



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,
vzduch a přírodu

číslo úkolu 3809

Zpracování metodiky pro posuzování problematiky umělé infiltrace v ČR

DU4 Návrh pilotních lokalit

Zbyněk HRKAL

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí

Číslo výtisku: 1

Praha, listopad 2010



číslo úkolu
3809

Zpracování metodiky pro posuzování problematiky umělé infiltrace v ČR

DU4 Návrh pilotních lokalit

Zbyněk HRKAL

závěrečná zpráva

Praha, listopad 2010

počet stran 68

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30, 160 00 Praha 6

Ředitel:

Mgr. Mark Rieder

Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí

Zástupce zadavatele:

Mgr. Monika Mrozková

Zahájení a ukončení úkolu:

IV/2010 – IX/2010

Místo uložení zprávy:

SVTI VÚV TGM, v.v.i.

Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

Vedoucí odboru:

Ing. Anna Hrabánková

Hlavní řešitel:

Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.

Hlavní řešitel subprojektu: Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.**Spoluřešitelé:**

Josef Datel, Pavel Eckhardt, Zbyněk Hrkal, Markéta Hrkalová, Martina Chárová,
Vladimír Plešinger, Martin Milický, Marek Skalický, Josef Slavík,

Obsah

1. Úvod	5
2. Charakteristika pilotních lokalit	6
2.1. Pilotní lokalita fluviální kvartérní kolektor Labe v prostoru mezi Poděbrady a Čelákovici	6
2.1.1. Pilotní lokalita Rohov	6
2.1.2. Pilotní lokalita Kostomlátky	9
2.1.3. Lokalita Kluk	11
2.2. Pilotní lokalita Litá	15
2.3. Pilotní lokalita kvartér Lužnice u Majdalény	19
2.4. Pilotní lokalita Lednice	23
2.5. Pilotní lokalita Meziboří	28
2.6. Pilotní lokality zaměřené na zasakování vyčištěných odpadních vod	30
2.6.1. Horní Beřkovice	30
2.6.2. Měděnec	31
3. Návrh technických prací	34
3.1. Popis obecných aktivit na každé pilotní lokalitě	34
3.1.1. AKTIVITA 1. Klimatologické hodnocení	34
3.1.2. AKTIVITA 2. Hydrologické hodnocení	36
3.1.3. AKTIVITA 3. Hydrogeochemické hodnocení	38
3.1.4. AKTIVITA 4. Geofyzikální hodnocení	40
3.1.5. AKTIVITA 5. Hydrogeologická syntéza	42
3.1.6. AKTIVITA 6. Hydraulický model infiltračního území	43
3.1.7. AKTIVITA 7. Infiltrační experimenty	47
3.1.8. AKTIVITA 8. Upřesnění směru a rychlosti proudění podzemní vody	48
3.1.9. AKTIVITA 9. Návrh a realizace monitorovacího systému v okolí experimentů ..	50
3.1.10. AKTIVITA 10. Posouzení dopadu na okolní ekosystémy a stabilitu svahů a půd	52
3.2. Popis specifických aktivit na každé pilotní lokalitě	53
3.2.1. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě fluviální kvartérní kolektor Labe v prostoru mezi Poděbrady a Čelákovici	53
3.2.1.1. Pilotní lokality Rohov a Kostomlátky	53
3.2.1.2. Pilotní lokalita Kluk	55
3.2.2. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Majdalény	56
3.2.3. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Litá	56
3.2.4. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Lednice	57
3.2.5. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Meziboří	57
3.2.6. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitách Horní Beřkovice a Měděnec	59
4. Rozpočet prací	60
5. Komentář k rozpočtu	60

1. Úvod

V průběhu DU 3 bylo zhodnocena perspektivita území České republiky pro umělou infiltraci v regionálním měřítku. Tato etapa umožnila přistoupit k detailnějšímu členění a v regionech, které pro různé druhy zasakování povrchových vod disponují vhodnými přírodními podmínkami, vytipovat pilotní lokality. S ohledem na plánovaný finanční objem projektu si DU 4 si dal za cíl vybrat osm experimentálních území. Tyto lokality musely splňovat všechna kritéria perspektivisty, uváděná v DU 3. Současně se muselo jednat o prostředí, ve kterém navržená technologie umělé infiltrace bude představovat efektivní nástroj v boji s klimatickými extrémami. To znamená, že bude schopen být začleněn do protipovodňových opatření, případně do boje proti suchu.

Následující část představuje přehled přírodních poměrů všech vybraných pilotních lokalit, zdůvodnění jejich výběru a návrh technických prací. Samostatná kapitola je věnovaná rozpočtu a jeho podrobnému zdůvodnění.

2. Charakteristika pilotních lokalit

2.1. Pilotní lokalita fluvialní kvartérní kolektor Labe v prostoru mezi Poděbrady a Čelákovicemi

Uživatel výstupu pilotních lokalit:

Povodí Labe

VaK Nymburk

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Získání informací o efektivitě a dynamice infiltrace v období povodňových stavů jako podklad pro návrh suchých poldrů a jejich začlenění do protipovodňové ochrany
- 2/ Studium dopadu dlouhodobé infiltrace na okolní prostředí a optimalizace využívání břehové infiltrace a různých vodních stavů v řece.

Jako jedna z nejperspektivnějších oblastí pro řízenou umělou infiltraci se jeví plošně rozsáhlé a relativně mocné terasové stupně fluvialního kvartéru Labe v prostoru mezi Poděbrady a Čelákovicemi. Na řadě místních lokalit nacházíme analogické poměry s Káraným. Toto prostředí se jeví jako ideální pro testování různých typů zasakování a to jak plošné, tak bodové, vyvolávající indukované zdroje podzemních vod. Na základě detailní rešerše byly v tomto prostoru vytipovány dvě lokality.

První dvě představují lokality Rohov a Kostomlátky, které díky analogii s Káraným umožní ověřit možnost aplikovat podobné technologie, jaké jsou použity na soutoku Jizery a Labe. Současně však navržené experimenty podají podklady pro návrh suchých poldrů na pravém břehu Labe. Zde jsou díky přírodním podmínkám optimální podmínky pro realizaci těchto velmi efektivních a přírodě poměrně blízkých opatření. Modelové studie a zasakovací experimenty na této lokalitě umožní kvantifikovat efektivitu suchých poldrů a navrhnout tak variantu, které bude plnit protipovodňovou funkci s maximální účinností.

Třetí je oblast Kluk, kde neřízená umělá infiltrace probíhá již téměř sto let. Vzduším hladiny vody v Labi dochází k zasakování poříční vody, která je zde jímána. Návrh modelových studií a praktických experimentů umožní otestovat dlouhodobý vliv infiltrace na horninové prostředí, detailní analýzu kolmatačních procesů. V konečném důsledku podá podklady pro optimalizaci využívání v různých režimech vodních stavů, včetně povodňových. Tyto výsledky budou přímo aplikovatelné jak na jímacím území Kluk, tak v obecné rovině na analogických lokalitách na území České republiky.

Zájmové území se soustřeďuje do pásma cca 1 km širokého podél toku Labe od Poděbrad po město Čelákovice. Dle nové evropské kilometráže zahrnuje úsek Labe od 904 řkm až po 872 řkm. V rámci tohoto prostoru byly vybrány tři potenciálně vhodné pilotní lokality.

2.1.1. Pilotní lokalita Rohov

Východní hranice je vymezena městem Poděbrady, městská část Malé Zboží. Úsek dále pokračuje ve směru toku Labe, přes město Nymburk a dále k západu. Západní hranici tvoří obec Drahelice.

Předkvartérní podklad je v prostoru soutoku Labe a Mrliny tvořen křídovými sedimenty. Podloží křídových sedimentů tvoří horniny kutnohorského krystalinika (sericito-fylitické

břidlice). Cenomanské prachovité pískovce mají místy vyvinuté uhelné vložky s glaukonitickou příměsí. Maximální mocnost cenomanu dosahuje 30 metrů (ŠEDIVÝ 1988). Na cenomanské pískovce nasedají uloženiny jizerského souvrství, stáří spodní až střední turon. Turonské sedimenty dosahují mocností 80 – 100 m. Křídové sedimenty jsou v úseku A uloženy téměř subhorizontálně s mírným sklonem k SZ (MATULA, TOMÁŠEK 2008).

Kvartérní pokryvné útvary jsou v popisovaném úseku zastoupeny deluviálními, fluviálními a eolickými zeminami. Velmi často se vyskytují i smíšené typy. Deluviální hlíny se vyskytují velmi omezeně na pravém břehu Labe v západním okolí obce Velké Zboží. Jedná se o jílovité až jílovitopísčité hlíny s úlomky podložních hornin. V okolí Nymburka se nejhojněji vyskytují svahové hlíny, jejich mocnost je však nepatrná. Na druhé straně nejmnocněji jsou vyvinuty váte písčiny (ŠTAFL 1958).

Fluviální sedimenty jsou nejvíce rozšířeným kvartérním pokryvem. Zastupují je terasové uloženiny charakteru písků a štěrkopísků a fluviální hlíny. V nejvýchodnější části úseku můžeme nalézt 3 terasové stupně. Báze nejvyšší terasy byla zjištěna cca 1-2 m nad údolní nivou Labe, mocnost se pohybovala okolo 2 m. Druhá terasa měla bázi 2 - 4 m pod úrovní povrchu údolní nivy s průměrnou mocností 3 m. Báze nejvyššího terasového stupně byla zastížena v úrovni 12 – 15 m pod povrchem údolní nivy a tvořila výplň přehloubených koryt Labe. V okolí obce Kovanice bylo rozlišeno až 7 stupňů terasových náplavů (PIŠTORA 1964). Mezi ne příliš mocné kvartérní pokryvy náleží terasové štěrkopískové Labe a Mrliny. Nevýrazná mocnost fluviální terasy v Nymburku byla zaznamenána v roce 1958 při průzkumu zdrojů pitné vody pro město Nymburk, vyjma terasy v okolí obce Kostomlátky (ŠTAFL 1958). Prameniště Rohov, který zaujímá prostor sevřený Labem a Mrlinou viz obr. č. 1, je dle Herčíka (1991) tvořeno střední labskou pleistocénní terasou (mocnost 11-13 m). Jedná se o jemně a středně zrnité písčiny s ojedinělými polohami plastických jílů (HERČÍK 1991).

Dalším fluviálním typem sedimentů, registrovaných v roce 2008 při předběžném hydrogeologickém průzkumu protipovodňového opatření, jsou holocenní náplavy Labe. Lze je charakterizovat rychlým střídáním hlín, písků a jílovitých a hlinitých písků a dosahují mocností 2 m. Sedimenty fluviálních hlín byly většinou středně zrnité až hrubozrné písčiny s nepravidelnou příměsí křemitých valounků tuhé a pevné konzistence s polohami středně zrnitého písku (MATULA, TOMÁŠEK 2008).

Z eolických sedimentů byly v okolí obce Kluk a Prostřední Lhota zjištěny váte písčiny, jenž dosahovaly maximální mocnosti 2 m. Lokálně byly zakryty sprašovými hlínami (MATULA, TOMÁŠEK 2008). V okolí Nymburka byly dále zaregistrovány spraše a váte písčiny (TROJAN 1979). Nejmnocněji byly váte písčiny vyvinuty v jižní části Nymburka (ŠTAFL 1958).

V západním okolí prameniště Rohov podél levého břehu Mrliny byly prokázány velmi malé akumulace kvartérních fluviálních sedimentů. Při hydrogeologickém průzkumu pro cukrovar Nymburk byly vrtem NH1 a NH2 zastíženy polohy písčitých jílů (HERČÍK 1991).

Prostor soutoku Labe a Mrliny náleží do základního hydrogeologického rajónu 4360 – Labská křída a do hydrogeologického rajónu svrchní vrstvy 1152 – Kvartér Labe po Nymburk. Generelní směr proudění podzemní vody se předpokládá k erozní bázi Labe. Zájmová oblast náleží do centrální části české křídové pánve, ve které se především uplatňoval vývoj v labské facii. Křídové sedimenty se vyznačují naprostou převahou méně propustných hornin. Prakticky celý prostor soutoku Labe a Mrliny náleží do širšího ochranného pásma lázní Poděbrad, čili není možné nijak výrazněji vodárensky využívat spodní cenomanský kolektor.

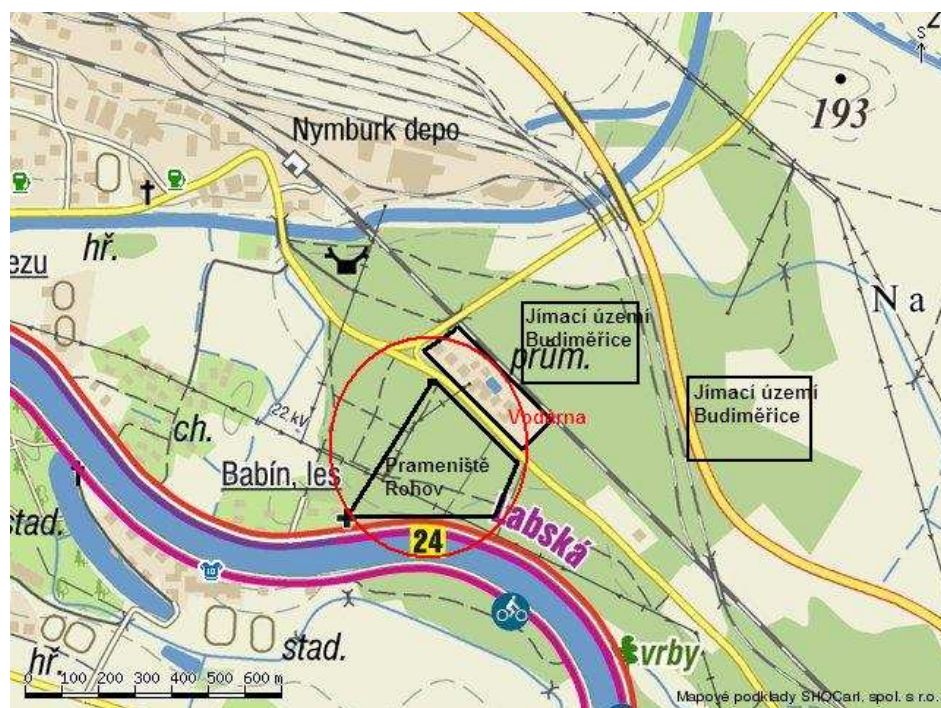
V nejvýchodnější části prostoru soutoku Labe a Mrliny můžeme vyčlenit 2 obzory podzemní vody. Hlubší kolektor, vázaný na turonské slínovce (jizerské souvrství), plní spíše funkci izolátoru mezi cenomanskými vodami a nadložním kvartérním kolektorem.

Propustnost je typicky puklinová, vázaná na zónu přípovrchového rozpojení puklin. Kolektor je propojen s nadložním kvartérním obzorem a nejspíše ho i částečně dotuje. Nelze vyloučit přítomnost puklinově založených transportních cest spodních cenomanských vod. Specifické vydatnosti turonských vrtů se v místech silného zajiřování pohybovaly v řádech desetin $\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$. V místech, kde pukliny zůstávají otevřené, dosahovaly vrtů specifických vydatností řádově jednotek $\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ (PILAŘOVÁ 2008).

Kvartérní kolektor vázaný především na písčité a štěrkovité terasy se vyznačuje typickou průlinovou propustností. Koeficient transmisivity se pohybuje v rozmezí řádů 10^{-4} až $10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$. V blízkosti vodotečí je voda v souvislosti s úrovní hladiny v toku. Dle archivních vrtů byla hladina zastiřena v úrovni 0,5 – 2 m pod terénem. V okolí obce Velké Zboží na pravém břehu Labe se vyskytují převážně hlinité až hlinitopísčité zeminy, což samozřejmě negativně ovlivňuje jejich propustnost. V rámci průzkumu pro protipovodňové opatření Poděbrad byla nálevovou zkouškou zjiřtána hodnota transmisivity pro nesaturovanou zónu $T = 4.10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$. Levý břeh Labe v okolí obce Velké Zboží se vyznačoval poměrně dobrou propustností. Hodnoty koeficientu transmisivity dosahovaly řádově hodnot $T = 10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ (MATULA, TOMÁŠEK 2008).

Blízké okolí Nymburka je z hydrogeologického hlediska poměrně nepříznivé. Výrazný podíl jílovité frakce v turonských slínovcích znemořňuje průsak atmosférické vody do horninového prostředí a vytvářejí se typické mokřiny. Lokální kvartérní kolektory jsou vyvinuty pouze v místech starých meandrů, kde dochází k zvodnění pleistocenní štěrkopískové terasy. Dále po směru toku Labe se situace zlepřuje. Se zvyšující se mocností kvartérních uloženin mohutní i zvodnění. V okolí obce Pířty a Kostomlátky bylo zjiřtáno kvartérní zvodnění štěrkopískové terasy (ŠTAFL 1958). Kolektor vázaný na turonské jizerské souvrství vykazoval nezanedbatelné vydatnosti vrtů, které se pohybovaly v řádu $X,0 \text{ l.s}^{-1}$ (SARGA 1969).

Obr. 2.1.1.1 Detail lokality soutok Labe a Mrliny turistická mapa



Z detailní reřerše soutoku Labe s Mrlinou se nám jeví jako vhodná oblast infiltrace samotný prostor **prameniště Rohov**, popř. oblast východně od tohoto prameniště. Samotné prameniště Rohov disponuje dostatečnou mocností jak saturované, tak nesaturované zóny.

2.1.2. Pilotní lokalita Kostomlátky

Z regionálně geologického hlediska náleží zájmové území k české křídové pánvi. Blížeji do stykové oblasti jizerské a labské křídý. Pro prostoru Kostomlátek je typická přítomnost cenomanských pískovců, které se nachází v hloubce cca 80 m pod terénem. Dělicí hranici mezi cenomanskými pískovci a turonskými slínovci (písčitými slínovci) tvoří poloha jílovců. Mocnost cenomanských vrstev je odhadována na 20 m, turonských dokonce až na 80 m (VRBA 1962). Svrchní turon v prostoru Kostomlátek není vyvinut.

Nejvýchodnější část prostoru Kostomlátek náleží do jižního okraje labské křídý, pro který je typický vývoj labské slínovcové facie (HEREŠOVÁ 1983). Západní část prostoru Kostomlátek je ovlivněna odlišným křídovým vývojem. Pravý břeh Labe se vyvíjel v jizerském vývoji. Směrem k severozápadu dále do středu pánve mocnost cenomanského kolektoru klesá, objevují se i mladší křídové sedimenty (ve východním okolí Lysé nad Labem vychází na povrch i střední turon). Levý břeh Labe se zase vyznačuje nepřítomností střednoturonských vrstev, objevují se pouze lokálně (KNĚŽEK, ŽITNÝ 1962).

Kvartérní pokryv ve východní části prostoru Kostomlátek je poměrně souvislý a tvořený hlavně fluviálními sedimenty. Fluviální sedimenty jsou zastoupeny labskými terasovými stupni, které jsou charakteristické střídáním štěrků, písků a štěrkopísků. Poměrně mocně jsou fluviální uloženiny vyvinuty v okolí obce Kostomlátky, kde mocnost štěrkopískové terasové akumulace dosahuje rozmezí 13 – 14 m a směrem do nadloží ubývá hrubé frakce. Holocenní náplavy Labe byly zaznamenány také v okolí obce Kostomlátky (HEREŠOVÁ 1983). Váté písky, spraše a sprašové hlíny nebyly ve východní části úseku B prokázány. Střední část prostoru Kostomlátky je prakticky celá pokryta kvartérními sedimenty. V okolí obce Doubrava a Hradištko (centrální část úseku B) dosahují eluviální sedimenty maximální mocnosti 40 cm a mají charakter tuhého pevného siltu a jílovité zeminy. Největší rozlohu ve střední části úseku B zauímají labské terasové náplavy, které jsou tvořeny především různě zrnitými písky (mocnost až 7 m). Občas jsou přítomny vložky křemenných valounů. Dále lze ve střední části prostoru Kostomlátky zastihnout fosilní přehloubená koryta Labe se štěrkopískovou výplní o mocnosti cca 15 m. Velmi časté jsou nánosy vátých písků (VRBA 1962). Pravý břeh Labe v okolí obce Hradištko je již ovlivněn odlišným vývojem. Sedimentace údolní terasy byla provázená rýhovou erozí se sekundárním zaplněním pelity s vyšší příměsí organické složky (NĚMEC, ŠTĚPÁNEK 1979).

Prostor Kostomlátek náleží do následujících tří hydrogeologických rajónů 4360 – Labská křída, 4430 – Jizerská křída levobřežní a 4510 – Křída S od Prahy. Dále spadá do hydrogeologického rajónu svrchní vrstvy 1171 – Kvartér Labe po Jizeru. Hydrogeologické poměry úzce souvisí s geologickou strukturou zájmového území. Generelní směr proudění podzemní vody se předpokládá k erozní bázi Labe.

V zájmové oblasti se uplatňoval dvojí faciální vývoj. Zatímco východní část prostoru Kostomlátky ještě náleží do centrální části české křídové pánve, ve které se především uplatňoval vývoj v labské facii. Západní část úseku B již náleží do jizerské křídý.

Všeobecně pro celý úsek platí následující charakteristika. Cenomanský kolektor je vyvinut pod 70 metrů mocnou vrstvou nadložních křídových sedimentů a je typický výskytem artézských minerálních vod, které jsou legislativně chráněny v rámci širšího ochranného pásma lázní Poděbrad. Spodní turonský kolektor není nijak vodohospodářsky zajímavý, platí pro něj obecné vlastnosti, čili podzemní voda vázaná na zónu přípovrchového rozpojení, jež je lokálně propojena s nadložním kvartérním obzorem podzemních vod. Průlinově jsou slínovce prakticky nepropustné, uplatňuje se puklinová propustnost. Nejvýznamnějším kolektorem je kolektor kvartérní s průlinovou propustností (VRBA 1962).

Nejvýchodnější část prostoru Kostomlátky je charakteristická nepřítomností krycích svrchních vrstev (ať jsou to váté písky popř. spraše sprašové hlíny). Z vodohospodářského hlediska je zajímavější kvartérní štěrkopískový zvodnělý obzor, který je vázán na staré koryto Labe. Kolektor je silně závislý na atmosférických srážkách a na výšce hladiny v řece Labi. Přírodní zásoby podzemních vod jsou z větší části doplňovány indukovanou infiltrovanou vodou z Labe. Vydatnosti vrtů se pohybují ve vyšších jednotkách l/s (HEREŠOVÁ 1983).

V okolí obce Doubrava a Hradištko je kvartérní kolektor dobře odizolovaný od turonských vod. Ke zvodnění dochází ve štěrkopískových fluvialních náplavech, hladina byla zastižena 1 – 1,5 m pod povrchem. Mělký obzor je silně ovlivněn povrchovou vodou z Labe resp. jezy na ní vybudovanými. Koeficienty transmisivity se řádově pohybují v rozmezí $10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ až $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (VRBA 1962). V okolí obce Hradištko na pravém břehu Labe jsou vyvinuty dva obzory podzemní vody. Spodní obzor je vytvořen při bázi křídových vrstev (cenomanské pískovce a rozpukané slínovce spodního turonu). Druhý obzor je typicky vázán na kvartérní pokryvy a zónu přípovrchového rozpukání a rozvolnění puklin. Dotace zásob je silně odvislá od klimatických podmínek (zejména zimní srážky). Rozkolísanost hladiny podzemní vody může dosahovat v průběhu roku až 1,5 m. Břehová infiltrace se neuplatňuje (NĚMEC, ŠTĚPÁNEK 1979).

Pravý břeh Labe v západní části prostoru Kostomlátky náleží již k levobřežní jizerské křídě, levý břeh Labe se zase řadí ke křídě S od Prahy. V levobřežní jizerské křídě začíná na významu ztrácet kvartérní kolektor. Křída severně od Prahy (levý břeh Labe) se zase vyznačuje výskytem denudačních zbytků turonských sedimentů a hlavní vodohospodářský význam přebírá cenomanský a spodnoturonský kolektor.

Obr. 2.1.1.2. Detail lokality Kostomlátky



Ve východním a západním okolí obce se nachází silně hlinité písky, které negativně působí na infiltraci atmosférických srážek a potažmo i umělé vsakování. Pod těmito písky se většinou nachází poloha štěrkopísků a písků labských teras. Avšak tato poloha není nijak mocně vyvinuta (mocnost okolo 5 m). Příliš malá mocnost fluvialních uloženin vylučuje

vytvoření významnějších kvartérních obzorů podzemní vody i přes to, že vlastnosti těchto sedimentů jsou velmi dobré (dobrá průlomová propustnost, možnost dotace z povrchových toků). Tato skutečnost byla zdokumentována vrtem KO-1, který byl vyhlouben v roce 1975 jako náhradní zdroj pitné vody (VÁCLAVÍK 1976).

Ustálená hladina podzemí vody v úrovni 1,70 m p. t. Ve šterkopískových náplavech je vytvořen poměrně vydatně zvodnělý horizont, který silně komunikuje s Labem. Režim podzemní vody je výrazně ovlivněn vzdouváním říční vody nad jezem (SUŠICKÝ 1967).

Jak již bylo řečeno výše, příznivější geologické a hydrogeologické poměry panují v jihozápadním okolí Kostomlátek. V této části jsou na povrchu uloženy aluviální sedimenty. Mocnost kvartérních uloženin se pohybuje okolo 14 m. S přibývajícím vzdáleností od koryta Labe roste i mocnost terasových uloženin. Negativním faktem je nerovnoměrné zvodnění aluviálních písků. Nerovnoměrné zvodnění je způsobeno různou propustností písků a nestejnými podmínkami doplňován zásob podzemní vody. Geologický profil je dokumentován vrtem VS-3, který byl vyhlouben v rámci hydrogeologického průzkumu pro drůbežářský závod v roce 1971 (HALVA 1971). Obdobné geologické podmínky byly zdokumentovány i sondami, které byly vyhloubeny v roce 1973 na akci: Úprava labské cesty do Chvaletic. Na základě tohoto průzkumu došlo proveden čerpací pokus. Čerpací zkouška ověřila souhrnnou maximální vydatnost čtveřice vrtů na $28 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Koeficient filtrace $k = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Chemismus podzemní vody vykazoval zvýšené hodnoty železa, manganu, amonných iontů, dusitanů a fosforečnanů. Nedaleká nádrž Pivovarnice (mělká prohlubeň vzniklá těžbou písků) byla zdrojem bakteriologického znečištění (HALVA 1973).

Poměrně zajímavé hydrogeologické podmínky se nalézají na levém břehu Labe v místě jímacího území pro obec Sadská. Jímací území se nachází v místě přehloubeného koryta Labe. Průměrná mocnost kvartérních sedimentů vyplňujících staré přehloubené koryto se pohybuje okolo 10 m. Šterkopískové náplavy mají příznivé složení pro infiltraci a pohyb infiltrované vody. Vliv úrovně hladiny vody v Labi na úroveň hladiny podzemní vody slábne směrem od řeky. Čerpacím pokusem byla ověřena orientační vydatnost jímacího území (čili 4 vrtů) na cca $29 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Voda vykazovala poměrně dobrou kvalitu, nad limit pro pitnou vodu byly ukazatele Fe, Mn a amonné ionty. Geologický profil v místě jímacího území Sadská reprezentuje vrt HV-3 (CHVAL, SVOBODA 1974).

Z detailní rešerše okolí obce Kostomlátky se nám jeví jako vhodná místa potenciální umělé infiltrace jz. okolí Kostomlátek na pravém břehu Labe, popř. levý břeh Labe v místě jímacího území pro obec Sadská (na obr. 2.1.1.2. vyznačené červenými elipsami). Pravý břeh Labe se v jz. části obce Kostomlátky vyznačuje velmi dobrou mocností kvartérních sedimentů okolo 14 m. Hodnoty koeficientu transmisivity dosahují optimální hodnoty. Lokalita disponuje poměrně dobrým zvodněním, avšak nižší mocností nenasaturované zóny cca 3 metry. Nadložní nepropustný izolátor chybí, naopak podložní izolátor je vyvinut plošně. Druhá lokalita v okolí jímacího území Sadská též dosahuje velmi dobrých charakteristik. Mocnost kvartérních fluviálních sedimentů dosahuje více jak 10 m, směrem od koryta Labe se zvyšuje mocnost nenasaturované zóny a slábne vliv hladiny v Labi. Podložní izolátor je vyvinut souvisle, nadložní nepropustné vrstvy se vyskytují pouze místně. Podzemní voda u obou dílčích lokalit byla poměrně dobré kvality až na klasicky zvýšené hodnoty železnatých, manganatých a amonných iontů.

2.1.3. Lokalita Kluk

Lokalita Kluk je umístěna na levém břehu Labe v mezipovodí 1-04-04-016 (od soutoku s Cidlinou po Poděbrady). Podle geomorfologického členění (Czudek 1972) spadá do

nymburské kotliny, která je součástí geomorfologického celku „Středolabská tabule“. Fluviální uloženiny Labe a jeho přítoků vytvářejí v okolí Poděbrad roviny akumulčního charakteru. Povrch štěrkových akumulací je velmi plochý. V inundaci údolní terasy jsou ojediněle zachovány prohlubně opuštěných meandrů. Na vyšších terasách jsou místy patrné drobné závěje vátých písků.

V zájmovém území se povrch holocenní údolní terasy podél Labe mírně svažuje k SZ ze 187 m n/m na jv. okraji jímacího území na 186 m n/m na s. okraji dobývacího prostoru. Řečiště Labe je dlouhodobě upravováno jak pro protipovodňové zkapacitnění koryta, tak i pro lodní dopravu. Tok je napřimován a hladina uměle udržována ve vzdutí jezu (Trejtnar 1978). Původní spád hladiny 0,46 m na 1 km toku (0,04%) je vyrovnán na stupňovitý, kdy voda přetéká přímo z jedné jezové zdrže do druhé. Do zájmového území Kluk zasahuje odspodu vzdutá hladina na jezu v Nymburce (184,1 m n/m). Jez v Poděbradech vzdouvá hladinu na 186,7 m n/m. Toto vzdutí o 2,6 m vytváří od roku 1919 zcela nové podmínky pro oběh podzemních vod. Výše na toku na JV zasahuje do území vliv jezu ve Velkém Oseku, který vzdouvá vodu o 1,9 m na 188,6 m n/m.

Hydrografickou osou území je Labe, které má pod soutokem s Cidlinou celkovou plochu povodí 9033 km² a průměrný průtok 67,5 m³/s. Nízký průtok Q355 je 14,3 m³/s. Desetiletá povodeň dosáhne hodnoty 765 m³/s.

Hydrologickým modelem byl stanoven (Kašpárek in Herrmann 1998) podíl, který z ročního úhrnu 561 mm atmosférických srážek infiltruje do podzemních vod. Tento podíl činí 70,2 mm ročně, specifický odtok podzemních vod tedy dosahuje 2,22 l/s/km².

Základní jednotkou geologické stavby jsou sedimenty české křídové pánve. Z pokryvných útvarů plošně i mocností dominují fluviální kvartérní uloženiny Labe. Dalšími pokryvnými útvary jsou deluviální a eolické sedimenty.

Lokalita Kluk leží na jižním okraji křídové pánve, kde jsou zastoupeny horniny ve stáří cenoman a turon, tedy souvrství perucko - korycanské, bělohorské a jizerské. V podloží křídý jsou zčásti metamorfované horniny řazené ke kutnohorskému krystaliniku a zčásti od severu zasahují permské limnické sedimenty. Nejblíže na povrch vycházejí křídové sedimenty v pravém břehu Labe pod zámek v Poděbradech.

Křídové sedimenty dosahují v závislosti na strukturní pozici mocnosti cca 100 - 140 m. Bazální perucko - korycanské souvrství je faciálně pestré, obsahuje jak pískovce, tak i pelity, v celkové mocnosti přes 30 m. Nadložní bělohorské souvrství je tvořeno pevnými až velmi tvrdými spikulitovými prachovitými slínovci, které jsou místy silicifikované o mocnosti cca 20 m. Nejmladší zastížené křídové sedimenty tvoří souvrství jizerské, složené opět ze slínovců. Celková mocnost jizerského souvrství dosahuje cca 170 m, na lokalitě je zachována zhruba třetina. V dolní části souvrství jsou slínovce velmi měkké a rozpadavé, ve svrchní části jsou pevnější prachovité s polohami spikulitových slínovců.

Hlavní štěrkopískovou výplň labského úvalu mezi Kolínem a Sadskou tvoří středno, či svrchnopleistocenní terasy (riss – würm) velkého plošného rozsahu. Poděbrady leží na severním okraji výskytu, na jihu jsou terasy omezeny zhruba linií Kolín – Pečky. Terasové sedimenty jsou většinou jemnozrnné s převahou písčité složky a nízkou jílovitostí.

Mocnost sedimentů ovlivňuje přítomnost „přehloubených koryt“ vzniklých v proudnicové části původní erodující řeky, později zaplněné sedimenty s vyšším obsahem štěrkové frakce. Při interpretaci báze štěrkopísků (Herrmann 1998) bylo přehloubené koryto zjištěno pod Kolínem v pravém břehu souběžně s dnešním tokem Labe. Na soutoku s Cidlinou se stáčí k západu na Kluk, Pískovou a Kostelní Lhotu. Dnešní tok Labe Poděbrady – Nymburk odděluje od tohoto starého koryta křídová elevace u Hořátve. Terasové stupně jsou překryty sprašemi, sprašovými hlínami a navátými písky. V bezprostřední blízkosti Labe jsou

nivní sedimenty překryty povodňovými hlínami a obsahují hnilokaly vyplňující doškrcené meandry.

Ve výše popsaném geologickém profilu jsou dva významné kolektory podzemních vod. Hluboko na bázi křídových sedimentů je artéský kolektor tvořený klastiky peruckokorycanského souvrství (cenoman), při povrchu kolektor s volnou hladinou tvořený kvartérními fluvialními štěrkopísky. Oba kolektory jsou odděleny izolátorem složeným z bělohorského a jizerského souvrství (spodní - střední turon).

Křídový kolektor

Bazální křídový kolektor obsahuje minerální vodu jímanou v lázních Poděbrady jak k léčebným účelům, tak i pro lahvovanou distribuci. Jímání je založeno na vrtech hlubokých 90 – 110 m. Načepovaná artéska voda je proplyněná kyslíčkem uhličitým (2-2,5 g/l) a má mineralizaci 2,3 g/l natrium – bikarbonát – chloridového typu.

Lokalita Kluk leží v ochranném pásmu zdrojů minerální vody pro lázně Poděbrady, hluboko uložený kolektor však není těžbou štěrkopísku dotčen. Vývěry proplyněných minerálních vod poděbradského typu do štěrkopísků jsou známy z okolí Velkého Oseka (Vrba 1958, Čapek 1969), v prostoru Kluk nebyly vývěry zjištěny (Čapek 1969, Pospíšil 1970). Tektonické porušení křídového izolátoru zde nebylo zjištěno.

Kvartérní kolektor

Štěrkopískové sedimenty jsou průlinovým kolektorem a volnou hladinou podzemní vody. Podložní křídové slínovce jsou nepropustné a tvoří pro kolektor počevní izolátor. Při vysoké průměrné mocnosti zvodněných štěrkopísků 12 m a pórovitosti 20-30% obsahuje kolektor významné statické zásoby podzemních vod, které dosahují hodnoty 2,4–3,6 mil. m³ v 1 km². Dynamické zásoby byly hydrologickým modelem stanoveny na 2,2 l/s/km². Kolektor má vysokou propustnost, koeficient filtrace se pohybuje okolo 6.10⁻⁴ m/s. Vydatnost jímacích vrtů je v rozmezí 5-15 l/s, ze kterých se odebírá 60 až 70 l/s pro skupinový vodovod Poděbrady, Nymburk a okolí.

Význam zásob podzemních vod v kvartérním kolektoru je umocněn tím, že okolní oblast je na zásoby podzemních vod chudá. V křídové pánvi v okolí neexistuje vydatný zdroj podzemních vod (Cepák 1969, Hečík – Herrmann - Valečka 1999). Proto kvartérní štěrkopískový kolektor je využíván pro vodárenské zásobování Kolína, Poděbrad, Nymburka i Městce Králové.

Podzemní voda je v hydraulické souvislosti s vodou v toku. Při normálním vyrovnaném průtoku Labe by se podzemní voda plynule drénovala do Labe skrytým příronem. Pouze při vysokých povodňových stavech by byl tok vody obrácen a voda z řeky by se vcezovala do štěrkopísků. Výstavba jezu v Poděbradech v roce 1919 a následné zvýšení hladiny vody v jezové zdrži tento povodňový režim ustálilo. Voda z jezové zdrže se vcezuje do kolektoru a obtéká jezové těleso a drénuje se do podjezí.

Proud podzemní vody vzniklé infiltrací srážek, která přitéká od jihu do jímacího území Kluk se formuje mezi obcemi Sokoleč a Klipec. Proudnicí odtud směřují severu, v mírně východně prohnutém oblouku. Proudnicemi vytčené infiltrační území není zastavěné, zhruba z poloviny je využito jako zemědělská půda a z poloviny je pokryto lesem.

Na lokalitě Kluk není systematicky sledován režim hladiny podzemních vod. Je zřejmé, že zde budou přítomny tři typy režimu a vzájemné přechody. Podél Labe bude stav hladiny podzemní vody stabilní a bude odpovídat stavu hladiny v jezové zdrži. Podle informací podniku Povodí Labe není s hladinou záměrně manipulováno, neboť stabilní stav (186,7 m n/m) je optimalizován pro lodní plavbu. Zdrž je vypouštěna jen výjimečně, údržba se provádí za plné hladiny. V jímacím území hladina pulsuje podle intenzity čerpání. Pozorování hladin

v jímacích vrtech charakterizuje spíš stav zanesení výstroje vrtu a plášťový skok hladiny, než skutečný stav hladiny podzemní vody.

V proudu podzemní vody od Klipce do území Kluk jsou umístěny dva vrty státní pozorovací sítě podzemních vod (Hepnar 1968). Vrt VP460 u obce Klipec a vrt VP461 u dálnice D11. Vrt VP461 jeví roční rozkyv hladiny o 0,5 m s jarním nástupem a letním a podzimním poklesem. Vrt VP430 má roční rozkyv zhruba poloviční (0,25 m). Časový průběh hladiny jeví u obou vrtů jisté podobnosti, koeficient korelace jejich stavů je nízký (0,3).

2.2. Pilotní lokalita Litá

Uživatel výstupu pilotní lokality:

VaK Hradec Králové
Povodí Labe

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Testování efektivity a dynamiky infiltrace přebytků povrchových vod v období povodňových stavů do prostředí České křídové pánve
- 2/ Představení umělé infiltrace jako nástroje umožňují významné odběry podzemních vod v prostředí s chráněnými ekosystémy závislými na vodě

Lokalita Litá byla vybrán jako typické území, kde umělá infiltrace je schopna řešit konflikt vodohospodářských zájmů a ochrany životního prostředí. Současně zde zasakovací projekt je schopen nabídnout jak dílčí řešení protipovodňové ochrany tak i reagovat na problémy sucha. Jímací území Litá, intenzivně využívané od druhé poloviny 70tých let, patří k nejvýznamnějším zdrojům podzemních vod rajonu 422 Podorlická křída. Celé období využívání tohoto vodního zdroje je charakteristické ostrými střety zájmů. Jímací území totiž leží na hranici dvou administrativních jednotek - okresů Hradec Králové a Náchod a navíc v jeho centru leží významný prvek ochrany přírody – rezervace Zbytka. Oblast Lité bylo několikrát postiženo intenzivními povodněmi, naposledy 23.7.1998.

Zájmové území leží v soustavě Česká tabule. je součástí oblasti VIC – Východočeská tabule a celku VIC-2 Orlická tabule. Většina posuzovaného území náleží do Třebechovické tabule – menší část náleží do Úpsko-metujské tabule, okrsku VIC-2A-b – Novoměstská tabule.

Českomeziříčská kotlina je tektonicky podmíněná kotlina v povodí Dědiny, střední nadmořské výšky se pohybují okolo 250 – 270 m n.m.

V různých pracích lze nalézt různou terminologii vodních toků (zejména u vodotečí Zlatý potok × Dědina). Je to dáno především výrazným pozměněním původní říční sítě. V této dokumentaci používáme pojmenování vodních toků dle základní vodohospodářské mapy.

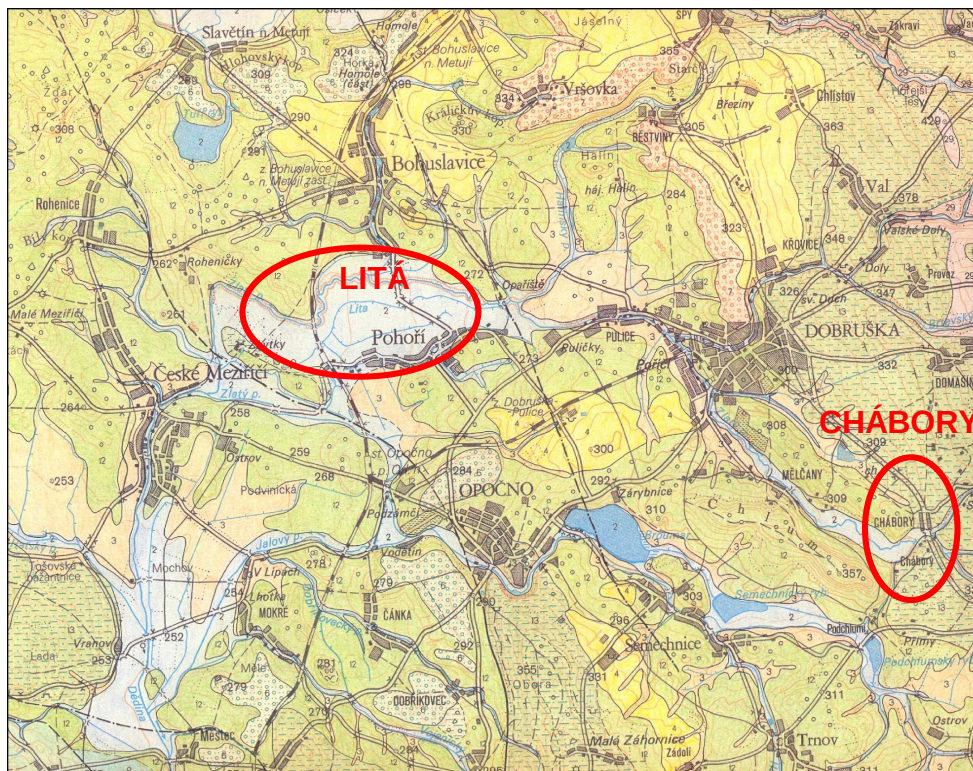
Síť vodních toků prodělala v území dosti složitý vývoj. V 19. století se jednalo o dílčí zásahy (kromě napřímení Dědiny potoka v místě křížení s železniční tratí). Zatímco Dědina byla v oblasti Zbytek i později v převážné délce ušetřena větších regulačních zásahů, odtokové poměry Lité byly výrazně pozměněny. Odvodňovací práce byly prováděny již v roce 1930, kdy došlo k napřímení původního toku, to urychlilo odtok z Jezírka a oslabilo sycení jeho okolí artéskou vodou.

Výraznější změny do odvodnění oblasti přinesly akce stavby „Odvodnění zemědělských pozemků v oblasti Opočenské kotliny“ a úprav Zlatého potoka (Dědiny) u Českého Meziříčí. Staré koryto Lité bylo v převážné délce zasypáno, vodoteč byla přeložena a kanalizována.

Jihozápadně od rezervace Zbytka byla provedena regulace Dědiny – tok byl napřímen. Tímto zásahem (zahlobení koryta) byla snížena drenážní báze, což zvyšuje odtok podzemní vody z území.

Povodí Dědiny je pod stálým tlakem povodní a s nimi souvisejících záplav.

Obr. 2.2.1. Situace pilotní lokality Litá



Z geologického hlediska je širší okolí posuzovaného záměru tvořeno křídovými sedimenty (v podloží leží sedimenty a vulkanity podkrkonošské pánve a krystalinikum lugické oblasti). Hranice mezi těmito dvěma podložími jednotkami probíhá přibližně po linii Jaroměř – Náchod. Nejstarší křídovou sedimentaci tvoří cenomanské perucko-korycanské souvrství. Sladkovodní až brakický vývoj perucko-korycanského souvrství začíná slepenci až přechází do jílovců. Cenomanská sedimentace je ukončena výskytem glaukonitických pískovců. Perucko-korycanské souvrství je omezeno pouze na deprese v předcenomanském reliéfu a souvisleji je toto zastoupeno jen na severovýchodním okraji, u Ohnišova, východně od Nového Města nad Metují a v liticko-potštejnské depresi, kde celková mocnost dosahuje 15 až 20 metrů.

Hlavní křídovou výplň tvoří souvislý, litologicky poměrně jednotvárný komplex šedých písčitých slínovců, spongilitických slínovců, slinitých pískovců až rohovců spodního turonu, bělohorského souvrství. Mocnost spodního turonu je vcelku stabilní, v průměru se pohybuje okolo 45 metrů, maximální mocnost přesahující 50 metrů byla zaznamenána v osách synklinál.

Nadloží bělohorského souvrství tvoří střednoturonské jizerské souvrství s ostrým kontaktem s podložím. Jizerské souvrství je reprezentované vápnitými jílovcí a slínovci s maximální mocností 80 m v centrální části zájmového území a 140 m na jeho jižním okraji u Kostelce nad Orlicí.

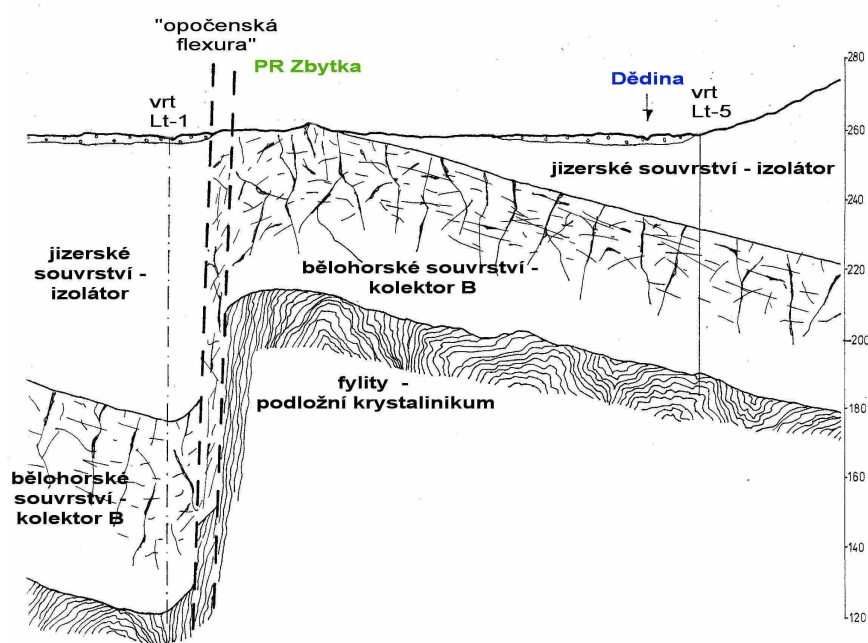
Kvartérní sedimenty mají většinou jen velmi omezenou mocnost, eluvia dosahují mocnosti jen okolo 2 metrů, stejně tak eolické sedimenty, především spraše mezi Opočnem a Dobruškou. Významnější jsou fluvialní náplavy v údolí některých vodních toků. Největší mocnosti, až okolo 10 m, dosahují jílovité šterky a písky údolí Metuje, za zmínku však stojí rovněž fluvialní uloženiny široké nivy Zlatého potoka v okolí Českého Meziříčí.

Původně subhorizontálně uložené vrstvy křídové sedimentace byly saxonskou tektonogenezí složitě deformovány. Nejvýznamnějším strukturním prvkem celého širšího okolí zájmového území je tzv. jílovická porucha, která odděluje podorlickou křídou od

centrální hluboké části české křídové pánve. Jílovická porucha je v podstatě zlomové pásmo, podle kterého došlo místy k výraznému posunu vrstev se skokem až 150 metrů. Křídové vrstvy v místě tohoto zlomového pásma jsou silně porušené s úklonem vrstevních ploch až 60° (Herrmann 1987).

Důsledkem těchto deformací je výchoz bělohorského souvrství na povrch. V centrální části rajonu 4221 můžeme proto vyčlenit dvě oblasti. První se vyznačuje mírným úklonem křídových vrstev k východu, zatímco druhá je charakteristická prudkým upadáním k západu s velkou mocností zachovalé střednoturonské sedimentace.

Obr. 2.2.2 Hydrogeologický řez dokumentující situaci v oblasti přírodní rezervace Zbytka



Jímací území Litá leží ve střední části hydrogeologického rajónu 4221 Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje (Olmer et al. 2006). Z celkové plochy rajónu zabírá území Lité zhruba jednu třetinu.

Vlastní jímací území Litá lze charakterizovat jako artéskou pánev mezi krystalinikem Orlických hor a libříckou a potštejnskou antiklinálou. Křída v povodí Dědiny a Metuje tvoří tři kry mírně ukloněné k SV reprezentující sv. ramena antiklinál libřícké a opočenské, porušená opočenskou flexurou a bohuslavickým zlomem.

Rajón 4221 představuje mělkou křídovou pánev s významnými zásobami podzemních vod v bazálním křídovém kolektoru B. Křída je uložena na nepropustném krystaliniku. Litologicky i stářím se křídové sedimenty dělí na dvě části. Spodní část křídy skládá puklinově propustné bělohorské souvrství, horní část nepropustné jizerské souvrství. V nadloží křídy jsou uloženy kvartérní – terasové říční sedimenty a závěje spraší.

Hlavním vodárensky využitelným kolektorem je kolektor B, vázaný na horní část bělohorského souvrství. Průtočnost kolektoru B je vysoká až velmi vysoká, s průměrnou hodnotou transmisivity $T = 400 - 500 \text{ m}^2/\text{d}$. Vzhledem k puklinovému charakteru propustnosti je logická vazba vyšší průtočnosti na významné tektonické linie.

Uložení kolektoru B způsobuje výrazné členění zvodnění kolektoru na oblasti stoku a oblast nádrže. Nejvýznamnější oblasti stoku jsou při zdvižení v. okraji. Další oblast stoku je strukturní elevace libřícké a opočenské antiklinály, která se vynořuje z nádrže jako ostrov.

Nádrž podzemní vody Metuje a Dědiny má plochou hladinu o výšce 260 – 280 m n.m., která je doplňována jednak přímou infiltrací srážek na výchozech kolektoru a jednak influkcí z toků přitékajících do struktury z Orlických hor.

Infiltrační oblasti kolektoru B jsou výchozy bělohorského souvrství jednak na východním okraji křídy, a jednak v osově části antiklinál libětické a opočenské na jz. okraji území Litá.

Z hydrochemického hlediska jsou vody v kolektoru bělohorského souvrství charakterizovány typem CaHCO_3 s poměrně širokým rozptylem mineralizace od 350 do zhruba 700 mg/l. Z vodohospodářského pohledu představují největší problémy vyšší koncentrace Fe, které se pohybují nad limitem pro pitnou vodu. Obsahy různých forem dusíku, především NO_3 a NH_4 zůstávají většinou pod limitem pro pitnou vodu.

Odběr podzemní vody je v posledních letech stabilní. V roce 2005 bylo uvedeno do vodohospodářské bilance 24 odběrů v celkové sumě 238,7 l/s. Největší odběr ve výši 190,8 l/s, tedy 80% celkového odběru realizovaly Vodovody a kanalizace Hradec Králové pro východočeskou vodárenskou soustavu. Druhým největším odběratelem je AQUA Rychnov nad Kněžnou s odběrem 37,6 l/s, tedy 16% celkového odběru. Zbývající odběry tvoří jen 4% celkového odběru.

Porovnáme-li průměrné roční přírodní zdroje ve výši 630 l/s s odběrem podzemní vody realizovaným v roce 2005 – tedy 238,7 l/s, zjistíme, že odběr v roce 2005 činil pouhých 38% průměrných zdrojů. Ve skutečnosti dochází k velkému kolísání velikosti přírodních zdrojů podzemních vod v ročním i víceletém cyklu. Existují tak období, kdy zdroje značně převyšují odběry a období, kdy poměr zdrojů a odběrů je napjatý.

V rámci vodní bilance zpracované dle Vyhlášky Mze 431/2001 Sb. a metodického pokynu Mze čj. 25248/2002-6000 (Herrmannová – Ferbar – Martínek 2005) je v roce 2004 v hydrogeologickém rajónu 4221 dokumentován značně napjatý bilanční stav. Hodnocený poměr MAX/MIN, mezi maximální měsíční hodnotou odběru v roce 2004 (MAX) a minimální měsíční hodnotou základního odtoku v roce 2004 (MIN) přesahuje 50%.

V rámci globálních klimatických změn se očekává častější výskyt klimatických extrémů, tedy i suchých období. Řízená dotace podzemní vody by mohla negativní dopad suchých období na zdroje podzemních vod významně snížit.

Přírodní rezervace Zbytka patří v České republice mezi poslední lokality se zachovaným slatinným rostlinným společenstvem, vázaným na vývěry alkalických podzemních vod. Snaha o maximální využití rajónu 422 z vodohospodářského hlediska, doplněná o poměrně intenzivní zemědělskou činnost vedla k postupné destrukci mokřadel a ohrožení chráněných rostlinných společenstev. Příznivý vliv mělo vyhlášení pásma hygienické ochrany v 70 letech, na druhé straně však rozsáhlé meliorace a především intenzivní čerpání na přelomu 70tých až 80tých let vedly k zániku pramene Jezírko v centrální části dnešní rezervace.

2.3. Pilotní lokalita kvartér Lužnice u Majdalény

Uživatel výstupu pilotní lokality:

ČeVaK České Budějovice

Povodí Vltavy

Cíl prací na pilotní lokalitě:

1/ Získání informací o efektivitě a dynamice infiltrace v období povodňových stavů jako podklad pro návrh suchých poldrů a jejich začlenění do protipovodňové ochrany

2/ Studium dopadu dlouhodobé infiltrace na okolní prostředí a optimalizace využívání břehové infiltrace a různých vodních stavů v řece.

Oblast Lužnice představuje typickou oblast, kde v plochem terénu na středním toku řeky nacházíme optimální podmínky pro břehovou infiltraci. Jedná se o technologii, která je sice totožná s pilotní lokalitou ve fluvialních sedimentech Labe, nicméně poněkud odlišné přírodní podmínky (mocnost, charakter podloží kvartéru, chemismus vod atd.) si vyžaduje specifický přístup. Nicméně obě navržená metodika zpracování umožní vzájemnou kompatibilitu výstupů.

Cíle v obou případech jsou prakticky totožné. Všechny navržené experimenty by měly vyústit k získání o účinnosti zasakování v období povodňových stavů jako podklad pro návrhy suchých poldrů a data pro optimalizaci využívání zdrojů podzemních vod

Zájmové území je součástí geomorfologického celku Třeboňské pánve. Jde o rovinaté území s nadmořskou výškou 430-460 m n.m.

Území je odvodňováno řekou Lužnicí, významnými pravostrannými přítoky je Dračice u Klikova a Koštěnický potok u Hamru, z levostranných přítoků je možné zmínit Železnou stoku severně Majdaleny a další menší odvodňovací stoky směrem k Třeboni. U jezu Pilař se z toku Lužnice odděluje Zlatá stoka napájející rybniční soustavu kolem Třeboně (Vlček et al. 1984).

Průtok Lužnice na profilu Pilař ve střední části území je průměrně 7,18 m³/s, s rozptylem průměrných měsíčních hodnot 4,15 (září) - 10,5 (březen) m³/s (Hazdrová et al. 1984). Dračice má na ústí do Lužnice průměrný průtok 1100 l/s, Koštěnický potok na ústí do Lužnice průměrný průtok 970 l/s. Tok Lužnice, potažmo Staré řeky je přirozeně meandrující na většině délky svého toku v zájmovém území.

Významným jevem je jez Pilař u silnice na Hamr, který vzdouvá vodu Lužnice i přilehlou kvartérní zvodeň směrem na jih o cca 2,5 m. V souvislosti s těžbou štěrkopísků vznikly velké vodní plochy písníků.

Klimaticky celé území patří do mírně teplé oblasti. Dlouhodobý úhrn srážek je 648 mm a dlouhodobý teplotní průměr 7,9 °C (stanice ČHMÚ Třeboň). Další hydrometeorologická stanice je v Chlumu u Třeboně.

Celé posuzované území má velmi vysokou geologickou i hydrogeologickou prozkoumanost, což souvisí jak s těžbou nerostných surovin, tak s vodárenským využitím. V území je tedy velké množství vrtů s poměrně dobrým popisem litologického profilu kvartérních sedimentů.

Zájmové území leží při východním okraji jižní části třeboňské pánve. Geologická stavba je tvořena třemi základními geologickými prostředími:

- moldanubikum
- sedimenty třeboňské pánve

- kvartérní sedimenty

Moldanubikum tvoří podloží a boční omezení pánevních sedimentů a je tvořeno především biotitickými pararulami s různým stupněm migmatitizace. Původní povrch moldanubika v podloží pánve je postižen lateritickým zvětráváním.

Sedimenty treboňské pánve jsou zastoupeny spodním oddílem klikovského souvrství o mocnosti 30-70 m, v oblasti kolem Majdaleny je mocnost sedimentů cca 40-45 m (Herešová et al. 1977). Souvrství vzniklo mělkou sladkovodní sedimentací jezerně-říčního charakteru s cyklicky nepravidelným vývojem, protože dochází i ke změnám mocnosti, jednotlivé vrstvy nejsou průběžné ani v laterálním směru. V litologickém profilu lze rozlišit tři základní horninové typy:

1. světle šedé až zelenošedé vrstvy štěrkovito-písčitého charakteru, s polohami slepenců, pískovců a arkózovitých pískovců
2. pestré vrstvy jílovito-písčité až písčito-jílovité, červenohnědé s fialovými až zelenošedými skvrnami, s polohami jílovců až jílovitých pískovců
3. tmavošedé písčito-jílovité vrstvy charakteru jílovců a jílovitých pískovců, s bohatými paleontologickými obsahy svrchnokřídové flóry.

Kvartérní sedimenty jsou charakteru středně zrnitých písků s nízkým až středním obsahem štěrkovité frakce. Dosahují proměnlivé mocnosti průměrně 5-9 m a plošně zabírají území do vzdálenosti cca 500-1000 m do stran od toku řeky. Směrem k okrajům jejich mocnost postupně vyklíňuje. Na levém břehu řeky jsou uváděna dvě přehloubená koryta s výrazně vyššími mocnostmi kvartérních sedimentů, až 17-18 m, jižně Suchdola n.L. uvádí Bělař et al. (1985) maxima až kolem 40 m. Tyto velké mocnosti kvartérních štěrkopísků jsou předmětem intenzivní těžby. Tam, kde zůstal původní terén neovlivněný těžbou, lze dobře morfologicky odlišit nejnížší údolní terasu würmského stáří od vyšší (terénní stupeň vysoký 1-2 m) risské terasy (označované jako hlavní terasa), zabírající plošně větší území ve větší vzdálenosti od toku.

V inundačním prostoru údolní nivy jsou fluvialní štěrkopísky kryté vrstvou nivních hlín, v mrtvých ramenech se vyskytují organogenní sedimenty. V částech rovinatého území s omezenými odtokovými poměry se nacházejí slatiny a slatinné zeminy různé mocnosti, většinou nepřesahující několik metrů.

Hydrogeologické poměry jsou odrazem geologické stavby území. Zvodnění pánevních sedimentů je charakterizováno existencí více zvodní s průlinovou propustností ve vertikálním profilu s napjatou hladinou podzemní vody, které jsou oddělené polohami aleuropelitických hornin. Podzemní vody v puklinových systémech podložního krystalinika nemají větší význam, jeho zvodnění je ve srovnání s ostatními geologickými prostředími zanedbatelné a je většinou chápáno jako spodní hydrogeologický izolátor pánevní struktury.

Podzemní vody kvartérních sedimentů úzce souvisejí s povrchovou vodou (vodní toky, nádrže, písňiky) a také často s podzemní vodou svrchních pánevních kolektorů, zvláště tam, kde klikovské souvrství je při povrchu v psamitickém vývoji (obtížné bývá v těchto případech i vizuálně stanovit hranici báze kvartérních sedimentů). V těchto případech by bylo přesnější hovořit o svrchním kolektoru než kvartérním kolektoru.

Kvartérní fluvialní sedimenty mohou být napájeny ze tří zdrojů:

- plošnou infiltrací srážek (zvláště tam, kde chybí nebo je málo vyvinutá ochranná krycí vrstva nivních hlín a poloh slatin a slatinných zemin)
- drenáží hlubších pánevních zvodní (údolí Lužnice je regionální drenážní bází)
- dotací z povrchových toků, zvláště při vyšších vodních stavech nebo při umělém vzduť toků (jez Pílař)

Prostředí kvartérních sedimentů má poměrně vysokou propustnost, koeficient hydraulické vodivosti dosahuje průměrných hodnot $K = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s s tím, že propustnost stoupá směrem k severu od Suchdola n.L. a současně tímto směrem klesá rozptyl hodnot (Bělař et al.

1985). stejný zdroj uvádí i hodnoty transmisivity, které vesměs dosahují hodnot v rozmezí 10^{-3} - 10^{-2} m²/s, a storavity dosahující hodnot 10-20%, tedy všechno příznivé hodnoty ukazující na dobře propustné a vysoce zvodnělé prostředí. Nutno ale poznamenat, že nejde o homogenní prostředí, propustné štěrkopísky jsou prokládány občas jílovitými polohami a ččkami, které mohou významně ovlivnit lokální propustnost prostředí, zvláště ve vertikálním směru. Přesnému litologickému popisu horninového prostředí je proto třeba věnovat náležitou pozornost nejen u klikovského souvrství, ale i u kvartéru.

Hladina podzemní vody se v rovinatém terénu udržuje v poměrně úzkém rozmezí 2-4 m, přičemž občas může být mělčeji v terénních depresích v blízkosti vodních toků nebo trochu hlouběji ve výše položených částech terénu. V posuzované oblasti však hladina nikde není hlouběji než 6 – 7 m pod terénem.

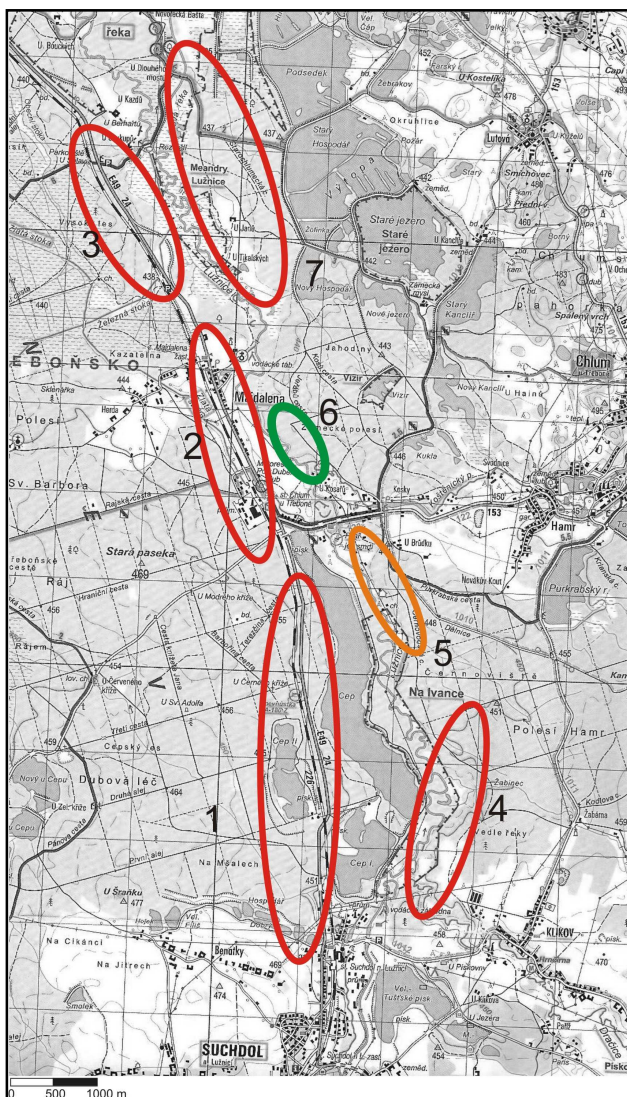
Směr proudění mělké podzemní vody je ve většině případů dán vodním tokem s drenážní funkcí. Dočasně se mohou směry proudění změnit, zvláště v období vodních stavů, kdy dochází k opačnému směru proudění. V území trvale vzduté hladiny Lužnice jižně od jezu Pilař je přirozené proudění trvale ovlivněno vsakováním vzduté povrchové vody do okolního kvartéru. V oblasti písňku Cep, jehož tvar je velmi protáhlá ve směru sklonu hladin, jeho jižní část je v důsledku nižší hladiny (jejíž úroveň odpovídá jeho severnímu zakončení, protože je vodorovná) místní drenážní bází, která je níže než tok Lužnice. Situace proudění v této oblasti je tak poměrně složitá, jak uvádí Bělař et al. (1985).

Co se týče jakosti mělkých podzemních vod, jde obecně o vody kyselé až slabě kyselé (pH 5,5-6,5), velmi málo mineralizované (kolem 50 mg/l rozpuštěných pevných látek), chemického typu Ca-SO₄. Indikátory splaškového znečištění (chloridy, dusičnany) dosahují jen nízkých hodnot, občas je mírně vyšší hodnota železa (1-2,8 mg/l) (Bělař et al. 1985).

Mělké podzemní vody v blízkosti vodních toků nebo písňků jsou ovlivněny povrchovými vodami i po stránce jakosti. Bělař et al. (1985) uvádí, že jsou mineralizovanější (až kolem 100 mg/l rozpuštěných pevných látek), mají vyšší obsah železa, chloridů a dusičnanů, vyšší je i oxidovatelnost. Zranitelnost tohoto mělkého kolektoru je extrémně vysoká, protože na většině plochy postrádá krycí izolační vrstvu a vzhledem k vysoké propustnosti zvodnělého prostředí velmi úzce souvisí i s povrchovou vodou četných vodních toků a nádrží. V místech intenzivního odvodňování hlubších pánevních zvodní lze očekávat vyšší mineralizaci (přes 200 mg/l), chemický typ s významným podílem hydrogenkarbonátů, vyšší obsahy železa a manganu, pH posunuté přes 7 do mírně zásadité oblasti.

Na základě podrobné terénní rekognoskace celého širšího zájmového území podél Lužnice mezi Suchdolem n.L. a Třeboní bylo území rozděleno na 7 dílčích oblastí (viz obr. 2.3.1) s následujícím hodnocením hrozících střetů zájmů se záměrem výzkumu umělé infiltrace.

Zásadní je v daném území těžba štěrkopísků, a dále i zájmy ochrany přírody. Výhodou je celkem řídké osídlení a zalesnění území, což částečně vyrovnává extrémně vysokou zranitelnost kvartérního kolektoru, který většinou není zakryt významnější izolační vrstvou proti vlivům s povrchu.



Obr. 2.3.1 Dílčí oblasti pilotní lokality Majdalena

1. Levý břeh Suchdol-Kosky: území silně postižené těžbou štěrkopísku, (písníky Cep), dobývací prostory zasahují prakticky do celé plochy významnějších akumulací kvartérních sedimentů, oblast je jednoznačně nevhodná pro výzkum
2. Levý břeh Kosky-Majdalena: v oblasti je zástavba, doprava (silnice, železnice), oblast je také nevhodná
3. Levý břeh Majdalena-Třeboň: přibývání organogenní složky v sedimentech, polohy rašelinišť, prognózní zásoby štěrkopísku, oblast nevhodná
4. Pravý břeh Suchdol-Kosky: ochrana přírody (Na Ivance), rozptýlená zástavba chatami, prognózní zásoby štěrkopísku, oblast nevhodná
5. Kosky – širší oblast vodárny oboustranně řeky: území vzdutí hladiny jezem Pilař, ochranná pásma vodních zdrojů, na levém

břehu hranice dobývacího prostoru. Část území potenciálně vhodná pro výzkum břehové infiltrace, zvláště v součinnosti s vodárnou ČEVAK, nevýhodou je zde mělká hladina podzemní vody (již kolem 2 m).

6. Pravý břeh Kosky-Majdalena v širším okolí soutoku Lužnice a Koštěnického potoka (Zámecké polesí): zalesněné území, bez zástavby, bez těžařských zájmů, hladina podzemní vody hlouběji pod terénem 5-6m, území vhodné pro výzkum
7. Pravý břeh Majdalena-Třeboň: zájmy ochrany přírody (meandry Lužnice, Stará řeka), organogenní sedimenty, nepřístupnost, rozsáhlé plochy nebilančních zásob štěrkopísku, oblast je nevhodná.

Další přípravné aktivity výzkumného projektu budou soustředěny především do oblasti 6 (využití pro bodovou a plošnou infiltraci, případně i břehovou), a v součinnosti s vodárnou ČEVAK budou diskutovány možnosti využití oblasti 5 (především břehová infiltrace). Z hlediska majetkoprávního většina pozemků přicházejících v úvahu je ve státním vlastnictví, a v užívání podniku Lesy ČR.

2.4. Pilotní lokalita Lednice

Uživatel výstupu pilotní lokality:

VaK a.s. Břeclav

Cíl prací na pilotní lokalitě:

- 1/ Získání informací o efektivitě a dynamice infiltrace v období povodňových stavů jako podklad pro návrh suchých poldrů a jejich začlenění do protipovodňové ochrany
- 2/ Eliminace negativních dopadů lidské činnosti do vodního režimu zpomalením odtoku povrchových a podzemních vod a jejich zdržením v povodí kvartérních teras.

Pilotní lokalita Lednice je situována v prostoru s významným ovlivněním režimu povrchových i podzemních vod antropogenní činností.

První, jednoznačně negativní dopad, představují zásahy do koryta Dyje, které bylo napřímeno. Tím se výrazným způsobem zrychlil odtok povrchových vod, což se projevilo na zvýšení negativních dopadů povodní. Současně se však zcela rozvrátily přírodní podmínky doplňování povrchových vod do přilehlého kvartérního kolektoru.

Druhým kontroverzním zásahem byla výstavba vodních nádrží Nové Mlýny. Ty jsou sice schopné do značné míry eliminovat povodňové nebezpečí. Na druhé straně však prohloubily vodohospodářské problémy v prostoru pod nádrží tím, že zadržují vodu v letních měsících, kdy se jí nedostává pro přirozenou infiltraci.

Experimenty na lokalitě Lednice mají dva cíle.

Za prvé budou práce zaměřeny na eliminaci výše uvedených problémů v konkrétním prostoru jímací oblasti Lednice a to tím, že otestují efektivitu tvorby indukovaných zdrojů účelovou manipulací s hladinou ve vodním toku.

Současně však lokalita Lednice bude fungovat jako modelový prostor pro získání poznatků o intenzitě zasakování v období povodňových stavů. Výstupy modelových studií a praktických experimentů vhodným způsobem doplní informace z pilotní lokality v kvartérních sedimentech Labe. Společně tak poskytnou podklady pro optimální situování a konstrukci suchých poldrů jako nástroje protipovodňové ochrany.

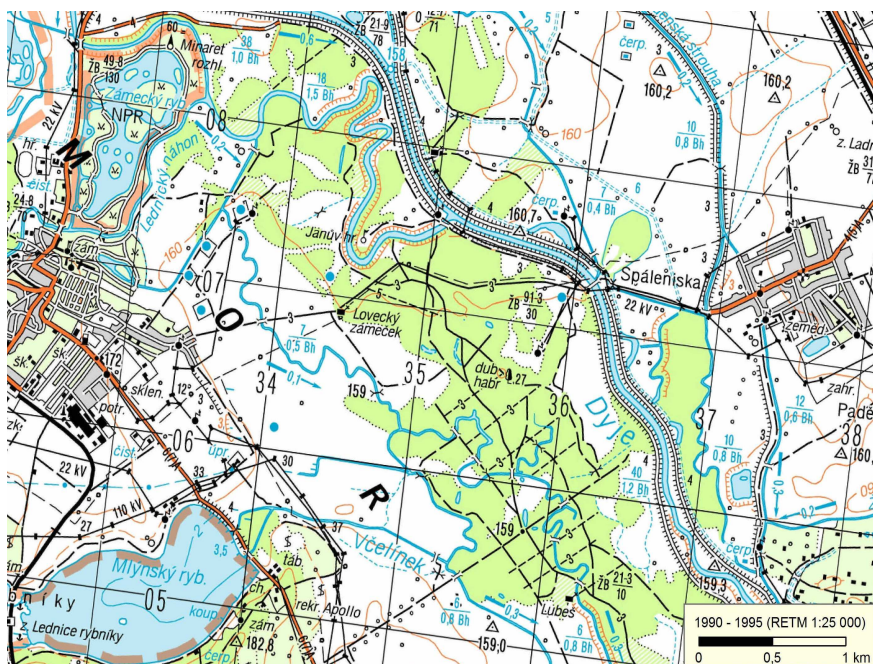
Lednické jímací území a jeho okolí je součástí rozsáhlého a vodohospodářsky významného hydrogeologického rajónu „1641 Kvartér Dyje“, který se vyznačuje velmi příznivými podmínkami pro existenci vydatných a poměrně kvalitních vodárensky snadno využitelných zdrojů mělkých průlinových podzemních vod. Jímací objekty lednického skupinového vodovodu jsou situovány v pravostranné (západní) části údolní nivy řeky Dyje, jižně od Lednice.

Množství a kvalita podzemních vod jsou rozhodující měrou podmíněny a ovlivňovány přírodními poměry zájmového území, přičemž se uplatňují zejména fyzickogeografické poměry (k nimž patří především poměry geomorfologické, klimatické a hydrologické), dále pak poměry pedologické, geologické a především hydrogeologické (charakter, mocnost a propustnost kolektoru, mocnost a účinnost stropního izolátoru, velikost a trvalost zdrojů doplňování zásob podzemních vod atd.)

Lednické jímací území a jeho širší okolí se nachází v jihozápadní části Dolnomoravského úvalu, který vytváří geomorfologicky výrazný pruh nižšího nížinného reliéfu, vzniklého na mohutných (několik set až tisíc metrů mocných) komplexech neogenních a kvartérních sedimentů. V Dolnomoravském úvalu výrazně převyšuje reliéf

akumulační, zastoupený tvary eolického a fluviálního původu, nad reliéfem erozně-denudačním, reprezentovaným mírně zvlněnými plošinami a mírnými svahy na neogenních a paleogenních sedimentech.

Obr. 2.4.1. Situace pilotní lokality Lednice



Vlastní lednické jímací území se nachází v geomorfologickém podcelku Dyjsko-moravská niva. Tato plochá akumulační rovina je místy prostoupěna jak zbytky mrtvých říčních ramen a zamokřených depresí, tak i vyvýšeninami navátých písků. Údolní niva, dosahující v zájmovém území šířky 3 až 4 km, je nejmladší částí údolního dna řeky Dyje a do dnešní podoby byla dotvořena během posledních několika set let každoročním zaplavitím při povodních. Před vodohospodářskými úpravami (jejichž hlavní část byla realizována v 70. letech 20. století) proudila povrchová voda Dyje v silně meandrujícím korytě, přičemž erozní a akumulační činnost vedla k rozšiřování meandrů, k jejich zaškrcování, posunu po toku, odřezávání meandrů a vzniku mrtvých ramen a jejich postupnému zazemňování při povodních. Odtokové poměry dolního toku Dyje se změnily úpravami jejího koryta v letech 1968 – 1973 a zejména výstavbou a provozem tří nádrží Nové Mlýny během období 1975 – 1987. Při těchto úpravách byla napřímena, zahloblena a ohrazována koryta Dyje i u některých menších přítoků (Včelínku). Novomlýnské nádrže byly vybudovány především pro zadržování vody při vysokých vodních stavech v řece Dyji a vypouštění vody v době výskytu nízkých vodních stavů. Dochází tak jednak ke snížení povodňových průtoků, jednak ke zvýšení nízkých průtoků (zejména v letních a podzimních měsících). Nepříznivě se změna odtokových poměrů projevila na mrtvých ramenech a mokřadech v údolní nivě, kdy zamezením rozlivů a snižováním hladiny v korytě Dyje se zmenšil přítok do těchto přirozených depresí, což vede k jejich vysušování.

Z časově i prostorově proměnlivých fyzikogeografických faktorů jsou podzemní vody ovlivňovány především klimatickými a hydrologickými poměry.

Možný podíl atmosférických srážek, jejichž infiltrací mohou být doplňovány zásoby podzemních vod zájmového území, je podstatnou měrou snižován sumárním výparem. Sumární výpar tvoří podstatnou složku vodní bilance a zejména v teplém vegetačním období dosahuje vysokých hodnot a převyšuje průměrné srážkové úhrny.

Rozhodujícím proměnlivým faktorem, který v zájmovém území ovlivňuje jak režim proudění a kolísání hladiny podzemní vody, tak i velikost vodárensky využitelných (a částečně dlouhodobě využívaných) zdrojů podzemních vod, jsou odtokové poměry na řece Dyji.

Rozdělení odtoku během roku je dosti nerovnoměrné. Největší průměrný měsíční průtok vykazuje duben, měsíční minimální průtok připadá na září. Z ročních dob je nejvhodnější jaro, nejméně vhodným ročním obdobím v dlouhodobém průměru je podzim. Odtokové poměry ovlivňují režim podzemních vod zejména v bezprostřední blízkosti povrchového toku, se zvětšující se vzdáleností se změny způsobené kolísáním vodních stavů na Dyji jednak zmenšují, jednak opoždují.

Režim mělkých podzemních vod údolní nivy je rozhodující měrou ovlivňován průtokovým režimem na řece Dyji. Změny vodních stavů v řece ovlivňují jak kolísání hladiny podzemní vody, tak směr jejího proudění, přičemž obecně platí, že za vysokých stavů zpravidla proudí podzemní vody od řeky Dyje do údolní nivy, při nízkých stavech naopak. Se zvětšující se vzdáleností od řeky se její vliv zmenšuje až posléze zaniká.

Množství i kvalita podzemních vod v lednickém jímácím území jsou z největší pravděpodobnosti ovlivňovány i úpravami koryt malých kanálů, které byly realizovány v období 1994 – 1995 v rámci akce „Revitalizace vodního režimu pravého břehu Dyje mezi Lednicí a Břeclaví“. Provedená technická řešení by měla zabezpečit vhodný vodní režim především pro lužní lesy (jarní a letní povodňování).

Hydrogeologicky je zájmové území součástí plošně velmi rozsáhlého a vodohospodářsky významného rajónu „1641 Kvartér Dyje“, který se vyznačuje vesměs příznivými podmínkami pro vznik, akumulaci, oběh a doplňování zdrojů podzemních vod. Na geologické stavbě tohoto území se podílejí neogenní a především pak kvartérní sedimenty.

Neogenní sedimenty, ležící v bezprostředním podloží kvartérních uloženin, jsou zastoupeny převážně jíly, prachovými jíly, méně pak jílovitými písky, tj. prakticky nepropustnými sedimenty, které vytvářejí nepropustné podloží (bazální izolátor) kvartérním fluvialním uloženinám. Sklon nepropustného podloží, který ovlivňuje přirozený režim proudění podzemních vod v nadložním hydrogeologickém kolektoru, sleduje celkový spád povrchu terénu. V zájmovém území se nepropustné podloží sklání zhruba od severu k jihu a v tomto směru velmi pozvolna proudí i podzemní voda.

Nejrozšířenějšími sedimenty zájmového území jsou kvartérní fluvialní uloženiny údolní nivy řeky Dyje. Údolní niva dosahuje jak značného plošného rozsahu (její šířka se pohybuje od 3 do 4 km), tak dostatečné mocnosti (většinou od 7 do 9 m), což společně s vysokou propustností (koeficienty hydraulické vodivosti se pohybují v řádech $n \cdot 10^{-4}$ do $n \cdot 10^{-3}$ m/s) hrubozrnných nesoudržných převážně šterkopísčitých uloženin spodního souvrství údolní nivy a příznivými podmínkami pro doplňování zdrojů podzemních vod (podmíněnými především existencí přímé hydraulické spojitosti podzemních vod s vodami povrchových toků) vytváří hlavní příznivé podmínky pro existenci vydatných, vodárensky snadno využitelných zdrojů mělkých podzemních vod.

Akumulace údolní nivy řeky Dyje je budována dvěma geneticky, litologicky i hydrogeologicky výrazně odlišnými souvrstvími. Spodní souvrství údolní nivy je složeno z hrubozrnných, nesoudržných, dobře propustných sedimentů (šterků, šterků s příměsí písku, písčitých šterků, středně až hrubě zrnitých písků) facie říčního koryta. V podstatě se jedná o sedimentární výplně koryt „divočících“ vodních toků, které se navzájem mnohonásobně kříží a podmiňují tak typické změny v zrnitosti složení výplní nejen různých koryt, ale i ve výplni téhož koryta, což se projevuje zejména výraznými rozdíly ve filtračních vlastnostech těchto uloženin. Nepravidelné složení sedimentů spodního souvrství údolní nivy, a to jak

v horizontálním tak vertikálním směru, vyvolává v detailu jak různé směry proudění – privilegované cesty podzemní vody (geofiltrační proudy), tak velkou a nepravidelnou proměnlivost v propustnosti uloženin hydrogeologického kolektoru, což se mimo jiné projevuje i značnými rozdíly ve vydatnostech hydrogeologických průzkumných vrtů (i definitivních jímacích objektů). Mocnost sedimentů facie říčního koryta, tvořících spodní souvrství údolní nivy, se pohybuje vesměs od 4 do 7 m.

Svrchní část souvrství údolní nivy budují sedimenty facie nivních náplavů, zastoupené jemně zrnitými, soudržnými, horizontálně zvrstvenými, faciálně-litologicky značně proměnlivými, velmi málo propustnými zeminami (charakter hlín, jílovitých hlín, jílovitých a prachovitých písků a pod.). Nivní náplavy dosahují v zájmovém území mocnosti převážně 2 – 4 m a vytváří velmi účinnou krycí vrstvu, která výrazně znesnadňuje pronikání znečištění z povrchu terénu do sedimentů hydrogeologického kolektoru.

Z poznání přirozeného režimu podzemních vod (které umožnily výsledky dlouhodobého sledování kolísání hladiny podzemních vod, které provádí v zájmovém území na řadě pozorovacích objektů Český hydrometeorologický ústav) jsou důležitá, a to jak pro komplexní poznání hydrogeologických poměrů, tak zejména pro posouzení možností racionálního vodárenského využívání podzemních vod kvartérních fluviálních uloženin řeky Dyje, zejména následující zjištění:

- v přirozených podmínkách, tj. podmínkách neovlivněných vodárenským odběrem, leží hladiny podzemní vody za všech stavů nehluboko pod povrchem terénu, takže hrubozrnné nesoudržné, dobře propustné uloženiny hydrogeologického kolektoru jsou zvodněny v celé mocnosti
- rozkolísanost hladiny podzemní vody je vzhledem k celkové mocnosti zvodnění (resp. mocnosti hydrogeologického kolektoru) velká
- hladina podzemní vody vykazuje v zájmovém území prakticky stejný průměrný roční chod kolísání, s minimálními stavy v září a maximy v dubnu, mezi nimi pak dochází k pozvolnému pohybu hladiny podzemní vody. V jednotlivých rocích je však kolísání hladiny, a to jak pokud jde o jeho rozsah, tak časový průměr, od normálu dost odlišné
- režim podzemních vod zájmového území je rozhodující měrou ovlivňován vodními stavy na povrchovém toku Dyje.

Část podzemních vod, vázaných na kvartérní fluviální uloženiny pravostranné části údolní nivy řeky Dyje jižně od Lednice je již mnoho let (od r. 1962) vodárensky využívána pro zásobování okolních obcí pitnou a užitkovou vodou.

Podzemní voda je zde exploatována z jímacích objektů situovaných ve čtyřech oblastech, označovaných jako prameniště II – V. V rámci vodárenské exploatace jsou zde sledovány odběry surové vody a následně upravené podzemní vody dodávané spotřebitelům. Průměrné roční čerpané množství surové vody v průběhu 10 let se pohybovalo od 52 l/s do 88 l/s. Průměrné množství upravené podzemní vody dodávané do vodovodní sítě za stejné období se pohybovalo v rozmezí od cca 40 l/s do 60 l/s, přičemž vyšší průměrná hodnota odpovídá spotřebě v letních měsících červen – září.

V současné době nově rekonstruovaná Úprava podzemní vody Lednice s vyšší upravovanou kapacitou má dle sdělení pracovníků provozovatele (VaK a.s. Břeclav) zvláště v letních měsících nedostatek surové vody, což nutně vyvolává v tomto období vyhlašovaná restriktivní opatření ve využívání k jiným účelům (bazény, zvýšená potřeba zalévání...) než k běžné spotřebě. Tím, že poptávka obyvatel v letních měsících není zcela pokryta (nebo pouze za omezujících opatření) je ze strany provozovatele více než žádoucí zvýšenou potřebu zajistit a to nejen z ekonomických důvodů.

Důvodem, proč je problém s vykrytím spotřeby pitné vody právě v letních měsících je odrazem režimu mělkých podzemních vod údolní nivy a nízkých terasových stupňů v prostoru a čase, kdy obecně platí, že režim mělké fluvialní zvodně závisí na průtokovém režimu vodního toku. Změny vodních stavů ve vodním toku ovlivňují jak kolísání hladiny podzemní vody, tak směr jejího proudění. Za vysokých stavů proudí zpravidla podzemní voda od vodního toku do údolní nivy, při nízkých stavech pak naopak. jedná se o tzv. poříční režim, který se zvětšující se vzdáleností od toku zmenšuje až posléze zanikne. Rychlost šíření změn se při volné hladině udává vzdáleností 20 – 40 m/den; u podzemních vod s napjatou hladinou se udává až 3000 m/den.

Vzhledem k tomu, že většina pramenišť využívá při vodárenské exploataci systém tzv. násosky, kde limitujícím pro vysokou vydatnost je vysoký stav hladiny podzemní vody v jednotlivých studnách násoskové větve, je zřejmé, že příznivější pro zvýšené odběry bude období, kdy bude proudění podzemní vody od řeky do údolní nivy, tj. stav, kdy vodní tok dotuje kvartérní fluvialní zvodně formou tzv. indukovaných zdrojů podzemní vody. Tento stav se může opakovat i několikrát během roku, kdy se při tomto ději uplatňují zvýšené stavy a následně zvýšené průtoky na povrchovém toku. Bohužel, v letním období, kdy se spíše uplatňují nízké stavy a nízké průtoky, vystupuje do popředí funkce vodního toku drenážní, kdy dochází k odvodnění mělké fluvialní zvodně a v důsledku toho i k poklesu hladin podzemní vody s následným poklesem „výkonu“ jednotlivých násoskových větví.

V případě Dyje do tohoto „přirozeného režimu“ přistupují změny odtokových poměrů na dolním toku Dyje, zapříčiněné úpravami jejího koryta v letech 1968 – 1973 a zejména výstavbou a provozem Novomlýnských nádrží v období 1975 – 1987. V rámci těchto úprav byla napřímena, zahloblena a ohrazována koryta Dyje i některých menších toků. V důsledku napřímení koryta Dyje došlo k jeho zkrácení téměř na polovinu.

A samozřejmě i vybudování Novomlýnských nádrží s manipulačním řádem umožňujícím zadržování vody v jejich prostoru při zvýšených vodních stavech v řece Dyji a jejím přítoku Svratce s Jihlavou přineslo do přirozeného poříčního režimu dolního toku jisté oživení, spočívající ve vypouštění zadržovaných vod v době nízkých stavů. Touto manipulací dochází ke snížení povodňových průtoků a navýšení nízkých průtoků. Kulminační průtok „stoleté vody“ (Q_{100}) se snížil z $Q = 910 \text{ m}^3/\text{s}$ na $760 \text{ m}^3/\text{s}$, z čehož se odvádí $458 \text{ m}^3/\text{s}$ upraveným korytem Dyje a zbývajících $302 \text{ m}^3/\text{s}$ připadá na pravobřežní inundaci. Nepříznivě se změna odtokových poměrů projevila v údolní nivě na odstavených ramenech a mokřadech, kdy v důsledku zamezení rozlivů a snižováním hladiny v korytě Dyje se zmenšil přítok do těchto depresí a došlo tak k jejich vysušování. Pokud by vodní dílo Nové Mlýny v rámci manipulačního řádu umožnilo nadlepšování průtoků ze zachycené vody např. z jarního tání v období letních a podzimních minim tak, aby vodní tok prakticky trvale dotoval mělkou kvartérní fluvialní zvodně údolní nivy, pak by se jednalo o řízenou umělou břehovou infiltraci. Toto by byl ideální stav za předpokladu, že je v Novomlýnských nádržích každoročně taková zásoba zadržované vody, která by umožňovala břehovou dotaci fluvialní zvodně v období roku, kdy v normálním ročním režimu převládá drenážní efekt vodního toku. Musíme však uvažovat s tím, že VD Nové Mlýny nemá v rámci manipulačního řádu povinnost zajišťovat „dotační“ funkci řeky Dyje. Tato funkce je navíc limitována i dostatečnou zásobou nadržené vody v nádrži, která je podmíněna velmi až mimořádně vodním rokem. S ohledem na tuto skutečnost se jeví pro zajištění řízeného dotačního efektu řeky Dyje (umělá břehová infiltrace povrchové vody) do fluvialní zvodně využívané jímacím územím Lednice jako optimální manipulovatelné technické zařízení, umožňující podle potřeby vzduť hladiny povrchového toku tak, aby i v období déletrvajícího sucha byla zajištěna řízená dotace vodárensky exploatovaného kolektoru.

2.5. Pilotní lokalita Meziboří

Uživatel výstupu pilotní lokality: Obecní úřad Meziboří

Cíl prací na pilotní lokalitě:

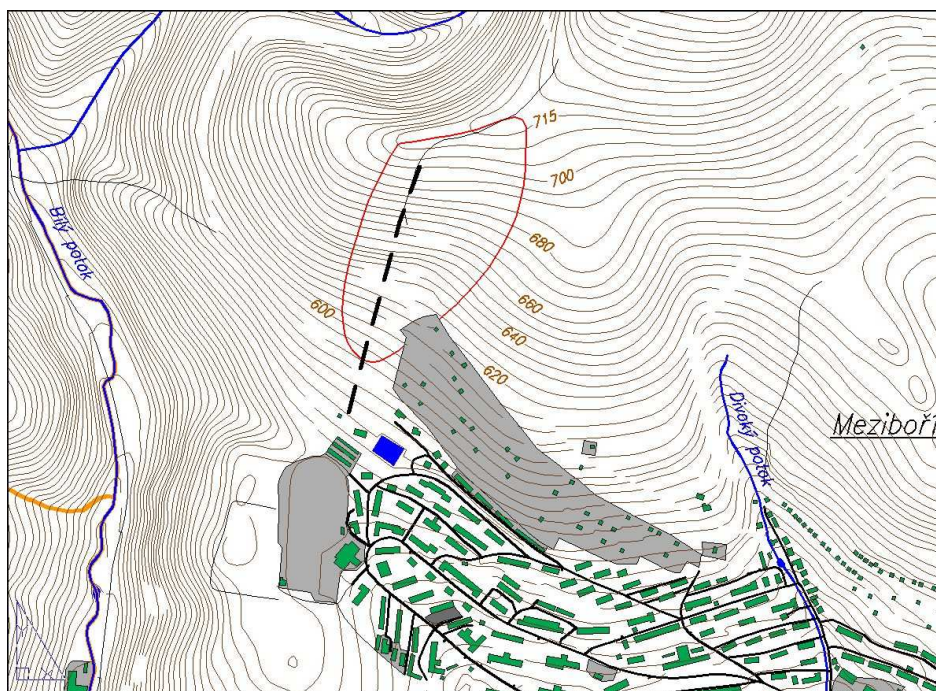
1/ Zmírnění až eliminace obou klimatických extrémů, povodní a sucha, v lokálním měřítku zpomalením odtoku povrchových a podzemních vod a jejich zdržením v prostředí krystalinika.

Pilotní lokalita Meziboří v Krušných horách představuje prostředí, ve kterém bude umělá infiltrace představena jako nástroj, umožňující zpomalení odtoku povrchových a podzemních vod v krystaliniku a zvyšující podíl podzemních vod na celkovém odtoku. V průběhu pěti let bude testována efektivita metody umělé infiltrace, která je technologicky a ekonomicky relativně nenáročná a která je aplikovatelná i v lokálním měřítku na povodí o ploše řádově jen desítkách hektarů.

Hlavní cíl řešení testovaný na lokalitě Meziboří je zaměřen na koncového uživatele z kategorie malých obcí a navrhuje řešení lokálních vodohospodářských problémů zlepšením místní vodní bilance. Prostředkem pro dosažení toho cíle bude snížení negativních dopadů zvýšených srážkových úhrnů a naopak jejich využití v dobách sucha.

Výstupy z pilotní lokality Meziboří poslouží konkrétní obci v místě prací, ale současně poskytnou know how přímo využitelné na více než ¾ území České republiky.

Zájmové území leží severozápadně od města Meziboří, vzdálené 3 kilometry severním směrem od Litvínova. Z geomorfologického hlediska patří území jednomu z dílčích celků Krušnohorské soustavy, Loučenské hornatině.



Obr. 2.5.1 – Topografická mapa s vyznačením zájmového povodí

Vegetační pokryv okolí zájmového území je tvořen převážně smrkovým lesem, z dalších dřevin jsou přítomny modřiny a břízy. Vlastním zájmovým územím je svažité louka, sloužící v zimě jako lyžařská sjezdovka s relativně mírným sklonem.

Bílý potok, odvodňující zájmové území, je levým přítokem řeky Bíliny, do níž se vlévá v Záluží na jih od Litvínova, stejně jako sousední potok Loupnice.

Z nejbližších klimatických stanic ČHMÚ, jimiž jsou Litvínov, Fláje, Horní Jiřetín, Nová Ves a Janov, není žádná v takové blízkosti, aby mohla být brána jako reprezentativní. Pokud jde o srážky a teploty, jsme tedy odkázáni na interpolaci. Lze předpokládat, že průměrná roční srážková výška se pohybuje mezi 700 a 800 milimetry, přičemž maxima (90 až 100 mm) přicházejí v červnu až srpnu a minima v zimních měsících, kdy však lze počítat vzhledem k nadmořské výšce s několikaměsíčním sněhovým pokryvem, který však nemusí být nepřetržitý. Průměrná roční teplota je mezi 6° a 7°C.

Terén je velmi členitý s nadmořskými výškami od 956 m n.m. po cca 550 m n. m. v Meziboří.

Geologicky je okolí Meziboří součástí krušnohorského antiklinoria, které je na jižní straně přerušeno krušnohorským zlomem, za nímž se směrem na jih noří pod terciérní sedimenty a vulkanity podkrušnohorské propadliny. Území nad Mezibořím patří ovšem celé jedné z kleneb krušnohorského antiklinoria, tvořené metamorfovanými horninami proterozoika (ortorulami).

Žádný ze zlomů, zjištěných při geologickém mapování a při dálkovém průzkumu, nevede přímo přes zájmové území, ale zdá se evidentní, že obě nejbližší údolí, vyhloubená jednak Bílým potokem a jednak levým přítokem, který se do Bílého potoka vlévá severozápadně od Meziboří, sledují tektonické linie. Stráň, která je zájmovým územím v užším slova smyslu, má souvislý kvartérní pokryv a postrádá výchozy starších hornin, ale petrografický typ těchto hornin v podloží kvartérních uloženin a zvětralin vyplývá jednak z povrchového mapování a jednak z výsledků sondovacích prací v okolí.

Mocnost pokryvu pevných hornin je kolísavá a při svažitosti terénu ovlivněná tím, do jaké míry byl tento pokryv vystaven odnosu. Největší dokumentovaná mocnost kvartérních uloženin (hlín a eluvií) v sondách v okolí zájmového území byla 7 m, nejmenší 1 m.

Hydrogeologicky důležitým prvkem zájmového údolí je souvislá vrstva písčitých hlín, sousedící ve směru do hloubky s pásmem zvětralin a povrchového rozpojení puklin ortorul. V inženýrsko-geologických sondách byla dokumentována hladina podzemní vody v hloubkách od 1,20 m až 3 m pod úrovní terénu, což evidentně souvisí s morfologií terénu. Fyzikálně-chemické rozbory podzemní vody, jejíž hladina byla dokumentována zmíněnými vrty, nebyly prováděny.

Hlavním zdrojem pitných vod v Krušných horách jsou povrchové nádrže. V daném terénu se jedná o vodárenské nádrže Fláje a Janov. Město Meziboří je kompletně zásobováno vodou z Flájí, zpracovávanou v místní úpravně.

2.6. Pilotní lokality zaměřené na zasakování vyčištěných odpadních vod

Uživatel výstupu pilotních lokalit:

Obecní úřad Horní Beřkovice a Měděnec,
Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství

Cíl prací na pilotní lokalitě:

1/ Zmírnění až eliminace klimatických extrémů v lokálním měřítku zpětným využitím vody v povodí.

Umělá infiltrace vyčištěných odpadních vod do horninového prostředí je proces, který dnešní česká legislativa zakazuje, resp. umožňuje pouze ve výjimečných případech (§ 38 odst. 7 vodního zákona). Výhody tohoto procesu běžně využívaných v řadě států EU i jinde ve světě jsou zřejmě především v lokálních podmínkách bilančně napjatých povodích krystalinika, kde zpomalení oběhu a recyklace musí získat prioritu. Modelové experimenty by měly prokázat možnost aplikace tohoto postupu i v rámci naší republiky a dodat argumenty pro změnu legislativy, umožňující tuto aktivitu.

Průzkum bude prováděn na dvou lokalitách v povodí Labe. Jedná se o horskou lokalitu Měděnec v Krušných horách a nížinnou lokalitu Horní Beřkovice. Obě lokality leží v Ústeckém kraji. Zájmové lokality jsou situovány v oblasti české křídové pánve (lokalita Horní Beřkovice) a krystalinika Krušných hor (lokalita Měděnec).

2.6.1. Horní Beřkovice

Obec Horní Beřkovice leží v jihovýchodní části Ústeckého kraje, v okrese Litoměřice, v nadmořské výšce cca 220 m n.m. Vsakování předčištěných odpadních vod probíhá v mírné terénní depresi východně od obce v nadmořské výšce okolo 180 m n.m. Klimaticky náleží lokalita do oblasti teplé a suché s průměrnou teplotou cca +8,5 °C a ročním úhrnem srážek 500 až 550 mm. Území je intenzivně zemědělsky obhospodařováno, okolí vsakovacího území tvoří orná půda a sady. Hydrologicky patří zájmová oblast do povodí Labe, číslo hydrologického poradí 1-12-03-017.

Území geologicky náleží k české křídové pánvi, litofaciálně k její vltavsko-berounské oblasti. Podloží zájmové lokality se vsakováním je budováno sedimentárními horninami svrchní křídý, připovrchové patří jsou tvořeny zejména písčitými slínovci a vápnitými prachovci jizerského souvrství stáří středního turonu. Ve svrchní části jsou tyto podložní horniny zvětralé na slíny.

Povrch je kryt nezpevněnými kvartérními sedimenty, mezi nimiž převažují fluvialní šterky a písky říčních teras, spraše a sprašové hlíny a svahoviny. Zastoupeny jsou i antropogenní navážky, například výkopové zeminy z budování zasakovacích nádrží. Z hlediska půdního pokryvu se území nachází v hnědozemní oblasti.

Z hydrogeologického hlediska leží zájmové území v rajonu 4530 - Roudnická křída. Hydrogeologicky významné jsou zejména propustnější sedimenty české křídové pánve a kvartérní sedimenty. V cenomanských pískovcích a slepencích je vytvořen tzv. bazální

křídový kolektor, jehož nepropustné nadloží tvoří spodnoturonské slínovce. Horniny středního turonu jsou v zájmové oblasti převážně pelitické, oběh podzemních vod byl v oblasti vsakování ověřen vrtnými pracemi jen v přípovrchové zóně zvětrání.

Hladina mělké zvodně v kvartérních sedimentech a zóně přípovrchového rozpojení puklin skalních hornin bývá většinou volná. Hloubka hladiny podzemní vody pod terénem závisí na morfologii a lokální propustnosti. Mělká zvodně bývá přímo závislá na srážkové činnosti a je často nedostatečně chráněna před průnikem povrchového znečištění.

Dlouhodobý specifický odtok podzemní vody z oblasti dosahuje podle Krásného et al. (1982) nízkých až středních hodnot – okolo $2 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Z hlediska zaměření úkolu má na lokalitě naprosto dominantní vliv mělká zvodně. Směr toku podzemní vody kvartérní zvodně je generelně směrem k místní erozivní bázi - k východu k toku Labe. Zvodnění fluviálních šterkopísků je vázáno na jejich bázi. V oblasti se povrchové toky vyskytují pouze sporadicky, horninové prostředí je zde silně propustné, koeficient hydraulické vodivosti se pohybuje v rozmezí hodnot $1,3 \cdot 10^{-5}$ až $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$, koeficient transmisivity (T) $2,7 \cdot 10^{-4}$ až $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Zelenka et al., 1994).

Obr. 2.6.1. Situace pilotní lokality Horní Beřkovice

Odpadní vody z Horních Beřkovic, které mají cca 900 obyvatel, jsou svedeny do obecní kanalizace. Vedle jednotlivých domů a drobných provozoven je v obci připojena na kanalizaci i větší psychiatrická léčebna. Kanalizace je zaústěna do čistírny odpadních vod (ČOV).

V roce 2000 měly být na tutéž ČOV připojeny i obce Kostomlaty pod Řípem a Libkovice pod Řípem. Čistírna zpracovává odpadní vody cca 1800 EO, je provozována SČVaK, kolaudace čistírny proběhla v roce 1994. Předčištěná odpadní voda je vedena z ČOV k východu, ve vzdálenosti cca 800 m od ČOV jsou umístěny tři zasakovací nádrže. V roce 2001 byly ve druhé nádrži vybudovány dva vsakovací vrty pro zvýšení kapacity vsakování. Z prostoru vsakování dochází již pouze k podpovrchovému odtoku.



Podrobnější hydrogeologické a geologické informace o oblasti zasakování pocházejí z období realizace infiltračních nádrží na počátku devadesátých let minulého století (Zuzánek, 1990 a Pljaskovová, 1991).

2.6.2. Měděnec

Obec Měděnec leží v Krušných horách v nadmořské výšce cca 840 m n.m v západní části Ústeckého kraje, v okrese Chomutov a má okolo 150 obyvatel. Vsakování vyčištěných

odpadních vod probíhá v údolí jihozápadně od obce v nadmořské výšce cca 825 až 800 m n.m.

Celé území leží v CHOPAV Krušné hory. Zájmové území se vsakováním odpadní vody patří hydrologicky k povodí Ohře, je odvodňováno k jihu bezejmenným levostranným přítokem Malodolského potoka. Údolí uvedeného bezejmenného toku, situované přibližně ve směru sever – jih, je značně strmé – při délce cca 1 km překonává převýšení přesahující 200 m.

Geologicky území náleží ke krystaliniku krušnohorské oblasti. Zájmová lokalita se vsakováním je budována metamorfovanými horninami, převážně muskovit-biotitickou až dvojslídnu pararulou. V pararulách tvoří čočky eklogit až amfibolitizovaný eklogit. Severně od místa vsakování je skalní podklad tvořen granát-muskovitickým svorem, elevace Mědníku je budována skarnem. V údolí pod místem vsakování se v pararulách vyskytují polohy ortorul, zejména hrubozrnné okaté muskovit-biotitické ortoruly a drobně až středně zrnité muskovitické až biotit-muskovitické ortoruly (Mlčoch, 1996).

Masiv metamorfních hornin prorážejí žilné magmatity jako granitový porfyr, granodioritový porfyr a lamprofyry. Významnější žíla granitového porfyru až porfyrity směru zjz-vsv prochází jižní částí obce Měděnec a protíná i údolí se vsakováním odpadních vod.

Povrch je kryt nepevněnými kvartérními sedimenty, mezi nimiž převažují svahoviny a sutě, v údolí potoka se vyskytují deluviofluviální písčitohlinité sedimenty. Zastoupeny jsou i antropogenní navážky, zejména výkopové zeminy v intravilánu obce Měděnec a kamenité haldy hlušiny při ústí starých důlních děl. Půdní vrstvu zde tvoří kryptopodzoly: mělké, silně kyselé půdy s vysokým obsahem humusu, dobrou porozitou a nakypřeností, ale nízkými sorpčními schopnostmi. Z tektonického hlediska převažují poruchy ve směrech SZ-JV a ZJZ-VSV.

V okolí obce probíhala od 14. století těžební činnost, dobývány byly železné rudy, stříbrnosné měděné rudy, chalkopyrit, pyrotin a pyrit na výrobu kyseliny sírové a skalice. Těžba magnetitových železných rud byla ukončena v červenci 1992. V roce 1994 zde začal pracovat důl, zabývající se těžbou a zpracováním muskovitických svorů pro výrobu průmyslového granátu a slídy. Doly byly uzavřeny a v roce 1998 zatopeny.

Zájmové území leží z hydrogeologického hlediska v rajonu 6120 – Krystalinikum v mezipovodí Ohře po Kadaň.

V tomto rajonu má rozhodující význam mělká zvodeň v kvartérních sedimentech a zóně přípovrchového rozpojení puklin krystalinických hornin. Její hladina bývá většinou volná, pouze v místech překrytí méně propustnými sedimenty bývá hladina tohoto kolektoru napjatá. Hloubka hladiny podzemní vody pod terénem závisí na morfologii a lokální propustnosti. Mělká zvodeň bývá přímo závislá na srážkové činnosti a je často nedostatečně chráněna před průnikem povrchového znečištění.

Dle hydrogeologické mapy 1:50 000 (Hrkal, 1989) se koeficient transmisivity (T) místního puklinového kolektoru přípovrchové zóny rozpukání a rozpojení pararul a ortorul pohybuje v rozmezí $1 \cdot 10^{-5}$ až $8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Dlouhodobý specifický odtok podzemní vody z oblasti dosahuje podle Krásného et al. (1982) zvýšených hodnot - mezi 5 a $7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Z hlediska zaměření úkolu má na lokalitě naprosto dominantní vliv mělká zvodeň. Směr toku podzemní vody kvartérní zvodně je generelně směrem k místní erozivní bázi - k bezejmennému přítoku Malodolského potoka, případně v dolní části lokality k Malodolskému potoku samotnému.

Odpadní vody obce jsou částečně svedeny do obecní kanalizace (uliční větve v ulicích Kadaňská, Revoluční a Široká). Kanalizace je svedena na ČOV v prostoru pod hřbitovem jihovýchodně od obce. ČOV sestává z tříkomorového septiku s odtokem do podmoku. Průměrná kapacita ČOV je $6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$, tzn. $0,08 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Vyprodukovaný kal se zpracovává kalolisem na ČOV Vejprty. Počet EO připojených na kanalizaci je cca 80. Ostatní objekty v obci mají likvidování odpadních vod zajištěno pomocí septiků a žump.

3. Návrh technických prací

Návrh technických prací na jednotlivých pilotních lokalitách se bude řídit jednotnou metodikou zpracování, která umožní vzájemnou porovnatelnost získaných výstupů. Práce jsou členěny do deseti na sebe navazujících aktivit, jejichž detailní popis obsahuje následující kapitola.

3.1. Popis obecných aktivit na každé pilotní lokalitě

3.1.1. AKTIVITA 1. Klimatologické hodnocení

<i>Řízená umělá infiltrace je proces, při kterém dochází k intenzifikaci přírodního procesu zasakování srážkových do podzemí. Hlavním cílem úvodní aktivity je proto zodpovězení otázky, jaká je přirozená dotace, k jakým variacím srážkové aktivity dochází v současné době a s jakými je nutno počítat v případě pravděpodobných scénářů klimatických změn.</i> <i>Tyto informace budou hrát významnou úlohu v dalších etapách projektu, při hydrologickém a hydrogeologickém modelování a především při návrhu typu a kapacity zasakovacích objektů.</i>
Základní cíle Aktivity 1: 1/I Sběr klimatických dat v širším okolí pilotních lokalit a vytvoření databázového systému 1/II Analýza celkových srážkových úhrnů, zhodnocení četnosti a intenzity extrémních událostí 1/III Analýza efektivních srážkových úhrnů
POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ 1/I Sběr klimatických dat a vytvoření databázového systému V průběhu této etapy prací bude vytvořena databáze dlouhodobých řad srážek a teplot na stanicích ČHMU, kterou jsou v okolí pilotních lokalit. Podle možností budou tyto informace doplněny i o údaje o intenzitě slunečního svitu, sněhové pokrývce a evapotranspirace. Všechny získané informace budou uloženy do účelové databáze, která se ale nebude omezovat jen na klimatická data. Každá z pilotních lokalit bude mít vlastní databázi, do které budou všechny aktivity přispívat svými informacemi. Všechny databáze budou mít jednotnou formu, která zaručí možnost výměny, případně sdílení analogických informací. Struktura databáze bude sice vytvořena při samotném zahájení prací, nicméně bude flexibilní, aby byla se schopna přizpůsobovat potřebám projektu v průběhu jeho pětiletého trvání. 1/II Analýza celkových srážkových úhrnů, zhodnocení četnosti extrémních událostí Na základě dlouhodobých časových řad srážek bude určena pravděpodobnost mimořádných srážkových úhrnů a bude kvantifikována jejich velikost. Dalším krokem bude prognóza vývoje srážek a jejich distribuce v průběhu roku, podle různých klimatických scénářů. Základ budou tvořit modely IPCC, nicméně k řešení budou použity i další možné

varianty vývoje klimatu na naší planetě.

Výstup této etapy prací poskytne klíčové informace pro simulace intenzity povodňových vln, které budou realizovány v následné Aktivitě 2. Tyto informace jsou zcela nezbytné pro návrh technického řešení infiltrace, tak aby tato technologie byla optimálním způsobem začleněna do protipovodňových opatření.

1/III Analýza efektivních srážkových úhrnů

Princip umělé infiltrace je sice založen na třech zdrojích zasakované vody – srážkové, povrchové z vodních toků a vody antropogenního původu, nicméně všechny jsou vždy závislé na intenzitě efektivních srážek.

Na rozdíl od předchozího dílčího cíle 1/II, zabývajících se výhradně jen variabilitou a intenzitou srážkové činnosti se následná etapa 1/III zaměří na srážky efektivní. Je známým faktem, že přesunem srážkových maxim do letního období s vyššími teplotami a obecným oteplováním klimatu narůstají ztráty způsobené evapotranspirací. Cílem detailního rozboru efektivních srážek v širším okolí testovacích lokalit bude rovněž zhodnotit vliv stávajícího využití krajiny především na transpiraci.

Výsledky této etapy prací budou využity při následném hydrologickém modelování (Aktivita 2) a modelování hydraulickém (Aktivita 6). Tím, že stanoví objem disponibilní srážkové vody pro zasakování, poskytnou zcela nezbytné informace pro technický návrh příslušných infiltračních zařízení.

Výstupy Aktivit 1:

1/I Tvorba obecné databáze obsahující relevantní klimatická data

1/II Zhodnocení klimatických poměrů v širším okolí pilotních lokalit s vizí do budoucnosti

Doba řešení: VI. 2011 – XII.2011

3.1.2. AKTIVITA 2. Hydrologické hodnocení

Hlavním cílem této aktivity je posoudit časoprostorové změny režimu povrchové vody jako média pro zasakování do podzemí. V této etapě prací se neřeší, zda-li účelem infiltrace bude zpomalení odtoku povrchových vod, eliminace povodňové vlny, nebo vytvoření zásoby kvalitní pitné vody pro pozdější využití.

Účelem Aktivita 2 je podat pro následné etapy hodnocení pilotních lokalit informace o dlouhodobých i krátkodobých změnách průtoků, o disponibilních objem povrchové vody pro zasakování.

Základní cíle Aktivita 2:

- 2/I Sběr dat o průtocích z vodoměrných stanic na pilotních povodích a jejich okolí a vytvoření databázového systému
- 2/II Zhodnocení variability průtoků na vodním toku
- 2/III Zhodnocení hydrologické bilance
- 2/IV Modelování hydrologické bilance a průtoků pro podmínky ovlivněné klimatickou změnou podle scénářů klimatické změny

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

2/I Sběr dat o průtocích z vodoměrných stanic v okolí pilotních povodích a vytvoření databázového systému

V rámci úkolu budou získána a vyhodnocena data o průtocích z vodoměrných stanic v zájmových územích a jejich okolí. Proběhne kontrola jejich správnosti a bude doplněn databázový systém vytvořený v rámci subprojektu 1/I, tak aby se mohla získaná data využít v ostatních subprojektech úkolu.

2/II Zhodnocení variability průtoků na vodním toku

Na získaných datových řadách bude hodnocena variabilita průtoků se zaměřením na malé a velké průtoky.

2/III Zhodnocení hydrologické bilance

Pro jednotlivé profily bude modelována hydrologická bilance pomocí modelu hydrologické bilance s názvem Bilan. Vstupními parametry modelu jsou teplota vzduchu, úhrn srážek a údaje o relativní vlhkosti vzduchu. Ke kalibraci modelu jsou využívány údaje o naměřených průtocích. Následně jsou modelovány v jednotlivých profilech průtoky a údaje o přímém odtoku, základním odtoku, infiltraci vody do půdy, bilančním přebytku vody po nasycení, zásobě podzemní vody a velikosti evapotranspirace. Pro zimní podmínky se navíc modeluje zásoba vody ve sněhové pokrývce. Získané hodnoty z modelu Bilan budou analyzovány a interpretovány.

2/IV Modelování hydrologické bilance a průtoků pro podmínky ovlivněné klimatickou změnou podle scénářů klimatické změny

S využitím klimatických scénářů bude modelována hydrologická bilance pro podmínky ovlivněné klimatickou změnou a zhodnoceny změny modelovaných veličin (odtok, přímý odtok, základní odtok, infiltrace vody do půdy, bilančním přebytek vody po nasycení, zásoba podzemní vody, velikost evapotranspirace, zásoba vody ve sněhové pokrývce v zimním období) oproti současnosti.

Výstupy Aktivita 2:

2/I Vytvoření databáze průtoků a ostatních charakteristik hydrologické bilance (přímý odtok, základní odtok, infiltrace vody do půdy, bilanční přebytek vody po nasycení, zásoba podzemní vody, velikost evapotranspirace, zásoba vody ve sněhové pokrývce v zimním období) pro současné podmínky i podmínky ovlivněné klimatickou změnou

2/II Zhodnocení hydrologických poměrů v pilotních povodích s vizí do budoucnosti

Doba řešení: XI. 2011 – VI.2012

3.1.3. AKTIVITA 3. Hydrogeochemické hodnocení

Aktivita 3. představuje zhodnocení jednoho z nejdůležitějších procesů, který rozhoduje o efektivitě řízené umělé infiltrace – interakce mezi vodou, atmosférou a horninovým prostředím. Studium tohoto procesu je o to komplikovanější, že se nejedná jen o čistě chemický proces, ale o složité hydrogeobiologické vazby, které jsou podle zkušeností ze zahraničí na každé lokalitě zcela unikátní. Důsledkem interakce voda versus hornina je kolmatace, neboli mechanické a biogeochemické zanášení pórů v okolí zasakovacích objektů, které v krajní variantě může zcela ochromit provoz infiltračního zařízení.

Dalším potenciálním rizikem je možnost interakce infiltrované vody s horninovým prostředím. Tato interakce může být důsledkem chemické nerovnováhy mezi vsakovanou vodou a horninami a může mít celou řadu projevů, od koroze hornin a vytváření preferenčních cest proudění až po mobilizaci nežádoucích složek (např. těžkých a toxických kovů). Na druhou stranu, za vhodných podmínek může v kolektoru docházet k významnému zlepšení jakosti infiltrované vody.

Detailní znalost procesů, které budou na každé pilotní lokalitě probíhat, bude přímo využita při sestavování koncepčního modelu (Aktivita 5) a dále v rámci Aktivit 7 při návrhu, řízení a následném vyhodnocení infiltračních experimentů. Konečné výsledky pak budou aplikovány na návrh vhodných technologií zasakování (Aktivita 11).

Základní cíle Aktivit 3:

- 3/I Počáteční zhodnocení hydrogeochemických poměrů pilotních lokalit.
- 3/II Vyhodnocení rizika interakcí mezi infiltrovanou vodou a horninovým prostředím
- 3/III Vyhodnocení infiltračního pokusu
- 3/IV Identifikace hydrogeochemických rizikových faktorů

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

- 3/I V rámci první etapy prací budou shromážděna všechna relevantní data o chemických a geochemických charakteristikách každé z pilotních lokalit, tzn. o pozadíovém složení podzemní vody a jejích fyzikálně-chemických vlastnostech, geochemické reaktivitě horninového prostředí zkoumaného kolektoru, potenciálních zdrojích nežádoucích složek (ložiska rud, rudní výskyty), atmosférické depozici a složení a vlastnostech vody určené k infiltraci. Zdrojem informací budou dostupné informace z pozorovací sítě ČHMÚ, výsledky geologicko-průzkumných prací doplněné aktuálními analýzami vzorků podzemní vody a hornin, získaných během infiltračních experimentů. Získaná data budou uložena v jednotném formátu. Využity budou rovněž metody izotopové geochemie.
- 3/II V druhé etapě prací budou na základě dat shromážděných v předchozí etapě prací sestaveny hydrochemické modely, které budou popisovat probíhající reakce v systému voda – hornina pro každou ze zkoumaných lokalit. Současně bude navržen režim a rozsah hydrochemického monitoringu pro infiltrační experiment. Cílem je zajištění podmínek pro získání podkladů pro posouzení rizikových faktorů.
- 3/III V této etapě prací bude z hydrogeochemického hlediska vyhodnocen průběh a výsledky infiltračních experimentů. Budou sestaveny inverzní hydrogeochemické modely a kvantifikovány probíhající interakce. Hlavním cílem je komplexní interpretace hydrogeochemických dat ve vztahu ke každé konkrétní lokalitě.
- 3/IV Pro dlouhodobý svstémů umělé infiltrace bude důležité vyhodnocení

hydrogeochemických rizikových faktorů, které mohou limitovat funkčnost systémů, nebo významným způsobem ovlivňovat provozní náklady. Může se jednat například o obsahy nutrientů vedoucí k rozvoji bioty a vytváření kolmatační vrstvy ve vsakovacím objektu, nebo důsledky chemické nerovnováhy v kolektoru, která může mít za následek mobilizaci těžkých kovů a znehodnocení stávajících vodních zdrojů.

Výstupy Aktivita 3:

- 3/I Zajištění sady základních hydrogeochemických ukazatelů pro každou lokalitu
- 3/II Sestavení hydrogeochemického modelu probíhajících dějů
- 3/III Hydrochemické vyhodnocení infiltračních experimentů a kvantifikace procesů
- 3/IV Posouzení rizika dlouhodobých interakcí a uvolnění potenciálně rizikových složek do podzemní vody

Doba řešení: XI. 2011 – VI.2015

3.1.4. AKTIVITA 4. Geofyzikální hodnocení

Cílem Aktivity 4 je využití nedestruktivních geofyzikálních metod pro vymezení geometrie a fyzikálních vlastností prostoru, kam bude možno povrchovou vodu zasakovat, případně dočasně uchovávat. Každá z lokalit, na kterých bude řízená umělá infiltrace probíhat, musí disponovat dostatečným „skladovacím“ prostorem. To znamená, že objem volných pórů nebo puklin musí umožnit infiltrovanou vodu přijmout a v případě potřeby znovu uvolnit. Tato informace spadá do kategorie klíčových pro funkčnost navrhované lokality a rozhoduje také o typu navržené technologie zasakování. Výhoda geofyzikálních metod spočívá v jejich nedestruktivním charakteru, to znamená, že při jejich aplikaci nedochází k žádným nevratným změnám krajiny ani majetku. Tyto metody umožní charakterizovat plošný rozsah prostředí se zvýšenou propustností, jejich hloubkový rozsah a vymezení preferenčních cest proudění. Konečný výstup je proto 3D obraz kolektoru, kam bude docházet k zasakování povrchových vod. Soubor geofyzikálních prací je navržen tak, aby byl schopen podat adekvátní informace na pilotních lokalitách, které pokrývají velmi pestrý litologický soubor, od fluvialních kvartérních sedimentů, přes pánevní uloženiny, až po krystalinikum.

V rámci Aktivity 4 budou využity dvě principiálně odlišné geofyzikální metody.

Karotáž je metodický postup, který podává hloubkově spojitě údaje o horninovém masívu in situ a rovněž in situ údaje o hydrogeologické situaci ve vrtech a ve zkoumané oblasti.

Povrchová geofyzika nabízí pestrý soubor metodických postupů, která se neomezuje na vrtné práce, ale podává hloubkově spojitě informace o úložných poměrech a změnách litologie podloží.

Základní cíle Aktivity 4:

4/I Vymezení geometrie prostředí se zvýšenou propustností karotáží

4/II Posouzení velikosti propustnosti karotáží

4/III Vymezení geometrie prostředí se zvýšenou propustností povrchovou geofyzikou

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

4/I Vymezení geometrie prostředí se zvýšenou propustností

Pro splnění tohoto cíle budou použity karotážní metody (gama karotáž, neutron neutron karotáž, elektrokarotáž, v nezapažených vrtech kavernometrie, v zapažených vrtech gama gama karotáž, rezistivimetrie v aplikaci metody konstantního čerpání resp.konstantního nálevu) popisující litologický profil s důrazem na identifikaci vrstev, nebo litologických poloh se zvýšenou propustností. Karotážní metody rovněž umožní výpočet porozity jednotlivých vrstev. Mimo to budou identifikovány vrstvy nepropustných hornin (hydraulických izolátorů), které v optimálním případě budou tvořit nepropustné dno a boky horninového tělesa určeného k umělé infiltraci. posouzení velikosti propustnosti

4/II Posouzení velikosti propustnosti

Pomocí karotáže (rezistivimetrie v aplikaci metody ředění označené kapaliny, rezistivimetrie v aplikaci metody konstantního čerpání resp.konstantního nálevu a fotometrie) budou zjištěny všechny propustné polohy (případně propustné pukliny) ve vrtech a jejich individuální vydatnosti. Na základě těchto měření lze zjistit orientační hodnoty propustností vyjádřené koeficienty filtrace pro jednotlivé propustné polohy a pro vrt jako celek. Bude zjišťováno rozmístění propustných poloh v prostoru a zda předpokládané nepropustné podloží plní svou izolační funkci.

4/III Vymezení geometrie prostředí se zvýšenou propustností povrchovou geofyzikou

Aplikace geofyzikálních měření bude vycházet ze základních geologických vlastností jednotlivých pilotních lokalit. Geologické podmínky totiž podmiňují očekávané fyzikální vlastnosti území a ty následně umožní navrhnout optimální komplex geofyzikálních metod.

Návrh souboru geofyzikálních prací pro pilotní lokality s kvartérním fluvialním kolektorem

Na lokalitách, kde budou studovány kvartérní sedimenty, budou řešeny zejména otázky mocnosti kvartérních sedimentů a jejich složení (zrnitost). Předpokládá se zejména použití geoelektrických metod. Orientační síť vertikálních elektrických sond (VES) vymezí základní odporové poměry lokality. Následné symetrické odporové profilování (SOP) vymezí rozložení kvartéru podle zrnitosti. Metoda odporové tomografie podrobně vymezí na vybraných reprezentativních profilech odporové poměry jak ve vertikálním, tak i horizontálním směru.

Návrh souboru geofyzikálních prací pro pilotní lokalitu Litá

Fyzikální vlastnosti křídové pánve bývají vesměs komplikované, a proto je nutno volit kombinaci odporových metod se seismikou. Odporová měření umožní posoudit zejména zrnitost prostředí. Seismika pak umožní sledovat tektonickou stavbu místa a detekovat průběh skalního podloží. Rozsah navržených prací odpovídá lokalitám s kvartérními sedimenty, nicméně je rozšířen o seismická měření, které upřesní geologické poměry (zrnitost, tektonika) interpretované podle velikosti odporů z pohledu šíření elastických vln.

Návrh souboru geofyzikálních prací pro pilotní lokality krystaliniku

Pro tuto skupinu lokalit předpokládáme hlavní využití geoelektrických metod, které budou zacíleny zejména pro detekci tektonických linií či porušených zón. Základní metodou proto bude metoda kombinovaného odporového profilování (KOP). Metoda KOP je zvláště sensitivní pro detekci porušených zón. Rozsah prací odpovídá metodám navržených pro studium kvartérních kolektorů

Návrh souboru geofyzikálních prací pro pilotní lokalitu Horní Beřkovice

Slínovcová prostředí jsou charakteristická nízkým měrným odporem. Předpokládá se, že bude možno použít jako základní metodu dipolové elektromagnetické profilování ve variantě se čtyřmi frekvencemi. Použití čtyř frekvencí je důležité, protože se změnou frekvencí se mění i hloubkový dosah metody. Jako doplňující metoda bude využita seismika. Seismika umožní zjistit či potvrdit porušené struktury (tj. tektonické linie) i v místech, kde bude geoelektrický obraz nejasný. Metodika průzkumu totožná jako je na lokalitě Litá.

Výstupy Aktivit 4:

4/I 3D grafická prezentace kolektoru, do kterého bude probíhat zasakování a stanovení velikosti propustnosti.

Doba řešení: I. 2012 – VI. 2012

3.1.5. AKTIVITA 5. Hydrogeologická syntéza

Aktivita 5 představuje syntézu prací, realizovaných v předchozích etapách projektu (Aktivity 1 – 4), v rámci které se definuje hydrogeologické prostředí, ve kterém bude řízená umělá infiltrace probíhat a to jak z kvantitativního tak i kvalitativního hlediska.

Základní cíle Aktivity 5:

5/I Doplnkové geologické a hydrogeologické technické práce

5/II Syntéza geologických, hydrogeologických, hydrochemických, hydrologických a klimatických dat

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

5/I Doplnkové geologické a hydrogeologické technické práce

V rámci předchozích aktivit se shromáždí většina dat, nutných pro tvorbu koncepčního hydrogeologického modelu. Zbylé informace, především ty, které jsou závislé na technických pracích, budou realizovány v průběhu úvodní etapy Aktiviny 5. Jedná se především o strukturně geologický rozbor, mineralogickou a petrografickou analýzu a stanovení hydraulických parametrů pomocí čerpacích zkoušek na vrtech. Dalším účelem vrtů je a vytvoření opěrných profilů pro geofyziku. Na každé dílčí lokalitě se předpokládá realizace cca 10 – 20 úplných hydrogeologických vrtů, jejichž definitivní počet a rozmístění bude upřesněn na základě výsledků předchozích aktivit.

5/II Syntéza geologických, hydrogeologických, hydrochemických, hydrologických a klimatických dat

Koncepční model představuje soubor informací a předpokladů použitých pro realizaci modelového řešení zájmové struktury vycházející ze syntézy geologických a hydrogeologických poznatků o zájmovém území. Hlavním cílem koncepčního modelu je přehledná formulace základní představy o zasakování, o jejím napájení, drenáži a případně o dalších interakcích s okolím.

Koncepční model bude obsahovat popis:

1. geologické a hydrogeologické stavby území (typ hornin, bází a mocností kolektorů, typ propustnosti, vymezení pozice území umělé infiltrace v rámci většího hydrogeologického celku - kolektoru, hg. rajónu, zvoleného pro zasakování (případně i přítomnost izolátorů v rámci zvolené oblasti),
2. charakteristik zájmového území (zjištěné koeficienty hydraulické vodivosti, vyhodnocené průběhy nenasycené hydraulické vodivosti, volnou a napjatou storativitu; předpokládanou infiltraci do podzemních vod, rovnici hydrologické bilance apod.)
3. proudění podzemní vody – vymezení oblastí dotace území, drenáže území, směrů proudění podzemní vody a jejich časoprostorových změn vlivem kolísání vodních stavů.
4. typu umělé infiltrace (typ objektů pro zasakování (vrty, plošné objekty), typ objektů pro čerpání (např. širokoprofilové vrty), předpokládaného vlivu zasakování a odběru podzemní vody na současné poměry proudění podzemní vody)

Výstupy Aktiviny 5:

5/I Strukturně geologická analýza

5/II Stanovení hydraulických parametrů

5/III Koncepční hydrogeologický model pilotních lokalit

Doba řešení: X. 2012 – VI. 2013

3.1.6. AKTIVITA 6. Hydraulický model infiltračního území

Cílem Aktivity 6 je tvorba a využití hydraulického modelu jako nástroje, který umožní simulace dopadu různých scénářů zasakování na vodní režim testovacích lokalit. Předchozí aktivity detailně charakterizovaly přírodní podmínky na pilotních územích a umožnily sestavit konceptuální hydrogeologický model. Na každé z testovacích lokalit bude sestaven 3D model proudění ve stacionárním a v transienčním režimu, který bude zohledňovat jejich specifické podmínky. Model bude nejprve kalibrován na přírodní neovlivněný stav a následně na něm budou ověřovány různá variantní řešení navrhovaných technologických postupů umělé infiltrace. Věřitelnost modelových výstupů bude v průběhu následujících aktivit ověřována praktickými experimenty.

Základní cíle Aktivity 6:

- 6/I. Geometrické vymezení prostoru modelu, okrajové podmínky
- 6/II Vstupní data
- 6/III Realizace a kalibrace modelu proudění podzemní vody

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

S ohledem na hydrogeologické poměry vybraných pilotních lokalit budou všechny hydraulické modely koncipovány jako jednovrstevné (jediným kolektorem budou buď fluviální kvartérní sedimenty, nebo mělká přípovrchová zóna zvětralin) s nepropustným podložím. Postup tvorby modelů bude probíhat v následujících etapách:

6/I. Geometrické vymezení prostoru modelu, okrajové podmínky

Metodicky bude sestavení modelového řešení proudění podzemní vody rozděleno na tři hlavní oblasti:

- i vymezení a diskretizace modelového území (prostoru modelu),
- ii. zadání okrajových podmínek,
- iii. zadání vstupních dat.

1.1. Vymezení a diskretizace modelového území

Vymezení prostoru modelu vychází z informací koncepčního modelu a umožní řešení cílů podmiňujících zpracování modelu. Optimální postup vymezení modelového prostoru sleduje cíl jednoznačné identifikace okrajové podmínky na hranicích modelu. Výpočetní síť, hydraulické charakteristiky a okrajové podmínky umožní aplikovat aproximativní numerické řešení parciální diferenciální rovnice popisující proudění podzemní vody v simulované struktuře.

1.2. Zadání okrajových podmínek

V modelovém řešení budou rozlišovány tři základní typy okrajových podmínek:

- 1. druhu – tzv. konstantní hladina,
- 2. druhu – tzv. konstantní průtok (přítok, odtok, odběr),
- 3. druhu – tzv. kombinované podmínka (zadaná hladinou a odporovým koeficientem)

6/II. Vstupní data

Vstupní data matematického modelu proudění podzemních vod budou vycházet z následujících podkladů:

- geometrické, geologické a hydrogeologické informace – mocnost, rozloha a omezení kolektorů, izolátorů,
- topografické mapy - izolinie terénu,
- geologické mapy, tektonická schémata,

- dokumentace vrtných prací,
 - hydrogeologické mapy, hydrogeologické řezy,
 - hydrologické informace – především informace o celkovém a podzemním odtoku a infiltraci srážek
 - měsíční a roční srážkové úhrny, srážkové normály,
 - vodohospodářské mapy – výška hladiny vody v toku, podélné profily toku,
 - hodnotící zprávy o velikosti přírodních zdrojů podzemní vody
 - měřené průtoky vody v povrchových tocích, vyhodnocený celkový a základní odtok,
 - výsledky hydrologických modelů,
 - hydraulické charakteristiky – odporové a kapacitní parametry charakterizující modelované prostředí (koeficienty hydraulické vodivosti, koeficienty volné/napjaté storativity) včetně jejich prostorové variability,
 - průběhy a vyhodnocení hydrodynamických zkoušek,
 - průběhy a vyhodnocení stopovacích zkoušek,
 - laboratorní hodnocení pórovitosti,
 - zprávy s hodnocením regionálních čerpacích zkoušek,
 - prostorová distribuce (horizontální a vertikální) tlakových poměrů v prostoru modelového území, odvozená na základě měření hladin podzemních vod,
 - měřené úrovně hladin podzemní vody (ustálené, při vrtání)
 - časové řady měřených hladin podzemní vody z databází ČHMÚ,
 - karotážní měření ve vrtech,
 - hodnocení piezometrické úrovně hladin jednotlivých kolektorů z regionálních průzkumů.
 - prostorová distribuce drenáže podzemních vod do jednotlivých úseků říční sítě.
 - hodnocení expedičních záměrů postupných profilových průtoků na říční síti,
- Hydraulické charakteristiky bude nutné definovat pro každý element (uzlový bod) výpočetní sítě. Vytvoření odpovídající prostorové interpretace hydraulických charakteristik v modelové síti bude předmětem kalibrace modelu. Interpretace bodových měřených informací hydraulických charakteristik do plochy modelových vrstev je závislá na konkrétním hydrogeologickém uspořádání jednotlivých lokalit a nelze pro ni popsat jednotný metodický postup.

6/III Realizace a kalibrace modelu proudění podzemní vody

Doložení kalibrace modelu a tím i jeho věrohodnosti je nezbytné zahájit přehlednou dokumentací uvažovaných vstupních dat modelu.

3.1. Dokumentace zadání modelu

Dokumentace zadání modelu bude obsahovat:

- údaje o diskretizaci modelu
- popis horizontální i vertikální geometrie modelové sítě (plocha území, velikost elementů (případně rozsah jejich velikosti), počet vrstev,
- vykreslení geometrie modelové sítě do mapového podkladu,
- vykreslení izolinií stropu a báze modelové vrstvy (vrstev) do mapového podkladu s uvedením měřených hodnot (v m n.m.); bodové údaje vrtů zastihujících bázi/strop modelové vrstvy,
- tabulka s dokumentací vrtů obsahující X, Y, Z, hloubku a bázi/strop modelové vrstvy,
- vstupní data – klimatická, geomorfologická, geologická, hydrologická, vodohospodářská, hydrogeologická
- tabelární a grafické zpracování vstupních hodnot,
- identifikaci zdroje dat a popis zpracování vstupních dat
- okrajové podmínky
- popis zadaných okrajových podmínek se zdůvodněním jejich aplikace,

- vykreslení okrajových podmínek do mapového podkladu (včetně uvedení jejich velikosti).

3.2. Realizace výpočtů modelu

Stacionární simulace proudění podzemní vody budou realizovány pro následující stavy:

- „současné“ proudění podzemní vody bez vlivu umělé infiltrace,
- vybraný archivní stav (např. při realizaci hg. prací v zájmovém území) – pro kalibraci modelu,
- prognózní stav průměrného a maximálního využití umělé infiltrace v zájmovém území. Model bude reflektovat i různé extrémní hydrologické stavy území.

Tranzientní simulace proudění podzemní vody bude provedena pro:

- vyhodnocené čerpací a stopovací zkoušky v denním intervalu změn zadávání okrajových podmínek (především zasakování a odběrů podzemní vody),
- zahájení provozu umělé infiltrace v týdenním resp. měsíčním intervalu změn zadávání okrajových podmínek s cílem postihnout významné změny v hydrogeologických poměrech po zahájení provozu.

3.3. Kalibrace modelu

Cílem kalibrace je odladění parametrů modelového řešení tak, aby simulovaný proces proudění podzemní vody v co nejvyšší možné míře odpovídal výsledkům měření. Kalibrace modelu bude realizována úpravami vstupních dat modelu. Pro kalibraci modelu proudění bude sloužit především tzv. hladinové a objemové kritérium. V rámci hladinového kritéria bude hodnocena shoda hladin měřených a hladin modelových. V rámci objemového kritéria bude hodnocena shoda obíhajícího množství podzemní vody v modelu a množství vody obíhající v simulované hydrogeologické struktuře prostřednictvím porovnání modelové a vyhodnocené drenáže podzemních vod v jednotlivých úsecích říční sítě.

Model proudění podzemní vody bude kalibrován pro více, pokud možno odlišných, variant proudění. Pro kalibraci kapacitních parametrů prostředí je nezbytná tranzientní forma kalibrace na realizované přítokové či zasakovací zkoušky.

3.4. Dokumentace kalibrace modelu

Dokumentace kalibrace modelu bude obsahovat:

- porovnání měřených a modelových hladin podzemní vody (hladinové kritérium):
 - tabulky měřených a modelových hladin včetně uvedení rozdílu mezi měřenou a modelovou hladinou,
 - grafické porovnání měřených a modelových hladin ($H_{měř.}$ - H_{model}) a grafické porovnání měřených hladin a modelových rozdílů hladin s vykreslením přímkou optimální shody
 - při transientní simulaci – graf měřených a modelových hladin ve vybraných objektech v závislosti na čase,
 - statistické údaje o porovnání měřených a modelových hladin,
 - v případě automatické kalibrace i statistické údaje o váhových koeficientech, hodnotě cílové funkce a dalších statistikách,
- porovnání vyhodnocené a modelové drenáže podzemní vody do úseků toků:
 - tabulky vyhodnocené a modelové drenáže (infiltrace) podzemní vody do/z úseků toků
 - vzájemné porovnání vyhodnocené a modelové drenáže v grafu,
 - při transientní simulaci – graf vyhodnocených a modelových drenáží v závislosti na čase,
 - statistické údaje o porovnání měřené a modelové drenáže,
 - v případě automatické kalibrace i statistické údaje o váhových koeficientech, hodnotě cílové

funkce a dalších statistikách,

- porovnání vyhodnocených a modelových koeficientů hydraulické vodivosti:
- tabulky vyhodnocené a modelové hodnoty hydraulické vodivosti (včetně uvedení rozdílu mezi vyhodnocenou a modelovou popis výsledků kalibrovaného modelu,
- grafické porovnání měřených a modelových hydraulických vodivostí
- popis míry nejistoty modelové simulace, rekapitulace statistických veličin automatické kalibrace, identifikace parametrů s nejmenší oporou v měřených datech, doporučení prací a jejich priorit pro snížení modelových nejistot.

Výstupy Aktivity 6:

Výstupy stacionárních simulací:

1. izolinie hladin podzemní vody v m n.m.
2. směry proudění podzemní vody
3. snížení hladin podzemní vody (vyvolané odběry podzemní vody či jinými antropogenními zásahy /s vykreslenými naměřenými poklesy hladin ve vrtech, popřípadě i s izoliniemi poklesu konstruovanými z měřených dat/),
4. tabelární vyčíslení bilance podzemní vody – sumární i rozdělené pro jednotlivé oblasti infiltrace, toky, odběry podzemní vody či jejich skupiny,
5. grafické zpracování bilance podzemní vody – sumární i rozdělené pro jednotlivé oblasti infiltrace, toky, odběry podzemní vody či jejich skupiny,
6. vyčíslení průtoku podzemní vody přes libovolné profily (i pro jednotlivé kolektory),
7. vykreslení dob zdržení podzemí vody (s možností porovnání s bodovými údaji izotopového stáří podzemních vod).

Výstupy transientních simulací:

1. úrovně hladin podzemní vody ve vybraných místech (vrtech) v závislosti na čase,
2. drenáž podzemní vody do toků v závislosti na čase,
3. tabelární vyčíslení bilance podzemní vody v závislosti na čase – sumární i rozdělené pro jednotlivé toky a odběry podzemní vody či jejich skupiny,
4. grafické zpracování bilance podzemní vody v závislosti na čase – sumární i rozdělené pro jednotlivé toky a odběry podzemní vody či jejich skupiny

Doba řešení: III.2013 – VI.2014

3.1.7. AKTIVITA 7. Infiltrační experimenty

Infiltrační experimenty představují praktické ověření funkčnosti navržených technologických postupů na jednotlivých pilotních lokalitách a to jak z pohledu kvantitativního, tak i kvalitativního. Aktivitou 7. začíná série pokusů, jejichž cílem je ověření dosavadních hypotéz a výsledků modelových studií. Na každé pilotní lokalitě bude prováděno experimentální zasakování, které bude simulovat navrženou technologii řízené umělé infiltrace (plošné zasakování, pomocí vrtů, zářezů a podobně). Vyhodnocovány budou jak změny v intenzitě zasakování tak i podrobně studovány hydrobiogeochemické děje, které infilraci v konkrétních případech doprovázejí.

Základní cíle Aktivity 7:

7/I Ověřit infiltrační kapacitu zvoleného typu horninového prostředí

7/II Ověřit intenzitu kolmatačních procesů

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

7/I Ověřit infiltrační kapacitu zvoleného typu horninového prostředí

Teoretické modelové předpoklady o časoprostorových změnách zasakovací schopnosti horninového prostředí na pilotních lokalitách budou ověřovány dlouhodobými zasakovacími zkouškami. Ty budou probíhat jednak na infiltračních vrtech, jednak na plošných a lineárních zasakovacích objektech (zasakovací pole, drenáže). Pro experimenty s vrty budou využity objekty realizované v průběhu aktivity 5., experimentální poldry a drenáže budou vybudovány v průběhu aktivity 7/I. V první fázi experimentů se očekává zasakování konstantních vydatností a sledování dlouhodobých časových změn zasakovací schopnosti. Současně bude na monitorovací síti sledován průběh prostorových změn mocnosti saturované zóny a tlakových změn v kolektoru. V druhé fázi budou na vrtech testovány varianty tlakového zasakování.

7/II Ověřit intenzitu kolmatačních procesů

Intenzita kolmatačních procesů bude posouzena na základě vyhodnocení širokého spektra ukazatelů. Bude se jednat zejména o průběh poklesu hltnosti vsakovacích objektů v čase a v závislosti na infiltrovaném množství a dále fyzikálně-chemické vlastnosti vsakované vody a její chemické složení ve vztahu k vlastnostem horninového prostředí testovaného kolektoru. Hodnoceny budou obsahy nerozpuštěných látek, nutrientů podmiňující biologickou aktivitu v infiltračním objektu a indikátory chemických rovnováh v systému voda – hornina. K tomuto účelu bude využito metod hydrogeochemického modelování. V několika případech budou kolmatační procesy studovány experimentálně na kolmatátorech.

Výstupy Aktivity :

7/I Stanovení infiltrační kapacity vybraných pilotních lokalit.

7/II Posouzení intenzity kolmatace a návrh opatření k eliminaci jejich negativních důsledků.

3.1.8. AKTIVITA 8. Upřesnění směru a rychlosti proudění podzemní vody

Aktivita 8 představuje etapu prací, na základě které budou získány informace o dynamice pohybu infiltrované vody v horninovém prostředí. Tato etapa praktických experimentů je zaměřena na vyjasnění otázky doby zdržení infiltrované vody v horninovém prostředí a její dynamiku pohybu. Pro praktické využití výsledků umělé infiltrace je totiž zcela nezbytné znát nejen směr, kterým bude voda od zasakovacího objektu proudit, ale jakou rychlostí. Metodickým prostředkem pro zodpovězení tohoto souboru otázek je využití stopovačů, které budou aplikovány jednak za neovlivněného stavu, jednak při různých režimech zasakování. Jako doplňková metoda bude použita karotáž na průzkumných vrtech (rezistivimetrie v aplikaci metody ředění označené kapaliny a detektor směru horizontálního proudění).

Tyto informace budou hrát významnou úlohu při následném návrhu monitoringu, posuzování dopadu na okolí, ale především pro technicko ekonomické úvahy provozu a efektivity využívání navržených technologií.

Základní cíle Aktivit 8:

8/I Využití stopovačů pro stanovení směru a rychlosti proudění v okolí zasakovacích objektů

8/II Upřesnění směru a rychlosti proudění vody

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

8/I Využití stopovačů pro stanovení směru a rychlosti proudění v okolí zasakovacích objektů

Na lokalitách budou provedeny stopovací zkoušky s nejpoužívanější stopovací látkou ve světě – fluorescentními stopovači. Stopovací experimenty budou provedeny postupně na všech lokalitách a to ve dvou fázích: A) za přirozeného stavu, B) za různých režimů infiltrace (zejména za maximální míry infiltrace). Tím budou popsány směry a rychlosti proudění za různých režimů proudění. Postup prací bude následující:

8/Ia Terénní práce

Budou vybrány zasakovací objekty, které jsou nejvhodněji situované vzhledem k monitorovacím objektům z hlediska sledování pohybu vody (dáno spádem hladiny podzemní vody, vzdáleností objektů apod.). Tam, kde monitorovací vrty nebudou situovány dostatečně blízko k zasakovacím objektům aby došlo k průniku stopovače během několika dní, budou umístěny další monitorovací vrty blíže k injektážním vrtům. Při každé stopovací zkoušce budou použity podle situace 2-3 nezávislé fluorescentní stopovače, takže bude možné na každém monitorovaném objektu sledovat přítok až ze tří injektážních objektů najednou. Všechny monitorované objekty budou osazeny kapslemi s aktivním uhlím pro určení zda do nich dorazil stopovač. Do vybraných objektů budou umístěny průtočné terénní fluorimetry s datalogerem pro kontinuální záznam koncentrace fluorescentních látek.

8/Ib Vyhodnocení dat

Ze získaného průběhu koncentrace jednotlivých stopovačů v závislosti na čase bude pomocí modelování určeno:

- rychlostní spektrum podzemní vody
- doba zdržení vody mezi injektážním a monitorovaným objektem
- objem zatopeného prostoru, kterým se stopovač mezi injektážním a monitorovaným objektem šířil
- podélná disperzivita
- návratnost stopovače, neboli kolik procent stopovače z daného injektážního objektu dorazilo do daného monitorovaného objektu

Na základě těchto dat budou extrapolovány parametry i na vyšší vzdálenosti, které není možné testovat díky časovému omezení (příliš dlouhé doby proudění vody). Bude provedeno srovnání směrů a charakteru proudění za přírodních poměrů a při intenzivní infiltraci.

8/II Upřesnění směru a rychlosti proudění vody.

Karotážní metody umožní přímou detekci proudění podzemní vody ve vrtu, jeho rychlosti a toho, zda dochází k proudění napříč vrtem (horizontální proudění), nebo vertikální proudění - směrem dolů (projev infiltrace) či naopak nahoru (drenážní efekt). Karotáží budou identifikovány všechny propustné polohy/ pukliny, v nichž k proudění dochází a bude zjištěna rychlost proudění v různých hloubkových intervalech v jednotlivých vrtech na lokalitě.

Pokud bude na základě karotážního měření zjištěno, že v určité hloubce dochází k horizontálnímu proudění s určitou rychlostí, bude zjištěn směr tohoto proudění. Na rozdíl od stopovacích zkoušek se toto měření soustřeďuje výhradně do míst a do hloubek, kde k horizontálnímu proudění prokazatelně dochází. Druhým rozdílem je fakt, že takto zjištěný směr proudění je směrem proudění podzemní vody ve vrtu a v jeho bezprostředním okolí. Údaje ze stopovacích zkoušek a detekce směru proudění pomocí karotáže se tak velmi dobře doplňují.

Výstupy Aktivity 8:

- 8/I Záznam koncentrace stopovače na čase pro všechny vrty a stopovací látky (grafy; průnikové křivky)
- 8/II Mapové výstupy s injektážními a monitorovanými vrty s uvedením vrtů do kterých dorazil stopovač a v jaké maximální koncentraci a kolik % z celkového množství stopovače
- 8/III Tabelární shrnutí všech parametrů (maximální, střední apod. rychlosti proudění; doby zdržení; objemy zatopených částí kolektoru kudy se šíří stopovač a tedy i voda; podélné disperzivity).
- 8/IV Souhrnné zhodnocení charakteru proudění na jednotlivých lokalitách a vzájemné porovnání.

Doba řešení: I. 2014 – VI. 2015

3.1.9. AKTIVITA 9. Návrh a realizace monitorovacího systému v okolí experimentů

Aktivita 9 poskytne pro účely projektu nástroj, který bude dodávat spolehlivé kvantitativní i kvalitativní informace o tom, jak každá z testovaných struktur reaguje na zasakování povrchových vod.

Řízená umělá infiltrace simuluje přírodní proces zasakování srážkových do podzemí. I když se tedy jedná o aktivitu, která není v rozporu s přírodními zákonitostmi, nelze vyloučit ovlivnění okolních ekosystémů, případně i staveb. K tomu, aby bylo možno vliv řízené umělé infiltrace sledovat a především kvantifikovat, je nutno v okolí vybudovat síť monitorovacích objektů, které poskytnou konkrétní informace o chování hydrogeologické struktury v podmínkách zasakování.

Tyto informace budou hrát významnou úlohu při následujícím posouzení dopadu na okolní ekosystémy (Aktivita 10), ale i při nastavení pravidel optimálního využívání jednotlivých navržených zasakovacích objektů v rámci Aktivit 11.

Základní cíle Aktivit 9:

9/I Získání kvantitativních dat

9/II Získání kvalitativních dat

POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ

9/I Získání kvantitativních dat

Nezbytnou podmínkou pro návrh sítě monitorovacích vrtů, jejichž cílem je sledování hladin podzemní vody před infiltračními pokusy a v jejich průběhu je dokonalá znalost geometrie sledovaného kolektoru a jeho vlastností. Tyto údaje dodá výstup Aktivit 5. Další informace, tentokrát o směru proudění podzemních vod, dodají stopovací pokusy jako výstup Aktivit 8. Poslední typ vstupních informací pro návrh rozvržení monitorovací sítě představují výsledky simulací z hydraulického modelu, které dodají pravděpodobné směry šíření změn piezometrického napětí.

Na základě těchto znalostí bude navržena síť monitorovacích úzkoprofilových vrtů, které budou osazeny automatickými datalogery. Účelem monitorovací sítě je:

získat data o původních nenarušených piezometrických poměrech před zahájením vsakovacích zkoušek (kontinuálně budou měřeny úrovně hladin (resp. tlakové poměry), teplota a konduktivita)

sledovat změny v piezometrických poměrech v průběhu zasakování. Tato data budou zpětně využita matematickým modelem při zpřesňování dalších simulací (kontinuálně budou měřeny úrovně hladin (resp. tlakové poměry), teplota a konduktivita)

9/II Získání kvalitativních dat

Další série mělkých pozorovacích vrtů bude situována na základě stejných principů jako předchozí vrty, jen s tím rozdílem, že budou sloužit pro odběry chemických vzorků podzemních vod. Budou rozděleny na dvě kategorie:

i. vrty charakterizující přirozené pozadí, to znamená objekty situované v části povodí, nad místech zasakování.

ii. vrty, jejichž účelem je podat informace o změnách chemismu po směru proudění podzemní vod, to znamená v prostoru ovlivněném infiltrací. V tomto případě se bude jednat

vždy o dvojici vrtů, které se budou lišit otevřeným úsekem. Zatímco první bude jímat vodu těsně pod hladinou, druhé se zaměří na bazální část kolektoru. Tento systém posoudí případnou hydrochemickou stratifikaci. Vzdálenost mezi prvními pěti dvojicemi vrtů bude ca 10 metrů ve směru proudění podzemní vody, další bude po 20 metrech a poslední o 50 metrů dále. Frekvence odběrů bude individuální na každé lokalitě a bude upravována podle průběžných výsledků.

Výstupy Aktivity 9:

9/I Vyhodnocení piezometrických poměrů za přirozeného stavu a v podmínkách probíhající umělé infiltrace

9/II Vyhodnocení hydrochemických změn způsobených umělou infiltrací.

Doba řešení: VI. 2012 – I. 2016

3.1.10. AKTIVITA 10. Posouzení dopadu na okolní ekosystémy a stabilitu svahů a půd

<i>I když je řízená umělá infiltrace ve své podstatě přírodním prostředí velmi „přátelská“ a v řadě případů je využívána k záchraně na vodě závislých ekosystémů, přesto je nutné vliv na okolí sledovat, vyhodnotit a kvantifikovat. Tato činnost je cílem Aktivit 10. Práce se však neomezují jen na posouzení vlivu na přírodní ekosystémy, ale i na další jevy, které změnami režimu podzemních vod mohou být ovlivněny, jako jsou sesuvy, či nestabilita základové půdy pod stavbami.</i>
Základní cíle Aktivit 10: 10/I Inventarizace rostlinných a živočišných společenstev v okolí zasakování 10/II Posouzení stupně ovlivnění ekosystémů řízenou infiltrací 10/III Posouzení možnosti vlivu na stavby a stabilitu terénu
POPIS PRACÍ A ZPŮSOB JEJICH VYUŽITÍ Práce budou rozděleny do třech na sebe navazujících etap. První činností bude podrobné zdokumentování všech rostlinných i živočišných ekosystémů v širším okolí zasakování a charakteristika jejich stavu před zahájením experimentů. Posouzena bude jejich citlivost na povrchovou a podzemní vodu a bude navržen systém podrobného monitoringu. Současně bude geodeticky zaměřen terén a všech stavby v okolí. Podrobně zdokumentována bude potenciální citlivost na případné svahové pohyby ohrožující technický stav staveb. V konečné fázi, po ukončení všech experimentů na pilotních lokalitách, bude zhodnocen vliv umělé infiltrace jak na ekosystémy tak i na stavby a morfologii terénu a z těchto poznatků budou vyvozena praktická doporučení.
Výstupy Aktivit 10: 10/I. Posouzení vlivu umělé infiltrace na ekosystémy, morfologii terénu a stavby
Doba řešení: III. 2015 – III. 2016

Na každé z pilotních lokalit se předpokládá splnění všech výše uvedených hodnocení. Nicméně s ohledem na specifika testovaných technologií nebo zvláštnosti místních přírodních poměrů je nutné v následujících odstavcích práce blíže specifikovat.

3.2. Popis specifických aktivit na každé pilotní lokalitě

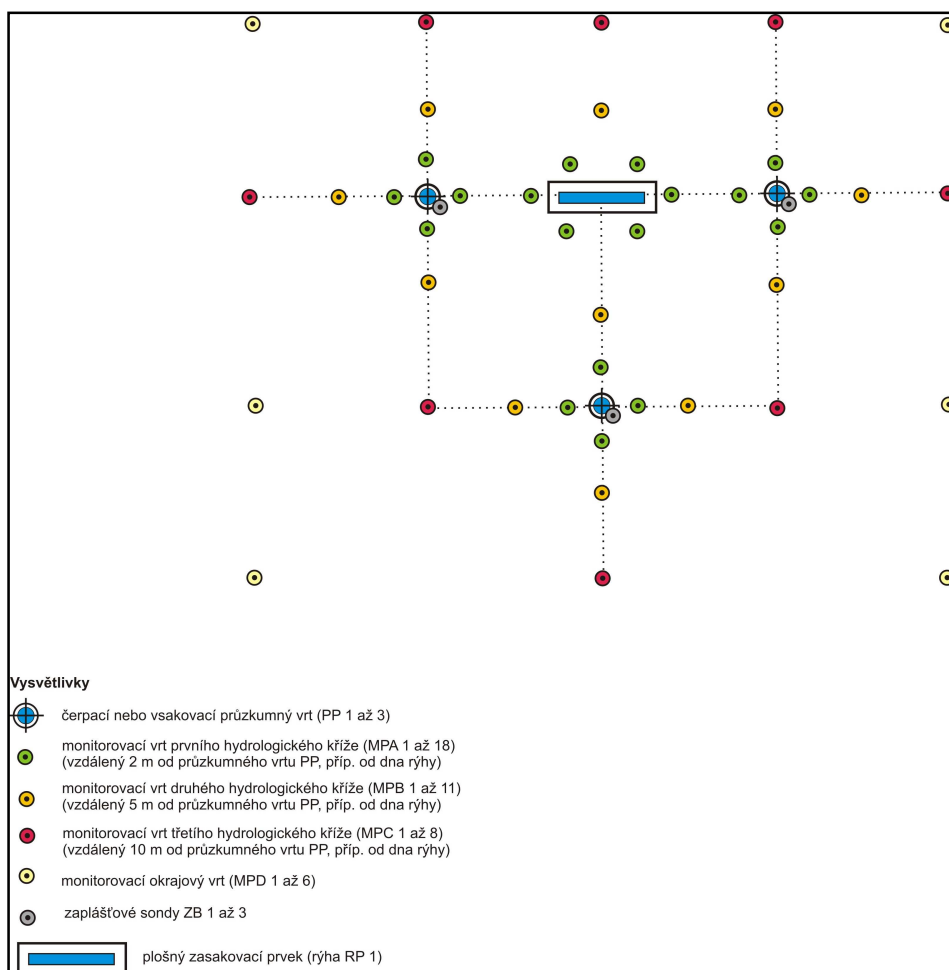
3.2.1. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě fluviální kvartérní kolektor Labe v prostoru mezi Poděbrady a Čelákovicemi

3.2.1.1. Pilotní lokality Rohov a Kostomlátky

Lokality Rohov a Kostomlátky představují modelovou oblast pro studium efektivity povrchové plošné i bodového zasakování a břehové infiltrace. Na těchto pilotních lokalitách budou realizovány všechny aktivity popsané v kapitolách 3.1.1. až 3.1.10. Následující text se zaměří na popis technických prací, který se stane modelem aplikovaným rovněž na podobných lokalitách Kluk, Majdaléna a Lednice.

Přesná data o geometrii kolektoru a jeho vnitřní stavbě, propustnosti, transmisivitě, storativitě, směrech proudění, časových změn hladin podzemní vody apod. za účelem formulace konceptuálního modelu původních hydrogeologických poměrů a jejich ovlivnění umělou infiltrací budou získána ze sítě průzkumných vrtů. Na stanovených místech budou vybudovány dva výzkumné polygony, jeden na výzkum bodové a plošné infiltrace, druhý na studium břehové infiltrace. Součástí polygonu na výzkum plošné infiltrace bude i vsakovací rýha. Odtěžený materiál rýhy bude použit jako náplň do kolmatátorů.

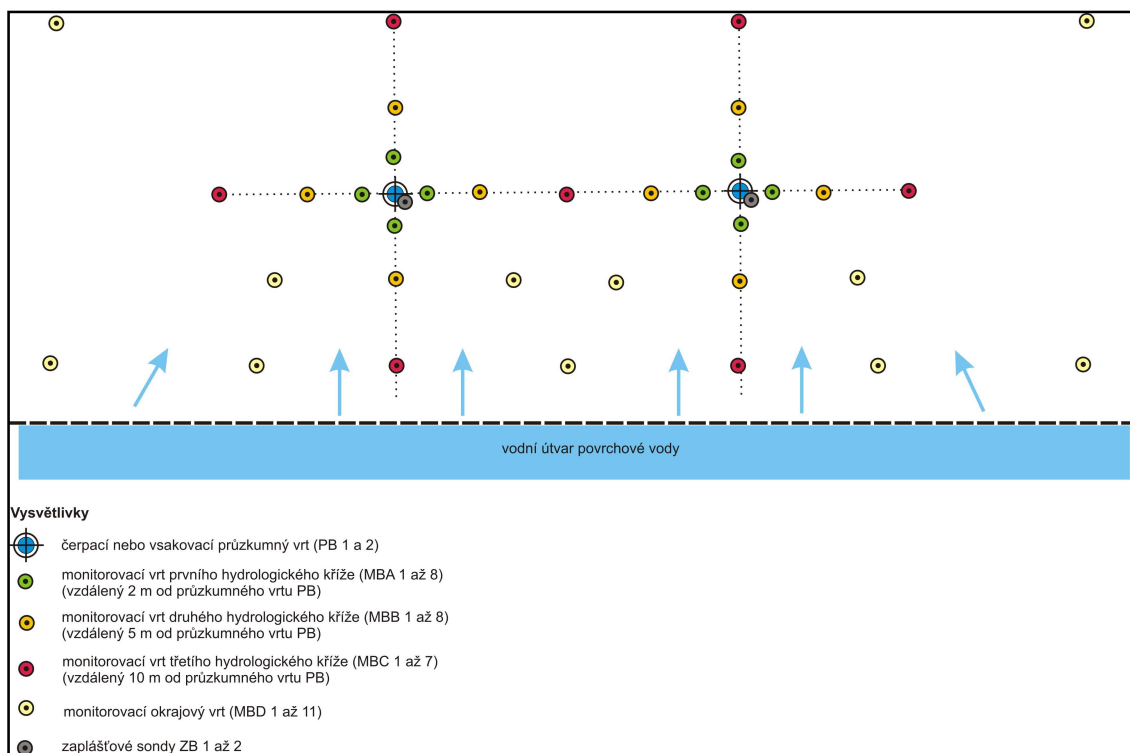
Obr. 3.2.1.1. Schéma polygonu pro výzkum bodové a plošné infiltrace



Terénní hydrogeologické zkoušky - na čerpacích a vsakovacích vrtech budou provedeny terénní hydrodynamické (čerpací a vsakovací) a stopovací zkoušky, vzorkování vod a dlouhodobý monitoring režimu podzemních a povrchových vod. Vybrané vsakovací objekty mohou mít podobu vsakovacích výkopů pro lepší přístupnost horninového prostředí, odběr větších vzorků hornin, a lepší sledování příslušných změn (kolmatace povrchu apod.). Výstupy budou infiltrační kapacita prostředí, mapa změn hydrodynamických poměrů, mapa hydrofyzikálních vlastností a jakostních parametrů prostředí, mapa směrů toku podzemní vody apod.

Kromě bodových infiltračních experimentů za pomoci průzkumných vrtů bude ve stanovené síti bodů na povrchu provedeno měření plošné povrchové a těsně podpovrchové infiltrace (za použití dvojitých infiltraměrů). Budou stanoveny potřebné parametry hornin nesaturované zóny (půdní typy, horninový profil, granulometrie, porozita, vlhkost, vegetační pokryv). Výstupem bude stanovení infiltrační kapacity území v mapovém vyjádření

Obr. 3.2.1.2. Schéma polygonu pro studium břehové infiltrace



Jeden z polygonů bude zaměřen na výzkum procesů břehové infiltrace. Čerpací a monitorovací vrty budou tedy situovány v blízkosti podél vodního toku, anebo břehu písničky, podle okolností. Na několika čerpacích vrtech budou provedeny hydrodynamické zkoušky za účelem stanovení hydraulických parametrů prostředí, břehové infiltrační kapacity, směrů a rychlosti proudění

Kolmatační procesy budou sledovány během hydrodynamických zkoušek na plášti vsakovacích objektů (změny propustnosti v zaplášťovém prostoru) a kolmatační procesy budou sledovány i experimentálně za využití kolmatátorů. Součástí tohoto dílčího úkolu bude i vyhodnocení související geochemické a mineralogické problematiky kolmatace. Výstupem bude návrh technických opatření eliminujících nebo aspoň omezujících kolmatační procesy (mechanická filtrace a chemická úprava zasakované vody, regenerace vsakovacích objektů, optimalizace jejich technické konstrukce, provozní sledování kolmatačních procesů)

Monitorovací systém v okolí experimentů – jak vyplývá z návrhu obou polygonů, kolem čerpacích a vsakovacích vrtů bude síť úzkých monitorovacích vrtů, které budou sloužit jak

pro monitoring mělkých hladin podzemní vody během vyvolaných dynamických změn hladiny, tak k odběru vzorků vod na chemické a bakteriologické analýzy. Monitorovací vrtý budou uspořádány do násobných hydrologických křížů, za účelem optimální zhodnotitelnosti navržených experimentů a zkoušek. V zaplášťovém prostoru čerpacích a vsakovacích vrtů budou umístěny pozorovací sondy pro studium odporů na plášti vrtů vlivem kolmatačních procesů.

3.2.1.2. Pilotní lokalita Kluk

S ohledem na dlouhodobé využívání dané lokality bude nezbytné získat detailní podklady změnách přírodních hydraulických a hydrochemických poměrů. Monitorovací síť v okolí stávajícího jímacího prostoru bude rozšířena o nové vrtý, které budou umístěny mezi infiltrační oblasti (písníky, Labe a přítoky kvartérní podzemní vody z jihozápadu) a jímací území. Na každém vrtu bude provedena orientační hydrodynamická zkouška. Na vybraných vrtech bude realizována dlouhodobá čerpací zkouška, během které budou kontinuálně monitorovány okolní vrtý s cílem zjistit rychlost tlakových změn podzemní vody. Na stávajících vrtech bude provedena karotáž.

Na všech dostupných vrtech bude po dobu 4 let v měsíčních intervalech odebrán vzorek podzemní vody. Nové vrtý a 5 stávajících vrtů budou osazeny Data Logery. Dále bude sledována hladina na Labi a v písnících.

Tato data poskytnou informace pro návrh nové konfigurace jímacích studní vodního zdroje a časoprostorové vyhodnocení kvality a hladin podzemní a povrchové vody z jednotlivých zdrojů podzemních vod (Labe, písníky, přítoky podzemní vody z jihozápadu).

Na základě výsledků hydrogeologického průzkumu a časových řad kolísání hladin podzemní a povrchové vody bude sestaven hydraulický model neustáleného proudění. Na hydraulický model naváže transportní model šíření jednotlivých parametrů kvality podzemní vody. Výsledkem bude stanovení množství vody z jednotlivých zdrojů podzemní vody pro jímací území a výpočet kvality v jímacích studen, která bude porovnána se skutečně zjištěnou kvalitou (kalibrace modelu).

Sestavený hydraulický a transportní model poslouží jako nástroj pro výběr optimálního jímání podzemní vody. Bude testováno umístění studen tak, aby studny využívaly podzemní vody z vybraného zdroje za nízkých, průměrných i povodňových stavů.

Příklady možných variant a jejich posloupnost:

- a) Kvartérní podzemní vody, která přitéká z jihu, obsahuje vysoké obsahy železa a manganu – bude testováno umístění studen v blízkosti písníků a Labe s cílem dosažení snížení koncentrace manganu a železa vlivem ředění z přítoků z Labe a písníků.
- b) Labe obsahuje mikrobiologické znečištění – bude testováno optimální umístění, aby byla dodržena 50ti denní doba zdržení a zároveň naplněn bod „a“.
- c) Labe obsahuje organické znečištění – bude posouzena degradace znečištění a testováno optimální umístění, aby byl zároveň naplněn bod „b“.
- d) Vybraný vlivem rekreačního využívání či rybolovu obsahuje mikrobiologické znečištění – obdoba bodu „c“.
- e) Na Labi je při vysokých stavech zjištěno znečištění (vlivem promytí zatopeného území během povodně) – optimalizace čerpání, kdy ve studních u Labe bude čerpání sníženo, naopak vzdálených zvýšeno.

Dále bude na lokalitě Kluk realizován standardní zasakovací experiment popsany v kapitole 3.1.1.

3.2.2. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Majdaléna

Na pilotní lokalitě Majdaléna se pro břehovou infiltraci jeví jako potenciálně vhodné území 5 a 6 (U Brůdku a Zámecké polesí), pro plošnou či bodovou infiltraci je vhodné jen území 6 (Zámecké polesí). Na této pilotní lokalitě budou realizovány všechny aktivity popsané v kapitolách 3.1.1. až 3.1.10. a navíc bude aplikován v plné šíři zasakovací experiment popsaný v kapitole 3.1.1. Bližší metodika technických prací uvedená v kap. 3.2.1.1. se týká i této lokality.

3.2.3. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Litá

Hydrologické práce mají za cíl kvantifikovat velikost přírodní výměny vody mezi tokem Dědiny – Zlatého potoka a křídovým kolektorem podzemní vody, dále upřesnit velikost a časové rozložení objemů povrchové vody v toku pro řízenou dotaci podzemních vod. Do těchto prací bude zahrnut i Janovský potok, ústící do Metuje, který stejně jako Dědina je na spodním úseku zahlouben do bělohorských vrstev. Realizace bude probíhat v následujících krocích:

- hydrologické terénní práce zaměřené na detailní vyhodnocení ztráty vody z toku Dědiny – Zlatého potoka v úseku Podbřezí-Chábory
- hodnocení průtoků na Dědině s cílem stanovení objemu povrchové vody vhodné pro řízenou dotaci podzemních vod – stejné práce realizovat i na Janovském potoce
- kontinuální záznam hladin na Dědině v nižších částech toku Dědiny, kde je na tektonice a strukturních elevacích podzemní voda drénována tokem (Zbytka, Mokré)

Nástrojem pro tuto aktivitu bude hydrometrování povrchových toků hydrometrickou vrtulí metodou PPP (postupných profilových průtoků), využití termometrických měření k identifikaci skrytých příronů podzemní vody do povrchového toku a ztrát povrchové vody do kolektoru a aplikace hladinoměrů povrchové a podzemní vody s kontinuálním záznamem.

Dalším cíle prací bude ověření geologické stavby a hydrogeologických poměrů v místech uvažované dotace podzemních vod; zjištění hltnosti testovaného kolektoru a směru a rychlosti proudění infiltrované vody. Za tím účelem bude realizován následující soubor technických prací:

- vyhloubení pěti kusů průzkumných vrtů do hloubky 13 – 15 m (Chábory pod mostem) a pěti kusů průzkumných vrtů v místech zjištěných ztrát povrchové vody z toku Dědiny do bělohorského souvrství (kol.B)
- vyhloubení 10 kusů monitorovacích vrtů za účelem kontinuálního sledování pohybu infiltrované vody do kolektoru B - hloubky od 40 do 120 m (sledování po dobu čtyřech let)
- vyhloubení pěti kusů vrtů v místě zjištěných ztrátových úseků na Janovském potoce do hl. cca 20 m.
- Na vybraných vrtech budou realizovány hydrodynamické zkoušky a nálevové zkoušky,

Následující soubor prací bude zaměřen na studium kvality povrchové a podzemní vody. Za tímto cílem bude realizován následující soubor prací:

- excerpce databáze kvality vody na Dědině – Zlatém potoce v úseku Podbřezí – Chábory.
- posouzení kvality povrchové vody Janovského potoka.

- laboratorní rozborů z 15 průzkumných vrtů vyhloubených mezi Podbřezím a Chábory a v údolí Janovského potoka; dále z 10 monitorovacích vrtů opakovaně po dobu 4 let
- vyhodnocení získaných dat s ohledem na možnou dotaci podzemních vod

3.2.4. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Lednice

Cílem hydrogeologického průzkumu zaměřeného na možnost využití řízené infiltrace poříční zvodně, využívané vodárensky jímacím územím Lednice, bude získání poznatků o hydrologickém režimu toků a mělké poříční zvodně a jejích změnách způsobených vodohospodářskými úpravami na Dyji a v její přílehlé údolní nivě pod VD Nové Mlýny. Dále objasnění vztahu mezi povrchovými vodami v tocích, jejich využívání a stavu kanálů na levém i pravém břehu nad Lednicí, velikosti průtočného množství, jejich kapacity a případné kolmatace.

Posouzení existence a vymapování privilegovaných cest pohybu podzemní vody (geofiltrčních proudů), vzniklých tzv. divočením toku, tj. větvením jeho koryta v několik ramen a také jejich bočním přemísťováním agradačním mechanismem a dnes ukrytých v údolní nivě.

V současném reliéfu údolní nivy představují koryta – privilegované cesty pohybu podzemní vody – mikropole a agradační valy pak mikroelevace. Z hlediska dynamiky uloženin údolní nivy představují privilegované cesty místa snadného pohybu podzemní vody (šterky, písky) na rozdíl od agradačních valů, které jsou místy ztíženého pohybu podzemní vody (pelitické sedimenty).

Vymapované privilegované cesty pohybu podzemní vody budou v rámci technických prací ověřeny geofyzikálním měřením a následně hydrogeologickými vrti.

Hydrogeologické vrti poslouží k ověření parametrů horninového prostředí hydrodynamickými zkouškami spojenými s odběry podzemní vody na kvalitativní rozbor. Následně budou vrti osazeny samozápisnými přístroji s kontinuálním záznamem kolísání hladiny podzemní vody mělké fluvialní zvodně údolní nivy. Samozápisným přístrojem s kontinuálním záznamem stavu povrchové vody bude ve vybraném profilu osazena řeka Dyje resp. i další povrchové toky související s údolní nivou Dyje.

Cílem takto detailně sledovaného režimu vodního stavu řeky Dyje, resp. i průtoku Q a režimu hladiny podzemní vody poříční zvodně bude zjišťování stavu (úrovně), kdy dochází u vodního toku k přechodu z dotační funkce na funkci drenážní. Tento „bod obratu“ bude limitujícím prvkem pro řízenou břehovou infiltraci kvartérní fluvialní zvodně.

Hlavním technickým prvkem experimentálních prací na pilotní lokalitě Lednice bude simulace různých stavů hladiny povrchové vody v Dyji pomocí mobilního jezu. Ten umožní po nezbytnou dobu vzdouvat hladinu a sledovat a především kvantifikovat dopady na okolní kolektor a ekosystém.

Na pilotní lokalitě Lednice bude aplikován v plné šíři zasakovací experiment popsáný v kapitole 3.1.1. Bližší metodika technických prací uvedená v kap. 3.2.1.1. se týká i této lokality.

3.2.5. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitě Meziboří

Na pilotní lokalitě Meziboří v Krušných horách budou v průběhu pěti let provedena a vyhodnocena opatření pro zpomalení odtoku povrchových vod v krystaliniku a zvýšení podílu odtoku podzemních vod na celkovém odtoku.

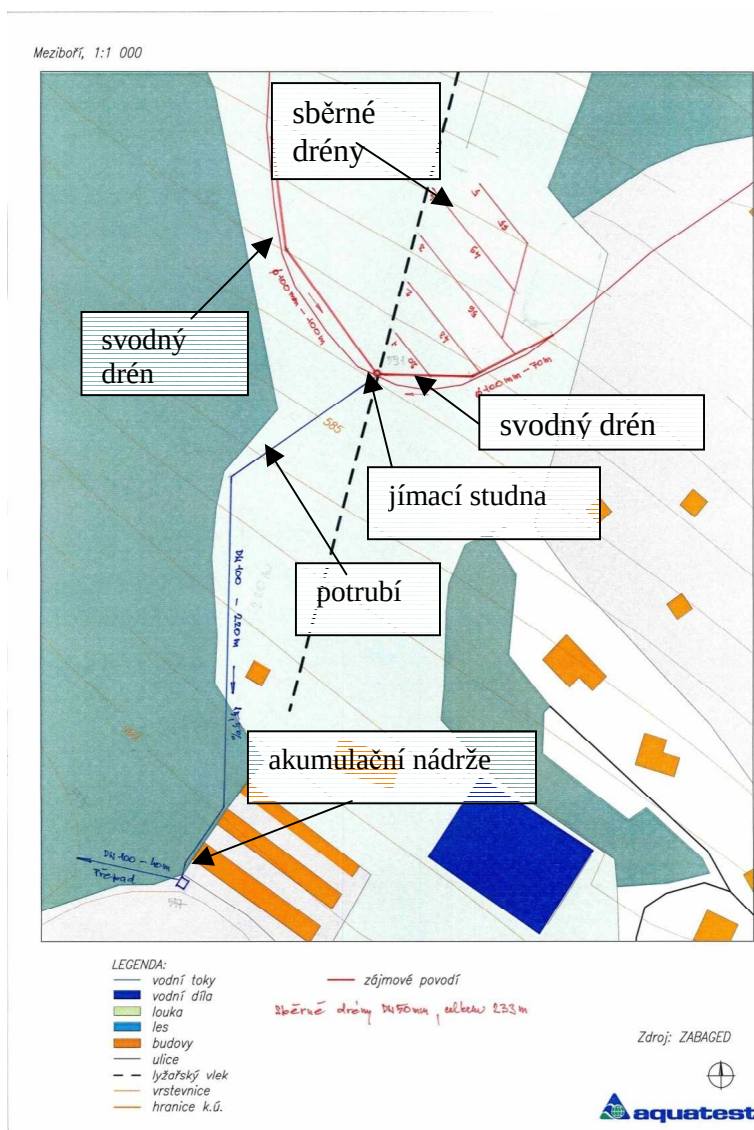
Konkrétně se jedná o výstavbu těsnicí clony, drenážního systému a jímacího zařízení, jejichž účelem bude zachycení, akumulace s redistribucí do horninového prostředí a následné využití podzemní vody.

Povodí v uzavřevém profilu, kterým je těsnicí clona, je zobrazeno na obr. 3.2.5.1. Plocha povodí činí 11,2 ha, průměrný sklon povrchu je cca 20% a rozsah nadmořských výšek se pohybuje od 590 m n.m. až 715 m n.m.

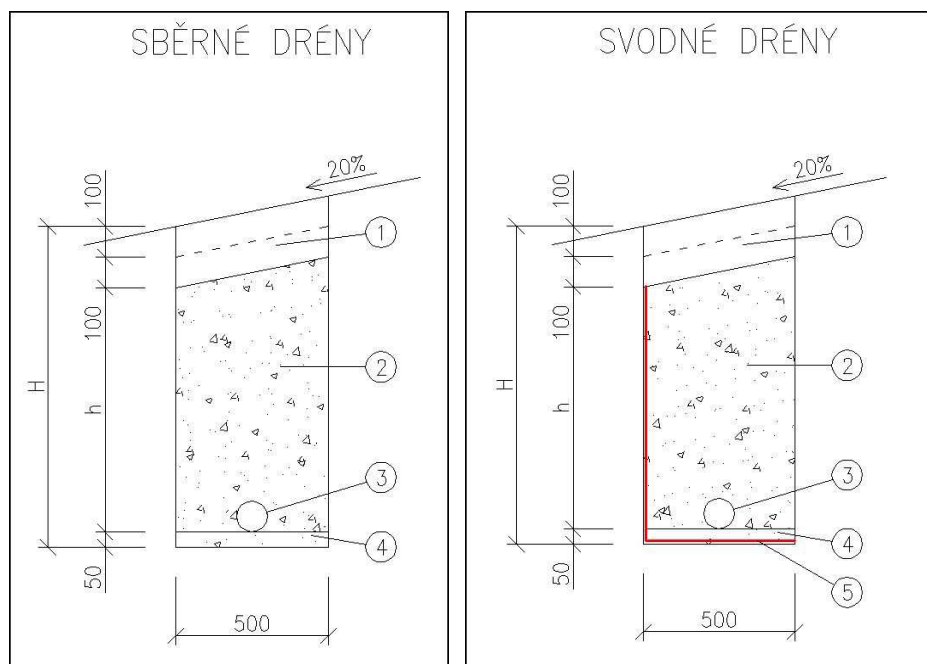
Vlastní technické řešení spočívá ve vybudování těsnicí clony v dolní části prostoru sjezdovky, v délce cca 170 m. Půdorys linie těsnicí clony bude ve tvaru otevřeného písmene U (viz obr. 3.5.1). Hloubka a celková délka clony bude upřesněna až po inženýrsko-geologickém a hydro-geologickém průzkumu zájmového území. Těsnicí clona bude tvořena hydroizolační fólií se svodným drénem odvádějícím vodu do jímací studny.

Před clonou bude vybudována soustava sběrných drénů pro posílení schopnosti odvádět vodu. Jímací studna bude navržena včetně akumulačního objemu tak, aby bylo umožněno zadržet zachycenou vodu. V případě přebytku vody bude možné navrhnout zkrápění povodí nad clonou pro zajištění opětovného zasakování vody do horninového prostředí

Obr. 3.2.5.1. – Situace s návrhem technického řešení



Obr. 3.2.5.2 – Řezy sběrnými a svodnými drény



(1 - Sejmutí ornice a následné rozprostření a položení drnu, 2 - Obsyp drenážního potrubí štěrkopískem, 3 - Flexibilní drenážní potrubí PVC, 4 - Podsyp drenážního potrubí štěrkopískem, 5 - Zemní hydroizolační folie přibitá na stěnu rýhy)

Z jímací studny bude voda vedena přepadovým potrubím do stávajících akumulčních nádrží situovaných v blízkosti sportovního stadionu. Nádrže budou vybaveny bezpečnostním přelivem, kterým bude v případě přebytku odvedena voda průlehem do Bílého potoka. Voda z akumulčních nádrží bude využita pro zavlažování sportovního stadionu.

V rámci komplexního průzkumu pilotní lokality Meziboří budou dále provedeny všechny aktivity popsané v kapitolách 3.1.1. až 3.1.10.

3.2.6. Návrh průzkumných a technických prací na lokalitách Horní Beřkovice a Měděnec

Specifikou obou těchto lokalit je jednak médium, které je zasakováno – předčištěná odpadní voda a jednak způsob zasakování popsaný v kapitole 2.6.1. a 2.6.2. Při řešení úkolu bude pro obě lokality použita totožná metodika prací, která zabezpečí vzájemnou srovnatelnost výsledků. Aplikovány budou všechny aktivity popsané v kapitolách 3.1.1. až 3.1.10. pouze s omezeními, které představují místní přírodní podmínky (např. jen periodická vodoteč).

4. Rozpočet prací

Rozpočet prací je sestaven po jednotlivých aktivitách pro všechny pilotní lokality. V návrhu jsou zohledněna přírodní a technická specifika jednotlivých lokalit a každá položka je kapitole 5 okomentována. Ceny jsou uváděny bez DPH a vycházejí z cen běžných na dnešním trhu. Všechny ceny, ať už se jedná o nákup materiálu, služby nebo využití intelektuálního potenciálu vyjádřeného v člověkodnech specialistů, mohou kolísat až řádově v prvních desítkách procent. Je pravděpodobné, že některé položky, v případě hospodářské soutěže, bude možné snížit. Na druhé straně celá řada navrhovaných činností je do té míry unikátní, a na trhu v této oblasti prakticky neexistuje konkurence, že uvedené ceny budou konečné, nebo v konečné fázi mohou ojediněle být i mírně vyšší.

Souhrnnou představu o rozpočtu podává tabulka 4.1.

5. Komentář k rozpočtu

Cílem této kapitoly je podat vysvětlení k postupu stanovení cen jednotlivých položek rozpočtu v tabulce 4.1.

Aktivita 1 Klimatické hodnocení

1.1. Nákup a instalace 1 kusu srážkoměrné stanice = 250 000 Kč.

Na všech pilotních lokalitách s plochým reliéfem je třeba jedna stanice, pouze na horských lokalitách Měděnec a Meziboří budou nutné dva kusy.

1.2. Nákup průměrných měsíčních teplot a srážek na dvou nejbližších srážkoměrných stanicích za reprezentativní období 30 let = 15200 Kč * 2 (dle ceníku ČHMU)

1.3. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Na jednotlivých lokalitách vycházíme z jedné cesty měsíčně na lokalitu po dobu 4 let monitoringu:

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost (1 cesty měsíčně * 12 měsíců * 4 roky)
Rohov a Kostomlátky	30	2 880
Kluk	40	3 840
Litá	125	12 000
Majdaléna	185	17 760
Lednice	235	22 560
Meziboří	110	10 560
Měděnec	115	11 040
Beřkovice	45	4 320

Aktivita 2 Hydrologické hodnocení

2.1 Nákup dat průtoky

Průměrné denní průtoky na profilu s průměrnou délkou sledování 31-50 let dle ceníku ČHMU18235,-Kč

Tato položka není zohledněna na lokalitách, kde není v nejbližším okolí reprezentativní profil, využitelný pro účely projektu. Jedná se o lokality Měděnec, Meziboří a Beřkovice. Naopak na lokalitě Litá bude vhodné koupit profily dva.

2.2. Hydrometrování

Hydrometrování nebude aplikováno na lokalitách bez reprezentativního povrchového toku (Měděnec, Meziboří a Beřkovice) a v případě, kdy vodní tok má naopak tak velký průtok, kdy tato metoda nepřinese očekávané výsledky (Labe)

2.3. Termometrie

Dtto bod 2.2

2.4. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Při terénních pracích (hydrometrování a termometrie) předpokládáme 4 cesty na každou vybranou lokalitu:

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost
Rohov a Kostomlátky	30	0
Kluk	40	0
Litá	125	1000
Majdaléna	185	1480
Lednice	235	1880
Meziboří	110	0
Měděnec	115	0
Beřkovice	45	0

2.5. Interpretace dat, sestavení a kalibrace hydrologického modelu bude realizována na všech lokalitách nicméně s různými typy vstupních dat (měřená, archivní nebo převzatá na základě analogie). Finanční náročnost je vyjádřena v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní

Aktivita 3 Hydrogeochemické hodnocení

3.1. – 3.3. Hydrochemické hodnocení bude vycházet z data monitoringu a ostatních aktivit a proto jeho rozpočet vychází jen člověkodní příslušných specialistů.

Aktivita 4 Geofyzikální hodnocení

4.1. Vertikální elektrické sondování je kalkulováno v cenách za běžný metr profilu * předpokládaná délka profilu

4.2 , 4.5. Symetrické odporové profilování a KOP je kalkulováno za bod měření

4.3., 4.4., 4.6. Tomografie, seismika a elektromagnetika jsou kalkulovány za km

4.7. Interpretace dat je vyjádřena v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní

4.8. Karotáž je kalkulována za jeden vrt

4.9. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Při terénních pracích předpokládáme 10 cest na každou lokalitu:

	Vzdálenost	Celkem ujetá vzdálenost
--	------------	-------------------------

	z Prahy (km)	
Rohov a Kostomlátky	30	600
Kluk	40	800
Litá	125	2 500
Majdaléna	185	3 700
Lednice	235	4 700
Meziboří	110	2 200
Měděnec	115	2 300
Beřkovice	45	900

Aktivita 5 Hydrogeologická syntéza

5.1.- 5.2. Na pilotních lokalitách bude realizováno několik typů vrtů. Podle charakteru vrtných prací lze pilotní lokality rozdělit do třech skupin. První představují experimentální lokality situované v kvartérních fluviálních sedimentech (Rohov a Kostomlátky, Kluk, Lednice a Majdaléna).

Na těchto čtyřech lokalitách bude aplikován identický systém rozmístění čerpacích a monitorovacích vrtů (viz. aktivita 9) dle obr. 3.2.1.1.

Z tohoto návrhu na každé pilotní lokalitě vyplývá následující počet vrtů, jejichž počet a technické parametry podává následující tabulka:

Návrh vrtných prací na každé pilotní lokalitě v prostředí fluviálních kvartérních sedimentů

Vrty řady	Typ vrtu	charakteristika	počet	odvrtané metry
PP	Čerpací a vsakovací vrty	Hloubka 10 m, vrtný průměr 300 mm, výstroj 220 mm, obsyp 1,6/4 mm	3	30
PB	Čerpací vrty pro břehovou infiltraci	Hloubka 10 m, vrtný průměr 300 mm, výstroj 220 mm, obsyp 1,6/4 mm	2	20
celkem			5	50

Druhým typem pilotní lokality je Litá, kde bude testována umělá infiltrace do křídových sedimentech.

Vrty řady	Typ vrtu	charakteristika	počet	odvrtané metry
PPx	Čerpací a vsakovací vrty	Hloubka 15 m, vrtný průměr 300 mm, výstroj 220 mm, obsyp 1,6/4 mm	5	75
PBx	průzkumné vrty	Hloubka 20 m, vrtný průměr 300 mm, výstroj 220 mm, obsyp 1,6/4 mm	5	100
celkem			10	175

Na zbývajících čtyřech lokalitách budou realizovány pouze monitorovací vrtý (viz aktivita 9)
 5.3. Likvidace vrtů cenově vychází v průměru na polovinu cenu jejich realizace. Tato položka byla zohledněna v rozpočtu, i když některé vrtý, které budou splňovat kritéria pro jejich pozdější vodohospodářské využívání budou nabídnuty potenciálnímu uživateli. V takovém případě dojde k úspoře finančního čerpání z této položky.

5.4. Všechny vrtý budou geodeticky zaměřeny, jako jednotková cena bylo bráno 1500 Kč včetně dopravy geodeta.

5.5. Zeminy vrtných jader budou odebrány a analyzovány na obsah organického uhlíku a dalších složek, které by mohly mít vliv na probíhající procesy v rámci řízené infiltrace odpadních vod. Předpokládáme odběr cca 3 vzorků zemin z každého vrtu. Celkový počet je navýšen o cca 10 – 15 dodatečných odběrů vzorků zemin z přípoверхové vrstvy každé lokality.

Kalkulace vychází z jednotkové ceny 3000 Kč za analýzu.

5.6. Analýzy vod v průběhu čerpací zkoušky. Na každém vrtu předpokládáme v průběhu čerpací zkoušky odběr třech analýz vzorků vod a to v rozsahu analýz I a II viz bod 3.1. a 3.2.

5.7. Čerpací zkoušky jsou kalkulovány s cenami 4000 Kč za den na vrt a násobeny počtem vrtů, na kterých budou na jednotlivých lokalitách tyto experimenty probíhat. Obecně se počítá se sedmidenními zkouškami, jen v případě Litě s 14denními.

5.8. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Při terénních pracích předpokládáme 10 cest na každou lokalitu:

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost
Rohov a Kostomlátky	30	600
Kluk	40	800
Litá	125	2 500
Majdaléna	185	3 700
Lednice	235	4 700
Meziboří	110	2 200
Měděnec	115	2 300
Beřkovice	45	900

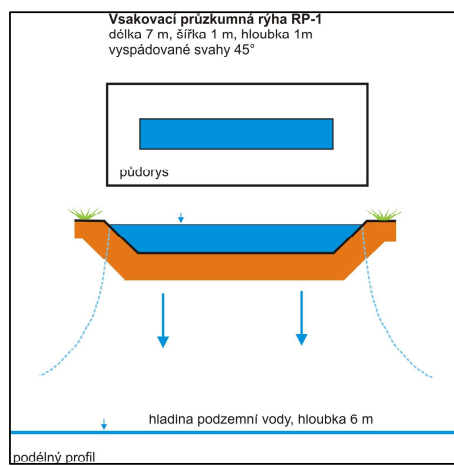
5.9. Vrtný dozor a interpretace dat je vyjádřen v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní

Aktivita 6 Hydraulický model infiltračního území

6.1. – 6.3. Sestavení a kalibrace hydraulického modelu je postaveno na vstupních datech, které poskytnou ostatní aktivity. Jeho finanční náročnost je proto dána jen člověkodny příslušných odborníků .

Aktivita 7 Infiltrační experimenty

7.1. Na čtyřech pilotních lokalitách (Nymburk, Kluk, Majdaléna, Lednice) budou vybudovány experimentální zasakovací bazény a na lokalitě Meziboří zasakovací drén. První rozpočtová položkou je technický projekt prací. Zatímco zasakovací bazény budou geologicko průzkumnými pracemi, drén bude prací stavební. Proto



rozpočet v případě Meziboří počítá i s náklady na studii k územnímu rozhodnutí (DUR), studii k stavebnímu povolení (DSP) a studii k provádění stavby (DPS). V rozpočtu je tato položka vyjádřena v člověkoměsících na projekt.

7.2. Náklady na výstavbu a následnou likvidaci zasakovacího bazénu splňující následující technické parametry

7.3. Náklady na výstavbu 170 metrů dlouhého podzemního drénu, cena za běžný metr drénu je 44 000 Kč.

7.4. Na lokalitě Lednice bude využit mobilní nafukovací jez s napouštěním vaku vodou /zdvih hladiny/ a s vypuštěním vody "okny" /pokles hladin, jehož cena je 2 900 000 Kč

7.5. Geodetické zaměření všech staveb a jejich zasazení do okolního terénu vyjádřena v nákladech na zaměření 1 ha plochy.

7.6. Na každé lokalitě bude provedena na třech vrtech jednadvaceti denní vsakovací zkouška. Tyto zkoušky jsou kalkulovány s cenami 4000 Kč za den na vrt a násobeny počtem vrtů, na kterých budou na jednotlivých lokalitách tyto experimenty probíhat.

7.7. Tam, kde pro to jsou vhodné podmínky (Rohov a Kostomlátky, Kluk, Majdaléna a Lednice) budou probíhat jednadvaceti denní zkoušky intenzity břehové infiltrace. Ty jsou kalkulovány s cenami 4000 Kč za den na vrt a násobeny počtem vrtů, na kterých budou na jednotlivých lokalitách tyto experimenty probíhat.

7.8. Na každé z pilotních lokalit budou na 15 vzorcích realizovány laboratorní kolmatační testy. Zkompletování jednoho kolmatátoru a jeho testování činní cca 260 000 Kč.

7.9. Na každé z pilotních lokalit budou realizovány terénní kolmatační testy na vrtech. Počet těchto experimentů na každé lokalitě je dán počtem navržených zasakovacích vrtů.

7.10. Hydrogeochemický model bude vycházet jen ze vstupních dat předchozích etap prací a z informací získaných v rámci aktivity 7 a proto jeho náklady představují jen člověkodny na jeho sestavení.

7.11. Stavební dozor a interpretace dat je vyjádřena v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodnen.

7.12. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Při terénních pracích předpokládáme 25 cest na každou lokalitu:

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost za 5 let (2 cesty měsíčně *12 měsíců * 5let)
Rohov a Kostomlátky	30	1350
Kluk	30	1800
Litá	125	5625
Majdaléna	185	8325
Lednice	235	10575
Meziboří	110	4950
Měděnec	115	5175
Beřkovice	45	2025

Aktivita 8. Upřesnění směru a rychlosti proudění podzemní vod

8.1. V bezprostředním okolí (10-15 metrů) dvou zasakovacích objektů budou realizovány 3 monitorovací vrty typu MP. Na každé lokalitě tedy bude 6 vrtů MP.

8.2. Likvidace vrtů cenově vychází v průměru na polovinu ceny jejich realizace.

8.3. Pro účely sledování stopovací látky budou nakoupeny automatické florimetry jejichž cena se na trhu pohybuje okolo 100 000 Kč. Celkem bude potřeba 6 florimetrů, které budou postupně využívány na všech pilotních lokalitách.

8.4. Nákup stopovací látky bude z ekonomického hlediska realizován pro všechny pilotní lokality najednou a jeho celková cena nepřevyší 40 000 Kč.

8.5. Resistivimetrie vychází z jednotkové ceny dvoudenního měření na vrtu (15 000 Kč) násobená počtem vrtů.

8.6. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Pro realizaci výše uvedeného souboru prací předpokládáme 20 cest na každou lokalitu

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost
Rohov a Kostomlátky	30	600
Kluk	40	800
Litá	125	2500
Majdaléna	185	3700
Lednice	235	4700
Meziboří	110	2200
Měděnec	115	2300
Beřkovice	45	900

8.7. Interpretace dat je vyjádřena v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní.

9. Návrh a realizace monitorovacího systému v okolí experimentů

9.1. Analýzy typu I

Na každé pilotní lokalitě předpokládáme provádění analýz vzorků vod na 20 monitorovacích objektech po dobu čtyř let (mimo úvodních 6 měsíců zahájení projektu, kdy ještě nebudou zhotoveny vrty a mimo 6měsíční závěrečný interval projektu, kdy budou práce spočívat zejména ve vyhodnocení získaných dat) a to v rozsahu bakteriologická a základní chemická analýza. Cena základní chemické analýzy činí cca 2000 Kč, cena bakteriologické analýzy cca 1500 Kč. Kromě toho bude prováděn ve stejném rozsahu monitoring jakosti povrchového vodního toku v profilu přiléhajícímu pilotní lokalitě.

Na každé lokalitě se tedy předpokládá 1008 analýz typu I:

$20 \text{ vrtů} \times 12 \text{ měsíců} \times 4 \text{ roky} + \text{analýzy na vodním toku } 12 \text{ měsíců} \times 4 \text{ roky} = 1008$

9.2. Analýzy typu II.

Dvakrát ročně budou na vzorcích vod z monitorovacích objektů provedeny i speciální analýzy, zejména na obsah vybraných kovů a metaloidů, těkavých organických látek (TOL), uhlovodíků C10-40 a polyaromatických uhlovodíků (PAU). Cena jednoho speciálního rozboru vody vychází na 5700 Kč.

Na každé lokalitě se tedy předpokládá 168 analýz typu II.

20 vrtů*2 analýzy ročně*4 roky + 2 analýz na vodním toku * 4 roky) = 168

9.3. –9.4. Monitorovací vrty

Návrh monitorovacích vrtů na každé pilotní lokalitě v prostředí fluvialních kvartérních sedimentů

Vrty řady	Typ vrtu	charakteristika	počet	odvrtané metry
MP	Monitorovací vrty polygonu 1	Hloubka 9 m, průměr 100 mm, bez obsypu	43	387
MB	Monitorovací vrty polygonu 2	Hloubka 7 m, průměr 100 mm, bez obsypu	34	238
ZP	Zaplášťové sondy pro studium kolmatačních procesů	Hloubka 10 m, průměr 25 mm	5	50
celkem			82	675

Na lokalitě Kluk bude navržený standardní zasakovací experiment doplněn ještě o sledování poměrů v okolí písňů, takže monitorovací systém je rozšířen o dalších dvacet vrtů řady MP

Druhým typem pilotní lokality je Litá, kde bude testována umělá infiltrace do křídových sedimentech.

Vrty řady	Typ vrtu	charakteristika	počet	odvrtané metry
MPx	Monitorovací vrty	Hloubka 50 m, průměr 150 mm, bez obsypu	10	500
MBx	Monitorovací vrty	Hloubka 100 m, průměr 150 mm, bez obsypu	10	1000
celkem			20	1500

Třetí případ představují vrtné práce na čtyřech lokalitách v mělké přípovrchové zóně zvětralín krystalinika, resp. křídových slínovců.

MP	Monitorovací vrty	Hloubka 15 m, průměr 100 mm, bez obsypu	15	225
----	-------------------	---	----	-----

MB	Monitorovací vrtý	Hloubka 20 m, průměr 100 mm, bez obsypu	5	100
ZP	Zaplášťové sondy pro studium kolmatačních procesů	Hloubka 10 m, průměr 25 mm	3	30
celkem			23	355

9.5. Likvidace vrtů cenově vychází v průměru na polovinu ceny jejich realizace.

9.6. Všechny vrtý budou geodeticky zaměřeny, jako jednotková cena bylo bráno 1500 Kč včetně dopravy geodeta.

9.7. Stanovení časového kolísání hladin a změn mocnosti nenasaturované zóny pomocí automatických datalogerů s dálkovým přenosem dat. Cena jednoho datalogeru instalovaného ve vrtu je cca 50 000 Kč.

9.8. Cestovné vychází ze sazby na 1 km osobního vozidla = 10 Kč

Pro odběry vzorků předpokládáme cesty na každou lokalitu: každý měsíc po dobu 12 měsíců to je 48 cest.

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost
Rohov a Kostomlátky	30	1440
Kluk	40	1920
Litá	125	6000
Majdaléna	185	8880
Lednice	235	11280
Meziboří	110	5280
Měděnec	115	5520
Beřkovice	45	2160

9.9. Interpretace dat je vyjádřena v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní.

10. Posouzení dopadu na okolní ekosystémy a stabilitu svahů a půd

10.1. Inventarizace rostlinných a živočišných společenstev v okolí zasakování je vyjádřena v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní

10.2. Geodetické zaměření terénu a staveb je vyjádřeno v ha a představuje rozšíření zaměřené plochy, terénu a objektů k předchozím geodetickým aktivitám.

10.3. Posouzení vlivu na ekosystémy je vyjádřeno v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní

10.4. Posouzení vlivu na stavby a je vyjádřeno v člověkodnech se sazbou 5000 Kč/člověkodenní

10.5. Pro zajištění terénních prací předpokládáme cesty na každou lokalitu každý měsíc po dobu 12 měsíců to je 48 cest.

	Vzdálenost z Prahy (km)	Celkem ujetá vzdálenost
Rohov a Kostomlátky	30	1440
Kluk	40	1920
Litá	125	6000
Majdaléna	185	8880
Lednice	235	11280
Meziboří	110	5280
Měděnec	115	5520

Beřkovice	45	2160
-----------	----	------