 – 15 m (báze nejspíše několik metrů) nad nivou Jizery (Balatka 1962, Růžičková, Havlíček 1981).

Další akumulace svrchně pleistocénních (nerozlišený würm) fluviálních a štěrkovitých písků místy lemují nivu Jizery v nevelkém rozsahu. V okolí Sojovic je nejrozsáhlejší akumulace této úrovně, její povrch je 2 m nad nivou Jizery. Mezi obcemi Skorkov a Podbrahy je povrch 4 – 6 m a u obce Tuřice je 3 – 4 m nad její nivou. (Růžičková, Havlíček 1981).

Nejmladší akumulací svrchně pleistocénního staří je terasa lemující údolní nivu Jizery a Labe. V nivě je převážně zakryta holocénními náplavy. Sediment tvoří jemně až hrubě zrnité písky, písky se štěrkem a písčité štěrky mocné 3,6 – 11 m (Müller et al. 1991).

Váté písky svrchně pleistocénního stáří (würm) tvoří nesouvislé pokryvy, menší návěje, závěje a přesypy na horninách svrchní křídly u Předměřic a Starých Benátek. Někdy jsou příměsí sedimentu fluviálních teras a svahových sedimentů. Eolické písky jsou žlutohnědé, místy až našedlé, svrchu zčásti zahliněné (Müller et al. 2001).

Sedimenty holocenního stáří jsou zastoupeny fluviálními, deluviofluviálními a antropogenními uloženinami.

Výplň údolní nivy Jizery tvoří fluviální písčité hlíny, hlinité písky a písčité štěrky. Spočívají na zčásti redeponovaném materiálu würmské terasy. V mrtvých a odškrcených ramenech Jizery se postupně usazují hnilokaly (Müller et al. 2001).

Dna mělkých depresí, kterými neprotékají žádné trvalé vodní toky, jsou vyplněna deluviofluviálními písčitymi hlínami a hlinitými písky. Podle litologie podloží v nich buď převládá písek anebo se naopak výrazně uplatňuje jílovitý podíl. Kromě toho se v těchto sedimentech lokálně objevuje příměs štěrku z reliktní výše položených starších teras. Splachové sedimenty vytvářejí na některých místech v nivě Jizery morfologicky nápadné výplavové kužely, které zřejmě v některých úsecích ovlivnily průběh dnešního toku řeky např. u Benátek n.J., Kochánek nebo Předměřic (Müller et al. 2001).

V případě antropogenních uloženin jde zejména o nerovnoměrně rozmístěný, nesourodý komunální odpad ukládaný jak ve vytěžených pískovnách, tak v podobě nepovolených skládek (Müller et al. 2001).

4.3. Hydrogeologické poměry

V zájmovém území jsou vyvinuty kolektory A a C křídového stáří a kolektory vázané na kvartérní sedimenty.

Kolektor A tvoří sedimenty perucko-korycanského souvrství. Jde zpravidla o nepravidelné střídání jemnozrnných až hrubozrnných pískovců při bázi i slepenců, prachovitých až pelitických poloh. Kolektor je vyvinut na celé ploše zájmového území. Hladina podzemní vody kolektoru je napjatá (Nakládal, Herčík 1987). Mocnost kolektoru je omezena mocností perucko-korycanského souvrství a pohybuje se mezi 20 – 30 m (Kněžek, Křivánek 2001). Relativně nepropustné podloží je tvořeno na severu převážně permskými horninami, v jižní části ordovickými. Artéský strop tvoří izolátor bělohorských vrstev (slínovce, prachovce) (Nakládal, Herčík 1987). Propustnost kolektoru je průlinově - puklinová. Hodnoty transmisivity kolektoru A jsou v tab. 4.1. Oběh vod v kolektoru A (přirozené proudění směřuje od severu k jihu) je usměrňován toky Jizery a Labe, které tvoří jeho přirozenou drenážní bázi (Herčík et al. 1999). Od 90. let byl zaznamenán postupný pokles hydrostatického tlaku vody v

kolektoru. Příčinou bylo přetěžování kolektoru odběrem vody v Káraném a dalších místech na levém i pravém břehu Jizery (Kněžek, Křivánek 2001).

Kolektor C je tvořen sedimenty jizerského souvrství a v jímacím území Káraný souvisle pokrývá jen oblast severně od obce Sojovice. Zhruba cca 2 km severně od obce Sojovice vyznívá. Bázi kolektoru C tvoří nepropustné prachovce a slínovce bělohorského souvrství, které oddělují kolektor A od kolektoru C. Přítomnost izolátoru potvrzuje odlišné chemické složení podzemních vod obou kolektorů a rozdílné úrovně hladin. Hladina podzemní vody v kolektoru C je volná. Jen v oblastech erozních bází je hladina napjatá díky relativně nepropustnému pokryvu kvartérních sedimentů. Propustnost kolektoru C je průlinově - puklinová, směrem k J se zvyšuje propustnost puklinová. Maximální propustnosti jsou v oblastech erozních bází a minimální v centrech meziříčních oblastí (zóny infiltrace), kde jsou mocnosti kolektoru vyšší (Nakládal, Herčík 1987). Hodnoty transmisivity kolektoru C jsou uvedeny v tab. 4.1. Napájení v oblasti volné hladiny podzemních vod (hlavně západní břeh Jizery) je zprostředkováno infiltrací srážek. Kolektor je drénován skrze kvartérní sedimenty do řeky Jizery v prostoru Sojovic (Nakládal, Herčík 1987).

Tab. 4.1. – Statistické charakteristiky koeficientu transmisivity (m^2/s) kolektorů A a C (převzato a upraveno z Herčík et al. 1999)

kolektor	A	C
max. T	$2,095 \cdot 10^{-3}$	$3,84 \cdot 10^{-2}$
min. T	$2,31 \cdot 10^{-7}$	$3,47 \cdot 10^{-6}$
aritmetický průměr T	$5,56 \cdot 10^{-4}$	$3,83 \cdot 10^{-3}$
medián T	$3,94 \cdot 10^{-4}$	$2,095 \cdot 10^{-3}$

Vodohospodářsky nejvýznamnější kvartérní kolektor je tvořen kvartérními fluvialními sedimenty řeky Jizery a Labe (písečné hlíny, hlinité písky a písečné štěrky) s průlinovou propustností (Müller et al. 1991, Müller et al. 2001) Kvartérní kolektor má vysokou propustnost s hodnotami mezi $3 - 5 \cdot 10^{-4} m/s$ a je hydraulicky propojen s tokem Jizery (Buzek et al. 2006). Při normálních a vyšších stavech vody v povrchovém toku se povrchová voda infiltruje do fluvialních sedimentů a při nízkých stavech je naopak drénována. V místech výskytu jizerského souvrství existuje přímá hydraulická spojitost mezi kolektorem C a kvartérním kolektorem. Mocnost kvartérního kolektoru se pohybuje kolem 7 m. Mezi Benátkami n. J. a Kochánkami a také mezi Sojovicemi

a Tuřicemi je mocnost nejvyšší (9,5 m). Směry proudění v tomto kolektoru jsou zpravidla souhlasné s povrchovým tokem (Müller et al. 2001).

Hydrogeologický význam mají i vyšší pleistocénní terasy. Největší význam má střednopleistocénní terasa u Sojovic. Spolu s holocenními fluvialními sedimenty tvoří významný průlinový kolektor o mocnosti až 18 m. V této terase je vybudován systém pro umělou infiltraci, který má spolu s Jizerou a Mlynařicí podíl na jejím zvodnění (Müller et al. 2001). Specifické vydatnosti a základní hydraulické parametry tohoto kolektoru jsou v tab. 4.2.

Tab. 4.2. – Specifické vydatnosti a základní hydraulické parametry kvartérního kolektoru u Sojovic (převzato a upraveno z Müller et al. 2001)

parametr	průměrná hodnota	minimum	maximum
q (l/s/m)	2,90	0,62	6,67
Y	6,31	5,79	6,82
T (m ² /s)	2*10 ⁻³	6,2*10 ⁻⁴	6,6*10 ⁻³
Z	5,36	4,90	6,10
k (m/s)	2,3*10 ⁻⁴	7,9*10 ⁻⁵	1,3*10 ⁻³

4.4. Hydrochemie

V kolektoru A dochází ve směru proudění k jihu k zvyšování obsahů hydrogenuhličitanů a sodíku. Tím se chemický typ Ca-HCO₃ s nízkou mineralizací 0,1 g/l mění v zájmovém území na typ Ca-Mg-HCO₃-SO₄ s celkovou mineralizací až 0,4 g/l (Herčík et al. 1999).

Podzemní vody kolektoru C původně chemického typu Ca-HCO₃ se ve směru pohybu k JV postupně obohacují o rozpuštěné látky, takže v místech odvodnění tokem Jizery mají celkovou mineralizací 0,5 až 0,6 g/l a chemický typ zůstává buď zachován nebo se mění na Ca-Mg-HCO₃-SO₄ (Herčík et al. 1999).

Vody fluvialního kolektoru Jizery jsou buď typu Ca-HCO₃ nebo Ca-SO₄. Převažují vody bikarbonátového typu. Průměrná hodnota celkové mineralizace je 0,6 g/l (Müller et al. 2001)

Vody pleistocénních teras jsou rovněž typu Ca-HCO₃ nebo Ca-SO₄ s průměrnou hodnotou celkové mineralizace 0,64 g/l (Müller et al. 2001).

5. Metodika

5.1. Půdní lyzimetry

Pro odběry vzorků půdní vody a stanovení míry evapotranspirace jsem využil půdní lyzimetry.

5.1.1. Konstrukce půdních lyzimetrů

Půdní lyzimetr je systém zahrnující sběrnou nádobu a zásobní nádobu např. kanystr. Sběrná nádoba a kanystr jsou spojeny PVC hadičkou o vnitřním průměru 6 mm. Další dvě identické hadičky jsou vyvedeny z kanystru na povrch. Jedna má funkci zavzdušnění, tj. udržování atmosférického tlaku v kanystru a druhá slouží pro odběr vody. Celý systém se uloží do předem vykopané jámy. Rozměry jámy musí být dostatečné na to, aby se sběrná nádoba dala uložit nebo zasadit do potřebné hloubky a kanystr mohl být uložen ještě o něco níže (obr. 5.1.).



Obr. 5.1. - Instalace půdního lyzimetru

Umístění pod zemí je praktické i proto, že se zabrání případnému poničení. Oblast v okolí vodárenského pásu je dosti rušná, poškození hrozí jak od zvědavců, tak zejména od zemědělské těžké techniky. Lyzimetry kromě těch u hnojiště jsem situoval na hranici pole a vodárenského pásu. Zatímco sběrná nádoba a kanystr byly umístěny pod terénem v poli, vyústění zavzdušňovací a odběrné hadičky jsem vyvedl

do trávy vodárenského pásu. Jinak by nebylo po zorání pole možné ústí hadiček lokalizovat. Sběrnou nádobu jsem ukládal zpravidla v hloubce okolo 0,5 m. Nemělo by tak dojít k poškození některé části lyzimetru orbou, která se dnes provádí do hloubky maximálně 30 cm.

Použil jsem plastovou sběrnou nádobu (polypropylenovou vanu). V jednom rohu nádoby jsem vyvrtal otvor, do kterého jsem zasadil PVC hadičku tak, aby i bez lepení byl pevný a vodotěsný. Ústí hadičky do nádoby jsem osadil nylonovou punčochou s gumičkou. Punčocha slouží k odfiltrování jemnozrného materiálu, který by jinak mohl do kanystru téct spolu s vodou nebo ucpat přírodní hadičku. Po zajištění ústí hadičky punčochou jsem zasypal dno sběrné nádoby několik cm mocnou vrstvou jemnozrného písku. K tomu jsem použil sklářský písek z Provodína obsahující prakticky pouze SiO_2 .

Další úprava sběrné nádoby závisela na místních okolnostech. Pokoušel jsem se umístit nádobu do neporušené zeminy, aby docházelo ke změnám v proudění půdní vody a obtékání sběrné nádoby. Vrstvu jemnozrného písku v nádobě jsem pokryl další vrstvou hrubozrného písku nebo zeminou vykopanou při vytváření lyzimetru, anebo jejich kombinací. Když jsem nádobu tímto způsobem předpřipravil, zasunul jsem ji z boku v požadované hloubce do předem vykopaného otvoru v boční stěně jámy pro lyzimetr. Nádobu jsem v otvoru vhodně vyspádoval, aby se veškerá voda, která se do nádoby infiltrovala, koncentrovala v rohu s vyústěním PVC hadičky. Vyspádování jsem docílil pomocí větších kamenů, kterými jsem sběrnou nádobu vypořadil a zbylou část otvoru s vanou jsem zaplnil zeminou.

Zemina je na některých místech velmi špatně kopná a vytváření otvoru pro sběrnou nádobu zabere v těchto podmínkách i několik hodin času. Proto jsem volil také další způsob umístění sběrné nádoby i za cenu porušení zeminy nad nádobou. Nádobu jsem pouze vyspádoval, položil na připravené dno v jámě a zasypal ji stejně jako zbytek lyzimetru zeminou z jámy. Mírnou úpravou je v případě lyzimetrů L8 a L9, překrytí nádoby bazénovou PVC fólií o tloušťce 0,5 – 1 mm, pro zvětšení sběrné plochy. Fólii jsem nařízl uprostřed, aby voda mohla vtékat do nádoby. Na povrchu folie jsem nasypal nejprve vrstvu jemnozrného písku, na kterou jsem nasypal vrstvu hrubozrného písku.

Když jsem sběrnou nádobu umístil, hadičku z ní vedoucí jsem zasunul asi na 1 cm hluboko, do jednoho ze tří předem vyvrtaných otvorů u držadla kanystru. Kanystr jsem poté uložil dostatečně hluboko pod úroveň sběrné nádoby, takže veškerá voda z nádoby mohla proudit samospádem do kanystru. Do dalšího ze zbývajících dvou otvorů u držadla jsem zasunul hadičku na zavzdušnění. Poslední volný otvor jsem osadil hadičkou na odběr vody. Tu jsem umístil tak, aby její konec sahal do jednoho z rohů na dně kanystru a nemohlo docházet k jeho pohybu při manipulaci s kanystrem. Poté jsem kanystr vypsádoval, aby roh s koncem odběrné hadičky ležel co nejnižší. Díky tomu by veškerá voda z kanystru měla být při odběru odčerpána. Nakonec jsem zavzdušňovací a odběrnou hadičku vyvedl na povrch. Ideálně skrz hlubší kanálek nebo spáru, která vede mimo pole, čímž se zamezí poškození hadiček při orbě. Celý systém jsem na závěr zasypal vykopanou zeminou z jámy. Místo vyústění hadiček jsem označil a vyfotil, pro pozdější snazší nalezení. Jako značení není vhodné používat cokoliiv nápadného, protože místní obyvatelé jsou zvědaví a mají tendenci takovéto značky odnášet.

5.1.2. Odběr půdní vody z lyzimetru

Odběr půdní vody z lyzimetru jsem prováděl pokud možno (ne vždy byly k dispozici přístroje) jednou za měsíc pomocí vakuové pumpy a odběrné lahve (obr. 5.2.).



Obr. 5.2. – Odběr půdní vody z lyzimetru

Pumpu jsem propojil hadičkou s odběrnou lahví a tu pak spojil s odběrnou hadičkou vedoucí z kanystru lyzimetru. Pumpou jsem vyvodil v odběrné nádobě podtlak a vodu z kanystru jsem vysával do odběrné nádoby. Množství odebrané z lyzimetru jsem pak změřil v odměrném válci.

5.2. Měření fyzikálních parametrů v půdní vodě

5.2.1. Měření konduktivity

Měření konduktivity jsem prováděl přístrojem Cond 340i se sondou TetraCon 325 od firmy WTW. Přístroj má zabudované teplotní čidlo a automaticky kompenzuje konduktivitu na 25°C. Měření konduktivity v této práci jsou proto uváděny pro jednotnou teplotu 25°C.

5.2.2. Měření pH

Na změření pH jsem využíval přístroj pH 330i se sondou SenTix od firmy WTW. Přístroj byl kalibrován před měřením pomocí pufrů pH = 4 a pH = 7 dodaných výrobcem. Vzhledem k tomu, že tato sonda nebyla vždy k dispozici, pH jsem změřil jen při některých odběrech.

5.3. Chemické analýzy půdní vody

5.3.1. Analýza kationtů a křemíku

Odebrané vzorky jsem ještě též den zfiltraval pomocí vakuové filtrační soupravy Nalgene přes filtr o velikosti pórů 0,45 μm a přelil do vzorkovnic Nalgene z HDPE (high-density polyethylene) o obsahu 66 ml. Poté jsem je okyselil 0,25 ml 85% HNO_3 pro stabilizaci. Vzorky jsem uložil do chladu a temna. Vzorky byly analyzovány metodou ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spektrometry) v Laboratoři geologických ústavů na PřF UK v Praze. Byly stanoveny kationty vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku, železa, manganu, stroncia, baria, hliníku, zinku a dále křemík. V případě několika odběrů byly stanoveny i koncentrace lithia, amonných iontů, kadmia, mědi a arsenu.

5.3.2. Analýza aniontů

Vzorky odebrané vody jsem stejně jako pro kationty zfiltraval pomocí vakuové filtrační soupravy Nalgene přes filtr o velikosti pórů 0,45 μm a přelil do vzorkovnic Nalgene z HDPE o obsahu 66 ml. Vzorky jsem uložil do chladu a temna. Vzorky byly

analyzovány v Laboratořích geologických ústavů PŘF UK v Praze za použití metody HPLC (high-performance liquid chromatography). Stanoveny byly anionty NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , F^- , Cl^- , Br^- , PO_4^{3-} .

5.3.3. Analýza alkality

Vzorky vody na stanovení alkality jsem odebíral do vzorkovnic Nalgene z HDPE o obsahu 66 ml nebo 126 ml bez bublin. Při některých odběrech nebylo dostatek vody, proto jsem odebíral přednostně vzorky na analýzu kationtů a aniontů. Alkalita byla stanovena titrací v Laboratořích geologických ústavů na PŘF UK v Praze.

5.4. Stabilní izotopy vodíku a kyslíku v půdní vodě

Od května 2010 jsem odebrané vzorky půdní vody odevzdával k analýze stabilních izotopů vodíku a kyslíku na Katedru hydromeliací a krajinného inženýrství ČVUT v Praze, Fakulty stavební. Vzorky jsem odebíral do plastových vzorkovnic. Vzorkovnici bylo třeba pevně uzavřít, aby se zabránilo výparu a změně izotopového složení. Vzorky analyzoval Martin Šanda na Laserovém spektroskopu, LGR Inc.

5.5. Výpočet orientační míry evapotranspirace

Pro odhad míry evapotranspirace jsem sumu množství vody v půdních lyzimetrech za období hydrogeologického roku 2010 vydělil sběrnou plochou (plocha sběrné nádoby nebo PVC fólie) lyzimetru podle vzorce (1) na mm vodního sloupce.

$$H = V / S \quad (1)$$

H je výška vodního sloupce připadající na objem vody v lyzimetru (mm), V je objem vody v lyzimetru v (mm^3) a S je plocha lyzimetru v (mm^2).

Orientační míra evapotranspirace se poté spočte jako rozdíl sumy srážek a sumy zachyceného množství vody v lyzimetru vyděleno sumou srážek, jak ukazuje vztah (2).

$$ET = 100 * (\sum \text{srážky} - \sum \text{lyzimetr}) / \sum \text{srážky} \quad (2)$$

ET je orientační míra evapotranspirace (%), \sum srážky je srážkový úhrn za rok (mm) v závislosti na nadmořské výšce podle Nakládala, Herčíka (1987) a \sum lyzimetr je

množství vody (mm) v daném lyzimetru za hydrologický rok 2010. Srážkový úhrn z pozorovaného období jsem neměl k dispozici.

5.6. Infiltrační zkoušky

Pro zjištění vertikální hydraulické vodivosti v půdní zóně, jsem provedl na podzim roku 2009 vsakovací zkoušky. Jedná se o široce používané metody měření in situ (Dub et al. 1969, Císlarová et al. 1988). Existují v zásadě dva způsoby měření infiltrovaného množství vody. První způsob, který je popsán v Dub et. al (1969), spočívá v měření snížení hladiny za daný časový interval, postačí tedy metr a stopky. Tuto metodu jsem nepoužil. Druhý způsob využívá nádoby s definovaným objemem a sleduje se při něm, za jaký časový interval se určité množství, tj. objem nádoby infiltuje. Nebyl použit dvojitý válec (double ring infiltrometer), protože jsem neměl k dispozici válec z tlustostěnného materiálu a bylo by též velmi obtížné zajistit těsnost obou válců.

Použil jsem plechové válce o průměru 20 cm, délce 25 cm. Infiltrační zkoušky jsem provedl jak na povrchu půdy, tak i v hloubkách 20 a 25 cm. V případě měření u povrchu jsem válec zatlačil do půdy, aby došlo k minimálnímu poškození povrchu půdy (do cca 5 cm) (obr. 5.3.). V případě měření pod povrchem země jsem vykopal jámu o průměru cca 10 a 15 cm větším než průměr válce (obr. 5.4.).

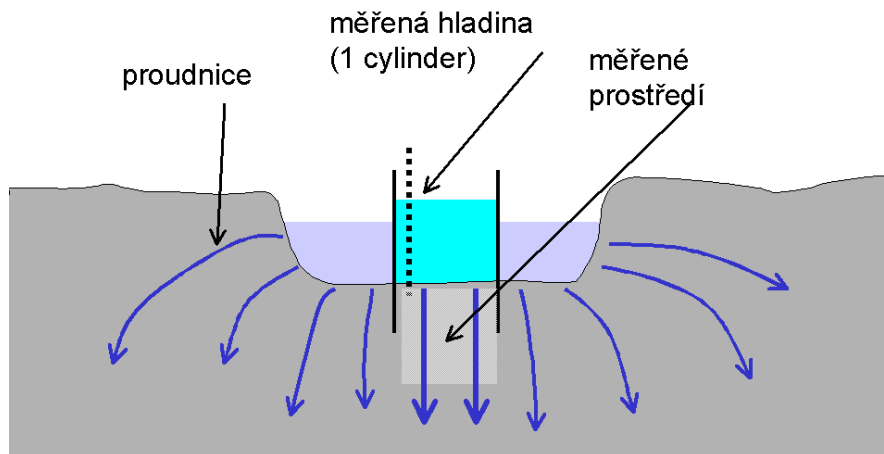
Aby jsem zamezil rozvíření jílových a prachových částic, které by mohly ucpat póry, vložil jsem na dno válce propraný štěrčík, jehož účelem bylo snížit rychlost vlévané vody a zamezit erozi povrchu půdy. Do instalovaného válce jsem umístil tenký drát s hrotem trčícím vzhůru, který sloužil jako indikátor přesné úrovně hladiny. Při vlastní infiltrační zkoušce jsem po dobu jedné až dvou hodin doléval vodu do válce po konstantních množstvích (použil jsem nádobu o známém objemu) a to vždy když došlo k poklesu hladiny na hrot. Zaznamenával jsem čas každého poklesu hladiny za hrot. V průběhu infiltrace jsem vléval vodu i do jámy okolo válce a držel jsem zde mírně nižší úroveň než ve vlastním válci. Účelem je podobně jako v případě double ring experimentu minimalizovat laterální složku proudění z vlastního válce (obr. 5.5.).



Obr. 5.3. – Infiltrační zkouška na povrchu travního krytu



Obr. 5.4. – Infiltrační zkouška pod terénem na poli



Obr. 5.5. – Schéma infiltrační zkoušky

Rychlost infiltrace ve válci po ustálení by měla odpovídat hydraulické vertikální vodivosti, protože hydraulický gradient je podle předpokladů roven jedné. Rychlost infiltrace a tedy vertikální hydraulická vodivost se pak vypočte podle vztahu (3),

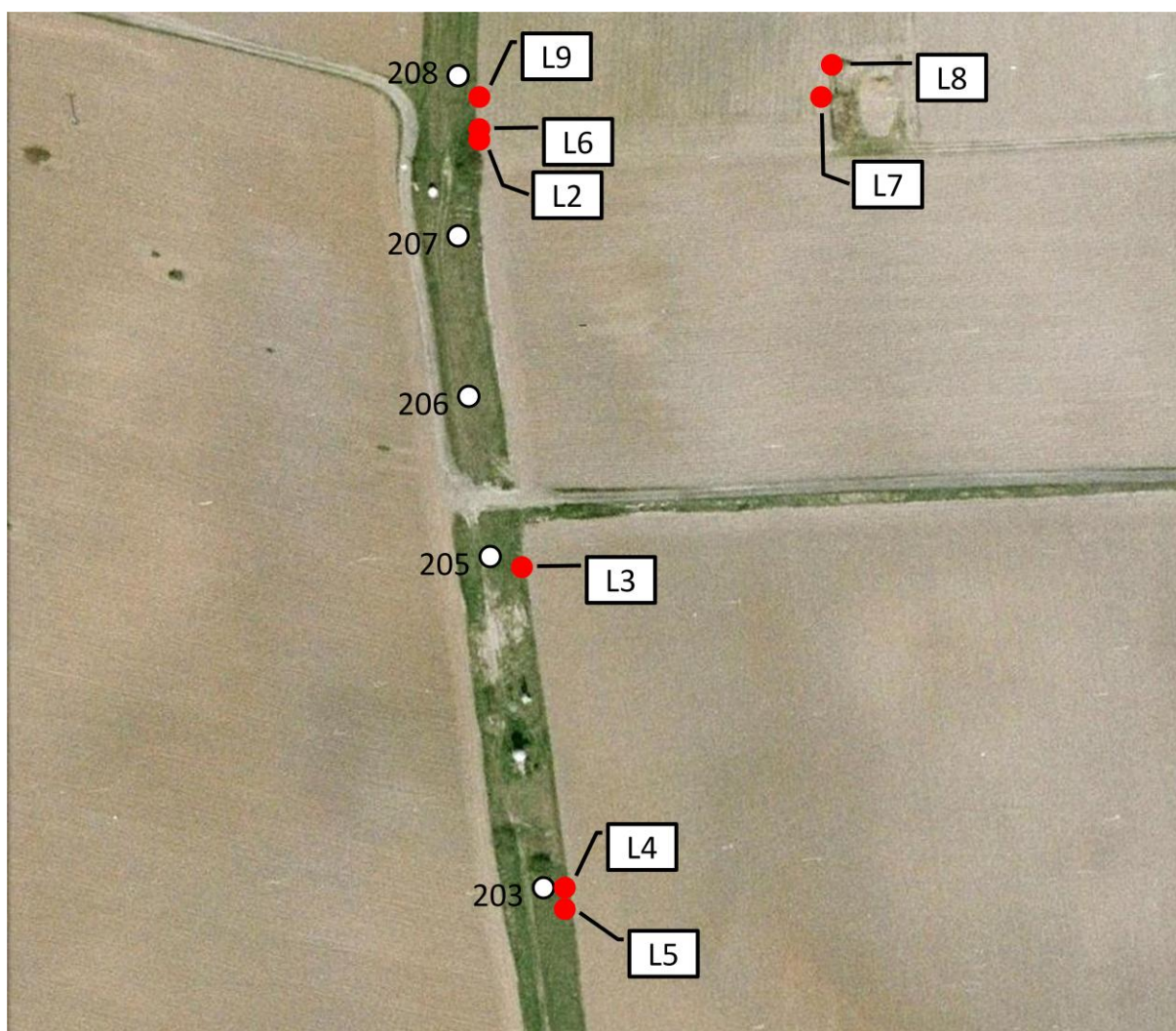
$$k_v = V_n / S_v / t \quad (3)$$

kde k_v je vertikální hydraulická vodivost (m/s), V_n je objem konstantního dolévaného množství vody (l), S_v je plocha podstavy válce (m^2) a t je čas, během kterého se vsákne množství dolité vody (s).

6. Interpretace dat a diskuze výsledků z měření v nesaturované zóně

6.1. Parametry a lokalizace půdních lyzimetrů

Většina lyzimetrů byla zakopána podél vodárenského pásu hornosojovického řadu severně od obce Sojovice (mezi studnami č. 203 – 208) na hranici pole a travního krytu (hranice ochranného pásma 1. stupně). Jedná se o lyzimetry L2, L3, L5, L6 a L9. Lyzimetry L3, L4 a L5 jsou zakopány pod polem, kde se v období 2009 – 2010 pěstovaly rané brambory. Lyzimetry L2, L6 a L9 jsou zakopány pod polem, kde byla ve stejném období pěstována pšenice. Lyzimetry L7 (ztracen bezprostředně po instalaci) a L8 jsem zakopal u hnojiště v poli na mírné elevaci východně od ostatních lyzimetrů (obr. 6.1.). Na hnojiště se ukládala chlévská mrva nebo hnůj (směs výkalů, moči a podestýlky z chléva).



Obr. 6.1. – Pozice půdních lyzimetrů spolu s objekty hornosojovického řadu

Hnojiště bylo v listopadu roku 2010 přemístěno asi o 20 m na západ a celé místo bylo zoráno (lyzimetr L8 byl ztracen). Umístění lyzimetru L1 není známo. Údaje měřené před 25. 2. 2010 jsem převzal od J. Bruthanse. Novější údaje jsem měřil.

Parametry jednotlivých lyzimetrů jsou v tab. 6.1. Množství vody odebrané z lyzimetrů je v tab. 6.2. a tab. 6.3. Instalace lyzimetrů byla časově náročná. Například kopání lyzimetru L6 trvalo 10 hodin.

Tab. 6.1. – Parametry lyzimetrů

Název lyzimetru	Datum vytvoření	Vytvořil	Současný stav	N	E	Popis prostředí	Typ lyzimetru	Půdorys sběrné nádoby (cm)	Hloubka dna sběrné	Výška sběrné nádoby	Objem kanystru (l)
L1	neznámo	J. Bruthans	ztracen září 2008	neznámý	neznámý	neznámý	neznámý	neznámý	neznámý	neznámý	neznámý
L2	3.10.2008	J. Bruthans, R. Kadlecová	ztracen únor 2009	50°13'47,935''	14°45'23,843''	*L2	zaházen seshora	19*28	40 - 45	10	neznámý
L3	20.5.2009	J. Bruthans, L. Hronec	funkční	50°13'43,970''	14°45'24,558''	*L3	zaházen seshora	19*25 (oříznuta)	10 - 25	8	3
L4	20.5.2009	J. Bruthans, L. Hronec	funkční	50°13'40,783''	14°45'25,243''	*L4	zaházen seshora	19*25 (oříznuta)	22 - 30	8	3
L5	21.10.2009	L. Hronec, P. Míkuš	funkční	50°13'40,556''	14°45'25,294''	*L5	zasunut z boku	39*26	56 - 60	10	5
L6	1.11.2009	L. Hronec, H. Pokorná	funkční	50°13'47,984''	14°45'23,894''	*L6	zasunut z boku	39*26	50 - 53	10	5
L7	6.11.2009	L. Hronec, P. Hronec	ztracen 25.11.2009	50°13'48,261''	14°45'28,864''	*L7	zaházen seshora	ztracen po instalaci	ztracen po instalaci	ztracen po instalaci	ztracen po instalaci
L8	4.12.2009	L. Hronec, P. Hronec	ztracen 22.1.2011	50°13'48,569''	14°45'28,850''	*L8	zaházen seshora	PVC folie 50*30 cm	40	10	3
L9	4.12.2009	L. Hronec, P. Hronec	funkční	50°13'48,849''	14°45'24,659''	*L9	zaházen seshora	PVC folie 50*32 cm	45	10	3

Vysvětlivky: *L2 - velmi špatně kopná, silně uhuštěná hnědá jílovitá zemina s občasnými úlomky šterkových valounků, *L3 - špatně kopná jílovitá zemina, v době instalace pěstovány brambory, vana z 50% pod hříbkem a 50% pod brázdou na kraji pole, *L4 - dobře kopná písčitojílovitá zemina, zakopán pod brázdou na kraji pole, *L5 - dobře kopná písčitojílovitá zemina, *L6 - velmi těžce kopná, hnědá jílovitá zemina s hloubkou se zvyšuje zastoupení šterkových valounků, místy drobné písčité vločky, *L7 - 0-30 cm dobře kopná jílovitá zemina se šterkovými valounky, od 30 cm šterkopisek, *L8 - 0-20 cm dobře kopná jílovitá zemina se šterkovými valounky, od 20 cm šterkopisek, *L9 - dobře kopná písčitojílovitá zemina s občasnými šterkovými valounky

Tab. 6.2. – Množství odebrané vody v lyzimetrech L1 – L4; x - neodebráno

Datum odběru	L1		L2		L3		L4	
	Odebrané množství (ml)	mm vody	Odebrané množství (ml)	mm vody	Odebrané množství (ml)	mm vody	Odebrané množství (ml)	mm vody
30.7.2008	0,81	neznámé	x	x	x	x	x	x
18.12.2008	x	x	neznámé	neznámé	x	x	x	x
16.3.2009	x	x	1050	197,4	x	x	x	x
14.4.2009	x	x	110	20,7	x	x	x	x
3.7.2009	x	x	0	0,0	440	9,3	760	16,0
3.8.2009	x	x	0	0,0	270	5,7	1800	37,9
11.9.2009	x	x	0	0,0	1650	34,7	0	0,0
25.11.2009	x	x	0	0	252	5,3	0	0,0
25.2.2010	x	x	x	x	10	0,2	0	0,0
18.4.2010	x	x	x	x	40	0,8	255	5,4
23.5.2010	x	x	x	x	5	0,1	0	0,0
25.6.2010	x	x	x	x	60	1,3	5	0,1
23.7.2010	x	x	x	x	0	0,0	0	0,0
27.8.2010	x	x	x	x	1670	35,2	310	6,5
3.10.2010	x	x	x	x	1280	26,9	0	0,0
7.11.2010	x	x	x	x	0	0,0	0	0,0

Tab. 6.3. – Množství odebrané vody v lyzimetrech L5 – L9; x - neodebráno

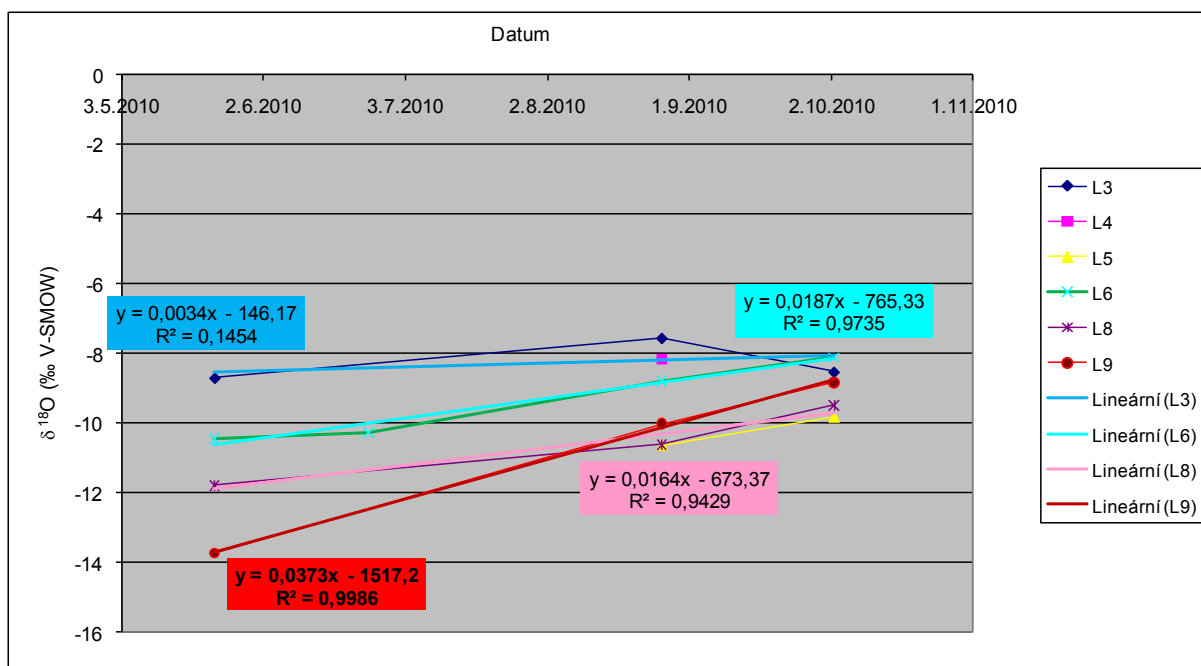
Datum odběru	L5		L6		L8		L9	
	Odebrané množství (ml)	mm vody	Odebrané množství (ml)	mm vody	Odebrané množství (ml)	mm vody	Odebrané množství (ml)	mm vody
25.11.2009	0	0,0	0	0,0	x	x	x	x
25.2.2010	0	0,0	3300	32,5	500	3,3	3000	18,8
18.4.2010	2308	22,8	3035	29,9	405	2,7	2095	13,1
23.5.2010	5	0,0	425	4,2	410	2,7	10	0,1
25.6.2010	0	0,0	840	8,3	40	0,3	0	0,0
23.7.2010	0	0,0	5	0,0	10	0,1	0	0,0
27.8.2010	400	3,9	3237	31,9	435	2,9	3035	19,0
3.10.2010	2385	23,5	3067	30,2	565	3,8	1705	10,7
7.11.2010	0	0,0	5	0,0	5	0,0	0	0,0

6.2. Interpretace izotopových dat z půdní vody

Vzorky k analýze izotopů vodíku a kyslíku jsem odebíral v lyzimetrech L3 – L9 za účelem odhadu doby zdržení vody, rozlišení vody infiltrované v zimní a letní části roku a konečně jako ukazatel procesů probíhajících v nadloží lyzimetru. Vzorkování však probíhalo po krátkou dobu od konce května do začátku října 2010 a takto vzniklá časová řada má menší vypovídací hodnotu než by se dala získat dlouhodobějším vzorkováním. Užitím izotopů vodíku a kyslíku v hydrogeologii se zabývá například Clark, Fritz (1997).

Na obr. 6.2. je vynesena průběh hodnot $\delta^{18}\text{O}$ v jednotlivých lyzimetrech v závislosti na čase. V časovém horizontu několika let by tato křivka měla pravděpodobně podobu sinusoidy. Po dobu půl roku jde o lineární nárůst hodnot. Protože voda ze zimních srážek měla hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ okolo -14 ‰ a méně, je zřejmé, že dochází k snižování zastoupení zimní vody s ubíhajícím časem.

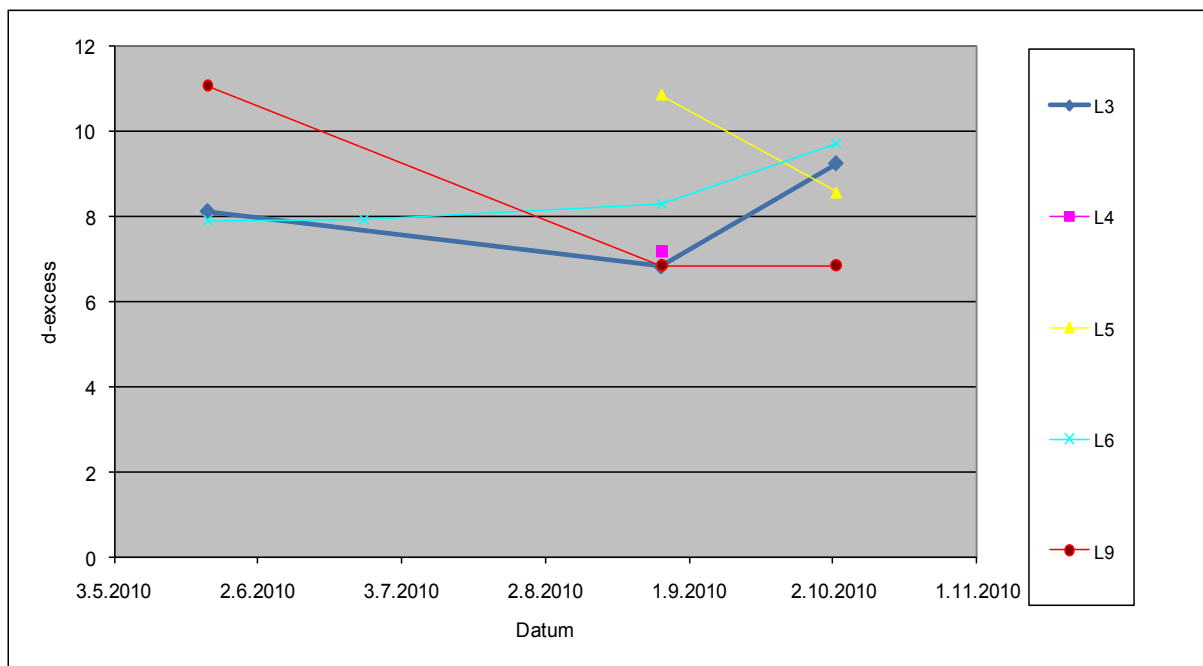
Na jaře tvoří zimní voda (podle nízkých hodnot $\delta^{18}\text{O}$) větší podíl na přítoku do lyzimetru. Směrnice nejsou příliš strmé. Z toho je možné usoudit, že po jarním tání dojde nejprve k využití preferenčních cest a přítoku zimní vody z tání, poté klesne nasycenost prostředí a zvyšuje se podíl smíšené vody různého stáří, která přitéká z pórů. Nakonec na podzim se hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ v lyzimetrech vzájemně blíží, takže jde o smíšenou vodu různého stáří, která přitekla především z pórů.



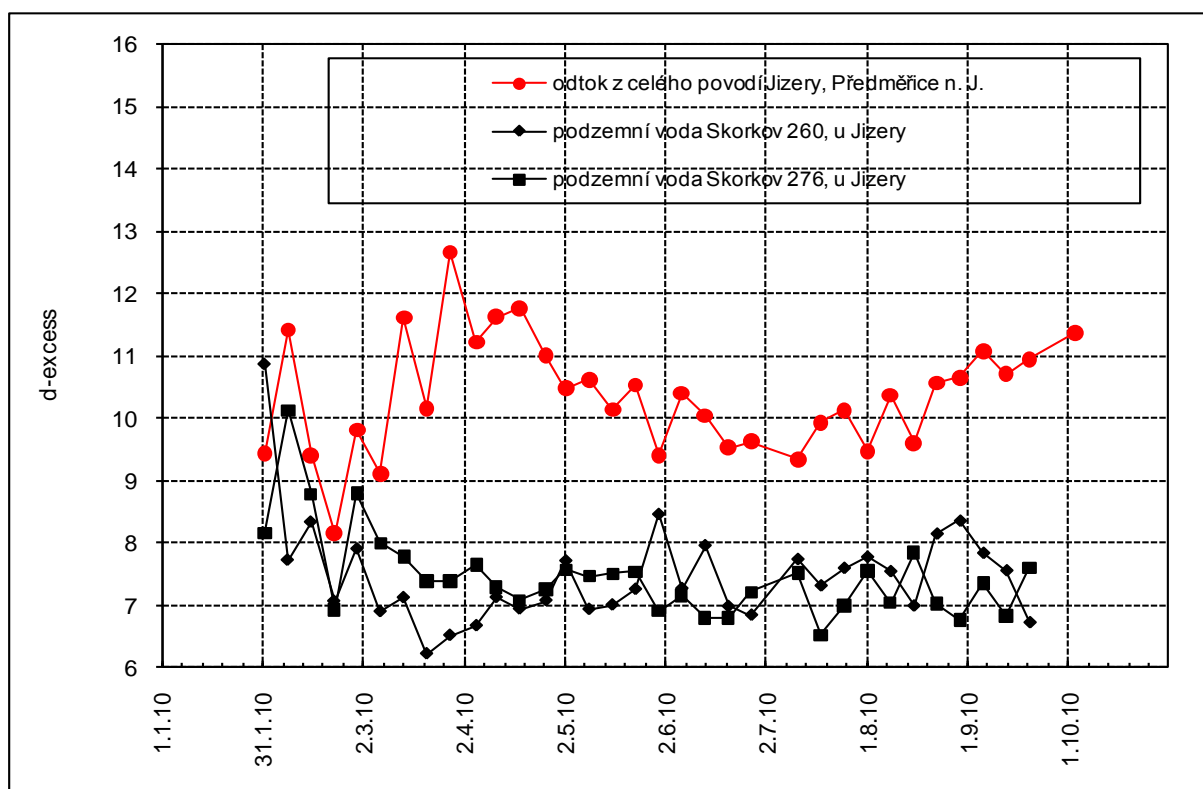
Obr. 6.2. – Hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ v půdních lyzimetrech

V L3 se nejvíce mísí voda různého stáří a to do značné míry i na jaře, podíl zimní vody je ze všech lyzimetrů nejnižší. Většina vody proudí do lyzimetru nejspíše skrze póry. Snížení hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ na podzim by mohlo znamenat přítok izotopově lehčí vody z podzimních srážek. Jediná hodnota u L4 naznačuje podobný proces míšení různě staré vody jako u L3. Lyzimetry L3, L6 a L8 mají podobné směrnice. Dochází v nich k podobným procesům. Lyzimetr L9 má oproti ostatním lyzimetrům dvojnásobnou hodnotu směrnice. To by mohlo znamenat, že voda tekoucí do lyzimetru využívá na jaře mnohem více preferenční cesty než je tomu u ostatních lyzimetrů. Využití preferenčních cest se zmenšuje s časem a jako u ostatních lyzimetrů dochází k zvětšení podílu smíšené vody různého stáří. Preferenční cesty mohly vzniknout i v průběhu instalace lyzimetru při zasypávání sběrné vany seshora.

Na obr. 6.3. je vyneseno deuterium excess v lyzimetrech a na obr. 6.4. jsou pro srovnání vyneseny hodnoty d-excess ve vodě řeky Jizery a podzemní vodě ze studní č. 260 a 276 skorkovského řadu.



Obr. 6.3. – Hodnoty deuterium excess v půdních lyzimetrech



Obr. 6.4. – Hodnoty deuterium excess ve vodě Jizery a podzemní vodě v Káraném v roce 2010 (převzato a upraveno z Šanda et al. 2011)

Hodnoty d-excess okolo 11 z L5 v srpnu a L9 v květnu se podobají hodnotám z řeky Jizery a mohly by být důsledkem zavlažování. Hodnoty blízké Jizeře jsou rovněž v lyzimetrech L3 a L6 v říjnu. V ostatních lyzimetrech a částech roku se hodnoty d-excess blíží podzemním vodám.

6.3. Výpočet orientační míry evapotranspirace

Podle grafu srážkových úhrnů v závislosti na nadmořské výšce (Nákládal, Herčík 1987) odpovídá nadmořské výšce 175 m. n. m., ve které jsou umístěny lyzimetry, roční srážkový úhrn 540 mm. Pomocí této hodnoty a ze znalosti množství odebrané půdní vody z lyzimetrů v hydrogeologickém roce 2010 (od 25. 11. 2009 do 7. 11. 2009) jsem spočetl přibližně hodnoty evapotranspirace v procentech podle vztahu (3). U lyzimetrů L1 a L2 jsem hodnoty nespočetl, protože byly ztraceny. Tab. 6.4. ukazuje množství vody zachycené v lyzimetrech a vypočtenou evapotranspiraci.

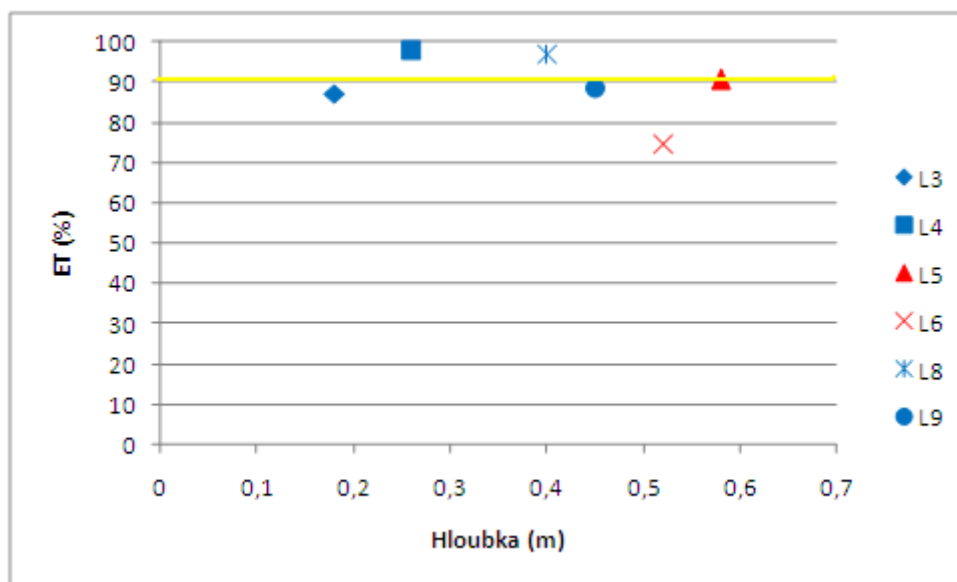
Tab. 6.4. – Množství vody v lyzimetrech (mm) v průběhu hydrogeologického roku 2010 a spočtené hodnoty evapotranspirace (%)

	L3	L4	L5	L6	L8	L9
25.11.2009	5,3	0,0	0,0	0,0		
25.2.2010	0,2	0,0	0,0	32,5	3,3	18,8
18.4.2010	0,8	5,4	22,8	29,9	2,7	13,1
23.5.2010	0,1	0,0	0,0	4,2	2,7	0,1
25.6.2010	1,3	0,1	0,0	8,3	0,3	0,0
23.7.2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
27.8.2010	35,2	6,5	3,9	31,9	2,9	19,0
3.10.2010	26,9	0,0	23,5	30,2	3,8	10,7
7.11.2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma	69,8	12,0	50,3	137,2	15,8	61,5
ET (%)	87,1	97,8	90,7	74,6	97,1	88,6

Spočtené hodnoty evapotranspirace se pohybují mezi 75 – 98 %. Tyto hodnoty je možné považovat za přeceněné, protože gravitační lyzimetry v jemnozrnné půdě budou zachytávat pouze prosakující gravitační vodu a kapilární vodu jen za mírného podtlaku, který se vyruší nade dnem sběrné nádoby. Prosakující kapilární vody za více negativních sacích tlaků budou lyzimetr obtékat a nebudou tak započteny do bilance. Druhým faktorem, který gravitační lyzimetry nepostihnou, jsou v prostoru relativně vzácné otevřené desikační trhliny, kudy může voda pronikat ve velkých množstvích do nižších partií půdy. Vzhledem k jejich malému prostorovému zastoupení a malému počtu lyzimetrů je nepravděpodobné, že by byly tyto infiltrační cesty do lyzimetrů drénovány.

U lyzimetrů L4 a L8 proniklo tedy do lyzimetru méně než 3 % z přibližného ročního úhrnu srážek. U těchto dvou lyzimetrů je zřejmé, že podíl gravitační vody na celkovém množství prosakující vody je minimální a většina prosakující vody lyzimetr obtéká. Vypočtená orientační míra evapotranspirace není funkcí hloubky (obr. 6.5.).

Půdním profilem z hloubky 0,2 m do 0,6 m tedy prochází přes 10 % ročního úhrnu srážkové vody. Z obr. 6.5. je také vidět, že vypočtená ET příliš nezávisí ani na způsobu instalace lyzimetru. Rozrušení zeminy v případě zasypání lyzimetru seshora při instalaci by mohlo mít na ET vliv například vytvořením nových preferenčních cest nebo následným sedáním zeminy po zasypání.



Obr. 6.5. – Hodnoty ET v závislosti na hloubce a způsobu instalace (modře – lyzimetry zasypané seshora, červeně – lyzimetry zasouvané z boku)

6.4. Srovnání fyzikálních parametrů a chemizmu ve vzorcích půdní vody z lyzimetrů

V této části jsem se zaměřil zejména na popis vlastností změřených v terénu a hodnoty koncentrací hlavních iontů změřených v laboratoři. Výsledky všech chemických analýz jsou uvedeny v příloze 1. V případě, že byl chemizmus odebraného vzorku stanoven i v laboratoři ČGS (lyzimetry L2, L3 a L4), použil jsem tu analýzu, která měla nižší správnost. Statisticky zhodnocené koncentrace vybraných iontů jsou v tab. 6.5.

Tab. 6.5 – Statisticky zhodnocené koncentrace vybraných iontů v půdní vodě lyzimetrů (mg/l); * - bez lyzimetru L1, (+) – bez lyzimetrů L1 a L2

	aritmetický průměr	průměr vážený množstvím vody v lyzimetru *	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	86	95	62	63
Mg ²⁺	7,4	7,9	5,7	6,5
Na ⁺	5,6	5,8	5,2	2,6
K ⁺	5,4	4,8	2,0	7,0
HCO ₃ ⁻	143	137	67	154
SO ₄ ²⁻	38	42	31	24
NO ₃ ⁻	122	122	100	154
Cl ⁻	19	22	14	24
Si	8,1	(+)7,0	7,4	3,3

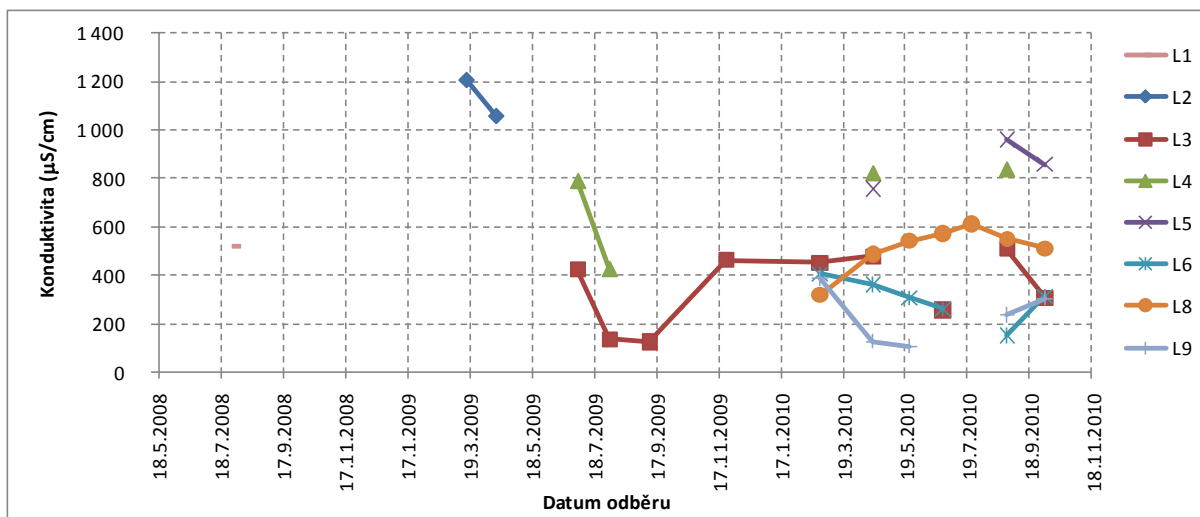
6.4.1 Konduktivita

V tab. 6.6. jsou naměřené hodnoty konduktivity v půdní vodě z lyzimetrů. Její průběh v čase ukazuje obr. 6.6.

Nejvyšší hodnota konduktivity byla naměřena v lyzimetru L2 a to 1206 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nejnižší 108 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v lyzimetru L9. U lyzimetrů L1, L3, L6, L8 a L9 se konduktivita pohybovala v rozmezí 100 – 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lyzimetry L2, L4 a L5 měly hodnoty konduktivity zpravidla přes 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

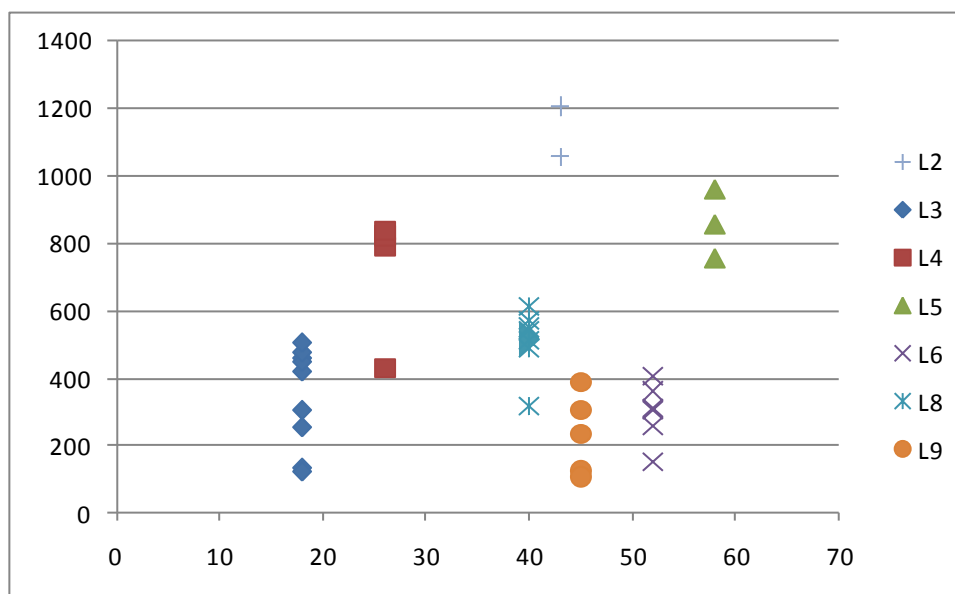
Tab. 6.6. – Hodnoty konduktivity v půdní vodě v lyzimetrech; x – konduktivita nezměřena

Datum odběru	Konduktivita ($\mu\text{S}/\text{cm}$)							
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L8	L9
30.7.2008	521	x	x	x	x	x	x	x
16.3.2009	x	1206	x	x	x	x	x	x
14.4.2009	x	1058	x	x	x	x	x	x
3.7.2009	x	x	422	790	x	x	x	x
3.8.2009	x	x	135	428	x	x	x	x
11.9.2009	x	x	124	x	x	x	x	x
25.11.2009	x	x	462	x	x	x	x	x
25.2.2010	x	x	451	x	x	405	317	387
18.4.2010	x	x	479	822	757	361	487	126
23.5.2010	x	x	x	x	x	307	542	108
25.6.2010	x	x	256	x	x	260	572	x
23.7.2010	x	x	x	x	x	x	611	x
27.8.2010	x	x	508	838	960	151	550	236
3.10.2010	x	x	307	x	857	313	511	305



Obr. 6.6. – Průběh konduktivity v lyzimetrech v závislosti na čase

Obr. 6.7. ukazuje hodnoty konduktivity v závislosti na hloubce. Je zřejmé, že mezi oběma parametry není žádná závislost.



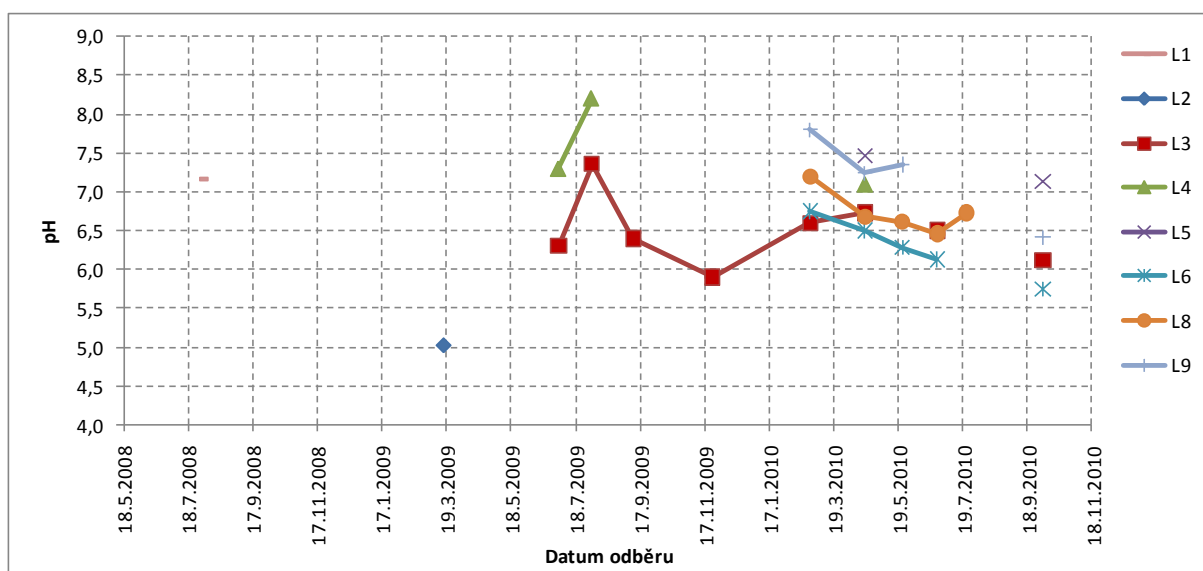
Obr. 6.7. – Průběh konduktivity v lyzimetrech v různé hloubce pod terémem

6.4.2. pH

Hodnoty pH v půdní vodě jsou uvedeny v tab. 6.7. Změny pH v čase jsou znázorněny na obr. 6.8. Hodnoty pH půdní vody se pohybovaly mezi 5 a 8,2. Vyšší hodnoty vykazovaly lyzimetry L5 a L9, nejnižší pak lyzimetry L3 a L6.

Tab. 6.7. – Hodnoty pH v půdní vodě v lyzimetrech; x – pH nezměřeno

Datum odběru	pH							
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L8	L9
30.7.2008	7,2	x	x	x	x	x	x	x
16.3.2009	x	5,0	x	x	x	x	x	x
3.7.2009	x	x	6,3	7,3	x	x	x	x
3.8.2009	x	x	7,4	8,2	x	x	x	x
11.9.2009	x	x	6,4	x	x	x	x	x
25.11.2009	x	x	5,9	x	x	x	x	x
25.2.2010	x	x	6,6	x	x	6,8	7,2	7,8
18.4.2010	x	x	6,7	7,1	7,5	6,5	6,7	7,2
23.5.2010	x	x	x	x	x	6,3	6,6	7,4
25.6.2010	x	x	6,5	x	x	6,1	6,5	x
23.7.2010	x	x	x	x	x	x	6,7	x
27.8.2010	x	x	x	x	x	x	x	x
3.10.2010	x	x	6,1	x	7,1	5,8	x	6,4



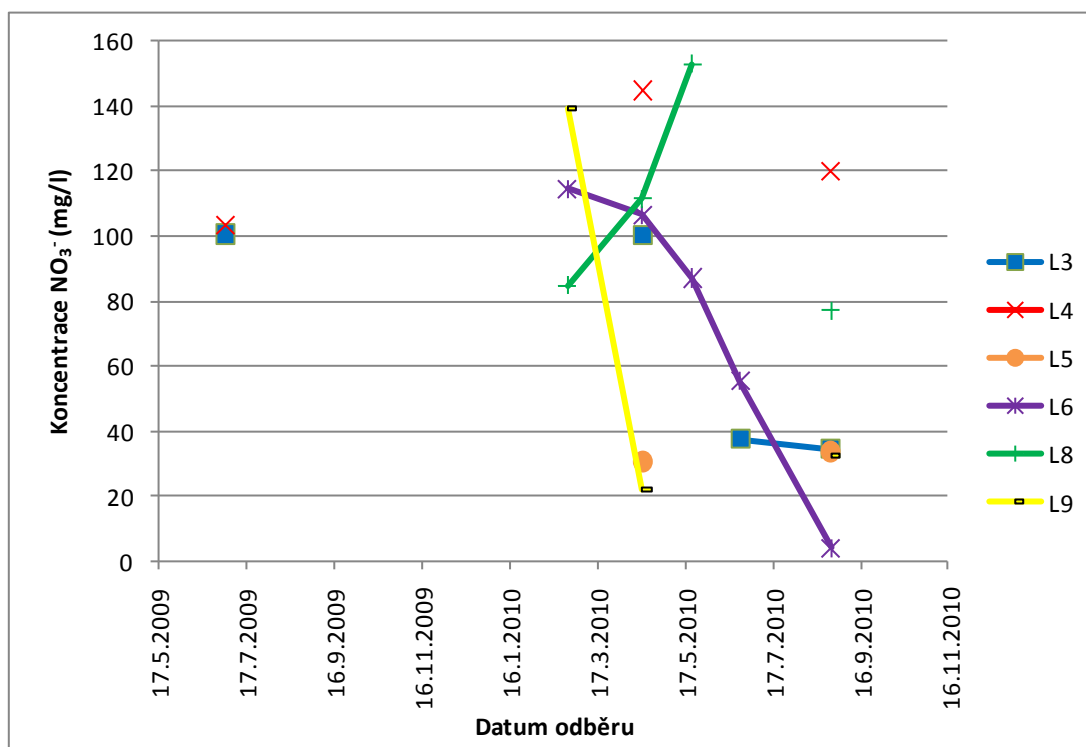
Obr. 6.8. - Průběh pH v lyzimetrech v závislosti na čase

6.4.3. Koncentrace dusičnanů

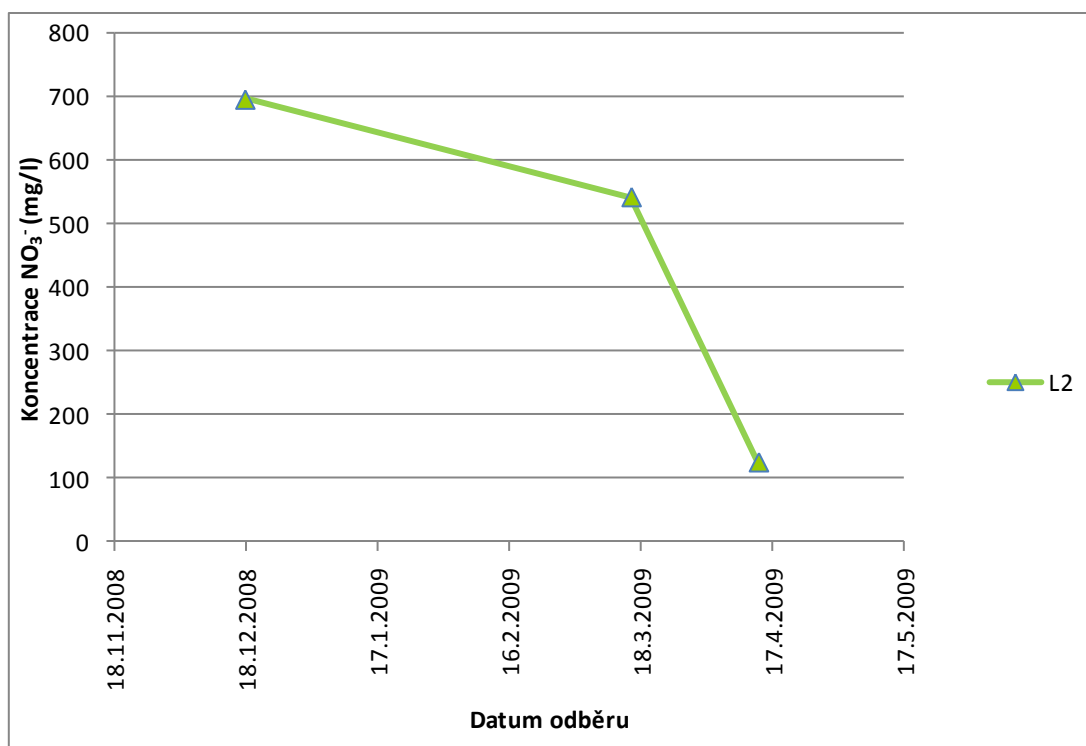
Koncentrace NO_3^- v lyzimetrech je uvedena v příloze 1. Obr. 6.9. ukazuje průběh koncentrací NO_3^- . Průměrná koncentrace dusičnanů vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru (v mm) se pohybuje mezi 26 a 503 mg/l. Pro přehlednost není na obr. 6.9. zobrazena nejnižší stanovená hodnota 1,6 mg/l z července 2008 v L1. Vysoké koncentrace dusičnanů v lyzimetru L2 jsou uvedeny samostatně na obr. 6.10. Nejvyšší koncentrace dusičnanů v L2 byla zjištěna v prosinci 2008 a to 696 mg/l (762 mg/l podle stanovení na ČGS). Nejspíš se jedná o artefakt: pravděpodobně jde o vymývání dusičnanů z rozrušené půdy kterou byl L2 zasypán. Před vykopáním L2 zde byla nepropustná jílovitá půda v terénní depresi kam pravděpodobně dotékala

voda z hnojiště. Mohlo se tedy jednat o časově omezený efekt intenzivního vymývání dusičnanů z původně nepropustné půdy. Tímto je možné vysvětlit, proč koncentrace prudce klesaly a proč o rok později nedošlo k pozorovanému navýšení v sousedním lyzimetru L9.

Z obr. 6.9. je vidět, že koncentrace NO_3^- jsou v lyzimetrech nejvyšší na konci zimy (v únoru až dubnu), v průběhu roku se snižují a během srpna vykazují nejnižší hodnoty. V zimním období, tedy v období vegetačního klidu, jsou koncentrace nejvyšší, protože dochází k jejich vyluhování z půdy. Jsou totiž velmi málo zadržovány v půdním komplexu (Pitter 1990). V letním období jsou NO_3^- odčerpávány vegetací a koncentrace jsou menší. Lyzimetr L8 vykazuje jako jediný opačný trend, kdy došlo během jara a léta k zvýšení koncentrací NO_3^- a opětovnému snížení na podzim. To může být způsobeno tím, že lyzimetr L8 je zakopán pod hnojištěm, kde nejsou NO_3^- tolik spotřebovávány vegetací, ale naopak může docházet k jejich dalšímu uvolňování z hnojiště a tím zvyšování koncentrací i v průběhu léta.



Obr. 6.9. – Koncentrace dusičnanů v lyzimetrech v závislosti na čase

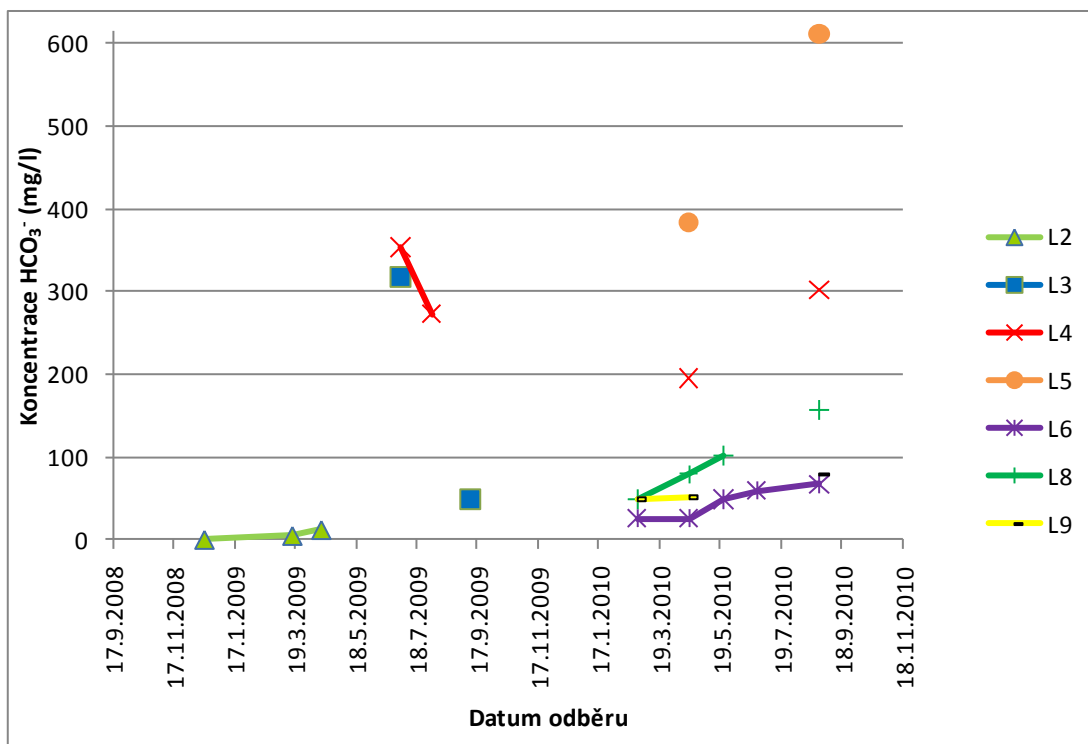


Obr. 6.10. – Koncentrace dusičnanů v lyzimetru L2 v závislosti na čase

6.4.4. Koncentrace hydrogenuhličitanů

Průběh koncentrace HCO_3^- v lyzimetrech je vyneseno na obr. 6.11. a zaznamenán v příloze 1. Průměrná koncentrace hydrogenuhličitanů vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru (v mm) se pohybuje mezi 5,6 a 417 mg/l. Nejnižší změřené hodnoty HCO_3^- byly v půdní vodě odebrané z lyzimetru L2 a to od 0 do 12 mg/l. Nízká hodnota naměřená v březnu v L2 (4,9 mg/l) pravděpodobně odráží nízké pH = 5 ve vodě lyzimetru (kap. 6.4.2). V ostatních případech nebylo pH měřeno, ale dá se očekávat, že i zde bude nízká hodnota HCO_3^- způsobená nízkým pH. Nejvyšší koncentrace HCO_3^- v půdní vodě byla 612 mg/l v lyzimetru L5.

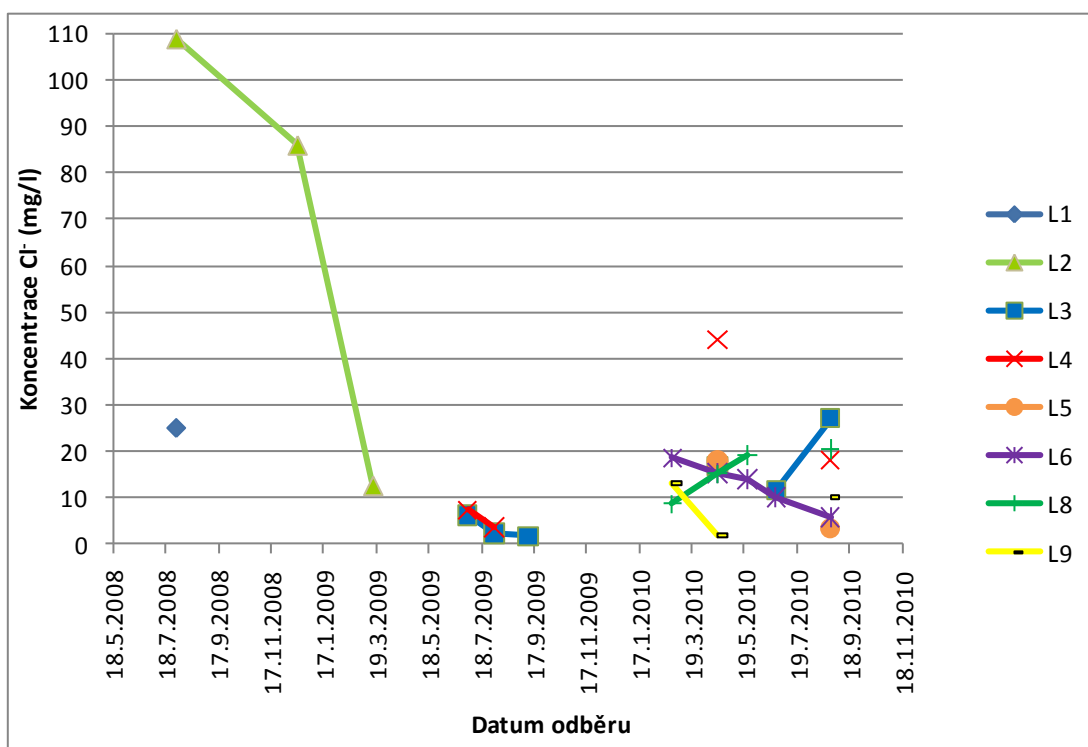
Na obr. 6.11. je vidět zvyšování koncentrace HCO_3^- v lyzimetrech L3 – L9 od února do srpna 2010. Podobně je tomu u L2 v roce 2009. Tento trend nejspíše souvisí s tím, že se od jara do léta zvyšuje aktivita půdních organismů a tedy i produkce půdního CO_2 , což vede k zvyšování koncentrací HCO_3^- . Lyzimetry L3 a L4 vykazují v roce 2009 naopak snížení koncentrací od června do září, avšak jedná se pouze o dvě stanovení každém lyzimetru.



Obr. 6.11. - Koncentrace hydrogenuhličitanů v lyzimetrech v závislosti na čase

6.4.5. Koncentrace chloridů

Na obr. 6.12. je vynesena průběh koncentrací chloridů v lyzimetrech. Koncentrace Cl^- v lyzimetrech se pohybují od 2 – 109 mg/l (příloha 1).



Obr. 6.12. - Koncentrace chloridů v lyzimetrech v závislosti na čase

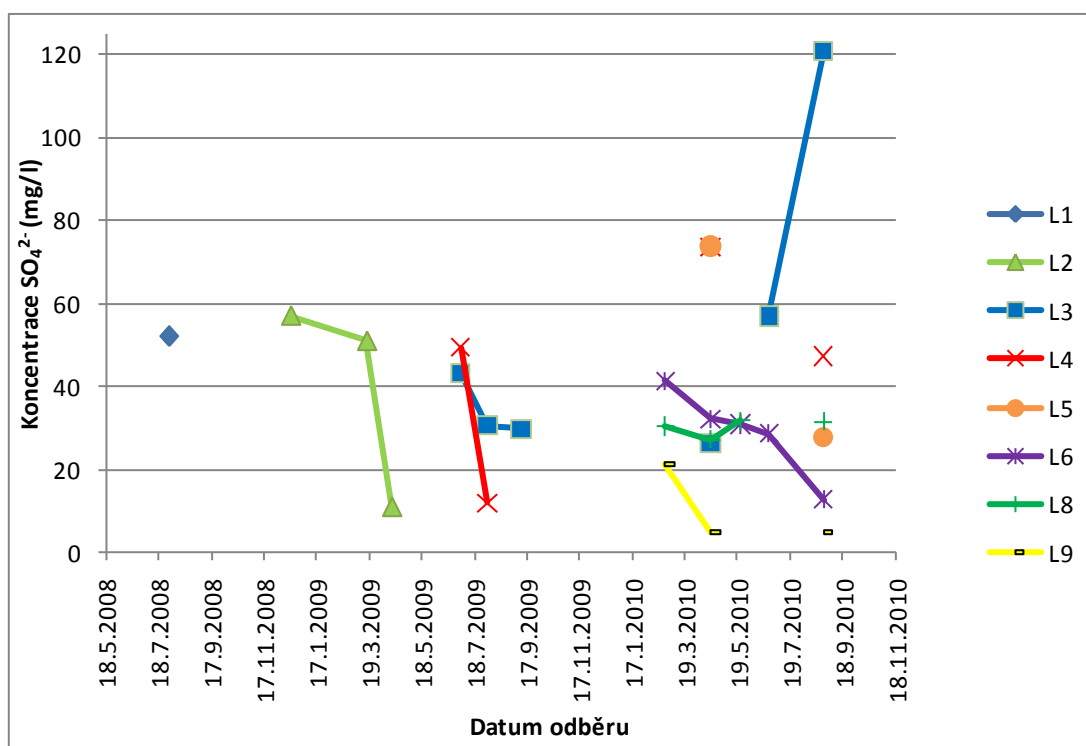
Průměrná koncentrace chloridů vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru se pohybuje mezi 9,1 a 79 mg/l.

Hodnoty chloridů se podobně jako u dusičnanů v průběhu roku snižují. Nejvyšší jsou na jaře a nejnižší na podzim. Na jaře pravděpodobně dochází k vylouhování půdního horizontu a pak k postupnému poklesu koncentrací. Výjimkou je opět lyzimetr L8 a také lyzimetr L3 v roce 2010. U L8 by zvyšování koncentrací chloridů v průběhu léta mohlo být dáno tím, že na hnojiště je přivážen nový materiál, který je zdrojem chloridů (pravděpodobně močůvka).

6.4.6. Koncentrace síranů

Koncentrace SO_4^{2-} v půdní vodě z lyzimetrů kolísají v rozmezí 4,7 – 121 mg/l (příloha 1). Průměrná koncentrace síranů vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru se pohybuje mezi 11 a 76 mg/l. Průběh koncentrací v čase je vynesena na obr. 6.13.

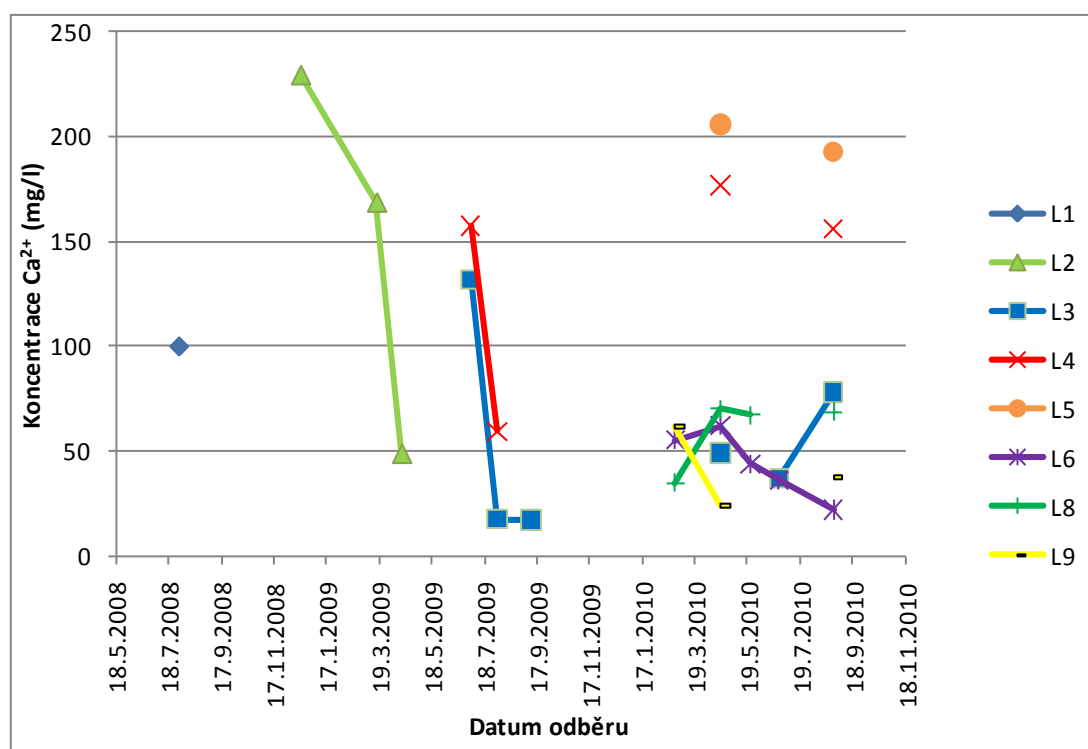
V lyzimetrech L2, L4, L5, L6 a L9 koncentrace v průběhu roku klesají. Toto platí i pro lyzimetr L3 v roce 2009, ale v roce 2010 je tomu naopak. Stojí za zmínku, že voda v L9 má nízké koncentrace SO_4^{2-} , které se blíží v dubnu a srpnu srážkovým vodám.



Obr. 6.13. – Koncentrace síranů v lyzimetrech v závislosti na čase

6.4.7. Koncentrace vápníku

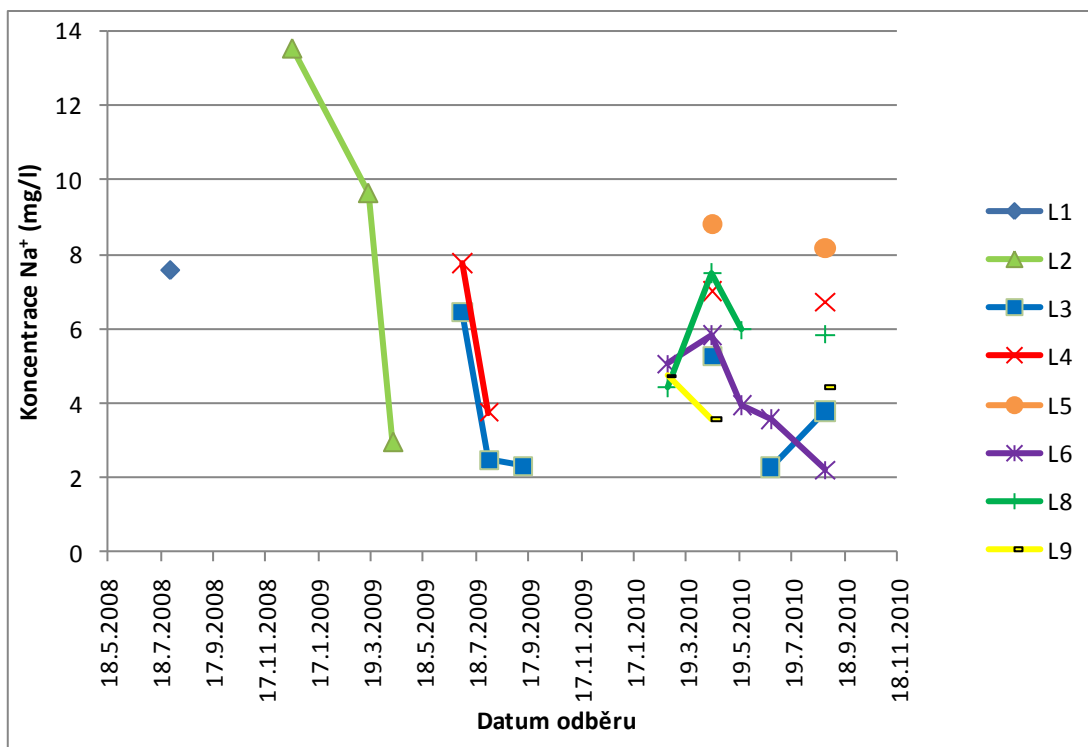
Koncentrace Ca^{2+} v půdní vodě lyzimetrů se pohybují mezi 17 – 230 mg/l (příloha 1). Průměrná koncentrace vápníku vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru se pohybuje mezi 43 a 204 mg/l. V lyzimetrech L2, L4, L5, L6 a L9 koncentrace Ca^{2+} v průběhu roku klesají (obr. 6.14.). Lyzimetr L3 má klesající koncentrace Ca^{2+} jen v roce 2009. V lyzimetru L8 (pod hnojištěm) dochází v průběhu roku ke zvyšování koncentrací Ca^{2+} . Ve srovnání s ionty HCO_3^- mají koncentrace Ca^{2+} opačný průběh v čase (tj. zvyšování koncentrací HCO_3^- a snižování Ca^{2+}) v lyzimetrech L2, L4 (jen v roce 2010), L5 a L6. V lyzimetru L8 se v průběhu roku zvyšuje koncentrace obou iontů.



Obr. 6.14. – Koncentrace vápníku v lyzimetrech v závislosti na čase

6.4.8. Koncentrace sodíku

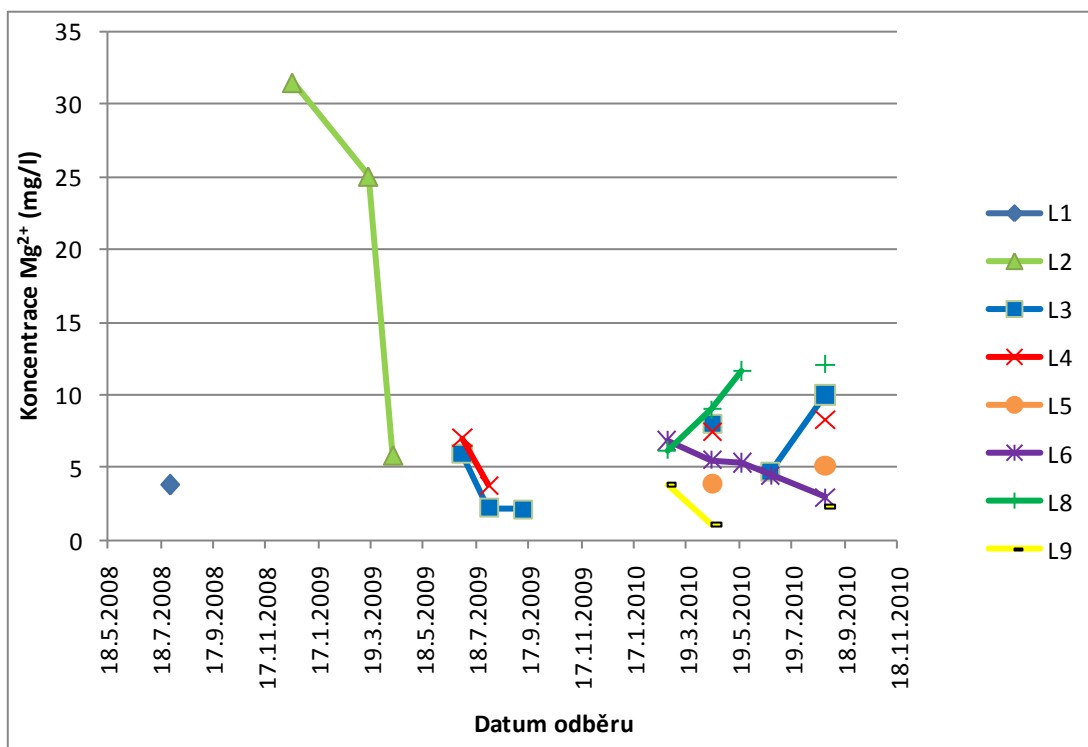
Koncentrace Na^+ v lyzimetrech se pohybují mezi 2,3 - 14 mg/l (příloha 1). Průměrná koncentrace sodíku vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru se pohybuje mezi 3,5 a 9 mg/l. Z obr. 6.15. je vidět značně podobný vývoj koncentrací v průběhu roku jako má vápník.



Obr. 6.15. – Koncentrace sodíku v lyzimetrech v závislosti na čase

6.4.9. Koncentrace hořčíku

Koncentrace Mg^{2+} se v lyzimetrech pohybují v rozmezí 1,1 – 32 mg/l (obr. 6.16.) (příloha 1).

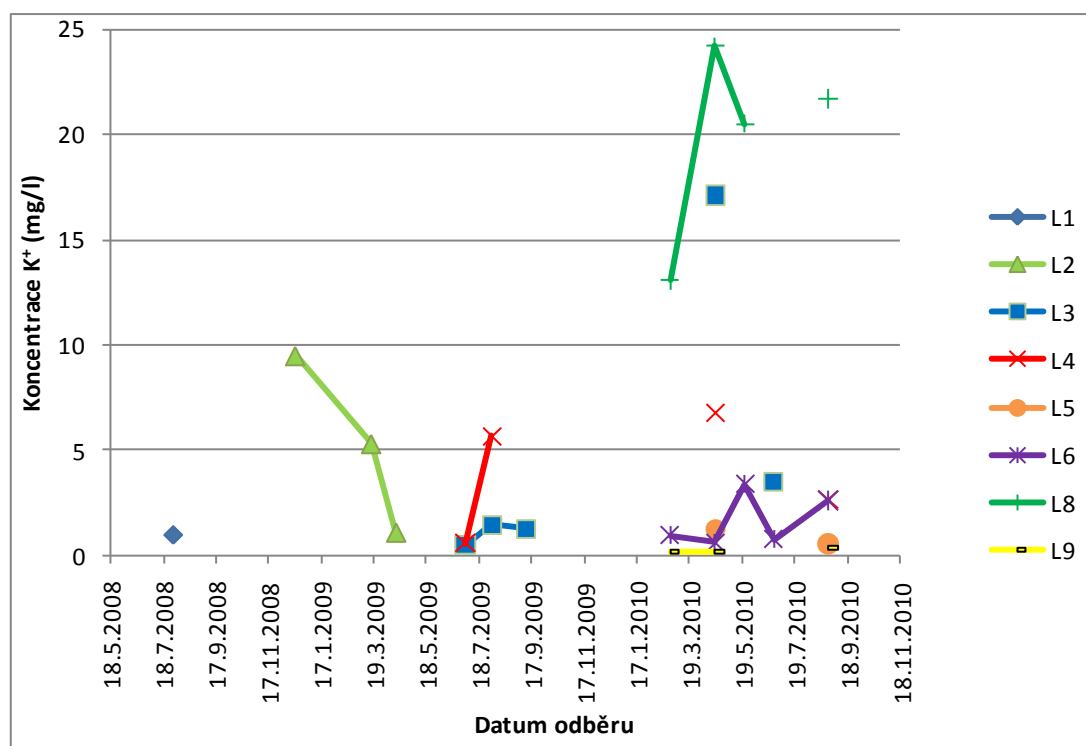


Obr. 6.16. – Koncentrace hořčíku v lyzimetrech v závislosti na čase

Průměrná koncentrace hořčíku vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru se pohybuje mezi 2,5 a 23 mg/l. Koncentrace hořčíku vykazují podobný trend jako kationty Ca^{2+} , Na^+ a K^+ s výjimkou lyzimetrů L4 a L5 v roce 2010, kde se však jedná o ojedinělé měření.

6.4.10. Koncentrace draslíku

Koncentrace K^+ jsou v rozmezí 0,1 – 24 mg/l (obr. 6.17.) (příloha 1). Průměrná koncentrace draslíku vážená zachyceným množstvím vody v lyzimetru se pohybuje mezi 0,25 a 19 mg/l.



Obr. 6.17. – Koncentrace draslíku v lyzimetrech v závislosti na čase

6.4.11. Shrnutí vlastností půdní vody v lyzimetrech

Snižování konduktivity a obsahu rozpuštěných iontů (snižování celkové mineralizace) v průběhu roku by mohlo odpovídat zavlažování, kdy dochází k ředění níže mineralizovanou vodou z řeky Jizery. Podle Buzka et al (2011) je pole s lyzimetry L3, L4 a L5 zavlažováno, zatímco pole s L2, L6 a L9 ne. Zavlažování jsem však pozoroval pouze v roce 2009. Přesto jsou ve vzorkovaných lyzimetrech koncentrace iontů (v L3 všech kromě SO_4^{2-} a NO_3^- a v L4 Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^-) u stanovení v srpnu a září nižší než v řece Jizeře. Kromě zavlažování se zde tedy projevuje i vliv srážek s ještě nižší mineralizací. V roce 2010 v oblasti kolem lyzimetrů nejspíše zavlažováno nebylo. To zřejmě souvisí s tím, že rok 2010 byl srážkově nadprůměrný (Šanda

2012). V roce 2010 tedy docházelo spíše k ředění srážkovou vodou, což dokazuje i fakt že naměřené koncentrace Ca^{2+} v L6 a L9, Mg^{2+} v L5, L6 a L9, Na^+ ve všech vzorkovaných lyzimetrech, K^+ v L5, L6 a L9, HCO_3^- v L6 a L9, SO_4^{2-} v L6 a L9 a Cl^- v L3, L5, L6 a L9 byly nižší (především v období červen až srpen) než v řece Jizeře. Ředění srážkovou vodou má tedy vliv na pozorovaný chemizmus vody v lyzimetrech. Je možné, že v letech, kdy v okolí lyzimetrů dochází k intenzivnímu zavlažování, bude situace odlišná.

U lyzimetrů L6 a L9 se poměrně zřetelně projevuje průběh jarního tání (únor až duben), tedy snižování konduktivity a obsahu rozpuštěných iontů (kromě iontů Ca^{2+} a Mg^{2+} v L6) vlivem ředění vodou z roztátého sněhu. Snižování koncentrací některých iontů (NO_3^- , K^+ , Mg^{2+}) v období vegetační aktivity může být zapříčeno také jejich spotřebou rostlinami. U lyzimetru L8 se výrazně projevuje jeho umístění pod hnojištěm a dotace jeho vody řadou látek z hnojiště. Z toho plyne i často opačný trend změn koncentrací iontů než v ostatních lyzimetrech.

Ze vzájemného porovnání konduktivity, koncentrací rozpuštěných iontů a výšky vodního sloupce (v mm) (vytvořil jsem grafy a vypočetl hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu) vyplynulo, že mezi těmito veličinami neexistuje vzájemný vztah.

6.5. Infiltrační zkoušky

Celkem jsem provedl osm infiltračních zkoušek s cílem zjistit a porovnat propustnost půdního prostředí na poli v okolí instalovaných lyzimetrů (zkoušky P) a na travním krytu vodárenského pásu (zkoušky T). Parametry a spočtené hodnoty vertikální hydraulické vodivosti jednotlivých infiltračních zkoušek jsou uvedeny v tab. 6.8. Místa, kde byly infiltrační zkoušky provedeny, jsou na obr. 6.18.

Tab. 6.8. – Parametry a hodnoty vertikální hydraulické vodivosti infiltračních zkoušek

Zkouška číslo	Datum	N	E	Hloubka (m)	Popis prostředí	Doba trvání (min)	Suma injektovaného množství (mm)	k_v (*) (m/s)	k_v (*) (mm/h)
P1A	11.9.2009	50°13'48,065''	14°45'23,944''	0,05	* 1	69	371	$4,3*10^{-5}$	155
P1B	11.9.2009	50°13'48,122''	14°45'23,906''	0,25	* 2	89	93	$1*10^{-5}$	37
P2	11.9.2009	50°10'41,050''	14°45'25,266''	0,2	* 3	68	108	$2,4*10^{-5}$	86
T1	28.10.2009	50°13'44,164''	14°45'24,254''	0,05	travní kryt	86	1035	$1,85*10^{-4}$	667
T2	30.10.2009	50°13'40,758''	14°45'25,028''	0,05	travní kryt	63	223	$6,5*10^{-5}$	223
P3	30.10.2009	50°13'43,849''	14°45'24,659''	0,2	* 4	70	17	$< 6,57*10^{-6}$	< 24
P4A	29.11.2009	50°13'48,019''	14°45'28,928''	0,05	* 5	120	cca 16	$< 2,21*10^{-6}$	< 8
P4B	29.11.2009	50°13'47,857''	14°45'29,106''	0,2	* 6	120	cca 7	$< 10^{-6}$	< 4

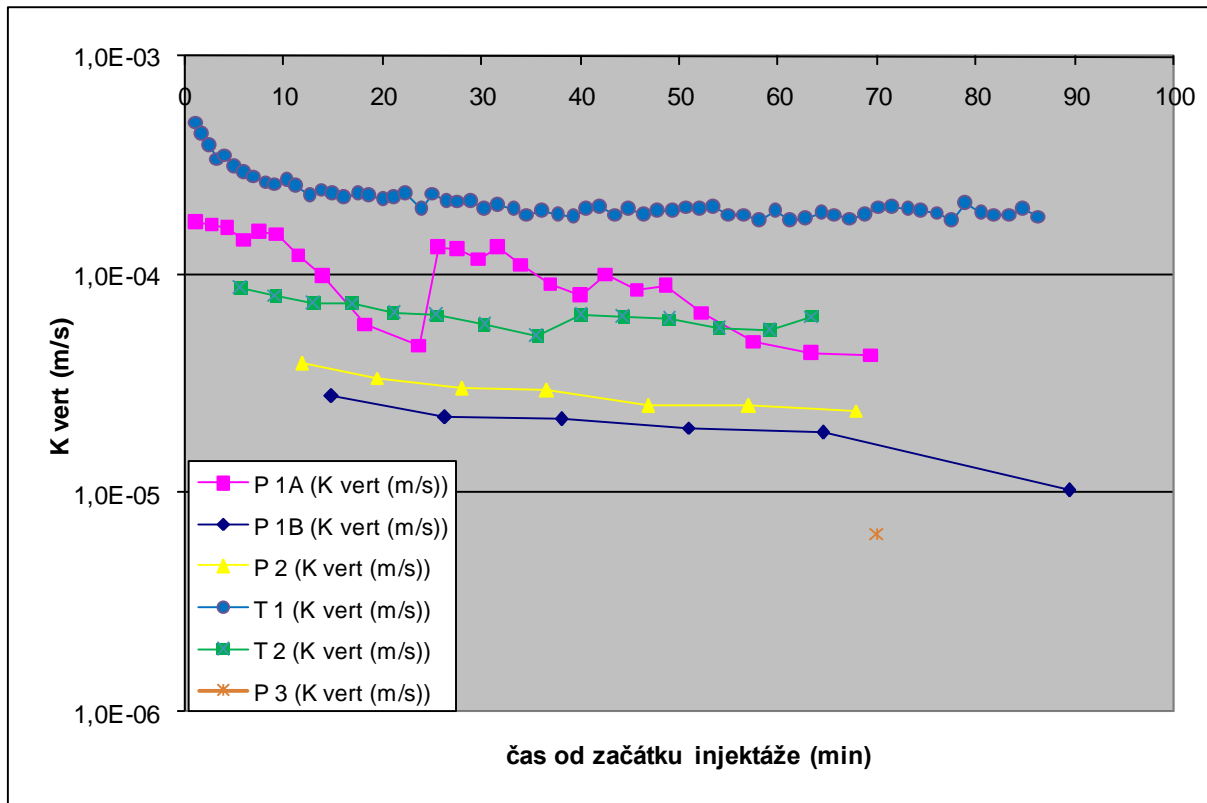
Vysvětlivky: * 1 - mělká zóna jílovité zeminy s cca méně než 2% hrubšího písku bez větších valounů, * 2 - jílovitá zemina s cca méně než 2% hrubšího písku bez větších valounů, * 3 - jílovitá zemina, při povrchu s cca 50%, hlouběji první desítky % křemenných klastů o průměru prvních cm, * 4 - jílovitá zemina s příměsí písku a klasty do 1 cm, * 5 - mělká zóna jílovité zeminy s hojným obsahem křemenných klastů do několika cm, * 6 - jílovitá zemina s hojným obsahem křemenných klastů do několika cm, (*) - vypočteno z poslední hodnoty



Obr. 6.18. – Pozice provedených infiltračních zkoušek s naměřenými hodnotami k_v a objekty hornosojovického řadu

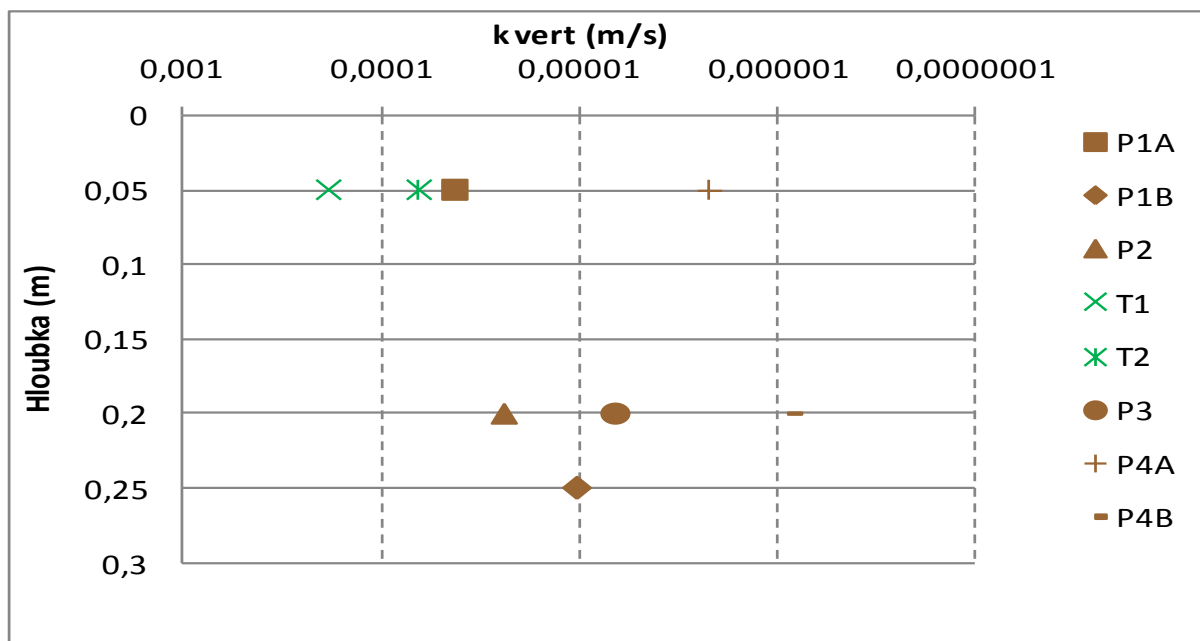
Obr. 6.19. ukazuje průběh infiltračních zkoušek v čase. Nejsou zde zobrazeny zkoušky P4A a P4B, protože během doby trvání těchto zkoušek se infiltrovalo menší množství vody, než obsah nádoby o definovaném objemu (v tomto případě 535 ml, což odpovídá 17 mm vodního sloupce ve válci). Z průběhu infiltrací na obr. 6.19. je

vidět, že v případě zkoušek T2, P2, P1B nedošlo k ustálení infiltrace a skutečné hodnoty k_v budou zřejmě nižší. Pro zkoušky P3, P4A a P4B mohou být skutečné hodnoty k_v i výrazně nižší.



Obr. 6.19. – Průběh jednotlivých infiltračních zkoušek

Hodnoty k_v na povrchu půdy jsou asi o 1 řád vyšší, než v hloubce 20 cm (obr. 6.20.). Na travním krytu vodárenského pásu se hodnoty k_v pohybují v rozmezí $6,5 \cdot 10^{-5}$ - $1,85 \cdot 10^{-4}$ m/s. Prostředí na povrchu travního krytu se jeví jako propustnější oproti poli. Hlavní vliv na propustnost v tomto prostředí má zřejmě rozrušení povrchu půdy kořeny trav. V poli jsou hodnoty k_v v rozmezí 10^{-6} - $4,6 \cdot 10^{-5}$ m/s (obr. 6.20.). Nejnižší propustnost jak na povrchu půdy, tak v hloubce prvních decimetrů vykazaly infiltrační zkoušky pod hnojištěm (obr. 6.20.), zhruba o 1 až 2 řády nižší hodnoty, než na ostatních lokalitách.



Obr. 6.20. – Změna vertikální hydraulické vodivosti s hloubkou (hnědě – infiltrační zkoušky v poli, zeleně - infiltrační zkoušky na travním krytu)

Vodu, která zbyla po infiltračních zkouškách P1A, P1B a P2, jsem rozlil v oblasti mezi lyzimetry L3 a L4, nejprve na travní kryt a poté na kraji pole do mezery mezi řádky brambor. Účelem bylo lépe charakterizovat propustnost prostředí na povrchu ve větším měřítku. Na travním krytu voda infiltrovala rovnoměrně a relativně rychle. Na kraji pole tekla voda po dešti vytvořené krustě na povrchu na vzdálenost mnoha metrů a využívala drobných trhlin jako preferenčních cest ke své infiltraci (obr. 6.21.). Množství mizející v trhlínách bylo cca 0,1 l/s (obr. 6.22.) a tudíž řádově větší než jaké plyne z hodnot získaných infiltračními zkouškami. Prostředí na travním krytu se tedy charakterem propustnosti značně liší od mechanizací a deštěm utěsněného povrchu na kraji pole. Z vertikálních hodnot k je zřejmé, že do travního krytu se bude voda stačit infiltrovat i za nejintenzivnějších srážek. Naopak v některých částech pole (zkouška P4A) dojde při intenzivnější dešti k zahlcení infiltrační kapacity a tvorbě povrchového odtoku. Ten jsem pozoroval běžně při zavlažování pole. Voda stékající po povrchu pak bude soustředěně mizet ve velkém množství v desikačních trhlínách.

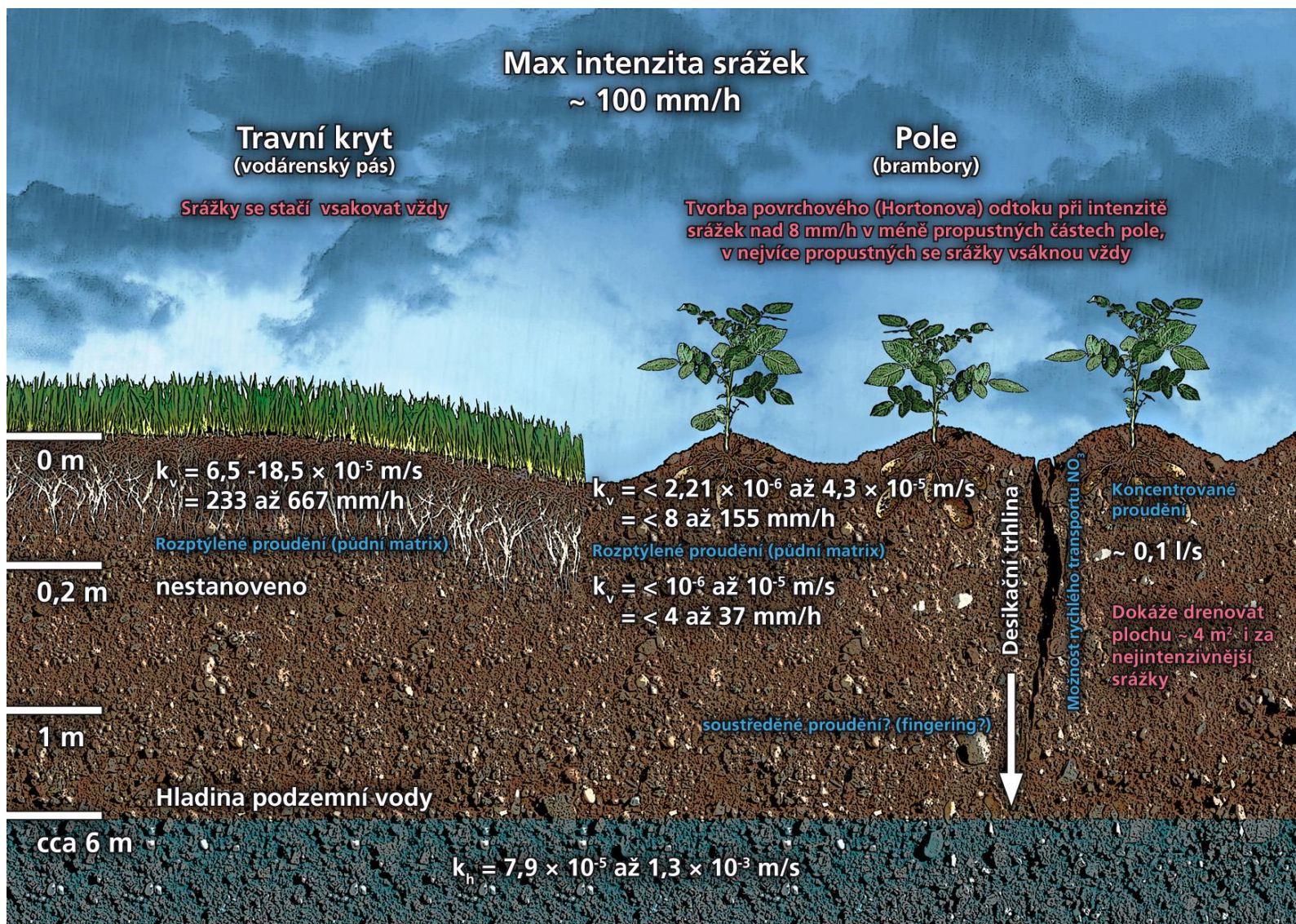
Z výše uvedeného bylo možné sestavit obr. 6.23.



Obr. 6.21. – Povrchový odtok



Obr. 6.22. – Desikační trhlina



Obr. 6.23. – Rozdíly mezi prostředím pod travním krytem a pod zemědělsky obhospodařovanou půdou

7. Interpretace dat a diskuze výsledků v saturované zóně

Cílem této kapitoly je pomocí chemických stopovačů zjistit podíl jednotlivých zdrojů vod v sojovickém a skorkovském násoskovém řadu. V následujících podkapitolách jsem se proto pokusil vybrat vhodné konzervativní chemické stopovače, porovnat chemické složení jednotlivých zdrojů vody a za pomoci modelu míšení stanovit jejich podíly v jímácích objektech.

7.1. Vzájemný vztah mezi koncentracemi iontů v jímácích studnách

Pro zjištění, které ionty jsou vhodné pro použití v modelu míšení, jsem zpracoval chemické analýzy v 141 studnách sojovického řadu (studny č. 86 až 219) a v 73 studnách skorkovského řadu (studny č. 227 až 299) v období let 2005 - 2008. Zajímal mě vzájemný vztah mezi koncentracemi jednotlivých iontů v jímácích vrtech. Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu jsem určil míru korelace mezi koncentracemi měřených prvků v každém roce. Pro ionty, kde korelace dosahovala více než 0,8 jsem hodnoty zvýraznil.

7.1.1. Sojovický řad

V případě sojovického řadu jsem nepoužil data ze studny č. 159, protože měla extrémní koncentrace Na^+ (až přes 2000 mg/l) a pravděpodobně tedy i Cl^- (nestanoveno, zřejmě pro extrémně vysokou koncentraci).

V roce 2005 jsem zjistil nejvýraznější korelaci mezi ionty Ca^{2+} a SO_4^{2-} . Poměrně velká je i korelace mezi dvojicí Ca^{2+} , HCO_3^- (tab. 7.1.).

Tab. 7.1. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu v sojovickém řadu v roce 2005 (zvýrazněny hodnoty >0,8 tučně); (*) - opraveno, ze zpracování jsem vyloučil odlehlé hodnoty ze studní 174 a 189

	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}
Ca^{2+}	0,39	0,66	0,88	0,79	0,38	0,26	0,03
Mg^{2+}	0,26	0,18	-0,02	0,20	0,29	0,27	
Na^+	(*) 0,54	0,13	0,09	0,41	0,47		
K^+	0,52	0,37	0,23	0,47			
HCO_3^-	0,47	0,33	0,60				
SO_4^{2-}	0,35	0,51					
NO_3^-	0,31						

V roce 2006 opět nejvýrazněji koreluje Ca^{2+} a SO_4^{2-} . Zřetelnější je i korelace mezi dvojicemi iontů Ca^{2+} , NO_3^- a Ca^{2+} , HCO_3^- . Ve srovnání s rokem 2005 více koreluje i dvojice Na^+ , Cl^- (tab. 7.2.).

Tab. 7.2. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu v sojovickém řadu v roce 2006 (zvýrazněny hodnoty >0,9 tučně podtržené, >0,8 tučně); (*) – opraveno, ze zpracování jsem vyloučil odlehlou hodnotu ze studny 131

	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}
Ca^{2+}	0,69	0,78	<u>0,93</u>	0,78	0,32	0,26	0,69
Mg^{2+}	0,41	0,53	0,65	0,57	0,40	0,12	
Na^+	(*) 0,72	0,07	0,31	0,30	0,29		
K^+	0,30	0,23	0,26	0,44			
HCO_3^-	0,53	0,32	0,63				
SO_4^{2-}	0,65	0,69					
NO_3^-	0,55						

V roce 2007 je opět nejvyšší korelace mezi dvojicí Ca^{2+} , SO_4^{2-} . Oproti roku 2006 je ještě vyšší vzájemná korelace mezi dvojicemi Ca^{2+} , NO_3^- a také SO_4^{2-} a NO_3^- . Naopak dvojice Ca^{2+} , HCO_3^- a Na^+ , Cl^- spolu korelují poměrně málo (tab. 7.3.).

Tab. 7.3. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu v sojovickém řadu v roce 2007 (zvýrazněny hodnoty >0,8 tučně); (*) – opraveno, ze zpracování jsem vyloučil odlehlou hodnotu ze studny 149

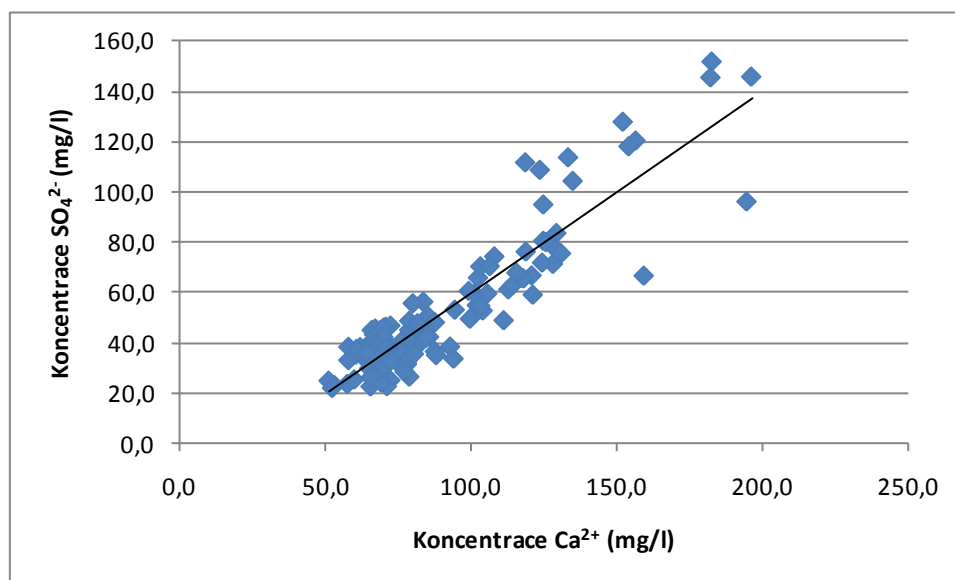
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}
Ca^{2+}	0,65	0,86	0,90	0,68	0,40	0,27	0,41
Mg^{2+}	0,36	0,50	0,36	0,17	0,19	0,26	
Na^+	(*) 0,51	0,24	0,14	0,46	0,44		
K^+	0,41	0,47	0,30	0,42			
HCO_3^-	0,48	0,47	0,45				
SO_4^{2-}	0,55	0,78					
NO_3^-	0,62						

V roce 2008 se vysoká korelace mezi ionty dvojice Ca^{2+} a SO_4^{2-} nemění. Korelace mezi dvojicemi Ca^{2+} , NO_3^- a SO_4^{2-} , NO_3^- je rovněž vysoká. Za zmínku také stojí vyšší korelace mezi Na^+ a Cl^- , podobná jako v roce 2006 (tab. 7.4.).

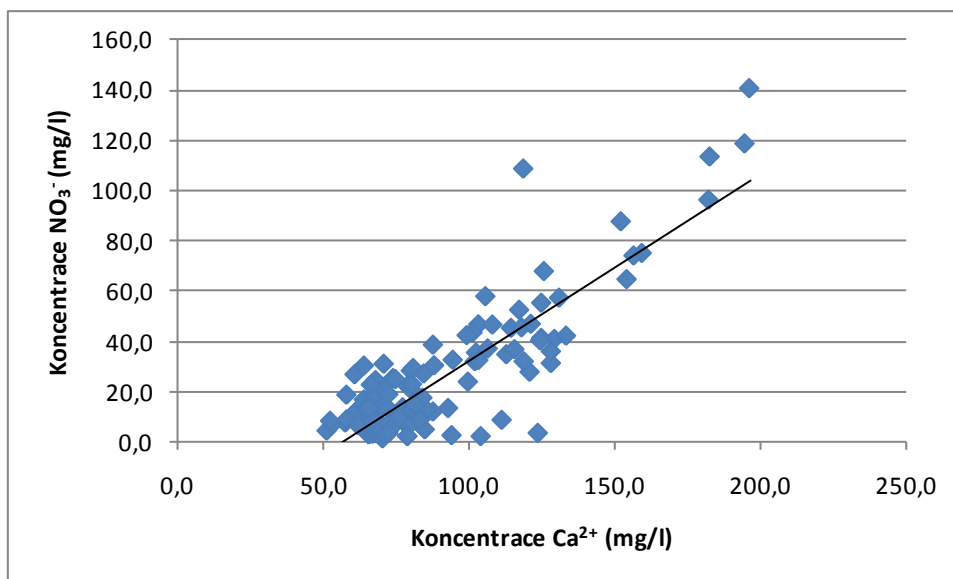
Tab. 7.4. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu v sojovickém řadu v roce 2008 (zvýrazněny hodnoty >0,8 tučně); (*) - opraveno, ze zpracování jsem vyloučil odlehlé hodnoty ze studní 174 a 178

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺
Ca ²⁺	0,65	0,86	0,91	0,70	0,50	0,15	0,43
Mg ²⁺	0,40	0,50	0,46	0,36	0,16	0,11	
Na ⁺	(*) 0,73	0,05	0,08	0,55	0,17		
K ⁺	0,37	0,54	0,45	0,45			
HCO ₃ ⁻	(*) 0,66	0,48	0,55				
SO ₄ ²⁻	0,58	0,83					
NO ₃ ⁻	0,59						

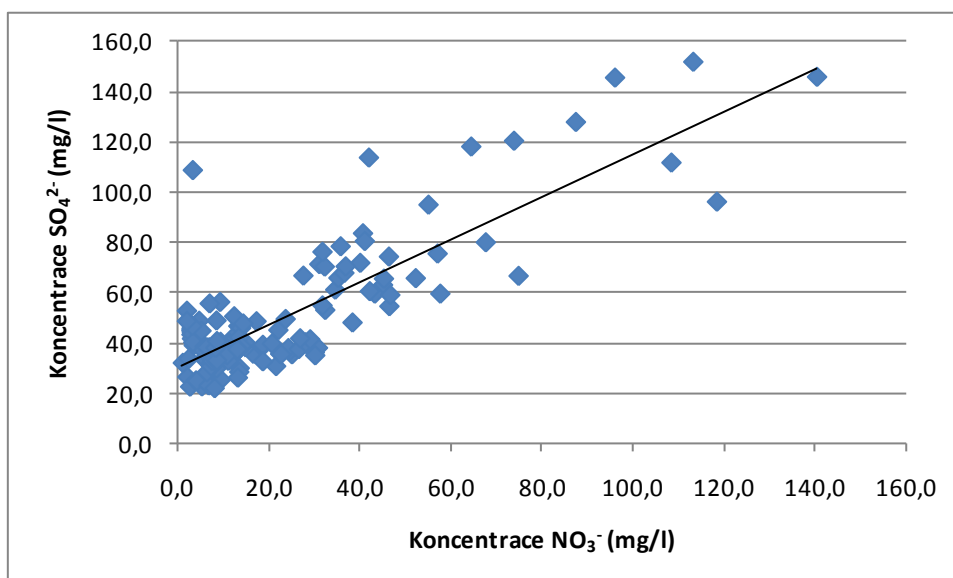
Do grafů jsem pro rok 2008 vykreslil vzájemné vztahy mezi ionty Ca²⁺, SO₄²⁻ (obr. 7.1.), Ca²⁺, NO₃⁻ (obr. 7.2.) a NO₃⁻, SO₄²⁻ (obr. 7.3).



Obr. 7.1. - Vzájemný vztah mezi vápníkem a sírany v sojovickém řadu v roce 2008



Obr. 7.2. - Vzájemný vztah mezi vápníkem a dusičnany v sojovickém řadu v roce 2008



Obr. 7.3. – Vzájemný vztah mezi dusičnany a sírany v sojovickém řadu v roce 2008

Z dat je tedy poměrně zřetelná závislost mezi koncentracemi dvojic iontů Ca^{2+} , SO_4^{2-} a v letech 2006 – 2008 i Ca^{2+} , NO_3^- . Také SO_4^{2-} a NO_3^- spolu korelují (zejména v letech 2007 – 2008), což uzavírá vzájemnou závislost všech tří iontů. Ca^{2+} mezi kationty výrazně převažuje, tvoří 43 - 94 eq%. Jeho korelace s oběma anionty je zřejmě způsobena tím, že Ca^{2+} zde působí jako nejvýznamnější kationt, který vyvažuje elektroneutralitu v páru se SO_4^{2-} a NO_3^- . Je zajímavé, že korelace mezi kalcium a hydrogencarbonáty je nižší než se sírany a dusičnany. Korelace chloridů se sodíkem naznačuje jejich společný původ zřejmě ze solení silnic a úniky ze septiků a hnoje.

7.1.2. Skorkovský řad

V roce 2005 vykazuje nejvyšší míru korelace iont Ca^{2+} s SO_4^{2-} a také s Cl^- . I ionty SO_4^{2-} a Cl^- spolu vzájemně korelují, byť v menší míře (tab. 7.5)..

Tab. 7.5. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ve skorkovském řadu v roce 2005 (zvýrazněny hodnoty $>0,8$ tučně)

	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}
Ca^{2+}	0,86	0,72	0,86	0,63	-0,04	0,42	-0,22
Mg^{2+}	-0,21	-0,17	-0,16	0,05	0,22	-0,11	
Na^+	0,59	0,30	0,42	0,29	0,33		
K^+	-0,01	-0,12	0,08	0,29			
HCO_3^-	0,59	0,19	0,61				
SO_4^{2-}	0,74	0,74					
NO_3^-	0,47						

V roce 2006 je nejvyšší míra korelace mezi ionty Ca^{2+} a SO_4^{2-} . Výrazná je také korelace Ca^{2+} s Cl^- a HCO_3^- . Opět vzájemně korelují i ionty SO_4^{2-} a Cl^- (tab. 7.6.).

Tab. 7.6. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ve skorkovském řadu v roce 2006 (zvýrazněny hodnoty $>0,9$ tučně podtržené, $>0,8$ tučně)

	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}
Ca^{2+}	0,82	0,51	<u>0,95</u>	0,80	0,02	0,27	0,35
Mg^{2+}	0,33	0,19	0,48	0,31	0,31	0,23	
Na^+	0,57	0,22	0,32	0,17	0,31		
K^+	0,11	-0,05	0,09	0,12			
HCO_3^-	0,66	-0,04	0,70				
SO_4^{2-}	0,75	0,51					
NO_3^-	0,33						

V roce 2007 vzájemně nejvíce korelují ionty Ca^{2+} a SO_4^{2-} . Menší, ale stále výrazná, je korelace mezi Ca^{2+} s Cl^- (tab. 7.7.).

Tab. 7.7. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ve skorkovském řadu v roce 2008 (zvýrazněny hodnoty >0,8 tučně)

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺
Ca ²⁺	0,80	0,56	0,88	0,69	-0,02	0,25	-0,10
Mg ²⁺	-0,03	-0,01	-0,02	0,04	-0,04	-0,05	
Na ⁺	0,38	0,09	0,22	0,19	0,60		
K ⁺	0,05	-0,20	-0,12	0,16			
HCO ₃ ⁻	0,72	-0,05	0,49				
SO ₄ ²⁻	0,58	0,64					
NO ₃ ⁻	0,24						

V roce 2008 má opět nejvyšší vzájemnou korelaci dvojice iontů Ca²⁺ a SO₄²⁻. Poměrně vysoká je na rozdíl od uplynulých let korelace mezi ionty Cl⁻ a HCO₃⁻ (tab. 7.8.).

Tab. 7.8. - hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ve skorkovském řadu v roce 2008 (zvýrazněny hodnoty >0,8 tučně)

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺
Ca ²⁺	0,72	0,54	0,82	0,63	-0,11	0,10	0,08
Mg ²⁺	0,39	0,13	0,21	0,17	0,01	0,10	
Na ⁺	0,15	0,10	0,13	-0,07	0,60		
K ⁺	-0,03	-0,17	-0,10	0,03			
HCO ₃ ⁻	0,79	-0,16	0,58				
SO ₄ ²⁻	0,61	0,45					
NO ₃ ⁻	0,13						

Ve skorkovském řadu je tedy zřetelná závislost mezi dvojicemi iontů Ca²⁺, SO₄²⁻ (totožně jako v sojovickém) a Ca²⁺, Cl⁻. Korelace iontů SO₄²⁻ a Cl⁻ v letech 2005 – 2006 je nejspíše důsledkem korelace mezi výše uvedenými dvojicemi iontů. Ve skorkovském řadu tedy vápník, podobně jako v sojovickém, působí jako nejvýznamnější kationt (tvoří 58 – 94 eq%). S Ca²⁺ koreluje v různé míře i HCO₃⁻ a proto tedy existuje korelace mezi dvojicí Cl⁻ a HCO₃⁻. Je s podivem, že na rozdíl od sojovického řadu koreluje ve skorkovském Ca²⁺ více s Cl⁻ než s NO₃⁻ a to i přesto, že jsou rozsahy eq% u Cl⁻ a NO₃⁻ v obou jímacích řadech prakticky totožné.

7.2. Výběr objektů

Voda čerpaná v násoskových řadech může obecně pocházet ze tří různých zdrojů: 1) z řeky Jizery ať už z břehové infiltrace, infiltrace za povodní nebo umělé infiltrace z infiltračních van, 2) z křídového kolektoru z jizerského souvrství, 3) z infiltrace dešťových srážek do kvartérních náplavů. Kromě dat z ČHMÚ jsem pro posouzení chemizmu jednotlivých zdrojů vody získal data z databáze hydrofondu (Geofond ČR), které jsou v příloze 3. Na základě předběžného studia chemizmu a diskuze se školitelem J. Bruthansem jsem vymezil 8 skupin:

- 1) řeka Jizera z databáze ČHMÚ (označeno Jiz) (kap. 7.3.)
- 2) prameny v jizerském souvrství z databáze ČHMÚ (označeno Cpram) (kap. 7.3.)
- 3) jizerské souvrství z databáze ČHMÚ (označeno C_{ČHMÚ}) (kap. 7.3.)
- 4) jizerské souvrství z databáze hydrofondu (označeno C) (kap. 7.4.3.)
- 5) kvartérní sedimenty z databáze ČHMÚ (označeno Q_{ČHMÚ}) (kap. 7.3.)
- 6) kvartérní - fluviální nezalesněné sedimenty z databáze hydrofondu (označeno Qf_pole) (kap. 7.4.2.)
- 7) kvartérní – fluviální zalesněné sedimenty z databáze hydrofondu (označeno Qf_les) (kap. 7.4.1.)
- 8) kvartér lyzimetrie (označeno Q_lyz) (kap. 6.4.)

Členění dat podle zdroje (ČHMÚ nebo hydrofond) jsem provedl z důvodů odlišného časového rozsahu jednotlivých datových řad. Zatímco data z hydrofondu obsahují chemické analýzy od 50. let minulého století do současnosti, údaje z ČHMÚ obsahují jen data z minulého desetiletí (použil jsem data z let 2005 – 2008, výjimku tvoří skupina Cpram) a nejedná se o výrazně kontaminované objekty.

7.3. Popis dat z ČHMÚ

Seznam objektů z databáze ČHMÚ je v tab. 7.9., jejich pozice na mapě je vynesena na obr. 7.4. (kap. 7.4.).

Tab. 7.9. – Objekty z databáze ČHMÚ; datum odběru označuje časový rozsah použitých chemických analýz z jednotlivých objektů

Skupina	Objekt	Lokalita	Typ objektu	Datum odběru	
				od	do
Jiz	CHMI_1036	Bakov	povrchový tok	30.1.2005	8.12.2008
Jiz	CHMI_4003	Předměřice n. J.	povrchový tok	30.1.2005	8.12.2008
Cpram	PP0232	Čečelice	pramen	12.5.2005	17.9.2008
Cpram	PP0234	Kropáčova Vrutice	pramen	14.8.1974	6.8.1975
Cpram	PP0235	Střížovice	pramen	14.8.1974	6.8.1975
Cpram	PP0236	Střížovice	pramen	7.11.1968	6.8.1975
Cpram	PP0238	Košátky	pramen	7.11.1968	7.11.1968
Cpram	PP0239	Košátky	pramen	14.8.1974	14.8.1974
Q _{ČHMÚ}	VP0672	Otradovice	vrt	3.5.2005	8.9.2008
Q _{ČHMÚ}	VP0714	Stará Boleslav	vrt	19.5.2005	8.9.2008
Q _{ČHMÚ}	VP0715	Stará Boleslav	vrt	19.5.2005	8.9.2008
C _{ČHMÚ}	VP7520	Benátky n. J.	vrt	4.5.2005	9.11.2006
C _{ČHMÚ}	VP0627	Brodce	vrt	11.5.2005	17.9.2008

Průměrné koncentrace síranů v řece Jizeře jsou 31 mg/l, dusičnanů 11 mg/l a vápníku 41 mg/l (tab. 7.10.). Profil v Bakově n. J. není vyneseno na obr. 7.4. a nachází se cca 27 km proti proudu Jizery od Sojovic.

Tab. 7.10. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodě řeky Jizery

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	41	39	12
Mg ²⁺	4,4	4,3	1,0
Na ⁺	11	10	3,7
K ⁺	2,4	2,4	0,59
HCO ₃ ⁻	96	93	30
SO ₄ ²⁻	31	30	8,9
NO ₃ ⁻	11	10	2,7
Cl ⁻	17	15	7,3
Si	4,3	4,6	0,69

Voda pramenů v jizerském souvrství Cpram má průměrné koncentrace síranů 102 mg/l, dusičnanů 19 mg/l a vápníku 143 mg/l (tab. 7.11.). Skupina Cpram není vynesena na obr. 7.4. Pramen PP0232 se nachází cca 11 km SZ od Sojovic a jako jediný se z mnou vybraných vzorkuje až do současnosti. Prameny PP0234 (cca 12 km S od Sojovic), PP0235 (cca 12 km SSZ od Sojovic), PP0236 (cca 12 km SSZ od

Sojovic), PP0238 (cca 12 km SZ od Sojovic) a PP0239 (cca 12 km SZ od Sojovic) byly vzorkovány pouze jednou, případně dvakrát v 60. a 70. letech.

Tab. 7.11. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodách skupiny Cpram

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	143	141	26
Mg ²⁺	16	15	2,9
Na ⁺	7,8	6,8	2,5
K ⁺	4,5	4,0	1,3
HCO ₃ ⁻	340	342	16
SO ₄ ²⁻	102	123	34
NO ₃ ⁻	19	21	5,8
Cl ⁻	27	30	6,3
Si	2,7	2,2	1,9

Voda ve vrtech v kvartérních sedimentech Q_{ČHMÚ} má průměrné koncentrace síranů 98 mg/l, dusičnanů 31 mg/l a vápníku 81 mg/l (tab. 7.12.). Koncentrace dusičnanů se v jednotlivých objektech značně lišily. Objekt v Otradovicích se nachází přímo v obci a má koncentrace dusičnanů okolo 74 mg/l, zbývající dva objekty se nacházejí na zalesněném území a mají koncentrace dusičnanů okolo 8 mg/l.

Tab. 7.12. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodách skupiny Q_{ČHMÚ}

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	81	75	18
Mg ²⁺	4,8	4,0	1,4
Na ⁺	12	12	0,9
K ⁺	2,7	1,1	2,1
HCO ₃ ⁻	140	130	22
SO ₄ ²⁻	98	96	6,2
NO ₃ ⁻	31	7,9	33
Cl ⁻	11	8,1	4,7
Si	8,0	7,9	1,5

Voda objektů v turonských sedimentech C_{ČHMÚ} má průměrné koncentrace síranů 148 mg/l, dusičnanů 27 mg/l a vápníku 173 mg/l (tab. 7.13.). Vrt v Brodcích není vyneseno na obr. 7.4. a nachází se cca 16 km proti proudu Jizery od Sojovic. Podobně jako v objektech Q_{ČHMÚ} se i dva vybrané objekty C_{ČHMÚ}, vzájemně výrazně lišily

koncentracemi dusičnanů. Voda v objektu v Benátkách n. J. měla koncentrace 0,02 mg/l, zatímco v Brodcích byly koncentrace okolo 37 mg/l.

Tab. 7.13. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodách skupiny C_{CHMÚ}

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	173	170	6,5
Mg ²⁺	17	17	1,0
Na ⁺	13	14	4,3
K ⁺	4,3	3,9	1,8
HCO ₃ ⁻	324	320	21
SO ₄ ²⁻	148	150	11
NO ₃ ⁻	27	36	16
Cl ⁻	50	51	10
Si	4,8	4,5	1,4

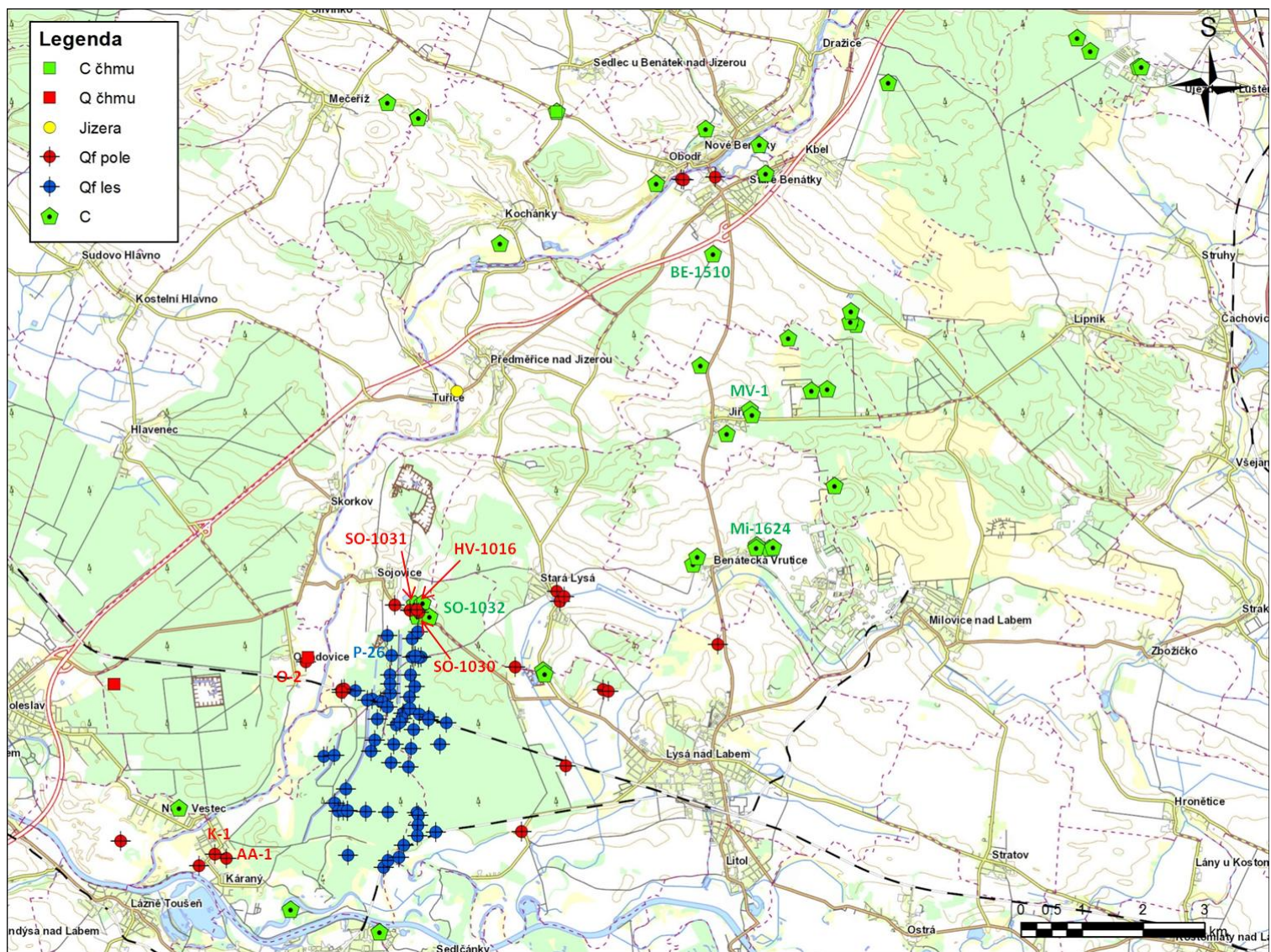
7.4. Popis dat z hydrofondu

Data z hydrofondu obsahovala fyzikální a chemické charakteristiky ve vrtech na dolním toku Jizery z období let 1955 – 2008. Jednalo se o vrty v oblasti ohraničené zhruba obcemi Benátky nad Jizerou na severu, Hlavenec na západě, Milovice na východě a na jihu řekou Labe (obr. 7.4.). Jejich seznam je uveden v příloze 2.

Data jsem si vykreslil v GIS (použil jsem ArcGIS 9.1) pro zjištění jejich prostorového rozložení. Vrty jsem roztřídil podle kolektoru na jizerské souvrství C a na kvartérní – fluviální Qf.

Vrty v sedimentech turonskeho stáří (obr. 7.4.) jsou jednak přímo v jizerském souvrství (vrty v oblasti cca 2 km na sever od Sojovic, kde kolektor C směrem k jihu vyznívá) jednak v bělohorském souvrství (vrty jižně od vyznění kolektoru C). Ze vzájemného srovnání chemizmu vod těchto vrtů plyne, že jejich chemické složení se v případě všech zkoumaných prvků překrývá a proto označuji obě skupiny jako jedinou, jizerské souvrství C.

Kvartérní - fluviální sedimenty Qf jsem dále rozdělil podle využití území na vrty situované v nezalesněném území Qf pole (tj. hlavně zemědělsky využívaných oblastech a obcích) a naopak lesních oblastech Qf les. Při vykreslování kvartérních vrtů v GIS jsem tedy označil množinu těch, které ležely v lesích a zbylé jsem zařadil

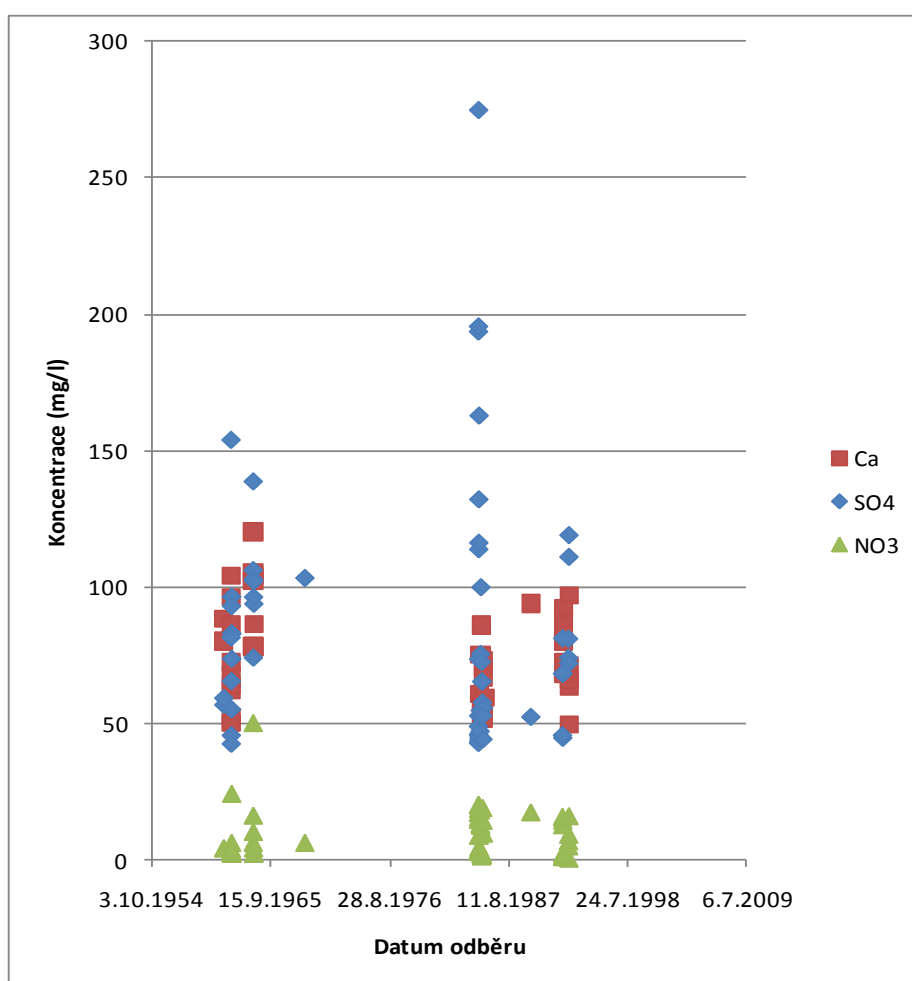


Obr. 7.4. – Pozice objektů z databáze ČHMÚ a hydrofundu. Podklad topomapa ČR 1:10 000.

do skupiny nezalesněného území (obr. 7.4.). Důvodem tohoto rozdělení bylo, že v zalesněných oblastech dochází k dotaci dusičnanů do prostředí hlavně díky depozici z atmosféry a rozkladem organické hmoty, zatímco v nezalesněných oblastech se značně projevuje vliv hnojení půdy. Mezi oběma prostředími existuje výrazný rozdíl v koncentracích dusičnanů.

7.4.1. Vody kvartérně – fluválních sedimentů zalesněného území

Z vykreslených dat (obr. 7.5.) je vidět, že chemické složení vod nejeví žádné časové ani prostorové trendy.



Obr. 7.5. – Koncentrace vápníku, síranů a dusičnanů ve vodách objektů Qf_les

Průměrné obsahy síranů jsou 84 mg/l, dusičnanů 8,4 mg/l a vápníku 76 mg/l (tab. 7.14.).

Tab. 7.14. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodách skupiny Qf_les

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	76	74	18
Mg ²⁺	7,8	5,6	6,0
Na ⁺	7,3	6,8	3,0
K ⁺	2,1	1,3	1,7
HCO ₃ ⁻	166	161	1,7
SO ₄ ²⁻	84	74	44
NO ₃ ⁻	8,4	4,4	8,4
Cl ⁻	17	17	8,4
Si	4,7	4,7	1,2

Nejvyšší hodnota dusičnanů 50 mg/l je z měření v roce 1964 ve vrtu P-26 (obr. 7.4.).

7.4.2. Vody kvartérně – fluvialních sedimentů nezalesněného území

Voda skupiny Qf_pole má značně proměnlivé hodnoty koncentrací iontů. Chemické složení velmi závisí na poloze. Průměrné obsahy síranů jsou 142 mg/l, dusičnanů 32 a vápníku 142 mg/l (tab. 7.15.).

Tab. 7.15. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodách skupiny Qf_pole

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	142	126	54
Mg ²⁺	14	15	6,5
Na ⁺	22	14	24,6
K ⁺	5,1	3,8	5,4
HCO ₃ ⁻	254	222	77
SO ₄ ²⁻	142	99	94
NO ₃ ⁻	32	15	37
Cl ⁻	38	27	29
Si	3,7	2,5	2,3

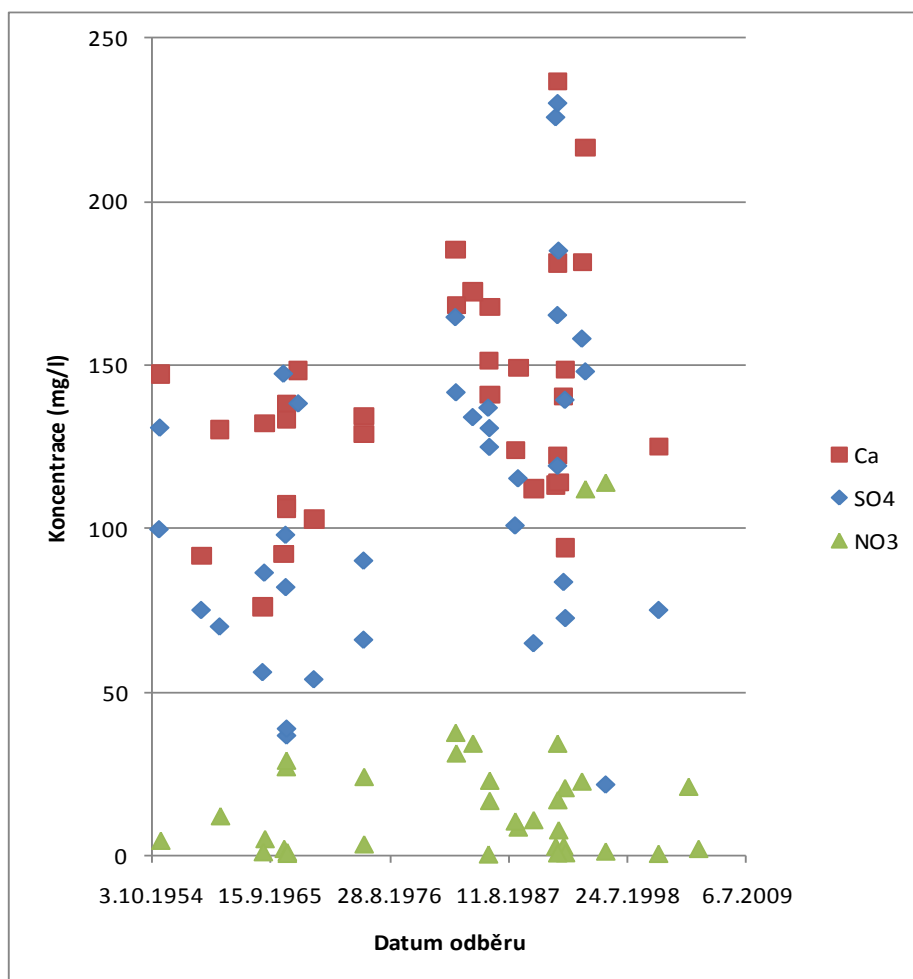
Největší kontaminace byly zjištěny JV od Sojovic v roce 1993 ve vrtech v tělese sojovické skládky (Švoma et al. 1994). Ve vrtu SO-1030 (obr. 7.4.) byla mineralizace vody 1761 mg/l a pH = 11,91. Voda měla vysoké koncentrace sodíku 388 mg/l, draslíku 412 mg/l a chloridů 269 mg/l. Obsah síranů byl 267 mg/l. Naopak nízké byly koncentrace vápníku 3,6 mg/l a hořčíku 0,24 mg/l. Voda v sousedním vrtu SO-1031

(obr. 7.4.) měla velmi vysokou mineralizaci přes 4537 mg/l, vysoké koncentrace síranů 1902 mg/l, vápníku 495 mg/l, hořčíku 124 mg/l, sodíku 634 mg/l, draslíku 188 mg/l a chloridů 722 mg/l. Voda měla také relativně velkou koncentraci hydrogenuhličitanů 459 mg/l. Ze všech objektů zde byla nejnižší koncentrace dusičnanů (1 mg/l).

Největší znečištění dusičnany vykázaly vrty AA-1 124 mg/l v roce 1995 a K-1 120 mg/l v roce 1966 v Káraném, vrt HV-1016 v Sojovicích (Švoma et al. 1994) 66 mg/l v roce 1992 a vrt O-2 v Otradovicích 60 mg/l v roce 1968 (obr. 7.4.).

7.4.3. Vody jizerského souvrství

Vývoj chemického složení vod jizerského souvrství v čase ukazuje obr. 7.6.. Z grafu je zřejmý nárůst maximálních hodnot koncentrací vápníku, síranů a dusičnanů v 80. a 90. letech minulého století.



Obr. 7.6. – Koncentrace vápníku, síranů a dusičnanů ve vodách objektů C

Průměrné obsahy síranů jsou 111 mg/l, dusičnanů 18 mg/l a vápníku 139 mg/l (tab. 7.16.).

Tab. 7.16. – Statisticky zhodnocené koncentrace kationtů a aniontů (v mg/l) ve vodách skupiny C

	aritmetický průměr	medián	směrodatná odchylka
Ca ²⁺	139	134	35
Mg ²⁺	18	19	11
Na ⁺	11	8,6	10
K ⁺	4,1	3,3	2,5
HCO ₃ ⁻	336	345	75
SO ₄ ²⁻	111	108	49
NO ₃ ⁻	18	10	26
Cl ⁻	31	28	20
Si	4,1	3,8	2,0

Nejvíce kontaminován byl v roce 1994 vrt SO-1032 v tělese sojovické skládky na JV od Sojovic (obr. 7.4.) (Švoma et al. 1994). Voda měla vysokou mineralizaci 1688 mg/l, pH = 11,98, vysoké koncentrace vápníku 321 mg/l, draslíku 273 mg/l a sodíku 176 mg/l. Nízké byly koncentrace dusičnanů 1,7 mg/l a hořčíku 21 mg/l.

Největší znečištění dusičnany bylo zjištěno ve vrtu BE-1510 blízko čerpací stanice v Benátkách n. J (obr. 7.4.) v roce 1962. Jejich koncentrace ve vodě dosahovala 270 mg/l. Voda měla rovněž vysoké koncentrace sodíku 162 mg/l a chloridů 348 mg/l. Vrt byl zřejmě kontaminován hnojivy a případně i solí ze solení silnic. Další vrty s vyššími koncentracemi dusičnanů ve vodě jsou Mi-1624 112 mg/l v roce 1994 a MV-1 114 mg/l v roce 1996 (obr. 7.4.).

7.5. Srovnání chemického složení vymezených skupin vody a vod sojovického řadu

Účelem této kapitoly je srovnat chemické složení vymezených skupin vod (kap. 7.2.), porovnat je s chemizmem jímacích objektů sojovického a skorkovského řadu a zjistit zda se dají vzájemně odlišit zdroje vody těchto jímacích řadů. Pro porovnání a posouzení chemizmu jsem si hodnoty koncentrací vynesl do grafu. Koncentrace jednotlivých iontů jsem vynesl na y osu. Na osu x jsem vynášel vždy koncentraci chloridů, aby pozice jednotlivých vzorků na horizontální ose byla vždy stejná. Proto

objekty, kde ve výjimečných případech nebyly stanoveny chloridy, v grafech jednotlivých iontů vyneseny nejsou.

Vrty s anomálním chemismem, tj. vrty SO-1030, SO-1031 ve skupině Qf_pole a vrty SO-1032, BE-1510 ve skupině C, jsem nepoužil. Kvůli vysokým koncentracím chloridů není ze sojovického řadu vynesena studna č. 159 a měření ze studny č. 189 v roce 2005. V případě dvou vzorků vody z lyzimetrů L3 a L4, u kterých byly provedeno stanovení chemizmu i v laboratoři ČGS, jsem vynesl ty hodnoty, jejichž analýza měla nižší správnost. Pro přehlednost nejsou v případě dusičnanů vynesena data z lyzimetru L2.

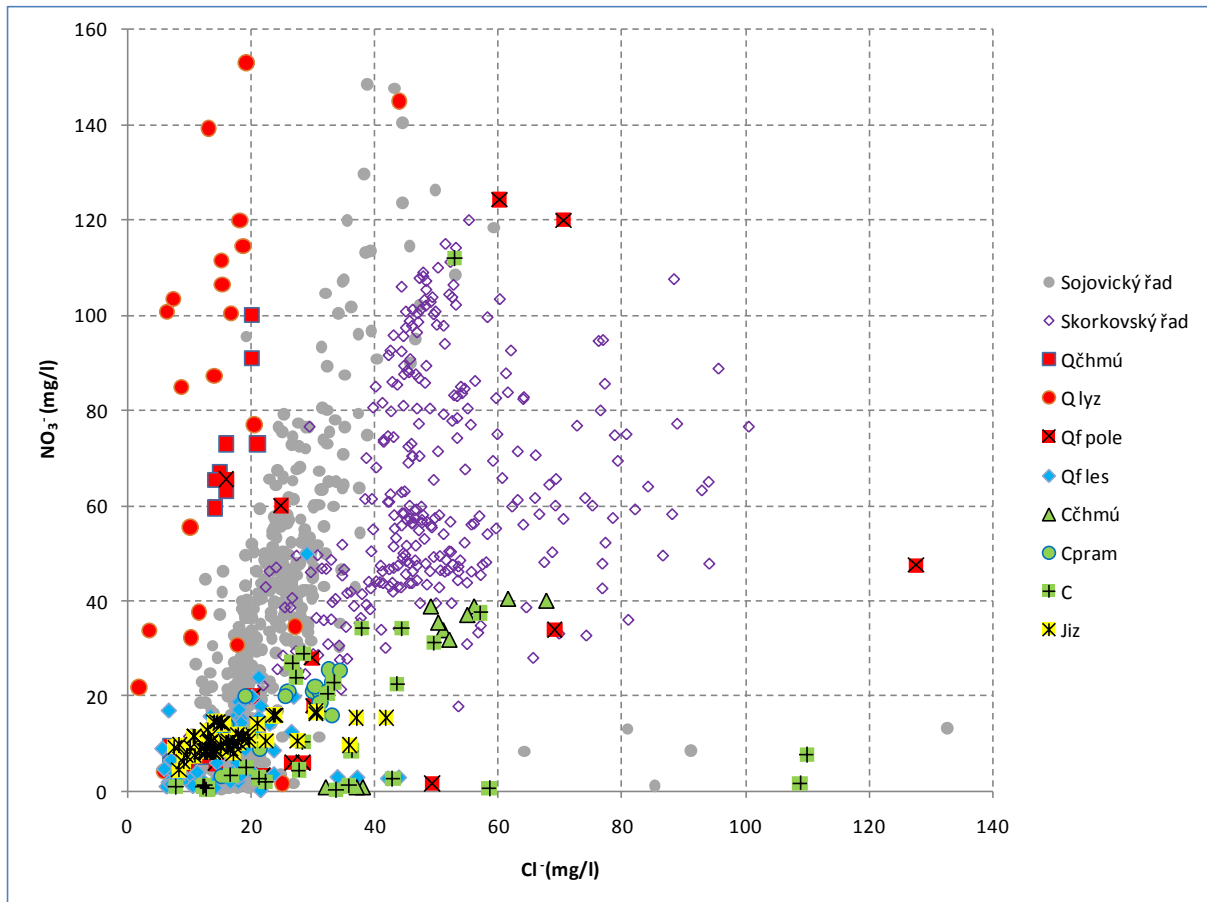
7.5.1. Dusičnany

Koncentrace dusičnanů ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.7. Ve vodě Jiz jsou koncentrace dusičnanů v rozmezí 4,4 – 17 mg/l. Ve vodách skupiny Qf_pole se koncentrace pohybují mezi 1,6 – 124 mg/l, v Qf_les 0,2 – 50 mg/l, Q_{ČHMÚ} 5,7 – 91 mg/l a Q_lyz mají koncentrace 1,6 – 696 mg/l. Vody skupiny C mají koncentrace mezi 0,3 – 112 mg/l, vody Cpram 3,2 – 26 mg/l a C_{ČHMÚ} 1 – 41 mg/l. Nejvíce se vzájemně překrývají objekty Jiz, C, Cpram, C_{ČHMÚ} a Qf_les. Koncentrace NO₃⁻ ve vodách těchto objektů jsou pod 41 mg/l. Výjimku tvoří vrty Mi-1624 a MV-1 (není zobrazen). Voda v objektech Qf_pole, Q_{ČHMÚ} a Q_lyz má v řadě případů (25) vyšší koncentrace než 41 mg/l. Částečně tedy lze odlišit kvartérní vody od jizerského souvrství a řeky Jizery.

Srovnání zdrojů vody a vymezených skupin s jímacími objekty podle obr. 7.7. ukazuje, že:

- rozsah koncentrací NO₃⁻ v sojovickém a skorkovském řadu je podobný rozsahům v kvartérních vodách, zejména u vod skupiny Q_lyz (kromě lyzimetru L2). To by mohlo naznačovat, že NO₃⁻ pochází z významné části z nenasycené zóny kvartérních sedimentů pod zemědělsky obhospodařovanými pozemky. To souhlasí i s výsledky Buzka et al. (2006). Jak lze očekávat, relativně nízké koncentrace dusičnanů vykazuje skupina Qf_les (pod 50 mg/l). Tyto objekty jsou z převážné části situovány v oblasti kolem vsakovacích van umělé infiltrace a jsou tak dotovány vodou z Jizery. V lesních pozemcích navíc chybí zdroj dusičnanů z hnojiv. Vyšší koncentrace

NO_3^- (nad cca 15 mg/l) ve vodách bude způsobena aplikací hnojiv (Bruthans 2011).



Obr. 7.7. – Koncentrace dusičnanů ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

- koncentrace NO_3^- ve vodách jizerského souvrství leží v okolí dolní meze koncentrací v sojovickém a skorkovském řadu. Koncentrace NO_3^- pod 40 mg/l (kromě dvou objektů) ve vodách jizerského souvrství naznačuje, že turonský kolektor není zdrojem nadlimitních koncentrací NO_3^- .
- koncentrace NO_3^- ve vodě řeky Jizery leží na dolní mezi (minimu) koncentrací sojovického a skorkovského řadu. Nízké koncentrace NO_3^- (pod 20 mg/l) ve vodě Jizery jsou dány tím, že většina vody přitéká z horské oblasti bez větší rozlohy zemědělsky využívaných území.
- žádný ze tří zdrojů vod neleží v grafu jen na horní mezi (maximu) koncentrací NO_3^- sojovického řadu.

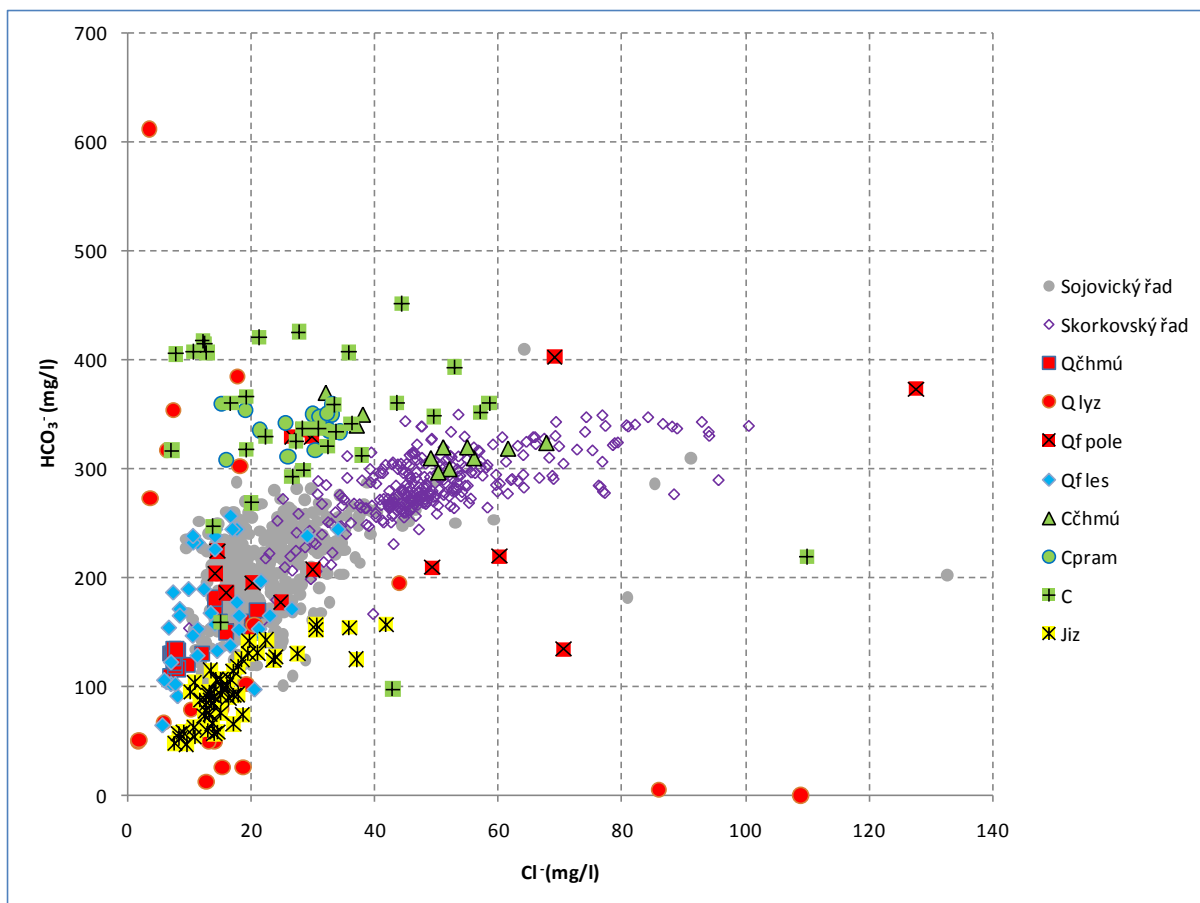
7.5.2. Hydrogenuhlíčitany

Koncentrace hydrogenuhlíčanů ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.8. Ve vodě v Jiz jsou koncentrace HCO_3^- 47 – 157 mg/l. Voda Qf_pole má koncentrace v rozmezí 134 - 403 mg/l, Qf_les 64 – 256 mg/l, Q_{ČHMÚ} 110 – 186 mg/l a Q_lyz 0 - 612 mg/l. U vod skupiny C se koncentrace pohybují mezi 98 – 452 mg/l, u vod Cpram 308 – 360 mg/l a u C_{ČHMÚ} mezi 297 – 350 mg/l. Koncentrace HCO_3^- ve vodě vrtů v jizerském souvrství jsou tedy zpravidla vyšší než u objektů skupiny Qf_les a Q_{ČHMÚ} a lze je velmi dobře odlišit od vody řeky Jizery.

Srovnání zdrojů vody s jímacími objekty podle obr. 7.8. ukazuje, že:

- rozptyl koncentrací HCO_3^- v kvartérních vodách jako celku je větší než v obou jímacích řadech. Za zmínku stojí, že koncentrace hydrogenkarbonátů v půdních lyzimetrech dosahují stejných hodnot jako ve vodách jizerského souvrství.
- koncentrace HCO_3^- ve vodách většiny objektů jizerského souvrství leží nad horní mezí (maximem) sojovického řadu tj. cca 300 mg/l. V případě skorkovského řadu leží v okolí horní meze jeho koncentrací.
- koncentrace HCO_3^- ve vodě Jizery leží na dolní mezi (minimu) koncentrací sojovického řadu. Pro skorkovský řad platí, že koncentrace ve vodě Jizery jsou níže než dolní mez koncentrací skorkovského řadu.

Rozdílné pozice koncentrací HCO_3^- skorkovského a sojovického řadu vůči jizerskému souvrství a maximům koncentrací v kvartérních vodách ukazují, že ve skorkovském řadu tvoří HCO_3^- z jednoho z těchto zdrojů větší podíl než v sojovickém.



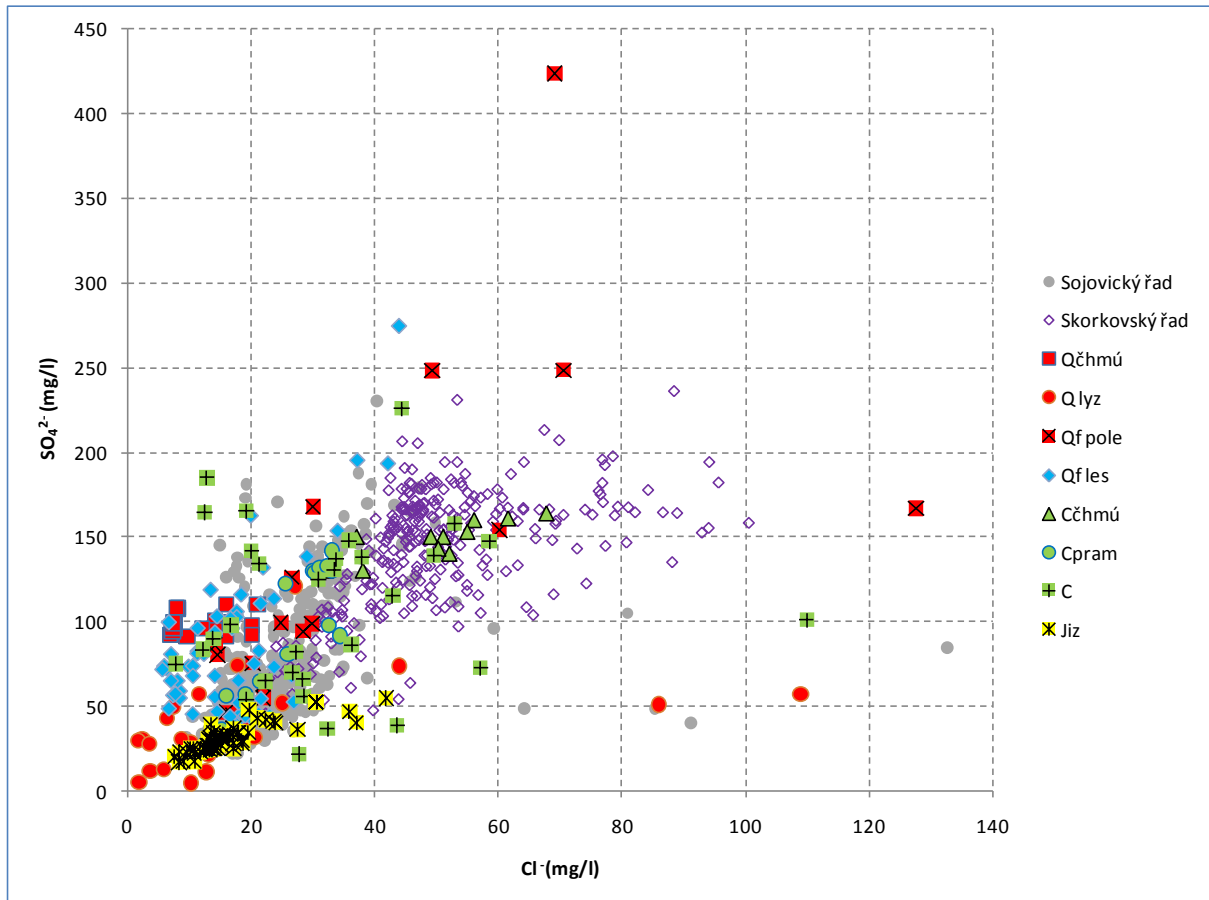
Obr. 7.8. – Koncentrace hydrogenuhličitanů ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

7.5.3. Sířany

Koncentrace síranů ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.9. Voda v Jiz má koncentrace SO_4^{2-} 17 – 55 mg/l. Ve vodách Qf_pole jsou koncentrace v rozmezí 45 - 424 mg/l , v Qf_les 43 - 275 mg/l, v Qčhmú 91 – 110 mg/l a v Q_lyz 4,7 – 121 mg/l. U vod C jsou koncentrace 22 – 230 mg/l, u vod Cpram 37 – 142 mg/l a u Cčhmú 130 - 164 mg/l. Koncentrace SO_4^{2-} ve vodě Jizery jsou nižší než ve skupinách Qčhmú, Cčhmú a převážně i Q_les. Koncentrace ve vodách ostatních skupin se mezi sebou vzájemně překrývají, byť rozptyl hodnot je u každé skupiny jiný. Nicméně lze od sebe poměrně dobře odlišit vodu Jizery a jizerského souvrství. Kromě pěti hodnot stanovení má jizerské souvrství vždy vyšší koncentrace SO_4^{2-} než voda Jizery.

Srovnání zdrojů vody a vymezených skupin s jímacími objekty podle obr. 7.9. ukazuje, že:

- koncentrace SO_4^{2-} ve vodách kvartérních objektů jsou podobné koncentracím v objektech sojovického řadu s výjimkou skupiny Q_lyz, kde většina koncentrací leží spíše na dolní mezi (minimu). Pravděpodobné vysvětlení je, že v současné době jsou již v půdní zóně koncentrace síranů sníženy díky odsíření elektráren. Vyšší koncentrace se dosud vymývají z hlubších částí nenasycené zóny a z těch částí saturované zóny, které mají delší dobu zdržení. Výše uvedené platí i pro skorkovský řad.



Obr. 7.9. – Koncentrace síranů ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

- koncentrace SO_4^{2-} v jizerském souvrství se podobají těm v sojovickém řadu, přičemž skupina C_ČHMÚ leží spíše na jeho horní mezi (maximu) koncentrací. Podobně je tomu i ve skorkovském řadu, s tím rozdílem že větší množství naměřených koncentrací leží výše než v jizerském souvrství.
- koncentrace SO_4^{2-} ve vodách Jizery leží na dolní mezi (minimu) koncentrací sojovického i skorkovského řadu.

7.5.4. Chloridy

Voda skupiny Jiz má rozsah koncentrací Cl^- 7,1 – 42 mg/l. Ve vodách skupin Qf_pole jsou koncentrace mezi 14 - 128 mg/l, Qf_les 5,7 – 44 mg/l, v Q_{ČHMÚ} 6,9 – 21 mg/l a v Q_lyz 1,7 – 109 mg/l. Koncentrace ve vodách skupiny C jsou 7,1 – 110 mg/l a C_{ČHMÚ} jsou 32 – 68 mg/l. Koncentrace Cl^- všech skupin se tedy v různé míře vzájemně překrývají, jednotlivé zdroje vody tedy prakticky nelze rozlišit. Kvartérní vody mají velmi podobné koncentrace Cl^- jako voda řeky Jizery, s výjimkou čtyř stanovení ve skupině Qf_pole a dvou hodnot (lyzimetr L2) ve skupině Q_lyz. Zde jsou maxima koncentrací přes 100 mg/l způsobena pravděpodobně aplikací hnojiv. Podobné rozsahy u skupiny Jiz a Qf_les patrně ukazují, stejně jako u dusičnanů, že dochází k dotaci objektů Qf_les vodou z umělé infiltrace.

Při srovnání se sojovickým řadem (koncentrace Cl^- 9,4 – 133 mg/l, přičemž většina stanovení je pod 60 mg/l) je vidět, že voda v Jizeře, v kvartérních objektech i v objektech v jizerském souvrství má podobné rozsahy koncentrací Cl^- a nelze stanovit, který ze zdrojů leží na dolní nebo horní mezi jeho koncentrací.

Ve skorkovském řadu (koncentrace Cl^- 9,9 – 101 mg/l, kde většina stanovení leží nad 40 mg/l) se zdá, že většina koncentrací ve vodě Jizery a vod kvartérních objektů leží v oblasti dolní meze (minimum) skorkovského řadu. Průměrné koncentrace Cl^- (50mg/l) jsou totožné jako ve skupině C_{ČHMÚ}. To by mohlo dokazovat větší podíl vody z jizerského souvrství ve skorkovském řadu. Nicméně většina objektů skupiny C leží spíše v okolí dolní meze, což je spíše v rozporu s předchozím tvrzením. To potvrzují i nízké koncentrace dusičnanů v jizerském souvrství oproti koncentracím z jímacích řadů (obr. 7.7.). V případě Cl^- neleží žádný ze zdrojů v oblasti horní meze (maxima) koncentrací skorkovského řadu. Z toho plyne, že zde nejspíše dochází k lokálnímu znečištění Cl^- .

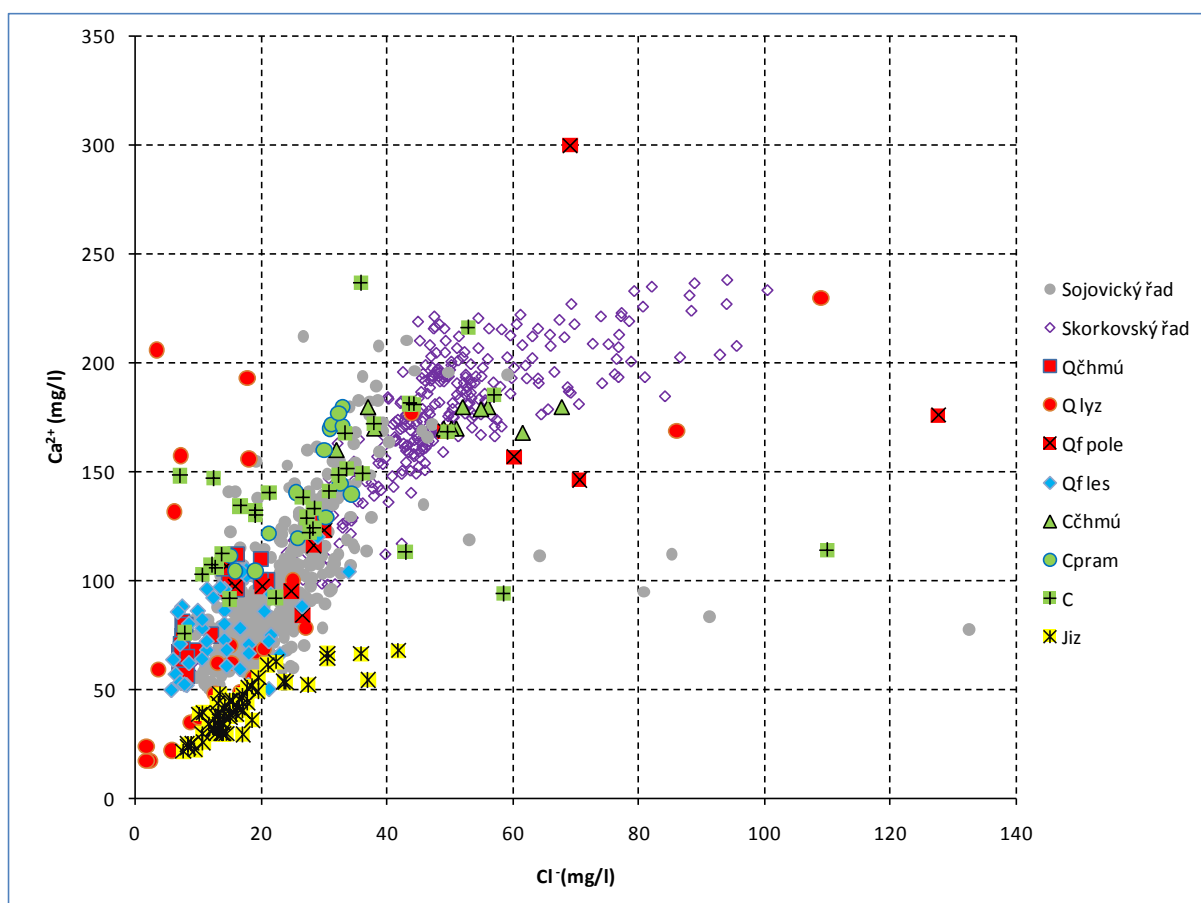
7.5.5. Vápník

Koncentrace vápníku ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.10. Vody Jizery mají koncentrace Ca^{2+} 22 – 68 mg/l. Koncentrace ve vodách Qf_pole jsou 84 – 300 mg/l, v Qf_les 50 – 120 mg/l, v Q_{ČHMÚ} 57 – 112 mg/l a v Q_lyz 17 – 230 mg/l. U vod C jsou koncentrace 76 - 237 mg/l, u vod Cpram 104 – 180 mg/l a u C_{ČHMÚ} 160 – 180 mg/l. Podle koncentrací Ca^{2+}

Ize zřetelně odlišit vody Jizery a jizerského souvrství. Vody v objektech v kvartéru mají širší rozsah koncentrací a překrývají oba zbývající zdroje.

Srovnání zdrojů vody s jímacími objekty podle obr. 7.10. ukazuje, že:

- kvartérní vody jako celek mají podobné koncentrace jako jímací objekty sojovického řadu. Díky velkému rozptylu koncentrací leží většina bodů částečně na dolní mezi skorkovského řadu a zčásti pod ní.
- vody jizerského souvrství leží částečně na horní mezi (maximu) koncentrací sojovického řadu. Vody jizerského souvrství se svými koncentracemi podobají koncentracím ve vodách skorkovského řadu.
- voda Jizery leží na dolní mezi (minimu) koncentrací Ca^{2+} sojovického řadu a pod dolní mezí koncentrací skorkovského.

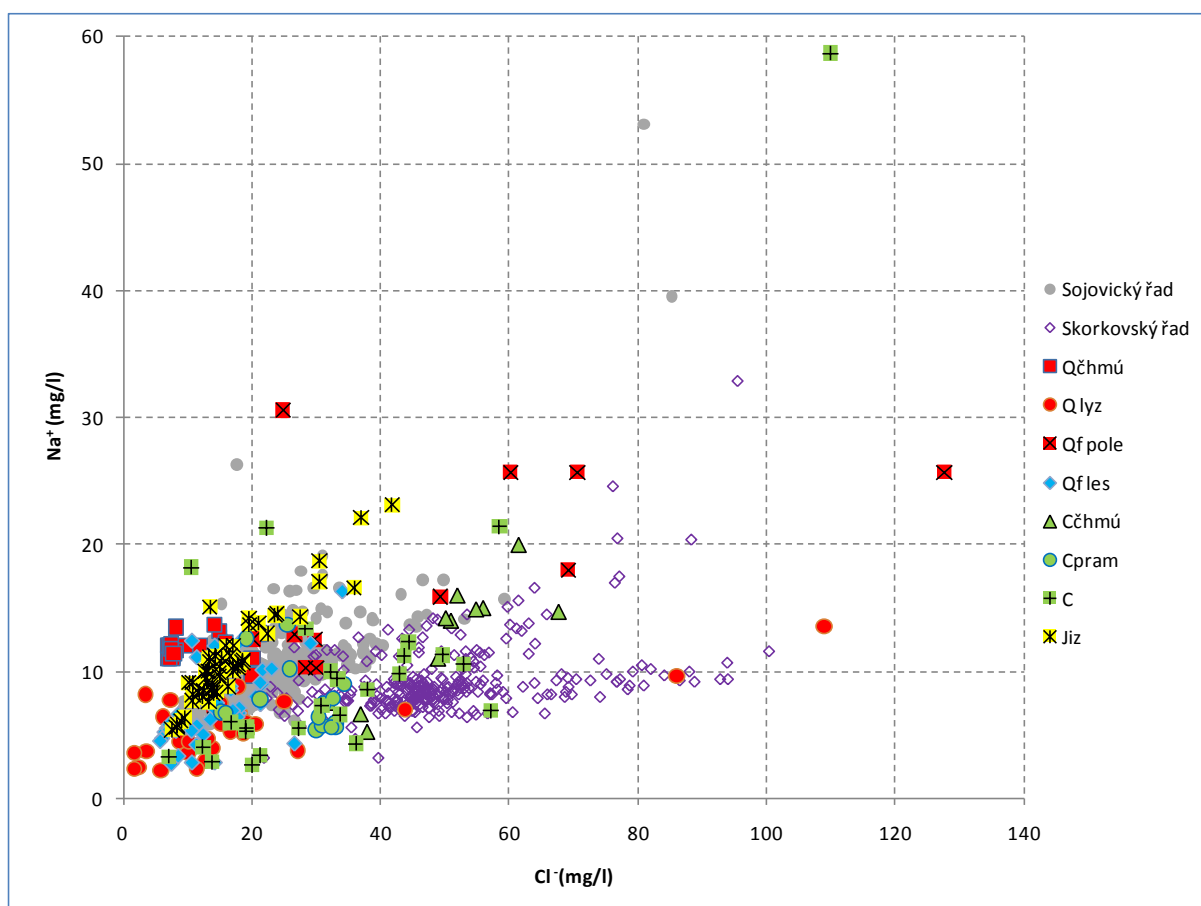


Obr. 7.10. – Koncentrace vápníku ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

7.5.6. Sodík

Koncentrace sodíku ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.11. Koncentrace Na^+ ve vodě Jizery je 5,4 – 23 mg/l. Vody v objektech Qf_pole mají koncentrace Na^+ 6,7 – 100 mg/l (hodnota 100 mg/l ve vrtu S-2 ze září 1969 není zobrazena), Qf_les 2,7 – 16 mg/l, v QčHMÚ 9,7 - 14 mg/l a v Q_lyz 2,2 – 14 mg/l. Koncentrace Na^+ ve vodách C jsou 2,6 - 59 mg/l, v Cpram 5,4 – 14 mg/l a v CčHMÚ 5,2 – 20 mg/l. Koncentrace Na^+ ve vodách všech skupin a tedy i zdrojů vody se vzájemně překrývají, tudíž nejde jednotlivé zdroje od sebe odlišit.

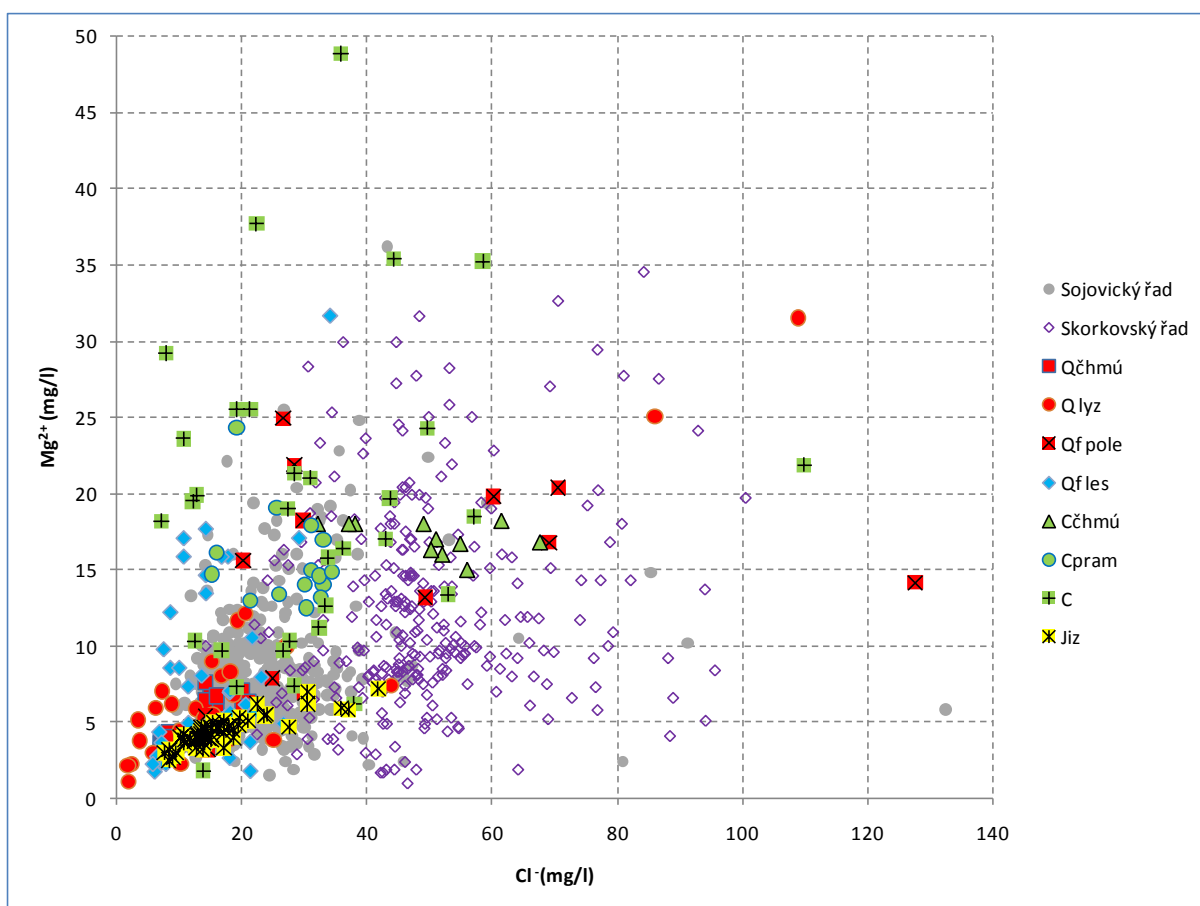
Podobně vychází i srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu, kde jsou koncentrace Na^+ podobné všem potenciálním zdrojům a stejně jako u chloridů (v případě sojovického řadu) nelze rozhodnout, který z nich tvoří dolní nebo horní mez koncentrací.



Obr. 7.11. – Koncentrace sodíku ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

7.5.7. Hořčík

Koncentrace hořčíku ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.12. Koncentrace Mg^{2+} ve vodě Jizery se pohybuje mezi 2,5 – 7,2 mg/l. Koncentrace Mg^{2+} ve vodách Qf_pole jsou 3,2 – 25 mg/l, v Qf_les 1,7 – 32 mg/l, v QčHMÚ 3,2 – 7,6 mg/l a v Q_lyz 1,1 – 32 mg/l. Vody skupiny C mají koncentrace Mg^{2+} 1,8 - 49 mg/l, skupiny Cpram 13 – 24 mg/l a v CčHMÚ 15 – 18 mg/l. Vody jizerského souvrství mají (kromě dvou hodnot koncentrací) vyšší koncentrace Mg^{2+} než voda Jizery a tyto dva zdroje vod lze rozlišit. Voda z Jizery se koncentracemi Mg^{2+} podobá skupině QčHMÚ. Nicméně celkově se koncentrace Mg^{2+} v kvartérních vodách překrývají s koncentracemi v Jizeře i jizerském souvrství, tj. nelze je od zbývajících dvou zdrojů odlišit.



Obr. 7.12. – Koncentrace hořčíku ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

Srovnání zdrojů vody s jímacími objekty podle obr. 7.12. ukazuje, že:

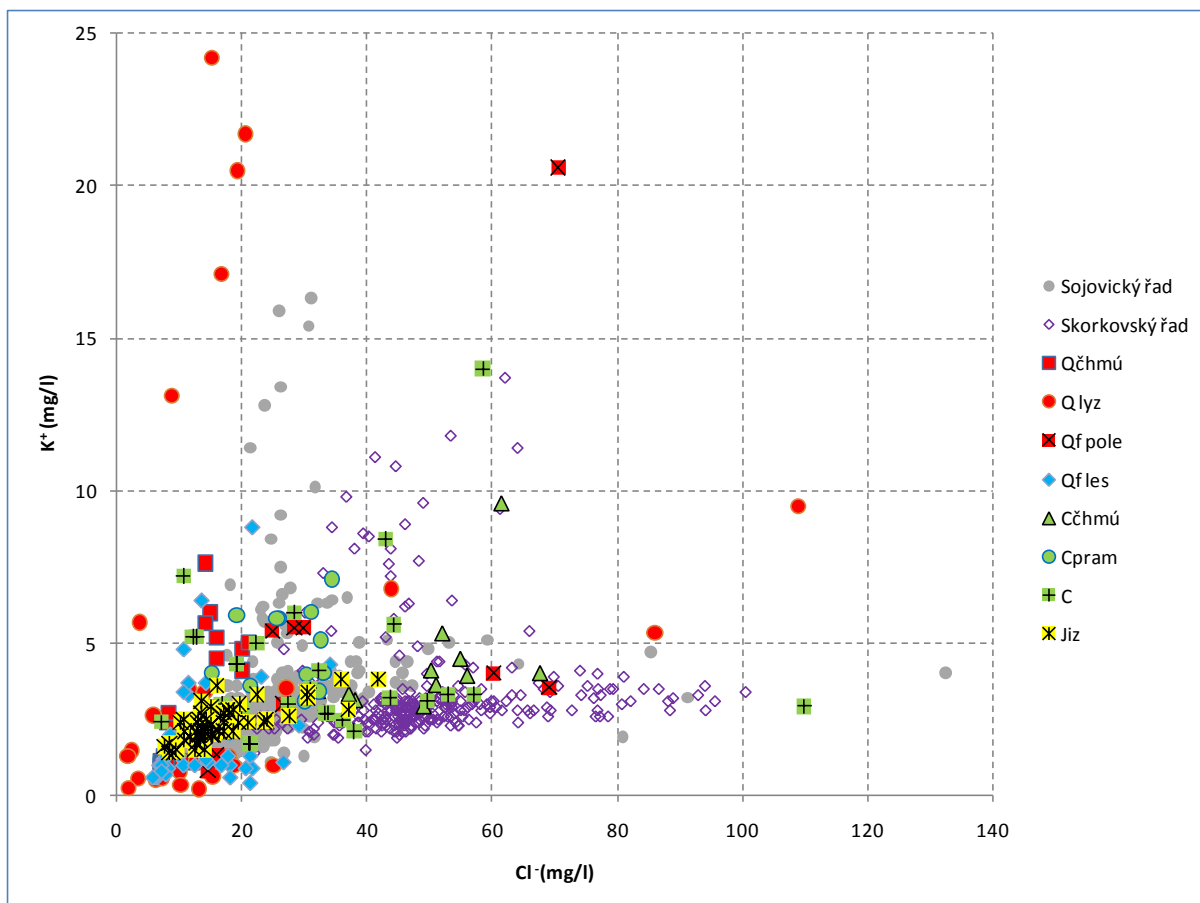
- ve srovnání se sojovickým řadem mají kvartérní vody podobný rozsah koncentrací Mg^{2+} . Pro skorkovský řad toto platí jen částečně, protože některé objekty mají vyšší koncentrace Mg^{2+} .
- hodnoty koncentrací Mg^{2+} ve vodách jizerského souvrství leží kromě čtyř případů v oblasti mimo hlavní shluk bodů koncentrací sojovického řadu (tj. zhruba nad 10 mg/l), ale díky velkému rozptylu hodnot, neleží jen v oblasti horní meze (maximum) hodnot. Ve srovnání se skorkovským řadem je vidět, že rozsah hodnot koncentrací Mg^{2+} jizerského souvrství a skorkovského řadu je obdobný.
- voda Jizery leží z větší části na dolní mezi (minimu) koncentrací Mg^{2+} sojovického řadu a částečně i skorkovského.

7.5.8. Draslík

Koncentrace draslíku ve vodách jednotlivých skupin jsou spolu s objekty sojovického a skorkovského řadu vyneseny na obr. 7.13.

Voda v Jizeře má koncentrace K^+ v rozmezí 1,4 – 3,8 mg/l. Vody v Qf_pole mají koncentrace K^+ 0,80 – 21 mg/l, v Qf_les 0,42 – 8,8 mg/l, v Q_{ČHMÚ} 0,95 – 7,6 mg/l a v Q_lyz 0,2 - 24 mg/l. Koncentrace K^+ v C jsou 1,7 – 14 mg/l, Cpram 2,9 – 7,1mg/l a v C_{ČHMÚ} 2,9 – 9,6 mg/l. Všechny skupiny a tedy i zdroje se svými koncentracemi K^+ v různé míře vzájemně překrývají. Jednotlivé zdroje vod proto podle koncentrací K^+ jednoznačně odlišit nelze.

Zdroje vody se překrývají i s koncentracemi v objektech sojovického a skorkovského řadu a nedá se určit, který z nich leží na dolní nebo horní mezi koncentrací K^+ .



Obr. 7.13. – Koncentrace draslíku ve vymezených skupinách objektů a jejich srovnání s objekty sojovického a skorkovského řadu

7.5.9. Shrnutí chemizmu skupin

Z porovnání jednotlivých skupin a zdrojů plyne, že voda řeky Jizery se dá odlišit od vod jizerského souvrství podle koncentrací iontů Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- a SO_4^{2-} . Stanovené koncentrace leží téměř vždy níže než u jizerského souvrství. Vody v objektech jizerského souvrství se dají dobře odlišit od vody Jizery podle koncentrací iontů Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- a SO_4^{2-} . Koncentrace těchto iontů jsou zde téměř ve všech případech vyšší než ve vodě Jizery. Vody kvartérních objektů naproti tomu nelze odlišit od dvou předcházejících zdrojů, protože koncentrace se s nimi u všech uvedených iontů překrývají.

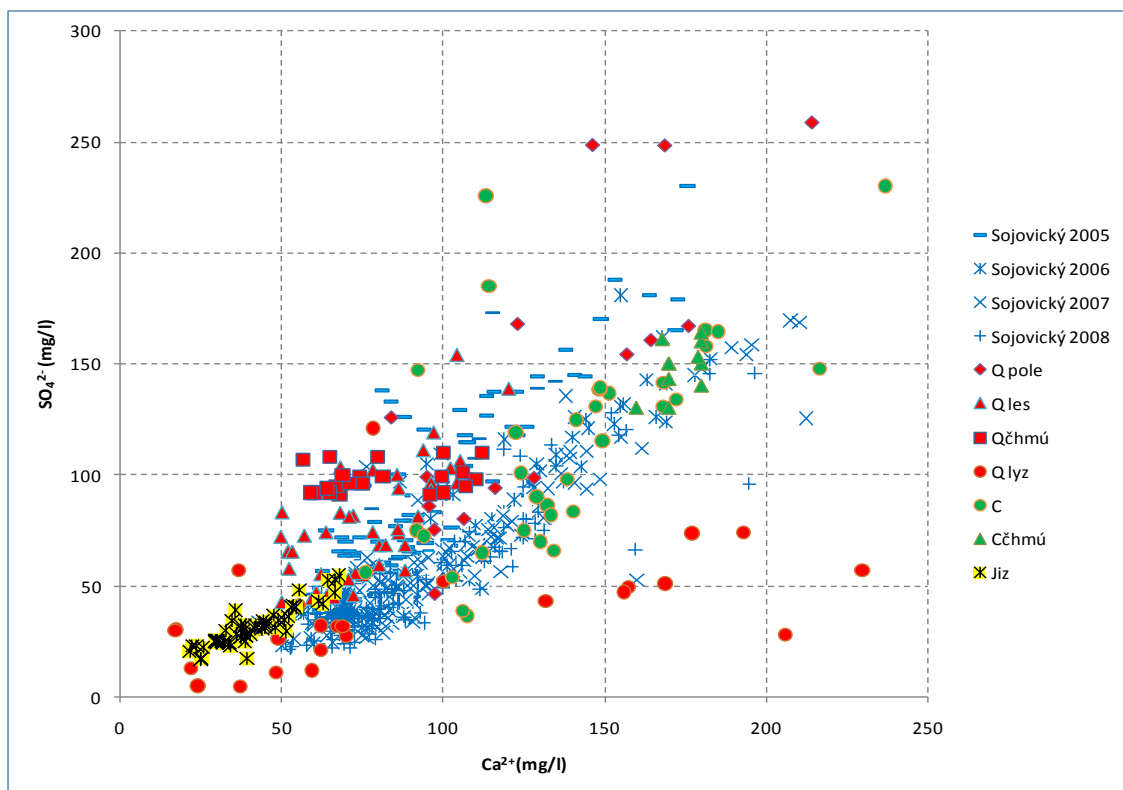
Srovnání koncentrací vybraných iontů ve zdrojích vody s jejich koncentracemi v jímacích řadech ukazuje, že:

- koncentrace vybraných iontů se ve vodách kvartérních objektů zpravidla v různé míře překrývají s koncentracemi v jímacích objektech.

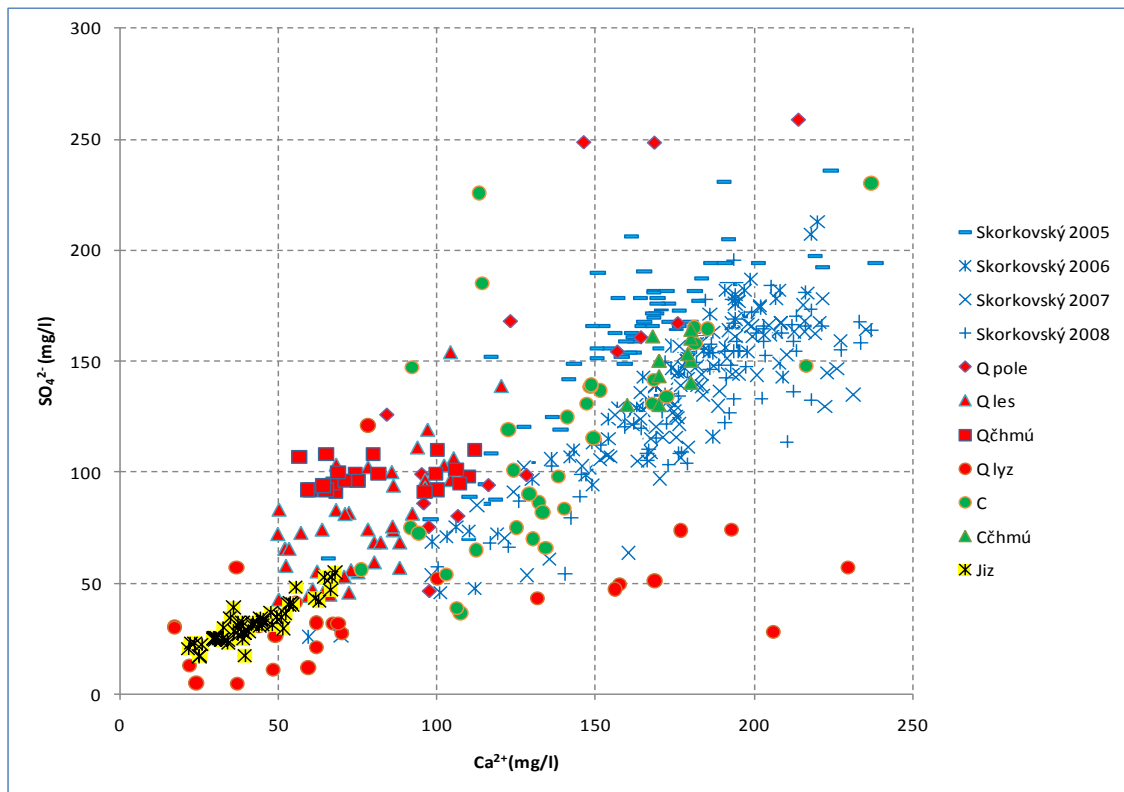
- v případě iontů Ca^{2+} , HCO_3^- a částečně i Mg^{2+} leží jejich koncentrace u vod jizerského souvrství v okolí maxima koncentrací sojovického řadu a v případě iontu HCO_3^- leží na maximu hodnot skorkovského řadu
- v případě iontů Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} a NO_3^- leží jejich koncentrace ve vodě řeky Jizery na minimu koncentrací sojovického řadu a v případě iontů Mg^{2+} , SO_4^{2-} a NO_3^- leží na minimu koncentrací skorkovského řadu. Koncentrace Ca^{2+} a HCO_3^- ve vodě Jizery leží níže než je jejich minimum ve vodách skorkovského řadu.

7.6. Odhad zastoupení vody z řeky Jizery v jímacích studnách

Poté co jsem zjistil, že nejtěsnější korelace existuje v sojovickém a skorkovském řadu mezi dvojicí iontů Ca^{2+} a SO_4^{2-} (kap. 7.1.) a že lze v případě obou iontů stanovit dolní mez koncentrací pro oba jímací řady, kterou určuje řeka Jizera (kap. 7.5.) vynesl jsem si pozici vymezených skupin vody a jímacích objektů sojovického a skorkovského řadu z let 2005 – 2008 do grafu $\text{Ca}^{2+} : \text{SO}_4^{2-}$ (obr. 7.14. a 7.15.). V sojovickém řadu jsem nevyužil dat ze studny 159, která má vysoké koncentrace Na^+ , Cl^- a naopak velmi nízké Ca^{2+} .



Obr. 7.14. – Pozice vymezených skupin a sojovického řadu v grafu $\text{Ca}^{2+} : \text{SO}_4^{2-}$



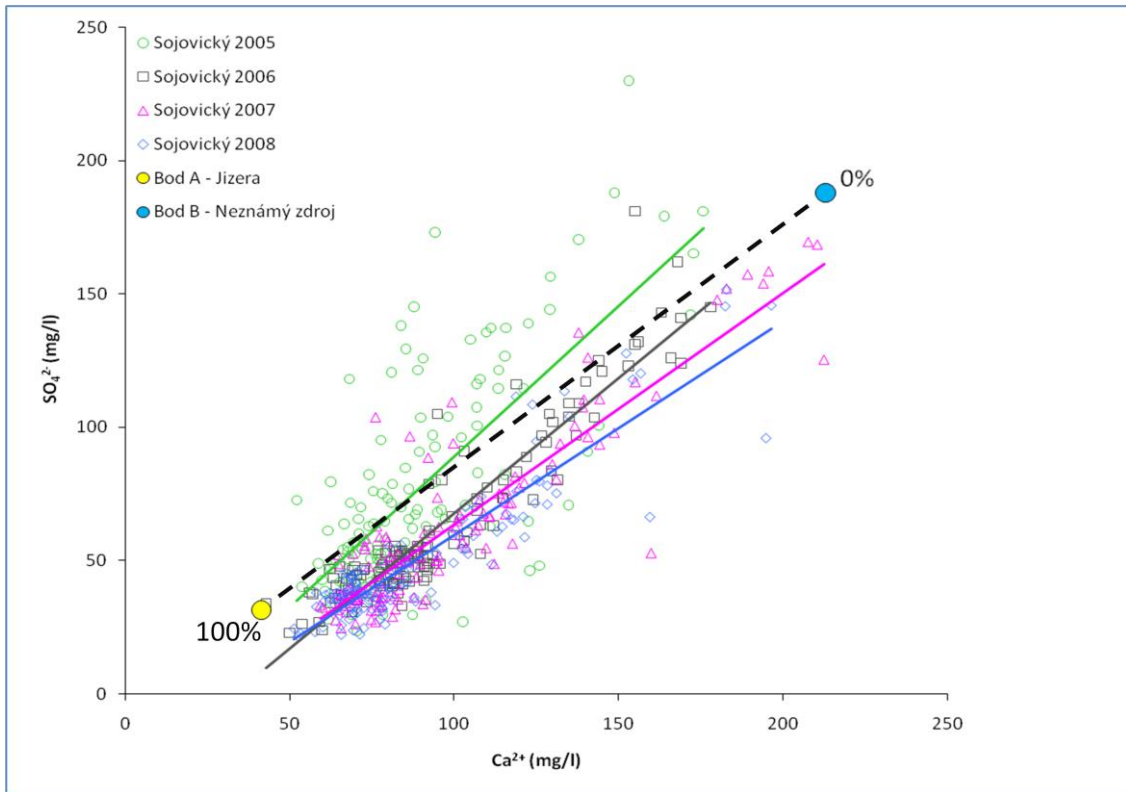
Obr. 7.15. – Pozice vymezených skupin a skorkovského řadu v grafu $\text{Ca}^{2+} : \text{SO}_4^{2-}$

Z obr. 7.14 a 7.15. je patrné, že voda ve studních v obou jímacích řadech je pravděpodobně směsí pouze dvou hlavních zdrojů o velmi odlišných koncentracích Ca^{2+} a SO_4^{2-} . Proto tvoří body výrazně protažený shluk podél mísicí linie. Pokud by se jednalo o více zdrojů měl by shluk bodů v grafu mít méně lineární charakter. Míšením vody z obou zdrojů (tzv. koncových členů) v různém poměru lze vysvětlit naměřené obsahy Ca^{2+} a SO_4^{2-} téměř ve všech jímacích studních.

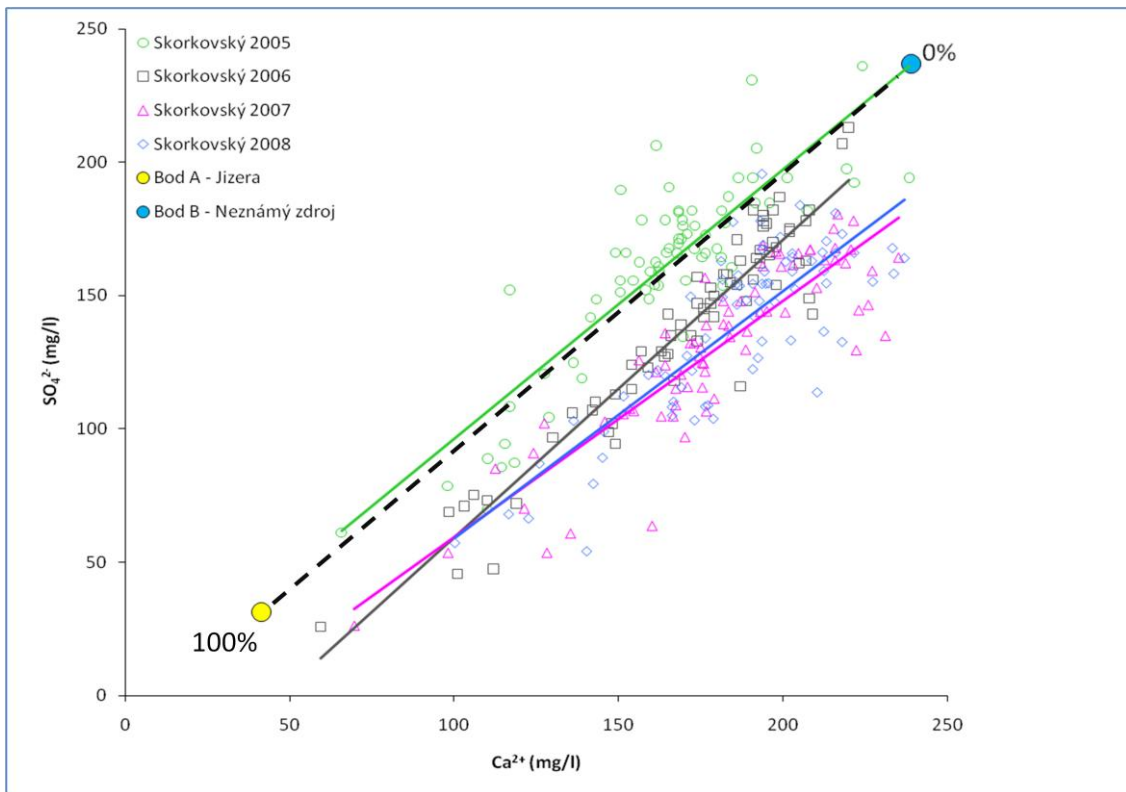
Koncový člen A se v sojovickém i skorkovském jímacím řadu blíží chemickým složením řece Jizeře. Jedná se jak o vodu z břehové infiltrace, tak o vodu infiltrovanou přes povrch nivy za velmi vysokých vodních stavů za povodní, tak konečně i v případě sojovického řadu o uměle infiltrovanou vodu z vsakovacích van. Koncentrace Ca^{2+} a SO_4^{2-} ve vodě Jizery jsem zprůměroval (obr. 7.16. a 7.17.) a tuto hodnotu použil jako 100% podíl vody z řeky, bod A ($\text{Ca}^{2+} = 41,4 \text{ mg/l}$; $\text{SO}_4^{2-} = 31,5 \text{ mg/l}$). Použití průměrné hodnoty vede k tomu, že v grafu $\text{Ca}^{2+} : \text{SO}_4^{2-}$ leží v případě síranů některé jímací studny níže než tato hodnota. To se pak projeví při výpočtu podle síranů tím, že vypočtené hodnoty zastoupení Jizery ve směsi nereálně přesahují 100%.

Druhý koncový člen neodpovídá průměrné hodnotě žádného ze zkoumaných typů vody. Vzhledem k obrovskému rozptylu hodnot např. v kvartéru to není překvapující. Koncentrace druhého koncového členu, bod B ($\text{Ca}^{2+} = 213 \text{ mg/l}$; $\text{SO}_4^{2-} = 188 \text{ mg/l}$ v případě sojovického řadu a $\text{Ca}^{2+} = 239 \text{ mg/l}$; $\text{SO}_4^{2-} = 237 \text{ mg/l}$ v případě skorkovského řadu), jsem proto zvolil tak, aby ležely v ose lineárně protaženého shluku bodů na druhém konci shluku než je bod A a zároveň odpovídaly maximálním koncentracím naměřeným v jímacích objektech sojovického řadu (obr. 7.16. a 7.17.). Ve skutečnosti může koncový člen B ležet ještě dále na linii (ve vyšších hodnotách koncentrací). Druhý koncový člen představuje buď srážkovou vodu infiltrovanou do kvartérního náplavu, ovlivněnou zemědělskou činností nebo se jedná o vodu z turonského kolektoru. Ze srovnání chemismu (kap.7.5.) by se pozorované koncentrace dusičnanů v jímacích řadech daly vysvětlit pouze míšením s vodou z kvartérní infiltrace. V případě ostatních iontů by naopak pozorované koncentrace mohly vzniknout díky míšení s vodami jizerského souvrství. Protože však žádný z těchto dvou členů neleží na místě koncového členu, nelze určit zda koncovým členem je přítok z kvartéru či přítok z jizerského souvrství. Pro jizerské souvrství svědčí skutečnost, že zdroj B jeví značnou homogenitu v prostoru (různé studny jímacích řadů padají na jedinou linii) a přitom se složení koncového členu v případě některých iontů mění v čase (mírně různé směrnice pro jednotlivé roky; obr. 7.16 a 7.17.). Homogenizace zdroje se dá lépe představit pro vzdálený zdroj z jizerského souvrství, než pro lokální zdroj v kvartéru.

Na základě chemického složení těchto koncových členů (obr. 7.16. a 7.17.) jsem vypočetl pro jednotlivé studny podíl vody z řeky Jizery. Protože koncový člen B může ležet ve vyšších hodnotách (nikoli však v nižších), mnou vypočtené hodnoty vyjadřují maximální podíl vody z Jizery. Reálná hodnota může být nižší.



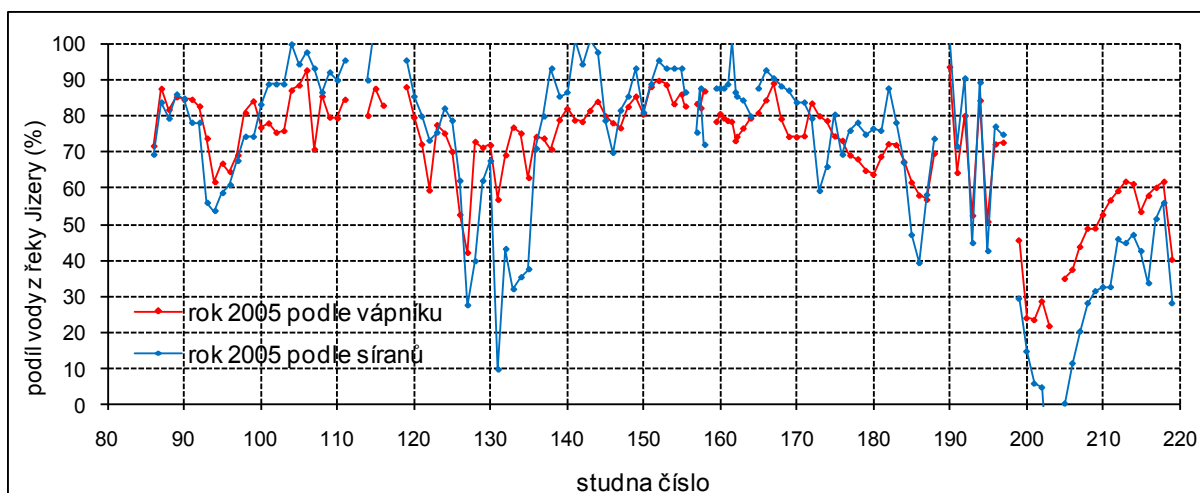
Obr. 7.16. – Sojovický řad binární míšení Ca^{2+} a SO_4^{2-} ; mísící line přerušovaná černá čára, barevně regresní přímky. Procenta ukazují podíl vody z řeky Jizery.



Obr. 7.17. – Skorkovský řad binární míšení Ca^{2+} a SO_4^{2-} ; mísící line přerušovaná černá čára, barevně regresní přímky. Procenta ukazují podíl vody z řeky Jizery.

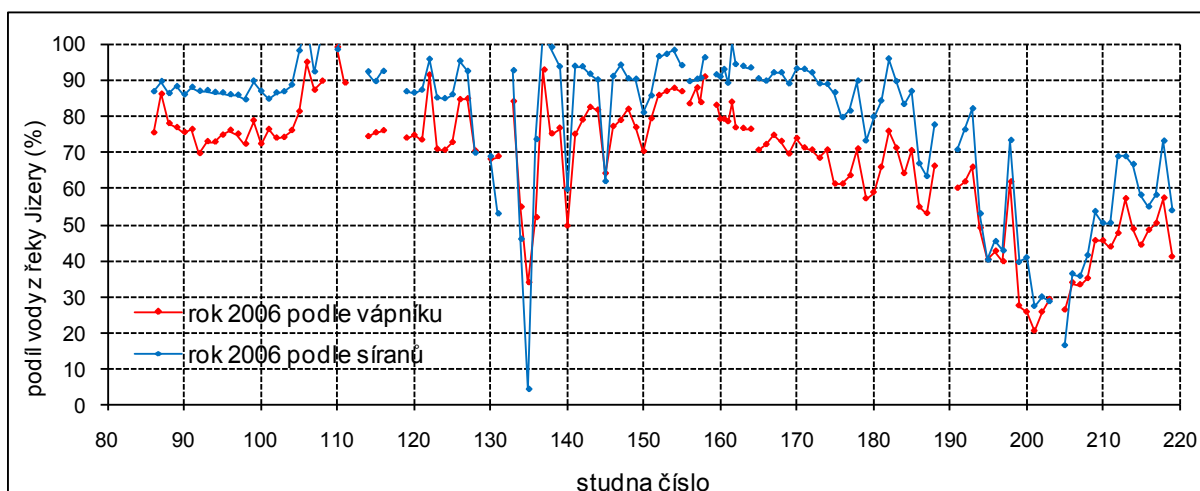
7.6.1. Sojovický řad

V roce 2005 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 71 %. Podle vápníku je přítok z Jizery (obr. 7.18.) nižší než 50% ve studnách 127, 199 – 203, 205 - 209 a 219. Graf spočteného přítoku z Jizery podle síranů (obr. 7.18.) ukazuje nižší než poloviční hodnoty přítoku ve studnách 127, 128, 131 – 135, 185, 186, 193, 195, 199 – 203, 205 – 216 a 219.



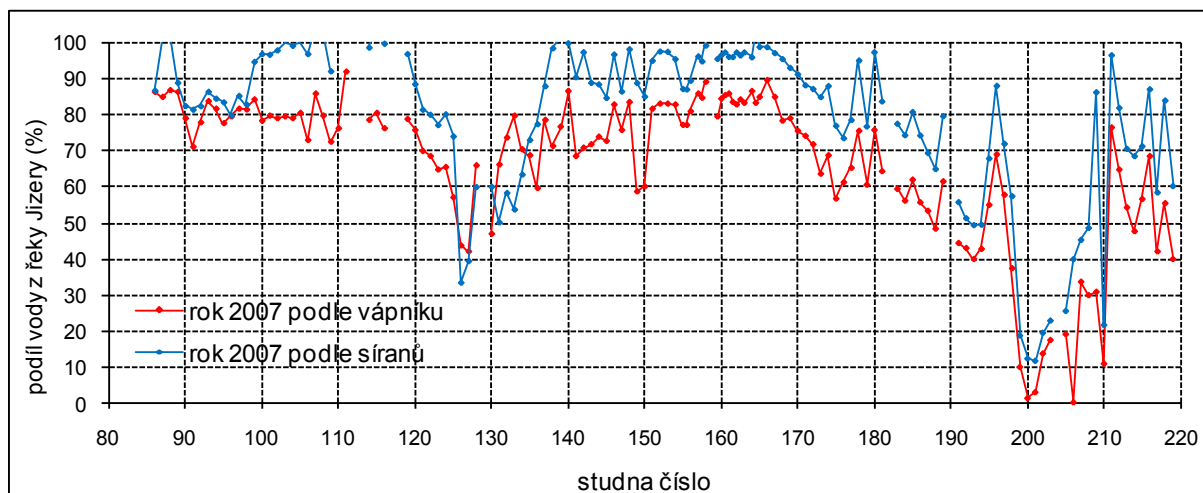
Obr. 7.18. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách sojovického řadu v roce 2005 podle Ca^{2+} a SO_4^{2-}

V roce 2006 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 74 %. Podle vápníku je podíl vody z Jizery pod 50% ve studnách 135, 194 – 197, 199 – 203, 205 – 212, 215, 216 a 219 (obr. 7.19.). Hodnoty vypočítané podle síranů ukazují na nízké zastoupení vody z Jizery ve studnách 134, 135, 195 – 197, 199 – 203, 205 – 208 (obr. 7.19.).



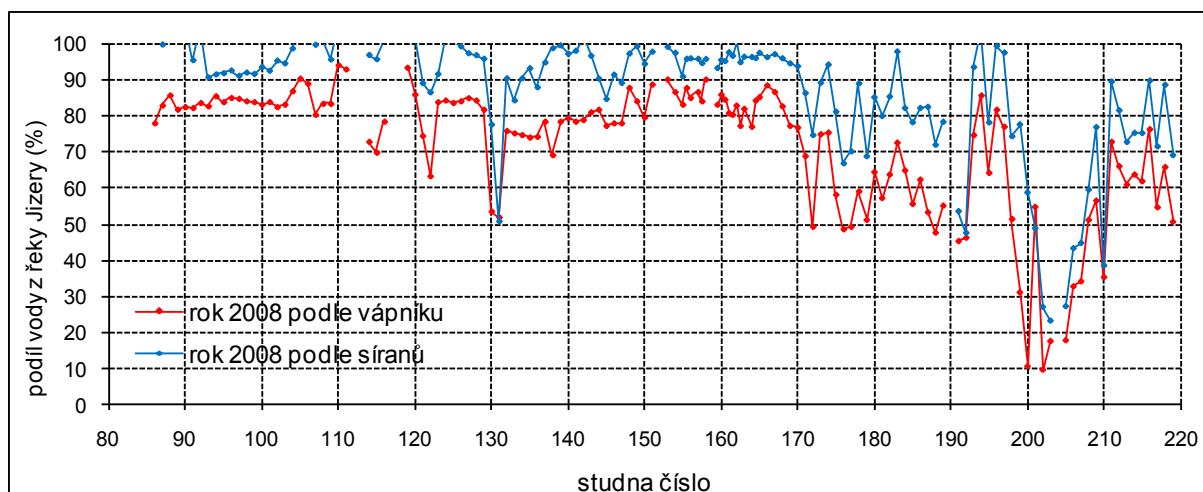
Obr. 7.19. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách sojovického řadu v roce 2006 podle Ca^{2+} a SO_4^{2-}

V roce 2007 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 73 %. Podle vápníku je podíl vody z Jizery menší než 50% ve studnách 126, 127, 130, 188, 191 – 194, 198 – 203, 205 – 210, 214, 217 a 219 (obr. 7.20.). Podle síranů vychází menší než poloviční množství vody ve studnách 126, 127, 193, 194, 199 – 203, 205 – 208 a 210 (obr. 7.20.).



Obr. 7.20. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách sojovického řadu v roce 2007 podle Ca^{2+} a SO_4^{2-}

V roce 2008 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 80 %. Podle vápníku je nižší než poloviční zastoupení vody z Jizery ve studnách 172, 176, 177, 188, 191, 192, 199 - 203, 205 – 207 a 210 (obr. 7.21.). Podle síranů jsou to studny 192, 201 – 203, 205 - 207 a 210 (obr. 7.21.).



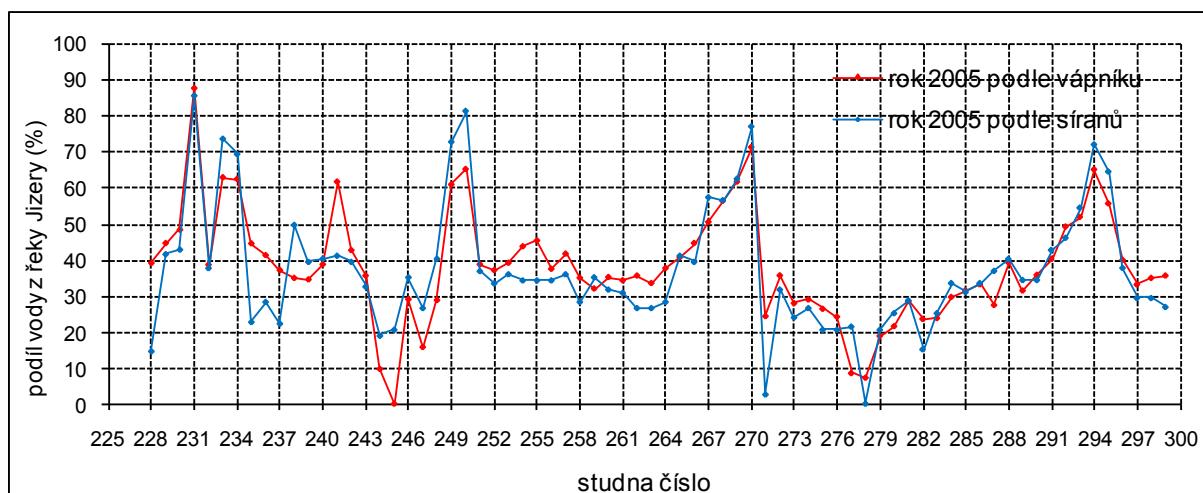
Obr. 7.21. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách sojovického řadu v roce 2008 podle Ca^{2+} a SO_4^{2-}

Ze srovnání let 2005 – 2008 jsou vidět dvě minima podílu vody z Jizery. První je v okolí studny 130 a je značně proměnlivé v čase. Druhé mnohem výraznější je

v oblasti studní 199 – 208. Podíl vody z Jizery zde zpravidla klesá na 30% a méně. Do této oblasti by neměla dotékat voda z vsakovacích van, takže přítok z Jizery se odehrává pouze břehovou infiltrací a infiltrací ze zaplavené nivy za povodní.

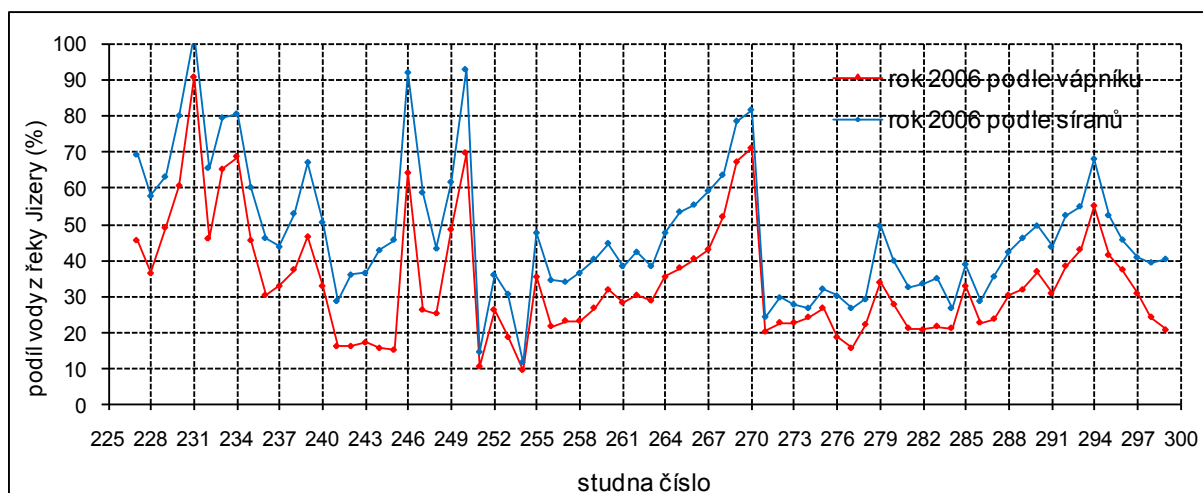
7.6.2. Skorkovský řad

V roce 2005 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 38 %. Podle vápníku mají vyšší než 50% podíl vody z řeky Jizery studny 231, 233, 234, 241, 249, 250, 267 - 270 a 293 – 295 (obr. 7.22.). Podle síranů jsou to studny 231, 233, 234, 250, 267 – 270 a 293 – 295 (obr. 7.22.).



Obr. 7.22. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách skorkovského řadu v roce 2005 podle Ca²⁺ a SO₄²⁻

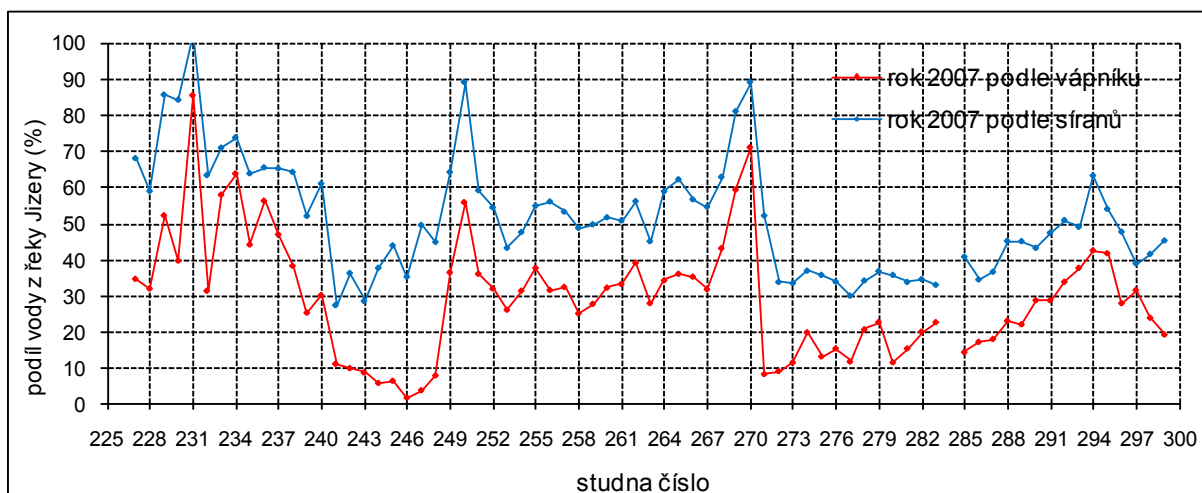
V roce 2006 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 41 %. Podle vápníku mají vyšší než 50% podíl vody z řeky Jizery studny 230, 231, 233, 234, 241, 246, 250, 268 - 270 a 294 (obr. 7.23.).



Obr. 7.23. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách skorkovského řadu v roce 2006 podle Ca²⁺ a SO₄²⁻

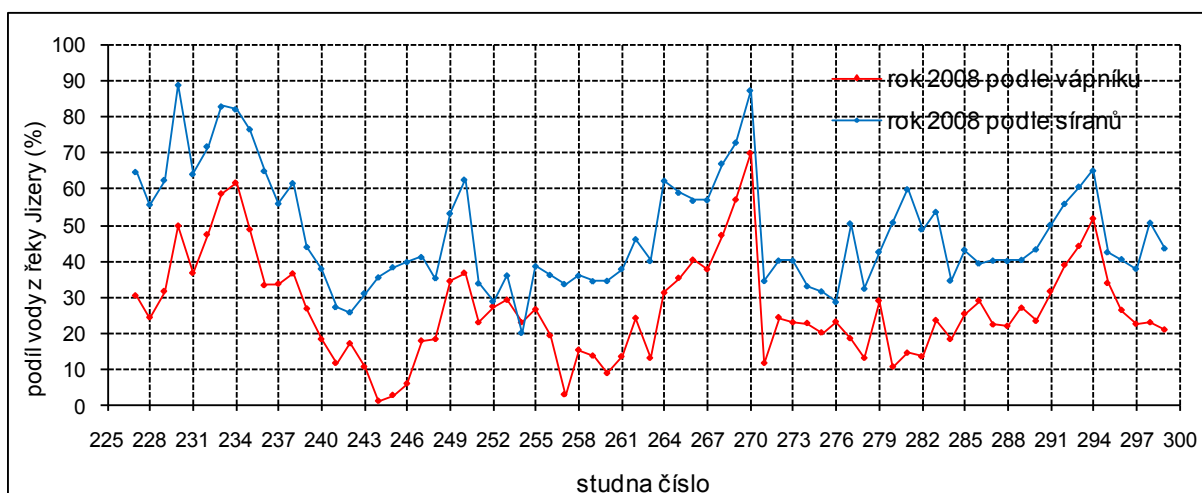
Podle síranů jsou to studny 227 - 235, 238 - 240, 246, 247, 249, 250, 265 – 270 a 292 – 295 (obr. 7.23.).

V roce 2007 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 41%. Podle vápníku mají vyšší než 50% podíl vody z řeky Jizery studny 229, 231, 233, 234, 236, 250, 269, 270 a 294 (obr. 7.24.). Podle síranů jsou to studny 227 - 240, 249 - 252, 255 – 257, 260 – 262, 264 – 271, 292, 294 a 295 (obr. 7.24.).



Obr. 7.24. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách skorkovského řadu v roce 2007 podle Ca^{2+} a SO_4^{2-}

V roce 2008 je průměrné zastoupení vody z Jizery na všech studních 37 %. Podle vápníku mají vyšší než 50% podíl vody z řeky Jizery studny 233, 234, 236, 269, 270 a 294 (obr. 7.25.). Podle síranů jsou to studny 227 - 238, 249, 250, 255 – 257, 264 – 270, 280, 281, 283, 291 – 294 a 298 (obr. 7.25.).



Obr. 7.25. – Podíl vody z řeky Jizery ve studnách skorkovského řadu v roce 2008 podle Ca^{2+} a SO_4^{2-}

Nejvyšší podíly vody z řeky Jizery ve skorkovském řadu jsou tedy v období 2005 – 2008 v okolí studní číslo 233, 250, 270 (okraj jižní pravobřežní větve) a 294. Řada studní mezi výše uvedenými má podíl z řeky Jizery nižší než 30%. Rozdíl cca 20% mezi vypočtenými hodnotami podle vápníku a síranů v letech 2007 a 2008 je způsoben tím, že vynesené koncentrace síranů jsou v těchto letech posunuty směrem doprava od mísící linie (obr. 7.17).

Mnou odhadnuté hodnoty v jímacích objektech skorkovského řadu, tedy cca 40% vody z řeky Jizery a 60% z vod kvartérních sedimentů a jizerského souvrství, se příliš neshodují ani s hodnotami odhadnutými podle celkové mineralizace, 80% z jizerského souvrství (Šantrůček, Milický 2004), ani s odhadem podle izotopů kyslíku, 60% říční vody a 40% vody infiltrované z lokálních srážek do kvartérních náplavů (Buzek et al. 2006).

7.7. Srovnání koncentrace dusičnanů a chloridů s přítokem vody z Jizery do studní jímacích řadů

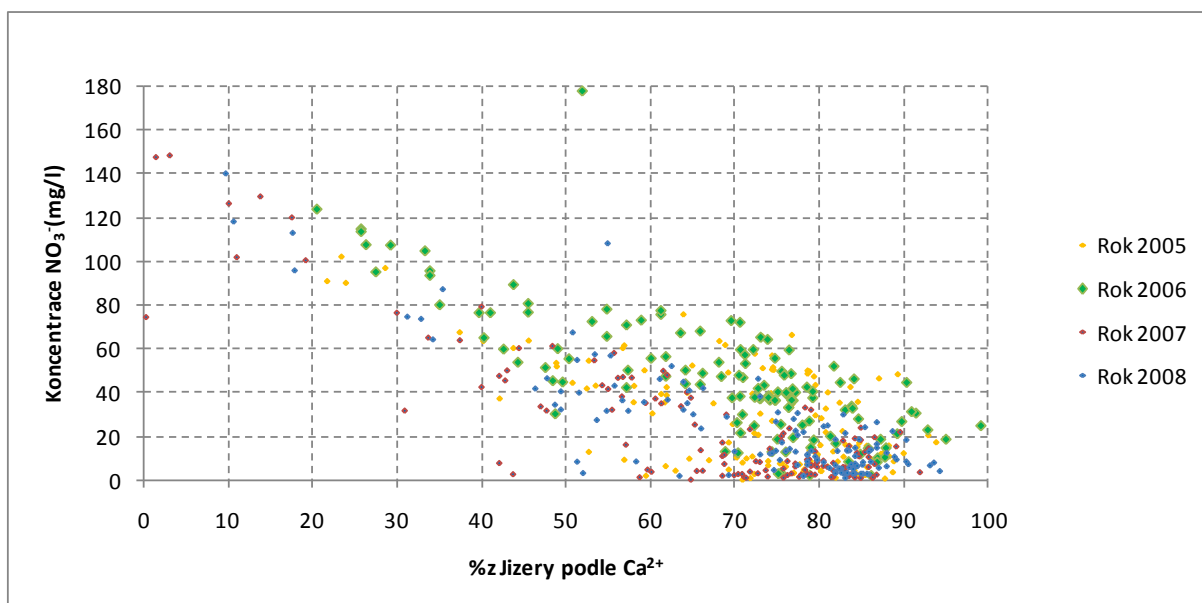
Dusičnany a chloridy mohou být indikátory znečištění. Proto jsem si jejich koncentrace vynesl pro srovnání jakosti vody v jímacích objektech, kde jsem spočetl podíl vody z Jizery.

7.7.1. Sojovický řad

Na obr. 7.25. jsou vyneseny koncentrace dusičnanů v jednotlivých studních sojovického řadu pro roky 2005 – 2008. Je vidět, že koncentrace dusičnanů jsou zpravidla nejvyšší tam, kde je podíl vody z Jizery nejnižší (obr. 7.26.) Jejich koncentrace mají vzestupnou tendenci směrem k severu. Je to dáno snižujícím se přítokem vody z Jizery z vsakovacích van, směrem k severu od studny 161 by již přítok od vsakovacích van měl být zanedbatelný.

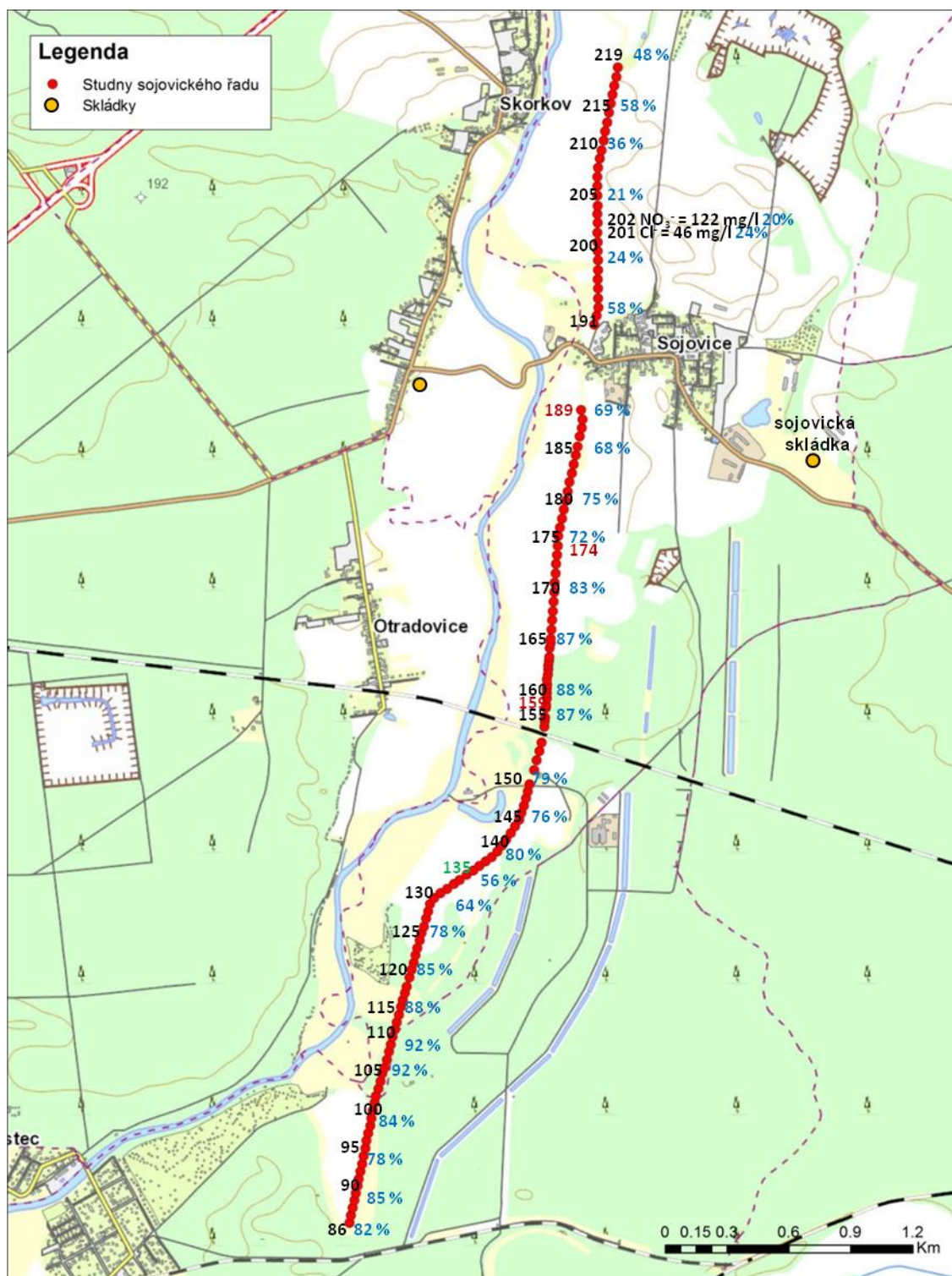


Obr. 7.25. – Koncentrace dusičnanů v sojovickém řadu v letech 2005 – 2008, data převzata z Herčík et al. (2010)



Obr. 7.26. – Vztah mezi podílem vody z řeky Jizery v jímacích objektech a koncentracemi dusičnanů v sojovickém řadu

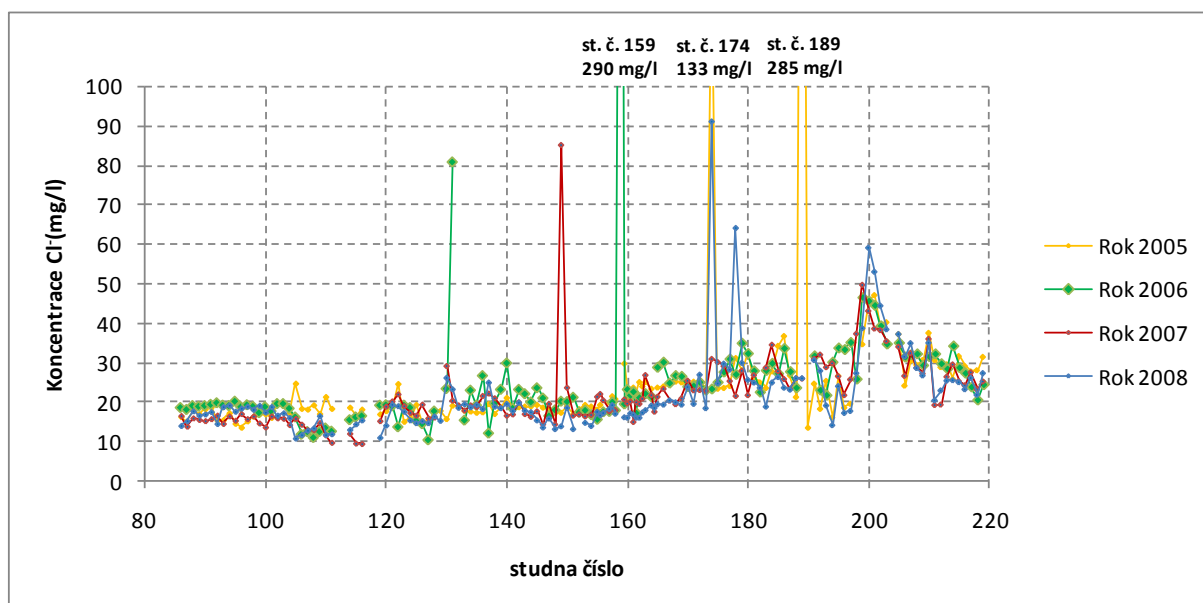
Výrazné je to zejména u minima podílu vody z Jizery ve studních 199 – 208 v hornosojovickém řadu (obr. 7.27.) To by mohlo indikovat trvalý přísun znečištěné vody o rozdílném chemismu než má Jizera. Tato voda má vyšší mineralizaci



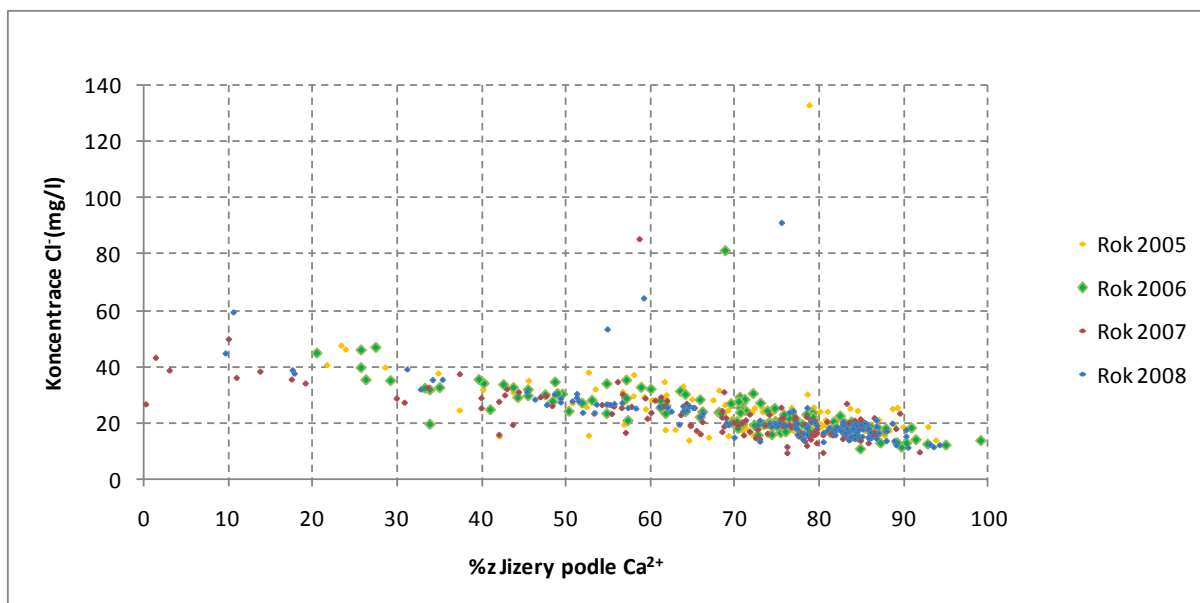
Obr. 7.27. – Podíl vody z řeky Jizery (modře) v jímacích objektech sojovického řadu v období 2005 – 2008; zeleně studna s bodovým znečištěním dusičnany, červeně studny s bodovým znečištěním chloridy, uvedené hodnoty koncentrací jsou maxima mediánů jednotlivých studní v sojovickém řadu za období 2005 – 2008, pozice skládek převzata z Jirákové (2007). Podklad topomapa ČR 1:10 000.

(Šantrůček 2011) obsahy dusičnanů, síranů a chloridů. Sojovická rekultivovaná skládka (obr. 7.27.) by mohla být zdrojem pozorovaných koncentrací. Podle Milického et al. (2007) však vrty situované v bezprostřední blízkosti sojovické skládky dusičnany neobsahují, díky přítomnosti redukčního prostředí. Výjimkou byl ale vrt HV-1036 (Švoma et al. 1994), kde koncentrace dusičnanů nebyla zanedbatelná (kap. 7.4.3.). Druhé minimum v okolí studny 130 v dolsojovickém řadu (obr. 7.27.) se na koncentracích dusičnanů zřetelně projevuje jen v roce 2006 vysokou hodnotou ve studni 135. Spíše by se tedy mohlo jednat o bodové znečištění než o trvale přítékající množství vody.

Podobný trend jako dusičnany vykazují chloridy (obr. 7.28.). Se snižujícím se podílem vody z řeky Jizery se zvyšují jejich koncentrace (obr. 7.29.) Směrem k severu jejich koncentrace ve studních vzrůstají a maxim dosahují u studní 199 – 203 (obr. 7.27), kde je podíl vody z řeky Jizery nejnižší. V některých místech sojovického řadu docházelo v uplynulých letech k bodovému znečištění chloridy (zejména studny 159, 174 a 189).



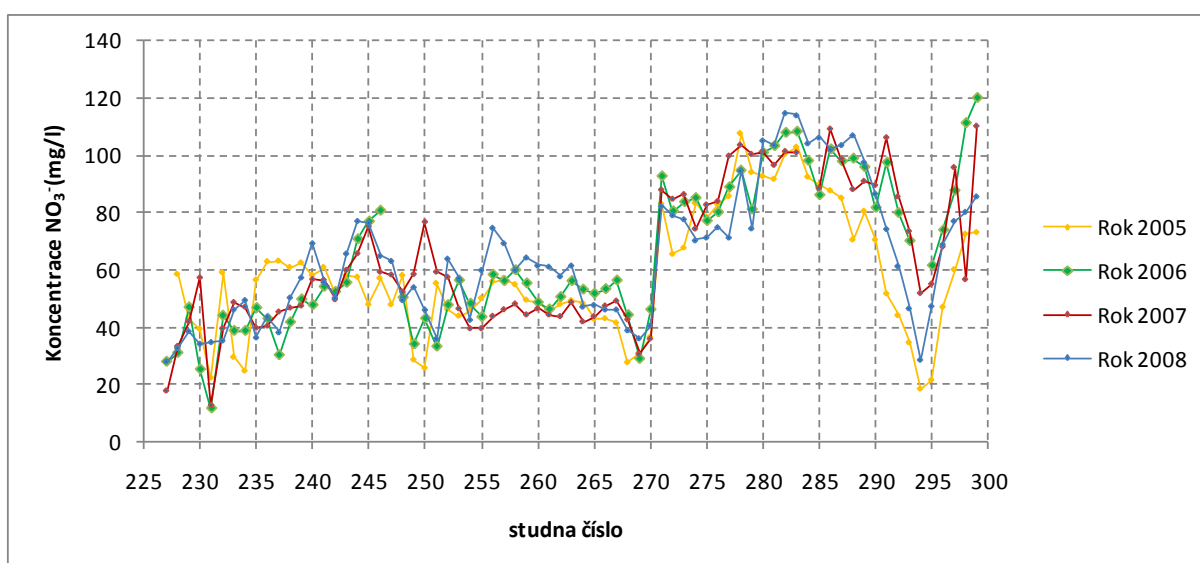
Obr. 7.28. – Koncentrace chloridů v sojovickém řadu v letech 2005 – 2008, data převzata z Herčík et al. (2010)



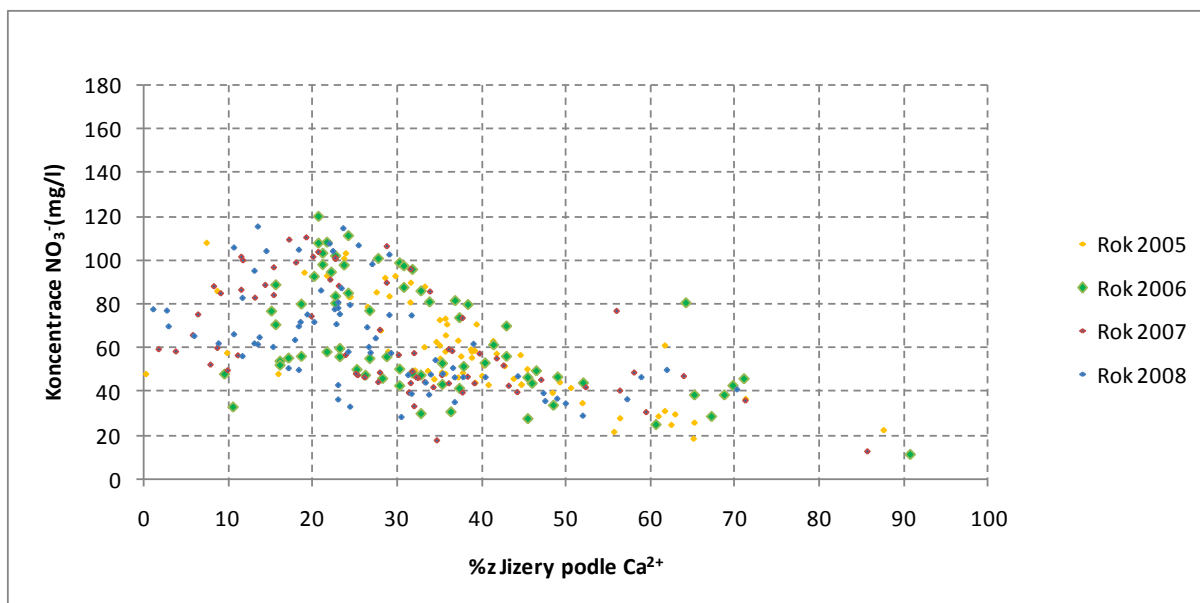
Obr. 7.29. – Vztah mezi podílem vody z řeky Jizery v jímacích objektech a koncentracemi chloridů v sojovickém řadu

7.7.2. Skorkovský řad

Obr. 7.30. ukazuje průběh hodnoty koncentrací dusičnanů ve studnách skorkovského řadu. Korelace mezi množstvím vody z řeky Jizery v jímacích objektech a jejich koncentracemi je nižší než ve studnách sojovického řadu (obr. 7.31.). Přesto se dá říci, že studny s vyšším přítokem vody z Jizery mají nižší koncentrace NO_3^- a naopak. Nejvyšší koncentrace NO_3^- (většinou nad 60 mg/l) jsou v severním levobřežním křídle skorkovského řadu (7.33) a jsou vymezeny studnami 270 a 294 s nízkými koncentracemi (obr. 7.30.).

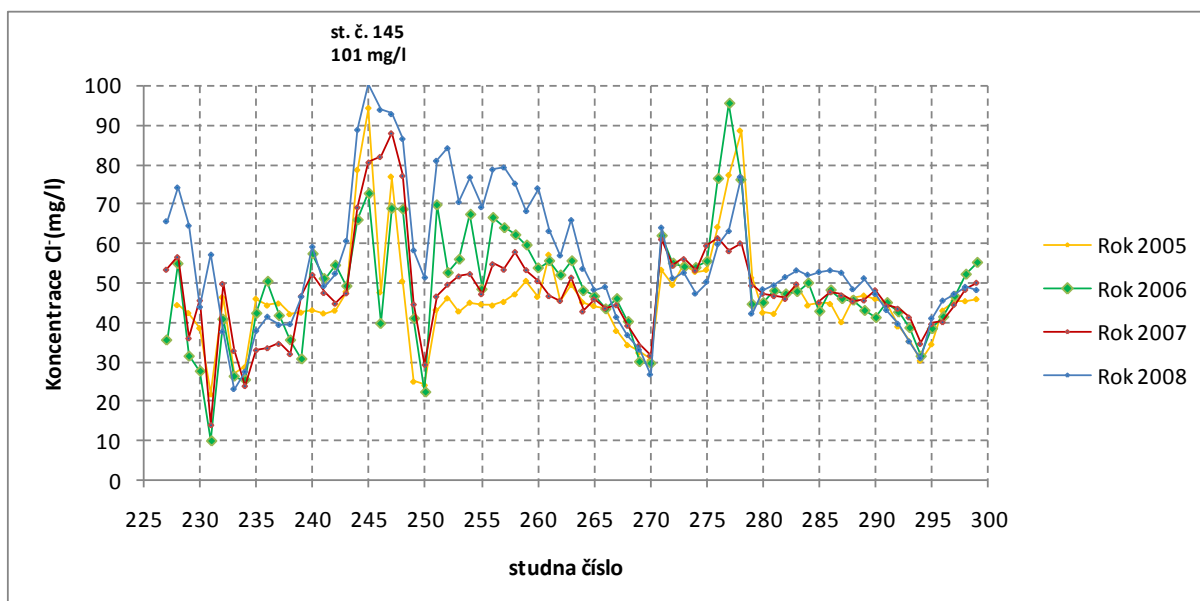


Obr. 7.30. – Koncentrace dusičnanů ve skorkovském řadu v letech 2005 – 2008, data převzata z Herčík et al. (2010)



Obr. 7.31. – Vztah mezi podílem vody z řeky Jizery v jímacích objektech a koncentracemi dusičnanů ve skorkovském řadu

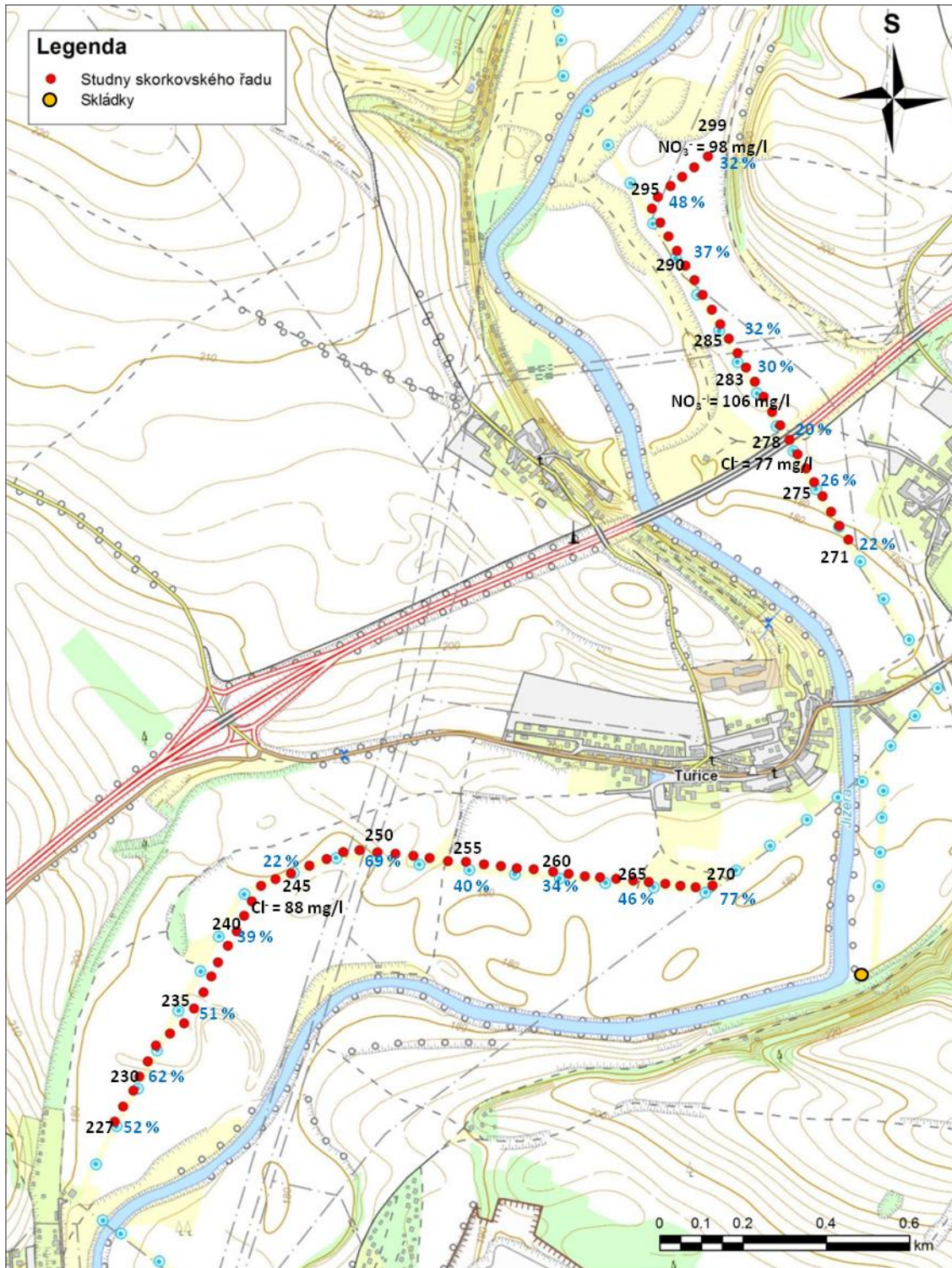
Průběh koncentrací chloridů ve skorkovském řadu je na obr. 7.32. Oblast nejvyšších koncentrací Cl^- se liší od NO_3^- .



Obr. 7.32. – Koncentrace chloridů ve skorkovském řadu v letech 2005 – 2008, data převzata z Herčík et al. (2010)

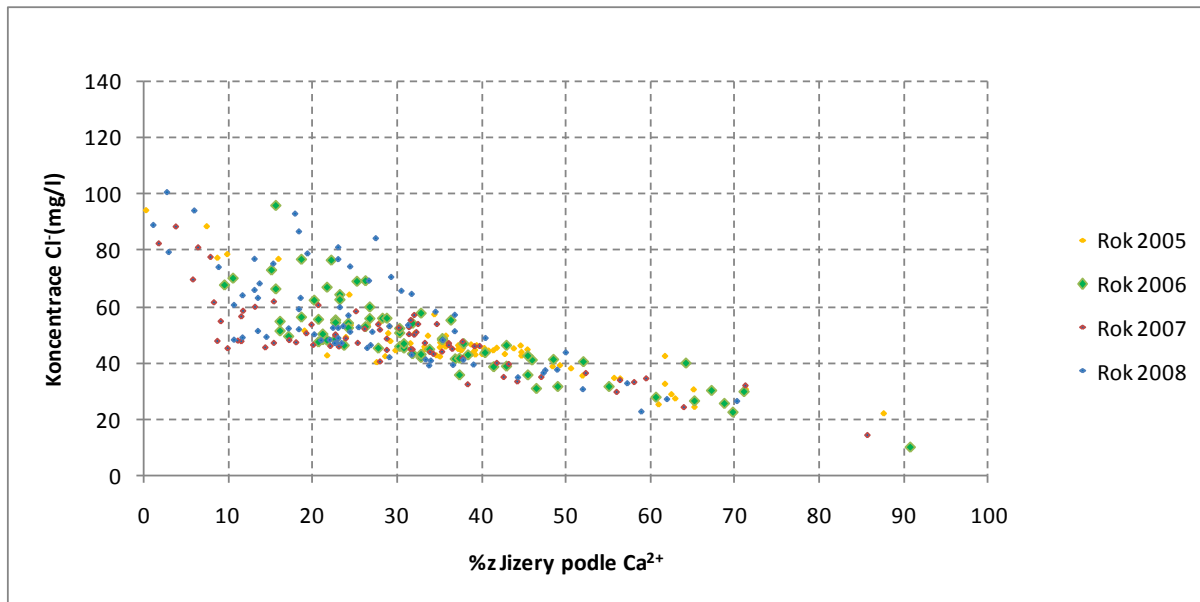
Zde se ukazuje, že vysoké koncentrace Cl^- mají pravděpodobně jiný zdroj než NO_3^- . Jejich původ je nejspíš ze solí ze silnice pro motorová vozidla R10. Jak je vidět z obr. 7.32. nejvyšší koncentrace chloridů byly stanoveny ve studni 145 a jejím okolí (studny 144 až 148) a také ve studních 177 a 178. Studna 178 (obr. 7.33.) leží přímo

v místě křížení skorkovského řadu a silnice R10. Studna 145 a její okolí leží cca 300 m od R10 v depresi prakticky po spádnicí (obr. 7.33.) od svodů vody z R10.



Obr. 7.33. – Podíl vody z řeky Jizery (modře) v jímacích objektech skorkovského řadu v období 2005 – 2008; uvedené hodnoty koncentrací jsou maxima mediánů jednotlivých studní ve skorkovském řadu za období 2005 – 2008, pozice skládek převzata z Jirákové (2007). Podklad topomapa ČR 1:10 000.

Podobně jako v sojovickém řadu je i ve skorkovském výrazná korelace mezi množstvím vody z řeky Jizery v jímacích objektech a koncentracemi Cl^- (obr. 7.34.). Ty se zvyšují s klesajícím podílem z řeky.



Obr. 7.34. – Vztah mezi podílem vody z řeky Jizery v jímacích objektech a koncentracemi chloridů ve skorkovském řadu

8. Závěr

Půdní lyzimetry instalované na jaře a na podzim roku 2009 v hloubkách mezi 20 - 60 cm poskytly informace o chemizmu vod sestupující nenasycenou zónou, poměru stabilních izotopů kyslíku a vodíku a orientační míře evapotranspirace v půdní zóně.

Ze změn chemizmu půdní vody bylo možno určit vliv srážek, vegetační aktivity a jarního tání v průběhu roku 2010 na koncentrace rozpuštěných látek. Sledování chemizmu v půdní vodě především ukázalo, že podél vodárenského pásu severní části hornosojovického řadu došlo v roce 2010 k největší dotaci dusičnany v půdní vodě po jarním tání a koncentrace dusičnanů vykazovaly pokles v průběhu roku (zde se nejvíce projevuje hnojení půdy a spotřeba dusičnanů vegetací). Naopak v blízkosti hnojiště v oblasti hornosojovického řadu koncentrace dusičnanů v průběhu roku 2010 nejprve vzrůstaly, maxima dosáhly v létě a pak následoval opět pokles (dochází k vyplavování dusičnanů z hnojiště v průběhu letních srážek). Průměrná koncentrace dusičnanů v půdních lyzimetrech vážená množstvím vody v lyzimetru se pohybuje od 26 do 503 mg/l. Zdaleka nejvyšší koncentrace vykázal lyzimetr L2 a to 696 mg/l. Tyto extrémní koncentrace dusičnanů (Buzek et al. 2011) zjištěné v L2 v roce 2008 se dalším studiem šesti lyzimetrů nepotvrdily. Díky nadprůměrným srážkám nebyla patrně v průběhu roku 2010 zavlažována pole v okolí lyzimetrů, což zřejmě mělo vliv na výsledný chemizmus v lyzimetrech. Bylo by v budoucnu vhodné lyzimetry sledovat i v suchých letech, kdy se naopak projeví efekt zavlažování

Podle analýzy stabilních izotopů vodíku a kyslíku z půdní vody odebrané z lyzimetrů je zřejmé, že na jaře roku 2010 docházelo k přítoku zimní vody z tání skrze preferenční cesty do lyzimetrů, což může usnadnit migraci dusičnanů. V průběhu roku se pak zvyšoval podíl vody různého stáří tekoucí především z pórů. V lyzimetrech L5 a L9 se také projevil vliv zavlažování vodou z Jizery.

Orientační hodnota evapotranspirace vypočtená z množství zachycené vody v lyzimetrech se pohybovala okolo 90%. To znamená, že množství vody proudící nenasycenou zónou ve formě gravitačního proudění nebo nízkého podtlaku (pod 10 cm vodního sloupce, což je výška stěn záchytné nádoby lyzimetru) v prvních 60 cm je v roce 2010 po započtení různých vlivů minimálně 10% ročního srážkového úhrnu, což odpovídá zhruba 54 mm/rok. Skutečné množství proudící vody je zřejmě výrazně

vyšší, ale odehrává se za vyšších sacích tlaků a voda tak bude gravitační lyzimetry obtékat.

V případě infiltračních zkoušek provedených na podzim roku 2009, v hloubkách 0 – 25 cm se mi podařilo stanovit hodnoty vertikální hydraulické vodivosti, na travním krytu vodárenského pásu v rozmezí $6,5 \cdot 10^{-5}$ - $1,85 \cdot 10^{-4}$ m/s a v poli v rozmezí 10^{-6} - $4,6 \cdot 10^{-5}$ m/s, která klesá se zvyšující se hloubkou. Relativně vysoká propustnost na travním krytu umožňuje rychle zasáknutí vody a rozpuštěných dusičnanů do porézního prostředí půdy. Nižší propustnost v poli je příčinou tvorby povrchového odtoku, který byl často pozorován při zavlažování. Voda proudící po povrchu soustředěně mizí v desikačních trhlinách. Výrazně koncentrované proudění (makropory) může výrazně urychlovat migraci dusičnanů do větších hloubek.

Ze srovnání chemizmu jednotlivých zdrojů vody jímacích řadů je v případě koncentrací dusičnanů poznat, že pozorované hodnoty v sojovickém řadu (až 150 mg/l NO_3^-) a skorkovském řadu (až 120 mg/l) pocházejí nejspíše z vod kvartérních sedimentů, především nesaturované zóny (až 160 mg/l NO_3^- bez zahrnutí extrémních hodnot v L2), protože řeka Jizera i vody jizerského souvrství mají vždy nižší hodnoty koncentrací (v případě Jizery < 20 mg/l, v případě jizerského souvrství < 40 mg/l).

Z chemizmu se také dalo určit, že řeka Jizera tvoří dolní mez koncentrací jímacích objektů sojovického řadu v případě iontů vápníku, hořčíku, hydrogenkarbonátů, síranů a dusičnanů a na jeho horní mezi leží v případě iontů vápníku, hydrogenkarbonátů a částečně i hořčíku přibližně vody jizerského souvrství. Na minimu koncentrací skorkovského řadu leží řeka Jizera jen v případě iontů hořčíku, síranů a dusičnanů. U iontů vápníku a hydrogenkarbonátů má Jizera nižší koncentrace než skorkovský řad. Maximum koncentrací skorkovského řadu tvoří jizerské souvrství jen v případě hydrogenkarbonátů. Zdroj kvartérních vod měl vysoký a téměř shodný rozptyl koncentrací jako oba jímací řady v případě všech zkoumaných iontů.

Navíc hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu mezi ionty vápníku a síranů v rozmezí 0,88 – 0,93 (sojovický) a 0,82 – 0,95 (skorkovský) ukázaly jejich výraznou korelaci v jímacích objektech. Z těchto dvou důvodů jsem mohl ionty vápníku a síranů využít jako vhodné konzervativní stopovače pro odhad zastoupení zdrojů vody v obou jímacích řadech. Použil jsem model binárního míšení, protože koncentrace

Ca^{2+} a SO_4^{2-} jímacích objektů sojovického řadu tvoří výrazně protažený shluk na mísící linii mezi dvěma koncovými členy. První člen odpovídá koncentrací Ca^{2+} a SO_4^{2-} , přibližně aritmetickému průměru koncentrací ve vodě řeky Jizery. Druhému členu neodpovídaly svými koncentracemi vody kvartérních náplavů ani vody jizerského souvrství (přestože např. koncentrace Ca^{2+} vod jizerského souvrství ležely v okolí horní meze koncentrací sojovického řadu). Bylo tedy možné odhadnout jen procentní podíl vody z řeky Jizery (ať už z břehové infiltrace, infiltrace za povodní nebo umělé infiltrace z infiltračních van) v jímacích objektech sojovického a skorkovského řadu. Ten se u sojovického v období let 2005 – 2008 pohybuje průměrně mezi 71 – 80 %. Podíl vody z Jizery je nejnižší v severní části hornosojovického řadu (pod 30%) a koncentrace dusičnanů a chloridů jsou zde nejvyšší. U skorkovského řadu je podíl říční vody v letech 2005 – 2008 mezi 38 – 41 %. Tyto hodnoty jsou dosti odlišné od výpočtů předchozích autorů: Šantrůček, Milický (2004) odhadli na základě celkové mineralizace, že 80% vody Skorkovského řadu pochází z Jizerského souvrství. Buzek et al. (2006) odhadl na základě izotopů kyslíku, že ve skorkovském řadu je podíl říční vody 60% a kvartérní vody 40%. Podíl z jizerského souvrství neuvažoval. Nejnižší podíly vody Jizery (pod 30%) jsou, obdobně jako v případě sojovického řadu, tam kde jsou koncentrace dusičnanů a chloridů nejnižší. Zbývajících cca 20 – 30 % vody v jímacích objektech sojovického řadu a cca 60% ve studních skorkovského řadu připadá na vody jizerského souvrství a vody kvartérních sedimentů. Není ovšem zřejmé, jakým způsobem se tyto dva zdroje na uvedeném množství vody podílejí.

Praha, leden 2012

Lukáš Hronec

.....

9. Seznam citací

Balatka, B., Sládek, J. (1962): Říční terasy v českých zemích. Geofond, ČSAV, Praha.

Bruthans, J. (2011): Konzultace. Ústní sdělení, Jiří Bruthans, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.

Buzek, F., Kadlecova, R., Knezek, M. (2006): Model reconstruction of nitrate pollution of riverbank filtration using ^{15}N and ^{18}O data, Karany, Czech Republic. Applied Geochemistry 21, 4, 656-674, ISSN 0883-2927.

Buzek, F., Kadlecova, R., Jackova, I., Lnenickova, Z. (2011): Nitrate transport in the unsaturated zone: a case study of the riverbank filtration systém Karany, Czech Republic. In press Hydrological Processes, ISSN 1099-1085.

Císlerová, M., Šimůnek, J., Vogel, T. (1988): Changes of steady-state infiltration rates in recurrent ponding infiltration experiments. Journal of Hydrology 104, 1-16.

Clark, I. D., Fritz, P. (1997): Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press LLC, USA, ISBN 1-56670-249-6.

Czudek, T., Balatka, B., Demek, J. Ivan, A., Kousal, J., Loučková, J., Sládek, J., Stehlík, O., Štelcl, O., Borský, J., Kudrnovská, O. (1972): Geomorfologické členění ČSR. Geografický ústav ČSAV. Brno.

Dub, O., Němec, J. (1969): Hydrologie. 378p SNTL Brno.

Herčík, F., Herrmann, Z., Valečka, J. (1999): Hydrogeologie české křídové pánve. ČGÚ, Praha, ISBN 80-7075-309-9.

Herčík, L., Koudelová, L., Kadlecová, R. (2010): Vliv zemědělského hospodaření v ochranných pásmech vodního zdroje Káraný na kvalitu jímané vody. SOVAK Časopis vodovodů a kanalizací, 11, 12-14, ISSN 1210-3039.

Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J., Stráník, Z. (2002): Geologická minulost české republiky. Academia, Praha, ISBN 80-200-0914-0.

Jiráková, H. (2007): Jakost podzemní vody v jímacím území Káraný. Diplomová práce, MS, Pff UK, Praha, květen 2007.

Kaas A., Valečka J., Nakládal V., Herčík F. (1987): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve Bilanční celek 2. Stavební geologie n. p., Praha.

Kněžek, M., Křivánek O. (2001): Zdroje pitné vody v Káraném. Pražské vody a kanalizace, a.s., závod Káraný.

Malkovský, M., Benešová, Z., Čadek, J., Holub, V., Chaloupský, J., Jetel, J., Müller, V., Mašín, J., Tásler, R. (1974): Geologie české křídové pánve a jejího podloží. ÚÚG, Akademia, Praha.

Milický, M., Hösl, P., Šantrůček, J. (2007): Hodnocení jakosti podzemních vod pro úpravnu vody Káraný. SOVAK Časopis vodovodů a kanalizací 16, 10, 2-6, ISSN 1210-3039.

Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V., Weiss, J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. SPN, Praha.

Müller, V., Brunnerová, Z., Dobeš, P., Holásek, O., Hrkal, Z., Lysenko, V., Skalický, J., Tomášek, M., Zeman, M. (1991): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000 List 13 – 13 Brandýs n. L. – Stará Boleslav. ČGÚ, Praha.

Müller, V., Havlíček, P., Holásek, O., Hradecká, L., Jinochová, J., Klečák, J., Majer, V., Manová, M., Rudolský, J., Šalanský, K., Zelinka, Z. (2001): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000 List 13 – 11 Benátky nad Jizerou. ČGÚ, Praha.

Pitter, P. (1990): Hydrochemie. SNTL, Praha, ISBN 80-03-00525-6.

Ryšánek, V. (2006): Soutoky řek na území Čech, Moravy a Slezska. Libri, Praha, ISBN 80-7277-311-9.

Růžičková, E., Havlíček, P. (1981): Fluviální sedimenty soutokové oblasti Labe a Jizery. ÚÚG, Praha.

Tolasz, R., Brázdil, R., Bulíř, O., Dobrovolný, P., Dubrovský, M., Hájková, L., Halášová, O., Hostýnek, J., Janouch, M., Kohut, M., Krška, K., Křivancová, S., Květoň, V., Lepka, Z., Lipina, P., Macková, J., Metelka, L., Mílková, T., Mrkvica, Z., Možný, M., Nekovář, J., Němec, L., Pokorný, J., Reitschläger, J. D., Richterová, D.,

Rožnovský, J., Řepka, M., Semerádová, D., Sosna, V., Stříž, M., Šercl, P., Škáchová, H., Štěpánek, P., Štěpánková, P., Trnka, M., Valeriánová, A., Valter, J., Vaníček, K., Vavruška, F., Voženílek, V., Vráblík, T., Vysoudil, M., Zahradníček, J., Zusková, I., Žák, M., Žalud, Z. (2007): Atlas podnebí česka. ČHMÚ, Praha, ISBN 978-80-86690-26-1.

Šanda, M., Vitvar, T., Holko, L., Blažková, Š., Bůzek, F., Císlerová, M., Fottová, D., Kostka, Z., Kulasová, A., Kvítek, T. Šnytr, O., Tachecí, P., Tesař, M., Vícha, Z., Žlábek, P. (2011): Využití stabilních izotopů vodíku a kyslíku v hydrologii malých experimentálních povodí České a Slovenské republiky. Konference Hydrologie malého povodí 2011

Šanda, M. (2012): Konzultace o evapotranspiraci. Ústní sdělení, Martin Šanda, ČVUT, Fakulta stavební.

Šantrůček J., Milický M. (2004): Hodnocení jakosti podzemních vod v jímacím území Káraný v roce 2004, Praha.

Šantrůček, J. (2011): Konzultace o jímacím území Káraný. Ústní sdělení, Jaromír Šantrůček, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.

Švoma, J., Brychnáč, A., Beneš, V., Korbová, M., Remenárová, D., Šupíková, J., Zíma, J. (1994): Sojovice III – asanační a monitorovací práce v okolí skládky plus 1. dílčí zpráva. MS, Aquatest SG a.s., Praha, Geofond P082670.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Příloha 1 – Chemické analýzy půdní vody z lyzimetrů

Anionty – L1

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
30.7.2008	1,24	25,0	52,1	1,6	n.d.

Kationty – L1

Datum odběru	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l	Sr mg/l
30.7.2008	0,037	100	0,205	0,96	3,82	0,078	7,58	6,49	0,373

Anionty – L2; (*) – analyzováno na ČGS

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	(*) NO ₃ ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l
18.12.2008	0,16	108,97	57,04	696,27	762,0	0,00
16.3.2009	0,245	86,05	50,97	542,51	585,0	4,9
14.4.2009	0,059	12,67	11,17	124,25	370,6	12,2

Kationty – L2

Datum odběru	Al mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l
18.12.2008	<0,20	229,72	<0,20	9,50	31,52	0,7007	13,53	0,17732	0,0209
16.3.2009	0,27	168,65	<0,05	5,33	25,07	252,0	9,64	0,088	0,0055
14.4.2009	<0,20	48,25	<0,05	1,13	5,87	43,0	2,94	0,071	0,0025

Kationty – L2, 2. část

Datum odběru	As mg/l	Cd mg/l	Li mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l
18.12.2008	0,0028	0,0004	<0,002	0,23
16.3.2009	<0,0005	0,0009	0,0053	0,20
14.4.2009	0,0006		<0,002	<0,02

Anionty – L3; (*) - analyzováno na ČGS

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
(*)3.7.2009	0,887	6,27		43,16	100,71		317,3	
3.7.2009	0,65	9,6		119		n.d.	48,8	
3.8.2009	0,58	2,34		30,62		n.d.		
11.9.2009	0,57	1,72		29,84		n.d.	48,8	
18.4.2010	0,46	16,73	<0,2	26,23	100,37	<0,2		19,1
25.6.2010	0,57	11,5	<0,2	57,0	37,7	<0,4		
27.8.2010	0,71	27,1	<0,4	121	34,6	<0,8		

Kationty – L3; (*) - analyzováno na ČGS

Datum odběru	Al mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l
(*)3.7.2009	< 0,20		131,69	< 0,05	0,50	5,91	0,009	6,44	
3.7.2009	0,4	0,087	67,2	0,23	3,77	6,69	0,037	7,52	14,3
3.8.2009	0,64	0,036	17,3	0,979	1,46	2,22	0,205	2,48	7,4
11.9.2009	0,35	0,027	17,1	0,338	1,28	2,14	0,006	2,31	7,18
18.4.2010	0,07	0,140	49	0,046	17,1	8,04	0,121	5,27	12,6
25.6.2010	0,27		36,7	0,038	3,48	4,733	0,016	2,29	6,19
27.8.2010	0,22	0,133	78,2	0,100	3,51	9,99	0,292	3,78	13,5

Kationty – L3, 2. část; (*) - analyzováno na ČGS

Datum odběru	Sr mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	As mg/l	Li mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l
(*)3.7.2009		0,021	0,012	<0,0005	<0,002	0,08
3.7.2009	0,31	0,018	<0,001	<0,005	<0,005	
3.8.2009	0,107	<0,005	<0,001			
11.9.2009	0,107	<0,005				
18.4.2010	0,473	0,080				
25.6.2010	0,208	0,030				
27.8.2010	0,486	0,017				

Anionty – L4; (*) - analyzováno na ČGS

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
(*)3.7.2009	1,030	7,30		49,48	103,46		353,9	
3.7.2009	1,04	7,2		42,6		n.d.	381	
3.8.2009	0,93	3,59		11,97		2,67	273	
18.4.2010	0,76	43,89	<0,2	73,72	144,94	<0,2	195,2	0,65
27.8.2010	1,36	18,1	<1	47,3	120	<2	302	

Kationty – L4; (*) - analyzováno na ČGS

Datum odběru	Al mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l
(*)3.7.2009	<0,20		157,40	0,07	0,58	7,02	0,0060	7,76	
3.7.2009	<0,01	0,062	142	<0,005	0,59	5,99	<0,005	7,31	8,71
3.8.2009	<0,05	0,062	59,3	0,374	5,67	3,78	0,615	3,75	5,59
18.4.2010	<0,05	0,092	177	<0,005	6,77	7,42	0,012	7,01	3,70
27.8.2010	<0,05	0,095	156	<0,005	2,65	8,30	0,009	6,71	6,27

Kationty – L4, 2. část; (*) - analyzováno na ČGS

Datum odběru	Sr mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	As mg/l	Li mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l
(*)3.7.2009		0,026	0,0122	<0,0005	<0,002	0,11
3.7.2009	0,54	0,011	<0,001	<0,005	<0,005	
3.8.2009	0,281	<0,005	<0,001			
18.4.2010	0,742	0,056				
27.8.2010	0,605	0,079				

Anionty – L5; (*) - ke stanovení aniontů použity filtrované vzorky ke stanovení alkality

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
(*)18.4.2010	0,49	17,81	<0,2	73,90	30,72	<0,2	384,3	0,28
27.8.2010	<1	3,45	<1	27,9	33,7	<2	612	

Kationty – L5

Datum odběru	Al mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l	Sr mg/l	Zn mg/l
18.4.2010	<0,05	0,037	193	<0,005	1,26	3,88	<0,005	8,82	3,62	0,722	0,030
27.8.2010	<0,05	0,127	206	<0,005	0,55	5,14	<0,005	8,17	6,45	0,732	0,019

Anionty – L6

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
25.2.2010	<0,2	18,64	<0,2	41,35	114,47	<0,4	26	
18.4.2010	<0,2	15,26	<0,2	32,17	106,47	<0,2	25,9	0,21
23.5.2010	<0,2	14,0	<0,2	30,9	87,2	<0,4	48,8	0,35
25.6.2010	<0,2	10,1	<0,2	28,6	55,5	<0,4	59,5	
29.8.2010	0,31	5,82	<0,2	12,8	4,13	<0,4	67	1,14

Kationty – L6

Datum odběru	Al mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l	Sr mg/l	Zn mg/l
25.2.2010	0,09		55,2	0,021	0,96	6,82	0,056	5,06	8,77	0,267	0,058
18.4.2010	0,09	0,093	62	0,006	0,62	5,53	<0,005	5,83	8,57	0,339	0,052
23.5.2010	0,18		43,7	0,015	3,38	5,331	0,029	3,94	9,73	0,223	0,045
25.6.2010	0,32		36,2	0,073	0,77	4,449	0,034	3,58	9,97	0,184	0,023
29.8.2010	0,47	0,055	21,9	0,623	2,62	2,96	0,284	2,21	7,46	0,116	0,014

Anionty – L8

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
25.2.2010	0,46	8,71	<0,2	30,37	84,96	<0,4	49	
18.4.2010	0,48	15,13	<0,2	27,19	111,50	<0,2	79,3	15,4
23.5.2010	0,37	19,2	<0,2	31,7	153	<0,4	102	0,38
29.8.2010	0,71	20,5	<0,4	31,6	77,0	0,93	157	

Kationty – L8

Datum odběru	Al mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l	Sr mg/l	Zn mg/l
25.2.2010	0,25		34,8	0,131	13,1	6,20	0,076	4,43	11,8	0,309	0,015
18.4.2010	0,09	0,155	70	0,049	24,2	8,99	0,145	7,50	12,8	0,714	0,073
23.5.2010	0,19		67,2	0,058	20,5	11,660	0,271	5,97	14,0	0,624	0,023
29.8.2010	0,35	0,184	68,8	0,179	21,7	12,1	0,181	5,85	11,4	0,648	0,019

Anionty – L9

Datum odběru	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
25.2.2010	0,26	13,08	<0,2	21,09	139,21	<0,4	49	
18.4.2010	0,35	1,76	<0,2	5,04	21,83	<0,2	50,3	<0,05
29.8.2010	0,34	10,2	<0,2	4,74	32,3	<0,4	79	

Kationty – L9

Datum odběru	Al mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	Si mg/l	Sr mg/l	Zn mg/l
25.2.2010	0,04		62,0	0,040	0,20	3,85	0,008	4,73	3,4	0,241	0,015
18.4.2010	0,15	0,011	24	0,10	0,22	1,09	<0,005	3,55	3,39	0,100	0,032
29.8.2010	0,09	0,028	37,1	0,021	0,33	2,27	<0,005	4,44	5,82	0,148	<0,005

Příloha 2 - Seznam objektů z hydrogeofondu

Skupina	Objekt	Lokalita	Typ objektu	Hloubkový interval (m)		Datum odběru
				od	do	
C	LU-1	Luštěnice	vrt	25,1	81,9	11.11.1985
C	LU-2	Luštěnice	vrt	19,9	85,5	11.11.1985
C	LU-4	Luštěnice	vrt	23,9	86,5	1.10.1985
C	K-1	Kochánky	vrt	14,0	46,0	8.9.1969
C	M-2	Mečeříž	vrt	32,0	100,0	14.2.1965
C	HSP-2T	Sedlec u Benátek	vrt	60,0	130,0	30.6.1988
C	HV-1017	Milovice nad Labem	vrt	0,5	7,7	18.12.1991
C	HV-1018T	Milovice nad Labem	vrt	7,3	18,0	17.2.1992
C	1	Jiřice	vrt	17,0	22,5	24.4.1959
C	V-1	Nové Benátky	vrt	15,3	40,0	3.1.1961
C	ST-1	Staré Benátky	vrt	31,5	44,0	18.12.1964
C	ST-1	Benátecká Vrutice	vrt	19,6	40,2	31.1.1967
C	ST-2	Benátecká Vrutice	vrt	22,0	37,4	7.2.1967
C	HV-1	Jiřice	vrt	27,5	39,5	2.4.1968
C	HV-1	Benátecká Vrutice	vrt	12,6	38,6	9.4.1974
C	HV-2	Benátecká Vrutice	vrt	15,0	37,1	9.4.1974
C	HV-730	Benátecká Vrutice	vrt	12,3	59,8	27.4.1984
C	BK-1	Benátky nad Jizerou	vrt	34,2	48,2	24.3.1988
C	HVJ-1	Staré Benátky	vrt	5,0	28,0	3.12.1989
C	J-35	Staré Benátky	vrt	4,0	10,0	13.6.2001
C	Jl-1511	Staré Benátky	vrt	18,0	40,0	10.9.1992
C	LH-1509	Jiřice	vrt	15,0	26,3	24.3.1992
C	BE-1510	Staré Benátky	vrt	17,0	30,0	22.6.1962
C	674	Nové Benátky	vrt	2,2	8,8	22.11.1966
C	HV-1	Lysá nad Labem	vrt	5,0	17,0	7.3.1967
C	HV-2	Lysá nad Labem	vrt	5,0	17,0	7.3.1967
C	HV-1012T	Sojovice	vrt	16,0	25,0	9.11.1992
C	V-1	Staré Benátky	vrt	20,0	38,5	25.10.1992
C	HJ-1	Benátky nad Jizerou	vrt	45,0	54,0	19.5.1994
C	HV-1	Kochánky	vrt	35,3	69,3	21.9.1982
C	HV-2	Kochánky	vrt	40,5	58,5	12.10.1982
C	SO-1032	Sojovice	vrt	10,0	12,0	6.1.1994
C	Mi-1624	Milovice nad Labem	vrt	4,0	19,0	13.9.1994
C	MV-1	Jiřice	vrt	0,5	4,5	28.7.1996
C	MV-4	Jiřice	vrt	0,5	3,0	28.7.1996
C	S	Dražice	vrt	4,0	33,2	2.7.1955
C	ST-1	Milovice nad Labem	vrt	0,0	33,0	7.6.1955
C	CKN-1	Jiřice	vrt	0,0	61,8	24.2.1992
C	CKN-2	Jiřice	vrt	50,0	61,0	20.2.1992
C	pc.-162/54	Sedlčánky	vrt	10,0	14,0	24.3.2004
C	HKa-5	Káraný	vrt	15,0	21,0	23.2.2005

Skupina	Objekt	Lokalita	Typ objektu	Hloubkový interval (m)		Datum odběru
				od	do	
Qf les	B	Sojovice	vert	4,8	13,6	7.5.1961
Qf les	C	Káraný	vert	8,5	14,5	7.5.1961
Qf les	P-1	Káraný	vert	9,7	12,2	27.1.1962
Qf les	P-2	Káraný	vert	9,6	11,6	29.1.1962
Qf les	P-3	Káraný	vert	9,6	11,7	24.1.1962
Qf les	P-4	Káraný	vert	10,4	17,4	27.1.1962
Qf les	P-5	Káraný	vert	11,5	17,5	27.1.1962
Qf les	P-6	Lysá nad Labem	vert	11,8	13,7	22.1.1962
Qf les	P-7	Lysá nad Labem	vert	8,9	10,5	16.1.1962
Qf les	P-8	Káraný	vert	8,2	9,7	15.1.1962
Qf les	P-9	Káraný	vert	6,3	10,3	13.1.1962
Qf les	P-10	Lysá nad Labem	vert	6,9	11,9	8.1.1962
Qf les	P-11	Lysá nad Labem	vert	8,1	13,6	5.1.1962
Qf les	P-24	Lysá nad Labem	vert	11,2	18,0	24.1.1964
Qf les	P-25	Sojovice	vert	5,1	11,2	27.1.1964
Qf les	P-26	Sojovice	vert	12,3	18,3	24.1.1964
Qf les	P-28	Sojovice	vert	14,0	19,4	28.1.1964
Qf les	P-29	Sojovice	vert	14,0	20,0	14.2.1964
Qf les	P-30	Lysá nad Labem	vert	13,0	18,2	14.2.1964
Qf les	P-31	Lysá nad Labem	vert	6,7	15,0	4.2.1964
Qf les	PV-905	Sojovice	vert	2,5	10,3	23.11.1984
Qf les	PV-907	Sojovice	vert	8,6	16,0	20.11.1984
Qf les	PV-908	Sojovice	vert	4,0	14,5	19.11.1984
Qf les	PV-909	Sojovice	vert	10,0	18,8	12.11.1984
Qf les	PV-911	Sojovice	vert	11,0	20,5	13.11.1984
Qf les	PV-912	Lysá nad Labem	vert	10,5	19,0	6.12.1984
Qf les	PV-913	Lysá nad Labem	vert	9,3	20,5	21.11.1984
Qf les	PV-914	Lysá nad Labem	vert	9,0	19,5	21.11.1984
Qf les	PV-915	Lysá nad Labem	vert	9,0	19,2	14.11.1984
Qf les	PV-916	Lysá nad Labem	vert	10,3	19,0	15.11.1984
Qf les	PV-917	Lysá nad Labem	vert	8,5	19,7	22.11.1984
Qf les	PV-918	Lysá nad Labem	vert	6,2	15,8	26.11.1984
Qf les	PV-919	Lysá nad Labem	vert	5,6	15,3	26.11.1984
Qf les	PV-920	Lysá nad Labem	vert	6,5	12,0	5.12.1984
Qf les	PV-921	Lysá nad Labem	vert	5,0	14,7	19.11.1984
Qf les	HV-1	Káraný	vert	7,7	11,2	8.1.1985
Qf les	HV-2	Káraný	vert	7,7	11,2	14.1.1985
Qf les	HV-3	Káraný	vert	7,7	11,2	23.1.1985
Qf les	HV-4	Káraný	vert	4,7	8,2	6.2.1985
Qf les	HV-5	Káraný	vert	6,7	10,2	25.2.1985
Qf les	HV-6	Lysá nad Labem	vert	6,7	10,2	4.3.1985

Skupina	Objekt	Lokalita	Typ objektu	Hloubkový interval (m)		Datum odběru
				od	do	
Qf les	HV-7	Lysá nad Labem	vert	5,7	9,2	18.3.1985
Qf les	HV-8	Lysá nad Labem	vert	5,7	9,2	25.3.1985
Qf les	HV-10	Káraný	vert	2,5	4,2	29.4.1985
Qf les	HV-11	Káraný	vert	7,7	11,2	15.4.1985
Qf les	HV-12	Káraný	vert	7,7	11,2	4.4.1985
Qf les	PV-1a	Sojovice	vert	12,5	18,5	15.9.1989
Qf les	CL-1	Káraný	vert	1,0	3,0	24.3.1993
Qf les	CL-2	Káraný	vert	1,8	3,6	24.3.1993
Qf les	CL-3	Lysá nad Labem	vert	1,5	9,2	11.3.1993
Qf les	CL-4	Káraný	vert	2,0	6,0	11.3.1993
Qf les	CL-5	Lysá nad Labem	vert	3,5	9,5	17.3.1993
Qf les	OK-3	Lysá nad Labem	vert	9,5	15,0	28.8.1992
Qf les	OK-9	Lysá nad Labem	vert	9,5	14,1	28.8.1992
Qf les	OK-36	Lysá nad Labem	vert	5,5	11,0	28.8.1992
Qf les	OK-39	Lysá nad Labem	vert	6,0	11,5	28.8.1992
Qf les	OK-41	Sojovice	vert	8,8	14,1	26.8.1992
Qf les	OK-49	Sojovice	vert	8,8	13,7	18.8.1992
Qf les	V-670	Lysá nad Labem	vert	7,0	13,0	1.11.1968
Qf pole	HV-1016	Milovice nad Labem	vert	5,0	12,2	9.1.1992
Qf pole	O-2	Otradovice	vert	2,5	5,5	16.11.1968
Qf pole	V-516	Stará Lysá	vert	8,2	13,3	29.5.1965
Qf pole	HV-3	Lysá nad Labem	vert	12,0	24,0	2.4.1967
Qf pole	HV-4	Lysá nad Labem	vert	11,0	23,0	16.3.1967
Qf pole	LZ-1	Lysá nad Labem	vert	3,0	8,8	24.6.1982
Qf pole	PV-901	Sojovice	vert	2,5	9,3	12.11.1984
Qf pole	PV-902	Sojovice	vert	2,3	9,1	21.11.1984
Qf pole	PV-903	Sojovice	vert	1,5	8,6	22.11.1984
Qf pole	W-2	Káraný	vert	0,0	5,0	31.3.1981
Qf pole	W-10	Nový Vestec	vert	0,0	6,0	31.3.1981
Qf pole	BV-1602	Lysá nad Labem	vert	1,2	12,5	19.1.1993
Qf pole	SO-1030	Sojovice	vert	9,3	13,0	28.12.1993
Qf pole	SO-1031	Sojovice	vert	10,3	13,0	29.12.1993
Qf pole	AA-1	Káraný	vert	5,0	8,0	3.5.1995
Qf pole	S	Sojovice	vert	0,0	11,2	17.5.1966
Qf pole	St	Lysá nad Labem	vert	0,0	7,1	17.7.1963
Qf pole	K-1	Káraný	vert	0,0	7,0	2.3.1966
Qf pole	S-1	Staré Benátky	vert	9,4	10,4	4.9.1968
Qf pole	S-2	Staré Benátky	vert	9,4	10,4	1.11.1968
Qf pole	S-2	Staré Benátky	vert	0,0	8,6	26.9.1969