

Obsah:

1	Úvod.....	3
2	Postup prací.....	4
2.1	Zadání	4
2.2	Metodika	4
2.3	Přehled modelových simulací.....	5
2.4	Kalibrace modelu proudění podzemní vody.....	5
3	Vstupní informace hodnocení	6
3.1	Hydrogeologické poměry vodního zdroje Litá	6
3.2	Vývoj odběrů podzemní vody.....	7
3.2.1	Horní kra	8
3.2.2	Centrální kra.....	8
3.2.3	Dolní kra	8
3.3	Režimní pozorování hladin podzemní vody.....	9
3.4	Srážky	9
3.5	Průtoky v povodí Dědiny	10
4	Současné poměry, hydrogeologické posouzení.....	11
4.1	Poměry proudění v kolektoru B.....	11
4.2	Drenážní poměry	12
4.2.1	Dolní kra	12
4.2.2	Centrální kra.....	13
4.2.3	Horní kra	14
5	Hydrogeologické posouzení PBPO dle projektu ŠINDLAR, 2010	14
5.1	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_01.....	14
5.2	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_02.....	15
5.3	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_03.....	15
5.4	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_04.....	16
5.5	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_05.....	16
5.6	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_06.....	17
5.7	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_07.....	18
5.8	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_08.....	19
5.9	Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_09.....	19
5.10	Shrnutí výsledků PBPO dle ŠINDLAR 2010	19
6	Hydrogeologické posouzení zoptimalizovaných PBPO.....	23
7	Závěry	23

Seznam obrázků:

Obr. 1	Přírodní rezervace Zbytka.....	3
Obr. 2	Vymezení dolní, centrální (střední) a horní kry v povodí Dědiny	7
Obr. 3	Roční průměrné odběry podzemní vody v povodí Dědiny dle příslušnosti k vymezeným subsystémům jednotlivých ker.....	8
Obr. 4	Měsíční průměrné odběry podzemní vody – centrální kra	8
Obr. 5	Roční srážkové úhrny na stanicích Bílý Újezd a České Meziříčí za roky 1971 až 2019	9
Obr. 6	Průměrné měsíční srážkové úhrny za období 1971 až 2019	10
Obr. 7	Křivky překošení průměrných denních průtoků Q_d	11
Obr. 8	Průměrné měsíční průtoky pro období 1969 až 2019, stanice Chábory a Mitrov	11
Obr. 9	Proudnice s intervaly měsíčního zdržení k jímacím vrtům v oblasti projektovaných poldrů (současné poměry, kolektor bělohorského souvrství)	18
Obr. 10	Situace protipovodňových úprav SSO_02 a SSO_03	22
Obr. 11	Situace protipovodňových úprav SSO_05 a SSO_06	23

Seznam zkratek:

PBPO	přírodně blízké protipovodňové opatření
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
PR	přírodní rezervace

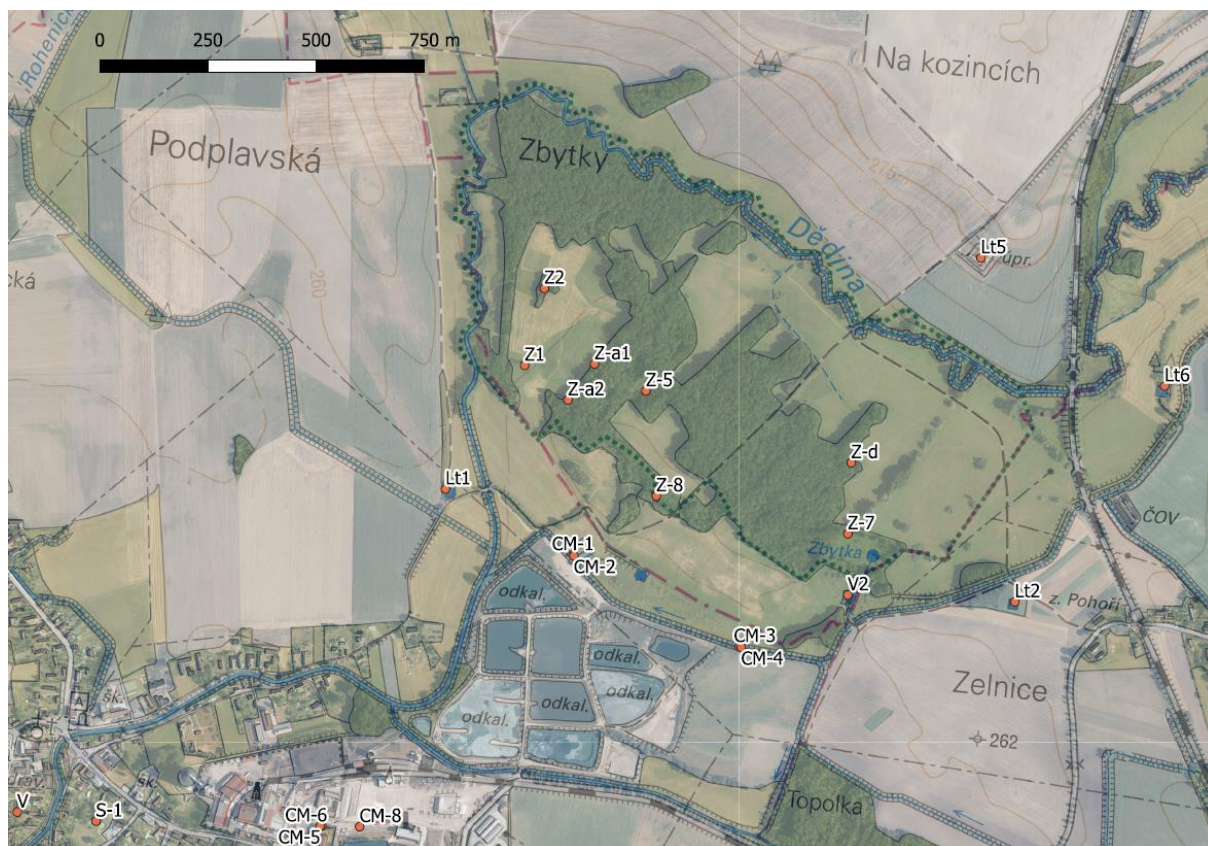
Seznam tabulek:

Tab. 1	Základní statistické údaje ročních srážkových úhrnů, stanice České Meziříčí a Bílý Újezd	9
Tab. 2	Základní údaje limnigrafických stanic Mitrov a Chábory	10
Tab. 3	Přehled souhrnného vyhodnocení protipovodňových opatření dle projektu ŠINDLAR, 2010, běžná hydrologická situace	20

1 Úvod

Předkládaná zpráva je zpracována na základě objednávky společnosti Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Její náplní je analýza a posouzení vlivu navržených přírodních blízkých protipovodňových opatření (PBPO) na hydrogeologické poměry křídových sedimentů v povodí Dědiny.

Situace zájmové oblasti povodí Dědiny je dokumentována v příloze 1.2. V oblasti navržených protipovodňových úprav je situován vodní zdroj Litá, napojený na vodárenskou soustavu východní Čechy. Vodní zdroj Litá je největší zdroj podzemní vody pro zásobení Hradce Králové. Protipovodňové úpravy Dědiny nesmí vodní zdroj Litá nepříznivě ovlivnit po stránce kvantitativní, ani kvalitativní.



Obr. 1 Přírodní rezervace Zbytka

V zájmovém úseku povodí Dědiny se nachází přírodní rezervace (PR) Zbytka. Rezervace o výměře 79,4 ha leží v katastrálním území Bohuslavice nad Metují. Předmětem ochrany jsou lužní les a louky v ohybu říčky Dědiny s výskytem řady zvláště chráněných rostlin a živočichů. Chráněná společenstva jsou navázána na vývěry alkalických podzemních vod.

Při návrhu PBPO vzniká komplikovaný problém, kdy je třeba citlivě přistupovat k zájmům:

- obcí jež mají navrhovaná opatření chránit proti důsledkům povodní obdobných těm z roku 1998,
- provozovatele vodního zdroje (Královehradecká provozní, a.s.) a zásobených obyvatel,
- ochrany přírody (okresní úřad v Náchodě).

Předkládaná zpráva je členěna na textovou část a na přílohovou část. Situační obrázky jsou vykresleny v relativních Křovákových souřadnicích ($X = -Y_{\text{Křovák}}$; $Y = -X_{\text{Křovák}}$). Zpráva byla předána v elektronické formě zadavateli a je (jako příloha XXX) nedílnou součástí komplexního posouzení PBPO.

2 Postup prací

2.1 Zadání

Provedené hodnotící hydrogeologické práce jsou podloženy nabídkovým projektem prací z 25.9.2019, směřujícím k naplnění zejména následujících bodů:

- a) popis obvyklých hydrogeologických poměrů zájmového území,
- b) popis poměrů při realizaci PBPO dle ŠINDLAR, 2010,
- c) vyhodnocení změn v důsledku PBPO, doporučení k eliminaci možných nepříznivých vlivů,
- d) posouzení optimalizovaného návrhu PBPO,
- e) výstupy formou textu této závěrečné zprávy a grafických příloh.

2.2 Metodika

ad a) Popis stávajících poměrů lokality vychází:

- z režimních měřených dat (úroveň hladin podzemní vody, odběry z jímacích vrtů, průtoky v říční síti, srážky); aktuální režimní údaje poskytla Královehradecká provozní, a.s. a ČHMÚ; společnost PROGEO má obsáhlý archiv informací k zájmovému území již z období detailního modelování proudění podzemní vody na lokalitě, završené zprávami Uhlík (2006, 2011); ke zvýšení znalosti zájmového území došlo i v rámci projektu Rebalance (Burda et al. 2019),
- z modelové simulace proudění podzemní vody; pomocí hydraulického modelu je plošně interpretována velikost, směr a rychlost proudění podzemní vody v kolektoru bělohorského souvrství (kolektor B) při zaměření na oblasti jímacích vrtů vodního zdroje Litá.

ad b) Stanovení vlivu PBPO dle projektu ŠINDLAR, 2010 je založeno na modelové předpovědi (prognóze) poměrů v případě realizace těchto úprav. Prognóza je provedena s využitím numerického modelu proudění podzemní vody (hydraulického modelu) při zadání patřičných změn okrajových podmínek reprezentujících říční síť. Porovnáním výsledků simulací reprezentujících stav před a po provedení PBPO je vyhodnocen vliv navrhovaných opatření.

PBPO jsou v projektu ŠINDLAR, 2010 rozdělena do dílčích značených úseků SSO_01 až SSO_09. Rozsah navržených úprav dle ŠINDLAR, 2010 je zdokumentován v příloze 1.3.

Změnu hydrogeologických poměrů v oblasti vodního zdroje Litá mohou primárně způsobit následující protipovodňová opatření a související úpravy povodí:

- změna trasy koryta (důsledkem je změna polohy drenážní oblasti; změna kolmatační vrstvy a změna drenážního/dotačního účinku toku),
- prohrábka koryta (důsledkem je změna kolmatační vrstvy a změna drenážního/dotačního účinku toku),
- změna nivelety běžné/povodňové hladiny v toku (důsledkem je změna drenážního/dotačního účinku toku),
- výstavba poldrů (důsledkem je změna hladiny a možnost vcezu povodňové vody do horninového prostředí).

Všechny uvedené vlivy na hydrogeologické poměry vodního zdroje Litá, respektive jejich kombinace, se potenciálně při realizaci PBPO dle ŠINDLAR, 2010 mohou vyskytnout. Zvýšení komunikace toku

a horninového prostředí v režimu vcezu povrchové vody do horninového prostředí (poldry) může ovlivnit kvalitu jímané podzemní vody.

Ve stručnosti navržené protipovodňové úpravy na povodí Dědiny dle ŠINDLAR, 2010 zahrnují následující opatření:

- SSO_01: úprava toku Dědiny, změna trasování, prodloužení přibližně z 2,4 km na 3,9 km; ve střední části úseku mírné navýšení nivelety hladiny do 20 cm, v horní části úseku (navazuje k SSO_02) snížení nivelety hladiny toku do 20 cm.
- SSO_02: úprava Dědiny a dvou přítoků, nové meandry, prodloužení toku z 1,8 km na 2,4 km; úpravy Dědiny vedou převážně ke snížení nivelety hladiny do 20 cm, v přechodovém úseku k SSO_03 hladina Dědiny odpovídá stávající úrovni; v místě zaústění levostranných přítoků je projektováno zvýšení hladin říční sítě převážně do 30 cm, vlivem změny sklonu se na přítocích lokálně vyskytují i snížení hladiny (v maximech do 50 cm).
- SSO_03 úprava pravostranného přítoku Dědiny (Haťský p.); přidání meandrů, prodloužení toku přibližně z 500 na 900 m, navýšení nivelety hladiny toku v celé délce úpravy (v maximech do 30 cm).
- SSO_04: úprava toku Dědiny a paralelních svodnic na levém břehu, přidány meandry – délka Dědiny prodloužena cca o 800 m; ve spodní části úpravy zvýšení nivelety hladiny Dědiny do 20 cm; v horní části úseku (s novým vedením koryta) hladina v toku odpovídá stávající úrovni.
- SSO_05: úprava soutoku Dědiny a Litě; na toku Dědiny přidáno několik meandrů, prodloužení cca o 100 m na 0,5 km; navýšení nivelety hladiny Dědiny oproti současnému stavu o 1 až 2 m s využitím přechodového objektu; na toku Litě částečně nové meandrující koryto; prodloužení upraveného úseku Litě vychází cca z 1,8 na 2,3 km; zvýšení úrovně Litě přibližně o 0,5 až 1,5 m.
- SSO_06: výstavba dvou poldrů a revitalizace Litě a Dědiny; plocha většího poldru je 590 tis. a druhého 172 tisíc metrů čtverečních; upravené revitalizované koryto Litě je trasováno středem poldrů s předpokládanou délkou cca 3,3 km; stávající svodnice přes Pohoří i původní tok Litě zůstávají ve své úrovni; úpravy Dědiny respektují stávající úroveň toku, nebo dochází ke zvýšení nivelety hladiny lokálně do 0,5 m.
- SSO_07: úprava toku Dědiny a přítoků (Bohuslavický potok a Sadka); tok Sadky je prodloužen přidáním meandrů z cca 550 m na 1 km; Bohuslavický potok je prodloužen změnou trasování z 370 na 730 m; úprava Dědiny je plánována v délce 250 m; zvýšení nivelety hladiny Dědiny dosahuje v maximech 0,5 m, zvýšení úrovně Bohuslavického p. je projektováno do 30 cm.
- SSO_08: meandry v části toku Dědiny, kde se odděluje nové koryto Litě; prodloužení délky toku přibližně ze 700 na 900 m; niveleta hladiny v toku dle projektu stoupne o 20 – 50 cm.
- SSO_09: úprava Ještětického potoka a jeho pravostranného přítoku; na napřímeném úseku mají být vytvořeny meandry - délka toku je prodloužena z 1,3 km na 1,9 km; úprava nivelety hladiny v tocích se obvykle pohybuje do 15 cm; v soutokové oblasti Ještětického potoka a pravostranného přítoku od Bílého Újezdu je projektováno snížení hladin.

2.3 Přehled modelových simulací

1. Stacionární simulace obvyklých poměrů proudění podzemní vody (před příchodem suché periody 2016 - 2019); poměry proudění podzemní vody v kolektoru bělohorského souvrství obsahuje příloha 4.1.
2. Stacionární prognózní simulace vlivu protipovodňových úprav dle ŠINDLAR, 2010. Vliv změn říční sítě na hydrogeologické poměry je vyhodnocen z rozdílu simulací před realizací úprav (viz bod 1) a po jejich realizaci.

2.4 Kalibrace modelu proudění podzemní vody

Kalibrační set dat pro stacionární simulace obsahuje:

- známé úrovně (kvaziustálené) hladiny podzemní vody,
- známé údaje jímaného množství podzemní vody,

Kalibrovaný model je následně využit pro zpracování prognózy vlivu PBPO dle ŠINDLAR, 2010 i návazných prognózních simulací vlivu zoptimalizovaných opatření.

3 Vstupní informace hodnocení

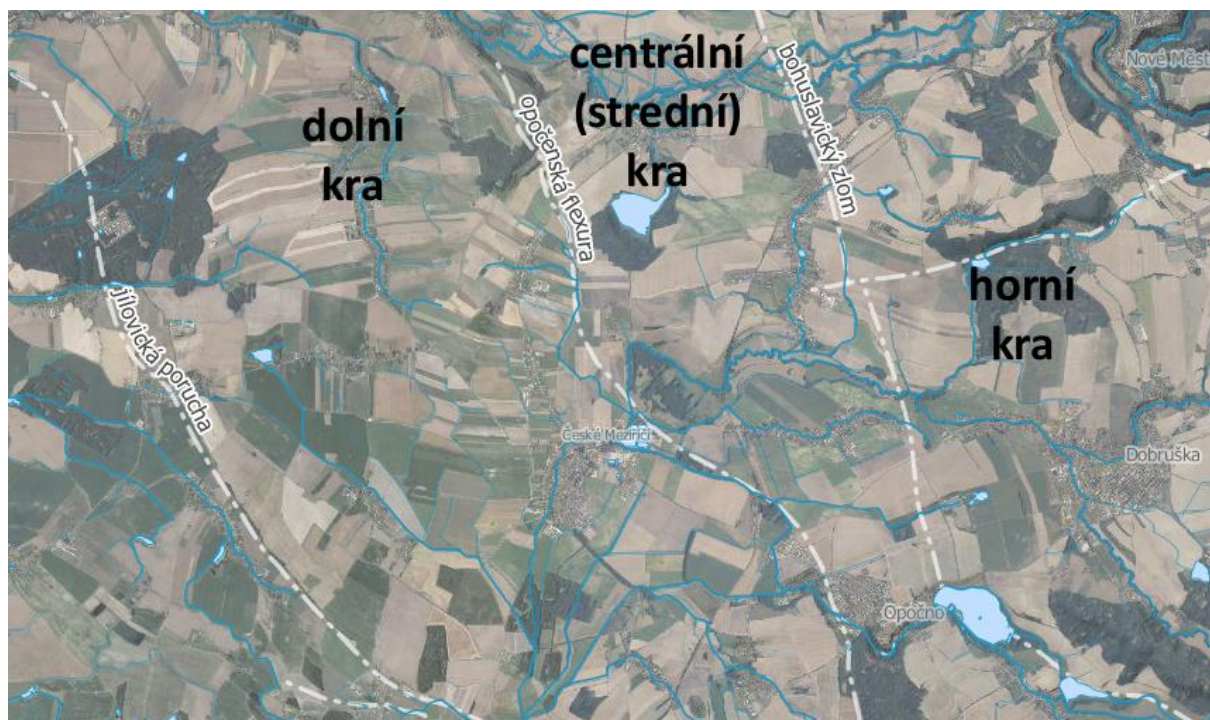
3.1 Hydrogeologické poměry vodního zdroje Litá

Vodní zdroj Litá se rozkládá v povodí Dědiny v oblasti mezi Českým Meziříčím a Dobruškou (příloha 1.2). Jímací vrty (v majetku Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a.s., provozované společností Královéhradecká provozní, a.s.) odebírají podzemní vodu ze sedimentů křídového stáří. Vystrojeny jsou v úseku rigidních hornin bělohorského souvrství označovaných jako kolektor B (převážně spongilitické písčité slínovce, ve svrchní části profilu i vápence). Propustnost těchto hornin je dominantně puklinová a vznikla rozpukáním v důsledku tektonických pohybů zájmového území. Vápnitá příměs bývá lokálně rozpouštěna a v horninách mohou vznikat i extrémně vodivé pseudokrasové kanály. Popsaný typ propustnosti a pórovitosti klade zvýšené nároky na ochranu vodního zdroje. Rychlostní pole proudění podzemní vody je reálně značně nehomogenní. Prostředí je v porovnání s kolektory v kvartérních sedimentech snáze zranitelné z hlediska transportu kontaminujících látek.

Přirozený kryt (a ochranu) kolektoru B tvoří sedimenty jizerského souvrství. V bezprostředním nadloží pevných spongilitických slínovců bělohorského souvrství se vyskytují měkké, střípkovitě rozpadavé slínovce spodní části jizerského souvrství. Z hydrogeologického hlediska je zejména bazální poloha sedimentů jizerského souvrství velmi málo propustná. Tento fenomén v kombinaci s morfologií terénu a rozložením říční sítě je určující pro hydrogeologické poměry lokality.

K doplňování vody do kolektoru B dochází především na výchozech bělohorského souvrství vlivem infiltrace ze srážek. Vzniká regionální proudění podzemní vody do drenážních oblastí. K odvodnění dochází soustředně – v místech denudace (úsek Dědiny mezi Městcem a Vranovem) nebo porušení nadložních vrstev jizerského souvrství – obvykle v místech křížení toků s regionálními tektonickými poruchami (opočenská flexura, bohuslavický zlom).

Rozsah a mocnost sedimentů v nadloží bělohorského souvrství (odpovídající orientačně mocnosti jizerského souvrství) jsou vykresleny v příloze 3.2. Schematický geologický řez zájmovou oblastí obsahuje příloha 3.3. Podloží křídý je v zájmovém území tvořeno horninami krystalinika (tepelsko-barrandienská oblast). Perucko-korycanské souvrství (stáří cenoman) se v zájmovém území nevyskytuje. Území bylo v počátečním období sedimentace křídových sedimentů souší (novoměstsko-holická paleoelevace). Sled křídových hornin zájmového území tak tvoří bělohorské souvrství (bazální člen) a jizerské souvrství. Kvartérní sedimenty jsou zastoupeny fluvialními sedimenty, sprašemi a svahovinami. Větší hydrogeologický význam lze v zájmovém území přisuzovat pouze kvartérním sedimentům v údolních nivách, kde ovlivňují poměry drenáže/vcezu podzemní/povrchové vody do/z toků.



Obr. 2 Vymezení dolní, centrální (střední) a horní kry v povodí Dědiny

Pro účely tohoto hodnocení je zájmové území členěno na tři podoblasti (viz Obr. 2):

- horní (východní) kra,
- centrální (střední) kra,
- dolní (západní) kra.

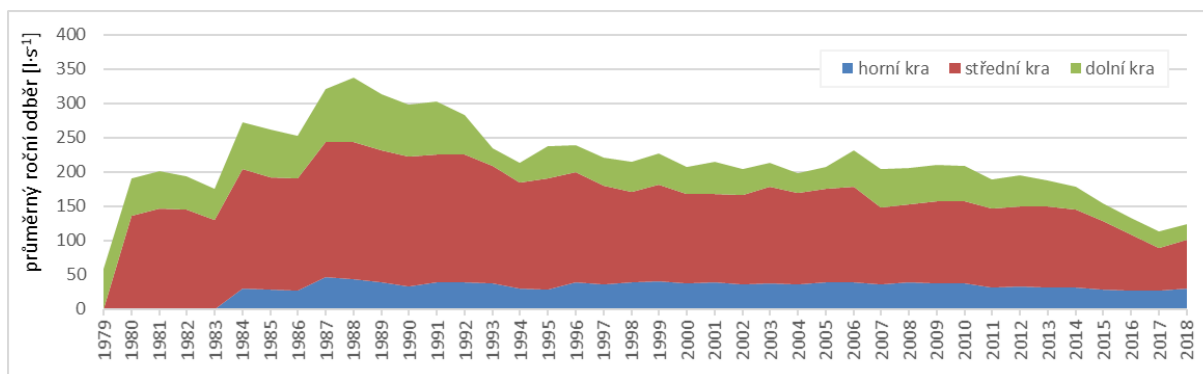
Hranice mezi jednotlivými krami leží na linii dvou významných tektonických poruch - opočenské flexury a bohuslavického zlomu. Bohuslavický zlom tvoří hranici mezi horní a centrální krou. Opočenská flexura odděluje centrální a dolní kru.

Hlavní (největší) odběry podzemní vody pro vodní zdroj Litá jsou realizovány z centrální kry. Zmíněné poruchy (opočenská flexura a bohuslavický zlom) rozdělují zájmové území hydrogeologického rajonu 4222 do bilančně částečně samostatných subsystémů. Přetékání podzemní vody mezi jednotlivými krami napříč poruchami je v oblasti nivy Dědiny podstatně ztíženo vzhledem k vertikálním posunům a přerušení průtočnosti kolektoru B.

3.2 Vývoj odběrů podzemní vody

Vývoj odběrů podzemní vody v povodí Dědiny dokumentují přílohy 2.2.1 a 2.2.2. Před rokem 1979 započalo jímání podzemí vody z vrtů situovaných západně od obce Mokré (Lt01a, Lt02, V1b). Z hlediska regionálního členění hydrogeologického systému se jedná o oblast dolní kry (oblast je ohraničena dvěma poruchovými zónami - jílovickou poruchou na západě a opočenskou flexurou na východě).

Jímání podzemní vody z centrální kry (vrty Lt6, Lt8a, Lt10, Lt2 a V2 – situovány mezi opočenskou flexurou na západě a bohuslavickým zlomem na východě) bylo spuštěno na přelomu let 1981 a 1982. V průběhu roku 1984 započalo čerpání z horní kry (vrty Lt3, Lt9a; kra vymezena východně od bohuslavického zlomu).



Obr. 3 Roční průměrné odběry podzemní vody v povodí Dědiny dle příslušnosti k vymezeným subsystémům jednotlivých ker

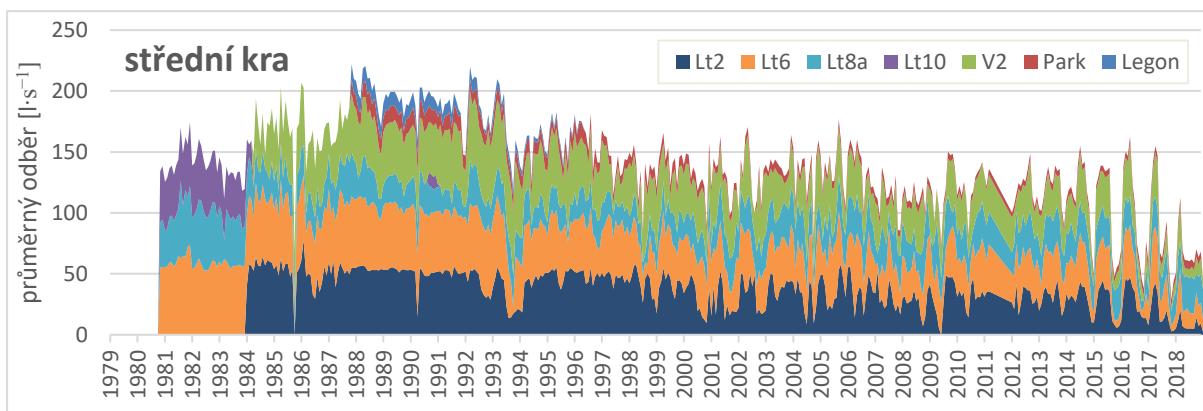
3.2.1 Horní kra

Velikost odběrů je po celé období jímání poměrně vyrovnaná. Obvyklá hodnota průměrného ročního odběru v poslední dekádě byla okolo $36 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Vlivem posledních čtyř suchých let (2016 - 2019) odběr poklesl k hodnotám okolo $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Největší odběr je trvale realizován z vrtu Lt9 (průměrné jímané množství přibližně $17 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$).

3.2.2 Centrální kra

Centrální kra je nejvíce vodárensky využívanou oblastí na povodí Dědiny. V maximech, mezi roky 1984 a 1992, se úhrnný odběr blížil k hodnotě $200 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Obvyklá hodnota průměrného ročního odběru v poslední dekádě byla okolo $120 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Vlivem posledních čtyř suchých let (2016 - 2019) odběr poklesl k hodnotám ročního průměru okolo $70 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Vzhledem k institutu minimální hladiny (vrt Lt5) byl odběr na konci podzimu a začátku zimy drasticky redukován (Obr. 4).



Obr. 4 Měsíční průměrné odběry podzemní vody – centrální kra

Mimo aktuální suchou periodu byl celkový odběr z největší části pokryt odběry z vrtů Lt2, Lt6, V2 a Lt8. Ostatní odběry byly v posledních dekádách zcela minoritní.

3.2.3 Dolní kra

Odběry na dolní kře jen mírně převyšují odběry z horní kry. V posledních dvou dekádách roční průměrné hodnoty odběru kolísaly v rozmezí $30 - 55 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Před započítáním suché periody byla tendence z dolní kry průměrně čerpat cca $50 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Vlivem posledních čtyř suchých let (2016 - 2019) odběr poklesl k hodnotám okolo $25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Největší množství podzemní vody je dlouhodobě jímáno z vrtu Lt1 (příloha 2.2.1).

3.3 Režimní pozorování hladin podzemní vody

XXX

3.4 Srážky

Údaje o srážkách jsou pro povodí Dědiny dostupné ze dvou meteorologických stanic. Jejich poloha je vykreslena v příloze 1.2. Stanice v Českém Meziříčí (číslo 900086) leží v nadmořské výšce 255 m n. m. a charakterizuje spíše dolní část povodí Dědiny s výskytem křídových sedimentů. Přibližně 14 km východě je situována stanice v Bílém Újezdě (č. 900084; nadmořská výška 319 m n. m.). Stanice charakterizuje oblast nátok Dědiny z krystalinických hornin do prostoru s výskytem sedimentů křídového stáří.

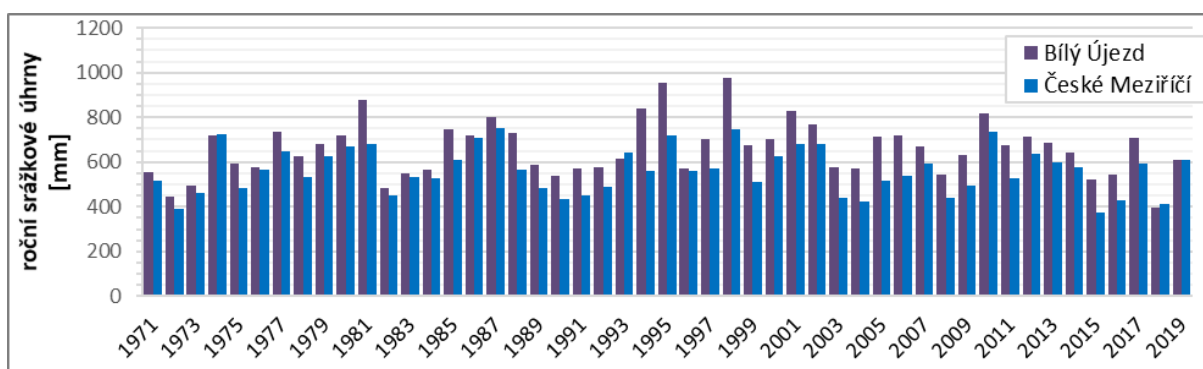
Pro obě stanice byla hodnocena vstupní data v denním kroku od počátku roku 1971 do konce roku 2019. Statisticky zpracovány byly rovněž měsíční a roční srážkové úhrny. Měsíční a roční úhrny srážek pro celé období 1971 – 2019 jsou vykresleny v příloze 2.4, roční úhrny rovněž na Obr. 5.

Pro hodnocené období je srážkový normál ve stanici v České Meziříčí 562 mm, pro stanici Bílý Újezd 659 mm. Srážky v zájmovém území rostou s nadmořskou výškou.

stanice	minimum [mm]	Q ₁₀ [mm]	Q ₂₅ [mm]	průměr [mm]	medián (Q ₅₀) [mm]	Q ₇₅ [mm]	Q ₉₀ [mm]	maximum [mm]
Bílý újezd	395,2	537,3	571,4	658,6	671,1	719,0	818,3	974,2
České Meziříčí	374,1	431,2	485,7	561,9	562,6	637,3	709,4	750,3

Tab. 1 Základní statistické údaje ročních srážkových úhrnů, stanice České Meziříčí a Bílý Újezd

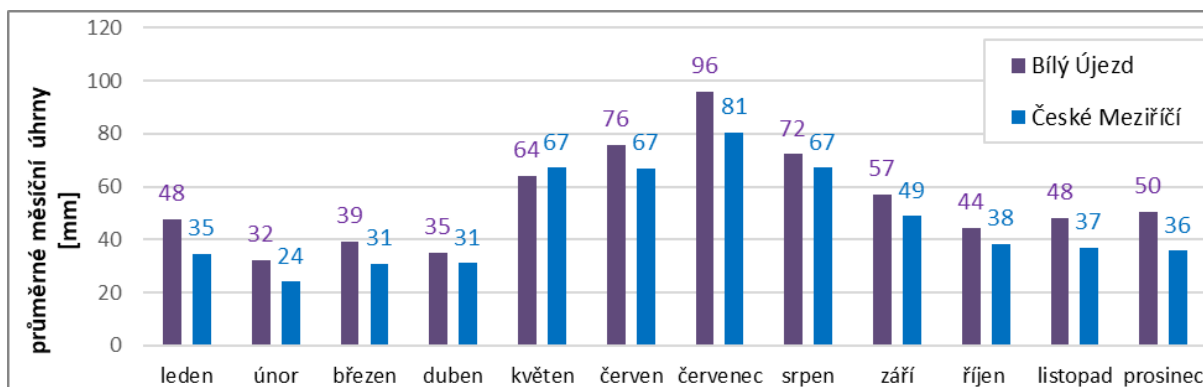
Maximální a minimální roční naměřený úhrn ve stanici České Meziříčí je 750 a 374 mm. Maximální a minimální roční naměřený úhrn ve stanici Bílý Újezd je 974 a 395 mm. Roční srážkové úhrny odpovídající 10, 25, 75 a 90% seřazené řady určují percentily Q₁₀, Q₂₅, Q₇₅ a Q₉₀. Na časové řadě ročních srážkových úhrnů je patrný víceletý chod, kdy meziročně (ale i mezi stanicemi) se roční srážkový úhrn může lišit i o 200 mm.



Obr. 5 Roční srážkové úhrny na stanicích Bílý Újezd a České Meziříčí za roky 1971 až 2019

Obvyklý roční chod měsíčních srážkových úhrnů dokumentuje Obr. 6. Nižší hodnoty se vyskytují v zimním období a na podzim. Vyšší srážkové úhrny jsou pozorovány v létě s přechody do jara i podzimu. Z hlediska doplňování zásob podzemní vody jsou podstatné srážky vypadlé v průběhu zimy a v jarním období. Pokud nedojde ke kumulaci, jsou srážky vypadlé v létě a na podzim obvykle zadrženy v oblasti nesaturované zóny a zcela evapotranspirovány. V letním a v podzimním období k doplnění zásob podzemní vody obvykle vůbec nedochází – a to přesto, že srážky jsou v létě největší.

Na obou stanicích se průměrně nejnížší srážky vyskytují v únoru (32 mm, resp. 24 mm) a maximální během července (96 mm, resp. 81 mm). Ve všech měsících jsou srážky v Bílém Újezdě vyšší než v Českém Meziříčí. Výjimkou je pouze měsíc květen.



Obr. 6 Průměrné měsíční srážkové úhrny za období 1971 až 2019

V Českém Meziříčí byl maximální měsíční úhrn 219 mm zaznamenán v červenci 1980. Maximální měsíční úhrn v Bílém Újezdě se vyskytl v červenci 1998 (298 mm).

Srážky v červenci 1998 způsobily největší novodobou povodeň na povodí Dědiny. Dne 22.7.1998 bylo v Českém Meziříčí zaznamenáno 89 mm srážek a v Bílém Újezdě 196 mm. Maximální úhrn srážek zasáhl zejména horní povodí Dědiny situované na úbočí Orlických hor.

Ve sledovaném období 1971 – 2019 se denní srážkový úhrn nad 50 mm ve stanici Bílý Újezd vyskytl v počtu 10 případů, ve stanici České Meziříčí v 11 případech. Velké srážky doprovází zvýšené průtoky v říční síti. Odezvu horninového prostředí na povodňové průtoky a zasáklé srážky je možné hodnotit z časových řad vývoje úrovně hladin podzemní vody na pozorovací síti vrtů.

3.5 Průtoky v povodí Dědiny

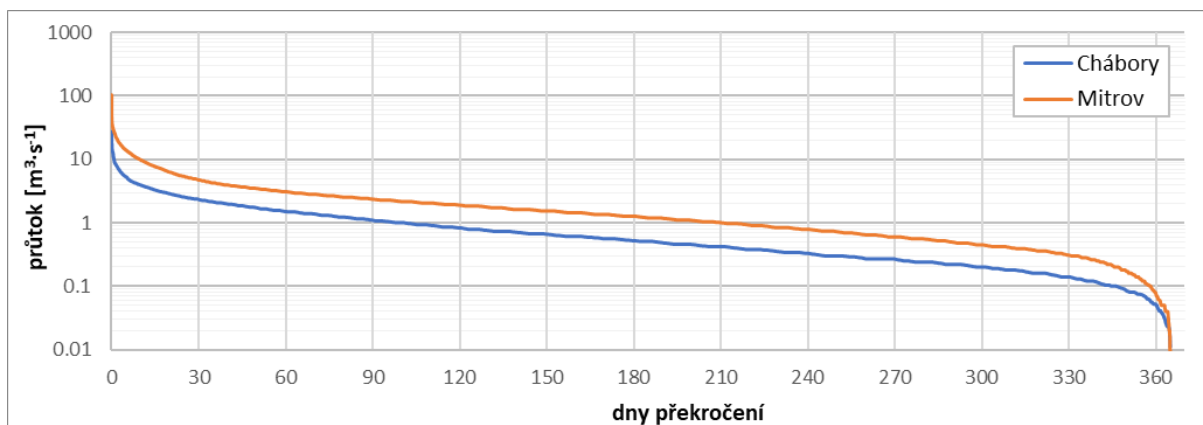
Průtoky Dědiny jsou měřeny na dvou limnigrafických stanicích ČHMÚ (příloha 1.2). Stanice Mitrov reprezentuje v podstatě závěrový profil celého povodí. Měrný profil je situován pouze 4 km od soutoku s Orlicí. Stanice Chábory je umístěna v oblasti nátoku Dědiny do prostoru Sedimentů křídového stáří. Z příronu v mezipovodí stanic Mitrov-Chábory lze v kombinaci s realizovanými odběry podzemní vody zjednodušeně usuzovat na velikost zásob podzemní vody v povodí Dědiny (na území hydrogeologického rajonu 4222).

stanice	obec	tok	staničení [km]	nula vodočtu [m. n. m.]	plocha povodí [km ²]	průměrný roční stav [cm]	průměrný roční průtok [m ³ ·s ⁻¹]
Chábory	Dobruška	Dědina	30,7	305,03	74,64	20	0,956
Mitrov	Třebechovice pod Orebem	Dědina	3,9	240,28	291,13	60	2,11

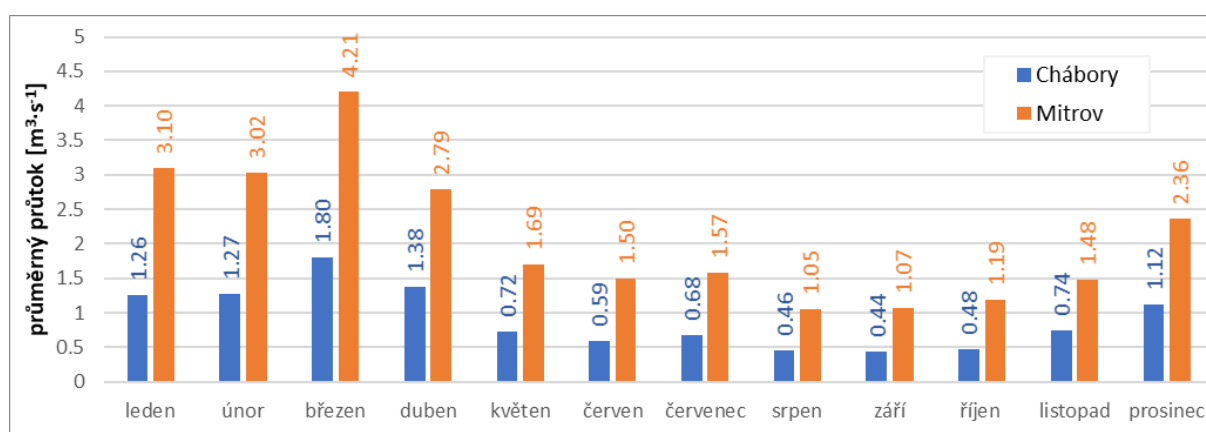
Tab. 2 Základní údaje limnigrafických stanic Mitrov a Chábory

Zpracovaná data jsou prezentována v příloze 2.3. Časové řady denních průměrných průtoků z obou stanic pokrývají období 1968 - 2018. Spolu s denními průtoky jsou na vedlejší ose vyneseny i denní úhrny srážek. Červencová povodeň 1998 zničila limnigrafickou stanici Chábory a nastal více jak jednoletý výpadek měření. Dle údajů Povodí Labe kulminační průtok v Mitrově nastal 24.7.1998 (116 m³·s⁻¹). Kulminační průtok v Cháborech dosáhl 270 m³·s⁻¹ (o den dříve).

Z dostupných dat byly zpracovány křivky překročení průměrných denních průtoků (Obr. 7). Minimální průtok Q_{355} , který je překročen po 355 dní v roce, vychází ve stanici Chábory 74 l·s⁻¹, ve stanici Mitrov 127 l·s⁻¹. Běžný průtok (medián) ve stanici Chábory je 510 l·s⁻¹ a 1230 l·s⁻¹ ve stanici Mitrov. Průtok Q_{30} ve stanici Chábory a Mitrov odpovídají hodnoty 2,33 m³·s⁻¹ a 4,75 m³·s⁻¹.


Obr. 7 Křivky překrojení průměrných denních průtoků Q_d

Z dostupných dat byly rovněž stanoveny průměrné měsíční průtoky (Obr. 8). Na obou průtokoměrných stanicích vychází maximální průtoky v březnu a minimální v září. Průměrný průtok za celé hodnocené období vychází $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v Chábořech a $2,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v Mitrově.



Obr. 8 Průměrné měsíční průtoky pro období 1969 až 2019, stanice Chábory a Mitrov

4 Současné poměry, hydrogeologické posouzení

Bodové vstupní informace o hydrogeologických poměrech v oblasti vodního zdroje Litá poskytuje primárně monitoring (přílohy řady 2). Plošnou interpretaci poměrů ve formě velikosti, směru a rychlosti proudění poskytuje zpracovaný numerický model proudění podzemní vody.

Hlavním předmětem zájmu je kolektor B vyvinutý v rigidních sedimentech bělohorského souvrství. Z tohoto kolektoru je jímána podzemní voda pro vodní zdroj Litá. Pro řešení projektu přírodě blízkých protipovodňových úprav jsou podstatné interakce mezi kolektorem a říční sítí (drenáž podzemní vody nebo vce z povrchové vody).

4.1 Poměry proudění v kolektoru B

Modelové izolinie hladiny podzemní vody v kolektoru bělohorského souvrství (B) jsou vykresleny v příloze 4.1. Směr proudění podzemní vody je kolmý na vykreslené izolinie. Rozloha modelového území odpovídá hranicím hydrogeologických rajonů 4222 a 4221 (Podorlická křída v povodí Orlice a Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje). Společná hranice uvedených rajonů je situována na rozvodí mezi Dědinou a Metuji. Hydrogeologické rozvodí na této hranici ale není výrazné a i v závislosti na velikosti odběrů v povodí Dědiny (na horní a centrální kře) dochází k přítokům podzemní vody do povodí Dědiny z povodí Metuje (příloha 4.1).

Západní okraj modelového území odpovídá zlomovému pásmu jílovické poruchy. Porucha odděluje centrální část české křídly od křídly podorlické (Burda et al. 2019). Oblasti křídly západně od poruchy

jsou oproti oblastem východně od poruchy zakleslé o vyšší desítky až první stovky metrů. V oblasti poruchy je přerušena horizontální průtočnost jednotlivých hydrogeologických těles. Porucha je proto považována za nepropustnou ve směru kolmém k linii poruchy. Východní okraj podorlické křídly je denudační.

Z hlediska oběhu podzemní vody lze v zájmové oblasti v kolektoru B vymezit oblasti nádrže podzemí vody a oblasti stoku. Niva Dědiny s regionálním odvodněním struktury náleží do prostoru nádrže podzemní vody. Sklon hladiny podzemní vody zde není ovlivněn průběhem báze bělohorského souvrství, hladina podzemní vody je obvykle napjatá. V oblastech stoku se vyskytuje volná hladina podzemní vody a sklonitostní poměry hladiny podzemní vody odpovídají úklonu báze propustných sedimentů. V ploše výřezu modelu (příloha 4.1) lze identifikovat následující oblasti stoku:

- území při východním okraji modelu - na úbočí Orlických hor,
- pás podél jílovické poruchy na západě modelového území (osní partie libřické antiklinály),
- oblast opočenského hřbetu s vrcholy Velká Hvězda, Horka, Osičina a U Rozhledny (opočenská antiklinála).

Všechny uvedené oblasti stoku jsou zároveň oblastmi intenzivní dotace srážkové vody do kolektoru B. Jedná se o území, kde horniny bělohorského souvrství vychází na den, respektive území, kde byly sedimenty jizerského souvrství denudovány (viz příloha 3.2). V místech s výskytem jizerského souvrství infiltrované srážky primárně napájí připovrchový oběh podzemní vody.

Z průběhu izoliní hladin podzemní vody (příloha 4.1) je patrný bariérový účinek obou hlavních poruch procházejících zájmovým územím. Podél opočenské flexury se na centrální kře vytvořila dvě centra soustředěného odvodnění kolektoru B (oblast meandru s PR Zbytka a oblast meandru na Zlatém potoce v zámeckém parku Opočno). V obou případech v místech drenáže absentují sedimenty jizerského souvrství (příloha 3.2).

Bohuslavický zlom v místě křížení s Dědinou vytváří hlavní místo odvodnění pro horní kru. K regionálnímu odvodnění dolní kry dochází v oblasti vějíře říční sítě Dědiny západně od obcí Městec a Mokré – v místech absence nadložního izolátoru jizerského souvrství.

4.2 Drenážní poměry

4.2.1 Dolní kra

Za aktuálního stavu bez navrhovaných PBPO se hladina v Dědině na dolní kře (v úseku Městec – České Meziříčí) nachází v úrovni 247 – 255 m n. m. Dědina je zde regionální drenážní bází s nejnižší úrovní hladiny povrchové vody v rámci zájmové oblasti rajonu 4222. V pásu přiléhajícím k lineamentu jílovické poruchy z východu je jizerské souvrství denudováno (příloha 3.2). Přibližně v úseku od Městce po Vranov (délka cca 1,7 km) tak dochází ke komunikaci mezi kolektorem B a tokem Dědiny pouze přes kvartérní sedimenty.

Režimní záznam úrovně hladiny podzemní vody v kolektoru B (alespoň historicky) je pro dolní kru k dispozici v následujících objektech (příloha 2.1.1):

- Lts13, Lts8 – oba vrty jsou vzdáleny od Dědiny. Měřené úrovně hladiny podzemní vody (280 a 267 m n. m.) jsou výrazně nad úrovní drenážní báze. Z oblastí vrtů dochází k nátoku podzemní vody do drenážní oblasti Dědiny na dolní kře. Vrt Lts8 je situován v oblasti hydrogeologického rozvodí mezi povodími Dědiny a Metuje.
- Lt1, Lts1, Lts2, Lts9 – vrty reprezentují oblast dolní kry přilehlou k opočenskému zlomu (respektive opočenské flexuře). Obecně se jedná o oblast s nejvyšší úrovní hladin podzemní vody (254 – 257 m n. m.) na dolní kře v širším prostoru drenáže. Kromě vrtu Lt1 je hladina v těchto vrtech nad úrovní toku Dědiny až cca o 2 m. Vrt Lt1 patří k jímacím vrtům. Oproti počátečnímu stavu (hladina blízko úrovně 260 m n. m.) čerpání způsobuje pokles hladiny ve vrtu o cca 5 m. S ohledem na výsledky modelu lze pokládat za pravděpodobné, že přestože vrt Lt1 úrovní báze již náleží do dolní kry, je v něm jímána podzemní voda z kry centrální (v oblasti vrtu dochází k částečnému přetoku z centrální na dolní kru). Za podmínek

neovlivněných odběry by hladina podzemní vody ve všech jmenovaných vrtech byla výrazněji nad úrovní Dědiny.

- V1, Lt01a, Lt02, Lts10 – vrty monitorují oblast „vějíře“ říční sítě Dědiny – již s absencí, nebo jen minimální mocností sedimentů jizerského souvrství. Za stavu bez odběrů byla hladina podzemní vody o 0–2 m nad úrovní toku. Při odběrech (vrty Lt01a a Lt02) dochází k poklesu hladiny v jímácích vrtech o 5–10 m. Při odstávce odběrů z Lt02 se hladina ve vrtu vyrovnává hladině ve vrtu Lts10 – na průměrné úrovni 250 m n. m. a koresponduje s úrovní Dědiny (příloha 2.1.1).

Tok Dědiny je regionální drenážní bází pro oběh podzemní vody na dolní kře. Ke zvýšené drenáži podzemní vody z kolektoru B i přes realizované odběry dochází v úseku bez výskytu sedimentů jizerského souvrství (Městec - Vranov). V místech větší mocnosti sedimentů jizerského souvrství je drenážní účinek Dědiny ve vztahu ke kolektoru B redukován.

Pro oblast dolní kry jsou dle projektu ŠINDLAR, 2010 projektovány úpravy SSO_01 - SSO_04. Potenciálně regionální vliv na hydrogeologické poměry kolektoru B mohou mít zejména úpravy SSO_02, SSO_03 a SSO_04. Tyto úpravy jsou umístěny v prostoru úplné absence (SSO_02, SSO_03), respektive podstatně redukováné mocnosti (SSO_04) jizerského souvrství (příloha 3.2). Úprava SSO_01 je naopak projektována v oblasti zvýšené mocnosti jizerského souvrství, ve své JZ části již zcela mimo hydrogeologický rajon 4222.

4.2.2 Centrální kra

Za aktuálního stavu se hladina v Dědině na centrální kře (mezi opočenskou flexurou a mezi bohuslavickým zlomem) nachází v úrovni 255–266,5 m n. m.

Režimní záznam úrovně hladiny podzemní vody v kolektoru B (alespoň historicky) je k dispozici v následujících objektech (příloha 2.1.2):

- Lts14, Lts15, Lts6 – jedná se o vrty s nejvyšší monitorovanou hladinou na centrální kře (okolo úrovně 280 m n. m.). Vrt Lts14 je situován v blízkosti meandru Zlatého potoka u Opočna, kde vzhledem k absenci jizerského souvrství může docházet k přímé drenáži kolektoru B při drenážní úrovni Zlatého potoka cca 268–271 m n. m. Podle modelu proudění se zde vyskytuje lokální (nikoliv regionální) drenáž kolektoru B (příloha 4.1). Vrt Lts6 je situován v oblasti rozvodí mezi Metují a Dědinou.
- Lts7 a Lts16 – hladina je přibližně v úrovni 166–171 m n. m. Vrty jsou situovány v nátokové oblasti proudu podzemní vody k drenážní bázi Dědiny. Vrt Lts7 má v porovnání s vrtem Lts6 nižší hladinu pravděpodobně v důsledku zvýšeného rozpukání (i hydraulické vodivosti) v pásu podél osní části opočenské antiklinály při opočenské flexuře.
- V2, Lt2, Lt6, Lt8, Lts18 – hladina ve vrtech je nejčastěji v úrovni 256–259 m n. m. S výjimkou vrtu Lts18 se jedná o čerpané objekty vodního zdroje. Hladina ve všech uvedených vrtech je v poslední dekádě téměř totožná. Z porovnání měřených hladin s úrovní Dědiny na střední kře je zřejmé, že k drenáži na centrální kře může docházet pouze v úseku meandrujícím okolo PR Zbytka. Na zbylém území centrální kry je hladina podzemní vody vlivem odběrů zakleslá pod úrovní Dědiny. Navíc v podzimním období vlivem ročního kolísání hladiny podzemní vody drenáž na centrální kře obvykle téměř ustává, dostupný proud podzemní vody spotřebují jímací vrty. Výraznější drenáž se obnovuje v průběhu zimního období a maxima obvykle dosahuje na jaře (příloha 2.1.2).

Za poměrů bez odběrů docházelo na centrální kře k regionální drenáži podzemní vody v oblasti PR Zbytka. Jizerské souvrství je zde lokálně zcela denudováno (příloha 3.2). Aktuální hydrogeologické poměry centrální kry vlivem odběrů charakterizuje výrazně redukováná drenáž podzemní vody do říční sítě Metuje. Na úseku Dědiny severně od obce Pohoří je hladina v toku až několik metrů nad úrovní

hladiny podzemní vody v kolektoru B. K drenáži podzemní vody z kolektoru v tomto úseku vlivem odběrů nedochází.

V povodí úseku Dědiny na střední kře jsou dle projektu ŠINDLAR, 2010 situovány úpravy SSO_05, SSO_06 a SSO_07. Vzhledem k popsaným poměrům v drenážní oblasti na centrální kře má největší potenciál k ovlivnění poměrů v kolektoru B úprava SSO_05, protože je projektována v úseku absence sedimentů jizerského souvrství.

Úprava SSO_06 vytváří v prostoru centrální kry záchytný prostor pro povodňové objemy prostřednictvím dvou poldrů. Úprava je nevhodně navržena v bezprostřední blízkosti nejvíce vydatných jímacích vrtů vodního zdroje Litá. Relativně méně problémová je z hydrogeologického hlediska úprava SSO_07. Výraznějšímu ovlivnění poměrů v kolektoru B brání větší mocnosti jizerského souvrství (příloha 3.2).

4.2.3 Horní kra

Na horní kře (východně od Bohuslavického zlomu po okraj křídových sedimentů) má hladina Dědiny úroveň 266,5–338 m n. m.

Režimní záznam úrovně hladiny podzemní vody v kolektoru B (alespoň historicky) je k dispozici v následujících objektech (příloha 2.1.2):

- V-3 – vrt monitoruje nátokovou oblast horní kry v povodí Zlatého potoka. Hladina v úrovni 277–285 m n. m. je zakleslá minimálně 10 m pod úroveň Zlatého potoka. Pozvolný vzestup hladiny v počátečních letech měření může signalizovat poruchy výstroje.
- Lts3, Lt5, Lt9, Lts5 – před zahájením odběrů hladina oscilovala okolo úrovně 271 m n. m. Při odběrech hladina ve vrtech Lts5 a Lt9 osciluje okolo úrovně 265 m n. m. Odběry snižují hladinu podzemní vody v drenážní oblasti horní kry pod úroveň Dědiny.

I na horní kře je Dědina regionální drenážní bází. Za poměrů bez odběrů byly hladiny vrtů v kolektoru B v širší oblasti drenáže průměrně o 8 m (Lt3), respektive 5 m nad úrovní Dědiny (Lts3, Lt9). Větší množství podzemní vody do drenážní oblasti přitékalo od JV. Jizerské souvrství v mocnostech 10–20 m (příloha 3.2) drenáží do Dědiny minimálně v blízkosti bohuslavického zlomu nezamezilo. Z toho by měl rezultovat opatrný přístup k budování poldrů na sousední centrální kře. Na izolační schopnost jizerského souvrství v případě zaplavení poldrů vůbec nelze automaticky spoléhat.

Do povodí úseku Dědiny na horní kře dle projektu ŠINDLAR, 2010 zasahuje pouze úprava SSO_08.

5 Hydrogeologické posouzení PBPO dle projektu ŠINDLAR, 2010

Situace úseků s přípravou přírodě blízkých protipovodňových úprav (PBPO) říční sítě Dědiny je vykreslena v příloze 1.3 (schematizovaně též v příloze 3.2). Následující zhodnocení vlivu těchto úprav na hydrogeologické poměry je rozděleno do samostatných kapitol pro každý jednotlivý úsek SSO_01 až SSO_09. Změny úrovně hladiny podzemní vody v kolektoru B vyvolané změnami říční sítě dle projektu ŠINDLAR, 2010 dokumentuje příloha 4.3. Průběh obvyklé hladiny podzemní vody v kolektoru bělohorského souvrství za obvyklých odběrů při současném stavu říční sítě Dědiny a po realizaci protipovodňových úprav dle projektu ŠINDLAR, 2010 dokumentují přílohy 4.1 a 4.2. Příloha 4.3. vznikla výpočtem rozdílu izolinií hladiny podzemní vody z příloh 4.1 a 4.2.

5.1 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_01

Úsek SSO_01 je veden v katastrálním území obcí Ledce, Klášter a Městec. Z hydrogeologického hlediska úsek s přírodně blízkou protipovodňovou úpravou (PBPO) ve své SV části náleží k oblasti tzv. dolní kry, vymezené na území hydrogeologického rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice). Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny na prostor mezi jílovickou poruchou a opočenskou flexurou (Obr. 2).

JZ úsek úpravy je situován v hydrogeologickém rajonu 4360 (Labská křída), ve kterém je hlavní zvodnění vázáno především na mělkou přípovrchovou zónu rozpukaných slínovců a pokryvné útvary. V této části úpravy kolize s vodárenskými zájmy vůbec nemůže vzniknout. Změny úrovně hladiny podzemní vody budou omezeny na přípovrchovou vrstvu a dále od toku Dědiny budou navíc vyznívat. Velikost změn bude určena velikostí změny úrovně hladiny v Dědině. Pro danou část toku by se dle projektové dokumentace mělo jednat o zvýšení hladiny podzemní vody v nivě Dědiny do 20 cm.

V celém úseku SSO_01 je hlavní kolektor B překryt sedimenty jizerského souvrství. Na SV konci úseku u obce Městec mocnost Jizerského souvrství dosahuje cca 80 m přičemž směrem k JZ narůstá k hodnotám přes 100 m (příloha 3.2). Je vysoce pravděpodobné, že vliv úprav Dědiny v celém úseku SSO_01 zůstane omezen pouze na přípovrchovou vrstvu kvartérních sedimentů, respektive údolní nivu toku. Konflikt s vodárenským využitím kolektoru B nevzniká, protože projektované úpravy toku kolektor B, vázaný na bělohorské souvrství, neovlivní.

Modelem stanovené změny úrovně hladiny podzemní vody v kolektoru B při uvažování všech projektovaných protipovodňových úprav dokumentuje příloha 4.3. Hydraulické ovlivnění kolektoru B v oblasti úseku SSO_01 (vzestup hladiny podzemní vody do 10 cm) vzniká propagací hydraulického ovlivnění z oblasti úpravy SSO_02.

V oblasti Kláštera lze za běžného hydrologického stavu v přípovrchové vrstvě očekávat vzestup hladiny podzemní vody v rozmezí 10–20 cm. V oblasti Městce naopak pokles hladiny podzemní vody, rovněž v rozmezí 10–20 cm.

5.2 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_02

Úsek SSO_02 je veden severně od obce Městec po Vranov. Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k dolní kře. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny na prostor mezi jílovickou poruchou a opočenskou flexurou (Obr. 2).

Z hydrogeologického hlediska mohou mít protipovodňové úpravy Dědiny v daném úseku regionální vliv na poměry ve vodárensky využívaném kolektoru B. Kromě oblasti Městce ve zbylé části úseku SSO_02 zcela chybí jizerské souvrství a bělohorské souvrství přímo komunikuje (přes kvartérní vrstvu neuzpevněných sedimentů) s tokem. Oblast úseku SSO_02 se vyznačuje zvýšenými přírůny podzemní vody do říční sítě Dědiny. Dochází zde k regionálnímu odvodnění oblasti dolní kry včetně vodohospodářsky využívaného kolektoru B.

Podle podkladů projektové dokumentace ŠINDLAR, 2010 dojde v rámci PBPO převážně k mírnému snížení nivelety hladiny Dědiny do 20 cm. Soutoková oblast Dědiny a levostranných přítoků by měla mít hladinu cca do 30 cm nad současnou úroveň. K významnějšímu ovlivnění přípovrchové zóny ani kolektoru bělohorského souvrství tak nemůže dojít. V rámci kolektoru B je pro jižní část úseku úpravy prognózován vzestup hladiny podzemní vody do 10 cm (příloha 4.3). Pro severní část úseku úpravy pokles převážně do 5 cm. Vliv PBPO je ve vztahu k vodárenskému využití kolektoru B indiferentní a neznamena ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani kvalitativního.

5.3 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_03

Úsek SSO_03 je veden severně od Vranova přibližně po Mochov. Řešena je soutoková oblast Dědiny, Haťského potoka a paralelní strouhy s Dědinou. Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k dolní kře. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny na prostor mezi jílovickou poruchou a opočenskou flexurou (Obr. 2).

Z hydrogeologického hlediska mohou mít protipovodňové úpravy Dědiny v daném úseku potenciálně regionální vliv na poměry ve vodárensky využívaném kolektoru B. Zejména v jižních

partiích úseku jsou protipovodňové úpravy navrženy v oblasti kde jizerské souvrství bylo zcela denudováno, nebo je zastoupeno v zanedbatelných mocnostech. V úseku SSO_03 dochází ke zvýšeným přírůmkům podzemní vody do říční sítě. V této oblasti (a zejména pak v navazujícím úseku SSO_02) dochází k regionální drenáži podzemních vod z kolektoru B).

Podle projektu úprav (ŠINDLAR, 2010) v úseku SSO_03 téměř nedojde ke změně nivelety hladiny Dědiny. Upravená část Haťského potoka má mít úroveň hladiny v průměru pouze o 20 cm výš. Hydraulický vliv vyprojektovaných úprav je proto jak v přípovrchové vrstvě nivních sedimentů, tak v kolektoru B minimální. V oblasti úpravy je vlivem kombinace hydraulického ovlivnění z úseku SSO_02 modelem pro kolektor B předpokládán pokles hladiny podzemní vody v prvních jednotkách cm. Vliv PBPO je tedy ve vztahu k vodárenskému využití kolektoru B zanedbatelný. Neznamená ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani kvalitativního.

5.4 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_04

Úsek SSO_04 zahrnuje oblast mezi Mochovem a Českým Meziříčím. Řešena je soutoková oblast Dědiny a paralelních struh východě od Dědiny. Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k dolní kře. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny na prostor mezi jílovickou poruchou a opočenskou flexurou (Obr. 2).

Podél úseku SSO_04 od jihu k severu narůstá mocnost jizerského souvrství z jednotek metrů až cca k 30 metrům. Jizerské souvrství v zájmovém území má funkci izolátoru – kdy do značné míry brání proudění podzemní vody z podložního kolektoru B (bělohorské souvrství) do říční sítě. Lze proto usuzovat, že projektované protipovodňové úpravy by (ani v případě změny projektu) neměly mít regionální hydrogeologický dopad.

V posuzovaném úseku SSO_04 má dojít ke změně nivelety hladiny Dědiny pouze v jednotkách cm (vzestup). I proto je vliv projektovaného PBPO nevýznamný jak pro přípovrchovou vrstvu, tak pro kolektor B. Úprava tak neznamená ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani kvalitativního.

5.5 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_05

Úsek SSO_05 zahrnuje soutokovou oblast Dědiny a Lité v blízkosti PR Zbytka a úpravy koryta Lité. Úsek je vymezen mezi Českým Meziříčím a Pohořím. Ve vztahu k Lité, ale i Dědině je projektováno zvýšení nivelety hladiny a dna říční sítě (dna lokálně až o 1,25 m). V souvislosti s projektovanou PBPO tak vzniká impuls pro zvýšení hladiny podzemní vody v přípovrchové vrstvě, ale i v kolektoru B.

Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k centrální kře. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny zejména na prostor mezi opočenskou flexurou a bohoslavickým zlomem (Obr. 2).

Úsek SSO_05 kříží osní části opočenské antiklinály. V oblasti antiklinály jsou mocnosti nadložního jizerského souvrství redukovány, v okolí PR Zbytka je jizerské souvrství denudováno zcela. Širší oblast PR Zbytka je místem soustředěné drenáže podzemní vody pro celou centrální kru – tak vznikly podmínky pro vznik společenstev, které jsou nyní chráněny. Protipovodňové úpravy říční sítě Dědiny na tomto úseku mají potenciál regionálně ovlivnit poměry proudění podzemní vody v kolektoru B. Aktuálně funkci regionálního odvodnění oblasti centrální kry přejaly jímací vrty. Hladina podzemní vody v kolektoru B je od úrovně hladiny Dědiny odtržená.

Na základě výsledků simulace proudění podzemní vody lze v souvislosti s úpravou v kolektoru B očekávat vzestup hladiny podzemní vody o první desítky cm (příloha 4.3). Tento jev je pozitivní a je v souladu se zájmy VaK Hradec Králové, a.s., tak ochrany přírody. V oblasti protipovodňových úprav VaK využívá 3 jímací objekty podzemní vody (Lt1, V2 a Lt2). V počátečním období po realizaci úprav

koryta Dědiny a Lité může v závislosti na suchém období a velikosti odběrů dojít k intenzivnějšímu vcezu vody z Dědiny do horninového prostředí a k jímacím vrtům vlivem absence kolmatační vrstvy ve dně nového koryta. Ta se ale postupně znovu vytvoří. Projektované úpravy v úseku SSO_05 jsou přínosné a žádoucí. Obecně povedou ke zlepšení stavu hydrogeologických poměrů.

5.6 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_06

Úsek SSO_06 zahrnuje úpravy Dědiny a Lité v oblasti severně od obce Pohoří. PBPO jsou zde komplexní a kromě úprav trasy a nivelety toků je projektováno vytvoření dvou suchých poldrů.

Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy SSO_06 v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k centrální kře. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny zejména na prostor mezi opočenskou flexurou a bohuslavickým zlomem (Obr. 2).

Úsek SSO_06 je situován v oblasti proměnlivé mocnosti jizerského souvrství. To vytváří stropní izolátor kolektoru B. Ve vrtech Lt5, Lt6 a Lt8 je báze jizerského souvrství v hloubce 27,5, 35 a 49 m pod terénem. Při JZ okraji většího poldru ale může být mocnost jizerského souvrství oproti uvedeným hodnotám již výrazně redukována.

Posouzení vlivu PBPO je rozděleno na:

- a) zhodnocení úprav koryta Dědiny a Lité,
- b) zhodnocení vlivu poldrů (Poldr 1 - větší dle dokumentace a Poldru 2 – menší dle dokumentace ŠINDLAR, 2010).

ad a)

Projektované dílčí změny trasy a nivelety Dědiny a Lité vzhledem k mocnosti izolátoru jizerského souvrství (nejčastěji první desítky metrů) se projeví zejména v přípovrchové vrstvě. Vliv na vodohospodářsky využívaný kolektor B bude tlumen malou propustností jizerského souvrství a bude zanedbatelný. Podstatně větší vliv na regionální poměry proudění podzemní vody ve vodohospodářsky využívaném kolektoru B mají navržené úpravy v sousedním úseku SSO_05, které by měly vést ke zvýšení hladiny podzemní vody v kolektoru (příloha 4.3) v maximech o nižší desítky cm.

Projektované změny (zejména na toku Lité) způsobí vzestup hladiny podzemní vody v přípovrchové vrstvě. Přičemž obce Pohoří i Bohuslavice již budou mimo hydraulický dosah vyvolaných změn úrovně hladiny podzemní vody.

Projektované změny trasy a nivelety Dědiny a Lité neznamenaají ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani kvalitativního.

ad b)

Zapojení poldrů v období povodně představuje z hydraulického hlediska podstatně větší zásah do hydrogeologických poměrů. Při naplnění v nich hladina vystoupá 4–5 m nad projektovanou úroveň Lité (za běžné hydrologické situace) a dojde k významné změně tlakových poměrů proudění. Tím vzniká potenciál pro uplatnění masivního vcezu povodňové vody do horninového prostředí. Kvalita povodňové vody je nevhodná pro vodárenské účely a lze ji považovat za kontaminovanou. Vcezu povodňové vody do kolektoru B bude bránit nízká propustnost jizerského souvrství.

V případě výskytu poruchových zón, nebo dokonce absence jizerského souvrství (především při JZ okraji většího z poldrů) by z hydrogeologického hlediska poldry mohly přispět k „průvalům“ povodňové vody do vodohospodářsky využívaného kolektoru bělohorského souvrství. V těsném sousedství navržených poldrů jsou situovány jímací vrtů VaK Lt6 a Lt8. Celý prostor centrální kryje je pro VaK nejdůležitějším prostorem. Jsou zde situovány další jímací vrtů (V2, Lt2 a Lt3).

Pro bělohorské souvrství (kolektor B) je při současných hydrogeologických poměrech vypočtena doba dotoku podzemní vody z prostoru poldrů k jímacím vrtům Lt6 a Lt8 pouze v řádu dnů (Obr. 9). Při

naplnění poldrů by vlivem vertikálních průsaků mohla povodňová voda natékat k jímacím vrtům Lt6 a Lt8 za obdobný časový interval (proudění z prostoru poldrů může být změnou tlakových poměrů urychleno). Vzhledem k charakteristikám horninového prostředí kolektoru B (puklinová propustnost; spongilitické slínovce) nelze automaticky předpokládat, že by došlo k úpravě povodňové vody na pitnou.



Obr. 9 Proudnice s intervaly měsíčního zdržení k jímacím vrtům v oblasti projektovaných poldrů (současné poměry, kolektor bělohorského souvrství)

Jednoznačně prokázat dostatečné těsnící schopnosti jizerského souvrství v celé ploše navržených poldrů téměř nelze. Význam popsanych rizik průvalu povodňových vod do kolektoru B je třeba vnímat v souvislosti se vznikem rizik pro množství zásobených obyvatel v počtu desetitisíců. Projektované poldry (zejména pak větší Poldr 1) reprezentují zvýšené riziko pro existující vodárenské odběry v důsledku zhoršení kvality (kontaminace) jímáné podzemní vody.

5.7 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_07

Úsek SSO_07 zahrnuje úpravy trasy a nivelety toků Dědiny a jejích přítoků v oblasti jižně od obce Bohuslavice. Niveleta dna i hladiny toků by se na Dědině měla zvýšit lokálně do 0,5 m V souvislosti s projektovanou PBPO tak vzniká impuls pro zvýšení hladiny podzemní vody v přípovrchové vrstvě.

Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy SSO_07 v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k centrální kře. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě dílčích změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny zejména na prostor mezi opočenskou flexurou a bohuslavickým zlomem (Obr. 2).

PBPO je v úseku SSO_07 projektováno v místech výskytu izolátoru jizerského souvrství. V nejbližších vrtech (Lt8 a Lt10) byla báze jizerského souvrství zastižena v úrovni 49 a 74,5 m pod terénem. Rozložení mocnosti izolátoru jizerského souvrství v oblasti projektovaných protipovodňových úprav (ŠINDLAR, 2010) dokumentuje příloha 3.2.

Z hydrogeologického hlediska, vzhledem k mocnosti izolátoru jizerského souvrství, vliv projektovaných PBPO zůstane omezen zejména na přípovrchovou vrstvu, kde lze očekávat vzestup hladiny podzemní vody do 20 cm. Vliv PBPO je tedy ve vztahu k vodárenskému využití kolektoru B zanedbatelný a neznamena ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani

kvalitativního. Mírný vzestup hladiny podzemní vody v kolektoru B na centrální kře (příloha 4.3) je vyvolán úpravami úseku SSO_05.

5.8 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_08

Úsek SSO_08 zahrnuje úpravy trasy a nivelety Dědiny v oblasti mezi Pohořím a Dobruškou. Niveleta dna i hladiny toků by se měla zvýšit (do 40 cm na Dědině). V souvislosti s projektovanou PBPO tak vzniká impuls pro zvýšení hladiny podzemní vody v přípovrchové vrstvě.

Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy SSO_08 v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak leží při rozhraní centrální a horní kry. Situován je na kře horní. Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě dílčích změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou především omezeny na horní kru (Obr. 2).

PBPO je v úseku SSO_08 na horní kře projektováno v místech, kde je mocnost izolátoru jizerského souvrství redukována jen přibližně na 10–20 m.

Vzhledem k nevýznamným změnám nivelety hladiny v toku však bude vliv projektované PBPO nevýznamný jak v přípovrchové vrstvě, tak v kolektoru B. Vliv PBPO je tedy ve vztahu k vodárenskému využití kolektoru B zanedbatelný a neznamená ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani kvalitativního. Mírný vzestup hladiny podzemní vody v kolektoru B na centrální kře (příloha 4.3) je primárně vyvolán úpravami úseku SSO_05.

5.9 Posouzení protipovodňových úprav v úseku SSO_09

Úsek SSO_09 zahrnuje úpravy trasy a nivelety Ještětického potoka (levostranný přítok Zlatého potoka) v oblasti severně od Hošťky. Niveleta dna i hladiny toků by se měla snížit, v severním úseku mírně zvýšit.

Z hydrogeologického hlediska úsek protipovodňové úpravy SSO_09 v celé své délce náleží k hydrogeologickému rajonu 4222 (Podorlická křída v povodí Orlice), v podrobnějším členění pak k centrální kře (vzhledem k poloze bohuslavického zlomu). Veškeré vyvolané změny hydrogeologických poměrů (i v případě dílčích změn, nebo doplnění projektu PBPO) zůstanou omezeny na oblast horní kry.

PBPO je v úseku SSO_09 projektováno v místech výskytu izolátoru jizerského souvrství s obvyklou mocností 30–40 m. Vzhledem k poměrům proudění tak projektované PBPO mohou potenciálně ovlivnit pouze přípovrchovou vrstvu nivních sedimentů. V oblasti navržených úprav nevzniká žádná kolize s ovlivněním zastavěných pozemků vzestupem hladiny podzemní vody. Ve vztahu k vodárenskému využití kolektoru B je vliv PBPO zanedbatelný a neznamená ohrožení existující vodárenské infrastruktury z hlediska kvantitativního ani kvalitativního.

5.10 Shrnutí výsledků PBPO dle ŠINDLAR 2010

Hydrogeologické posouzení navrhovaných přírodně blízkých protipovodňových úprav v povodí Dědiny vychází primárně z popisu stavu, který bude platný v hydrologicky běžném období (bez ničivých povodní – běžně více jak 95 % ročního období). Projektované PBPO (s výjimkou úseku SSO_05) předpokládá mírné změny nivelety dna a hladiny v říční síti - maximálně o jednotky decimetrů. Velikost změny režimu proudění podzemní vody za běžných hydrologických podmínek proto nemůže být velká (příloha 4.3). Pouze v soutokové oblasti Dědiny a Lité (a rovněž na toku Lité) je předpokládáno zvýšení hladiny říční sítě o více jak 1 m. Změny hladiny podzemní vody v kolektoru B ale budou menší.

Zvýšení hladiny v říční síti má obecně pozitivní důsledky v několika směrech:

- je žádoucí z hlediska zájmů vodárenského využívání; zvýšení hladiny v toku znamená i zvýšení hladiny podzemní vody v horninovém prostředí (a tím zvětšení zásoby podzemní vody); v oblasti PR Zbytka dojde ke snadnějšímu splnění institutu minimální hladiny ve vrtu Lt-5,

- je žádoucí z hlediska zájmů ochrany přírody a krajiny (společenstva která jsou chráněna v oblasti PR Zbytka vznikla při zvýšené úrovni hladiny podzemní vody – vlivem přelivů podzemní vody z kolektoru B); zvýšení hladiny v říční síti potenciálně umožní zvlhčení, nebo zamokření ploch, které za stávajících podmínek již trvale zůstávaly nad úrovní hladiny podzemní vody,
- v obecné rovině je zvýšení hladiny podzemní vody vhodným opatřením proti suchu.

Potenciálně jako nežádoucí může být lokálně zvýšení hladiny v říční síti vyhodnoceno jednotlivci z řad obcí v důsledku možného podmaččení částí pozemků přilehlých k upraveným úsekům toků. Tím by mohlo dojít ke ztížení managementu těchto ovlivněných dílčích ploch. K tomu obecně platí, že:

- velikost vzestupu hladiny podzemní vody nemůže být větší, než je projektované zvýšení hladiny v říční síti,
- se vzrůstající vzdáleností od toku bude způsobený vzestup hladiny podzemní vody vyznívat.

Skutečná míra podmaččení dílčích pozemků podél toků bude záviset na detailním průběhu terénu, propustnosti nivních sedimentů, existujících antropogenních zásazích (např. meliorační rýhy, nebo systematická drenáž) a nelze je detailně s využitím modelu bez detailního průzkumu předpovědět.

Vodárenské zájmy jsou především spjaty s vývojem hladiny podzemní vody v kolektoru bělohorského souvrství (kolektor B; příloha 4.3), kdy změny hladiny jsou primárně vyvolány změnami hydrologických a hydrogeologických poměrů v přípovrchové vrstvě (ve vazbě na projektované protipovodňové úpravy). Vodárenské zájmy jsou se zvýšenou citlivostí upnuty rovněž ke kvalitativním aspektům vývoje jímané podzemní vody.

Zájmy ochrany přírody, stejně jako zájmy majitelů pozemků dotčených úpravami jsou omezeny na přípovrchovou vrstvu tvořenou kvartérními sedimenty (v případě PR Zbytka též na výchozy opuk bělohorského souvrství). Otázky kvality podzemní vody jsou do určité míry podružné s tou výjimkou, že z hlediska ochrany přírody je podstatné, aby povodňové vody nevnášely živiny do území společenstev vázaných na prostředí málo úživné, vytvořené v místech původních pramenních vývěrů alkalických podzemních vod.

Souhrnné zhodnocení navržených protipovodňových opatření z hlediska:

- změny hladiny podzemní vody v přípovrchové zóně (hladinu podzemní vody v kvartérních a svahových sedimentech),
- vlivu na úroveň hladiny podzemní vody v kolektoru bělohorského souvrství,
- vlivu na kvalitu vody v kolektoru bělohorského souvrství,

pro běžné hydrologické podmínky obsahuje následující tabulka:

úsek úpravy	tok	změna hladiny přípovrchová zóna	ovlivnění hladiny v kolektoru B	ovlivnění kvality vody v kolektoru B
SSO_01	Dědina	vzestupy do 20 cm, poklesy do 20 cm	zanedbatelné	NE
SSO_02	Dědina + levostranné zaústění	vzestupy do 40 cm, poklesy do 20 cm	ANO	NE
SSO_03	Dědina + zaústění přítoků	vzestupy do 30 cm, poklesy do 20 cm	ANO	NE
SSO_04	Dědina + paralelní svodnice	vzestupy do 15 cm, poklesy do 5 cm	nevýznamné	NE
SSO_05	soutok Dědiny a Lité	vzestupy do 150 cm	ANO	NE
SSO_06	Dědina a Litá	vzestupy do 150 cm	NE	NE
SSO_06	poldry	vzestup až o 5 m	ANO	rizika že ANO
SSO_07	Dědina + zaústění přítoků	vzestupy do 50 cm, poklesy do 50 cm	zanedbatelné	NE
SSO_08	Dědina, rozdělení k Lité	vzestupy do 70 cm	zanedbatelné	NE
SSO_09	Ještětický potok	vzestupy do 20 cm, poklesy do 1 m	zanedbatelné, centimetrové poklesy	NE

Tab. 3 Přehled souhrnného vyhodnocení protipovodňových opatření dle projektu ŠINDLAR, 2010, běžná hydrologická situace

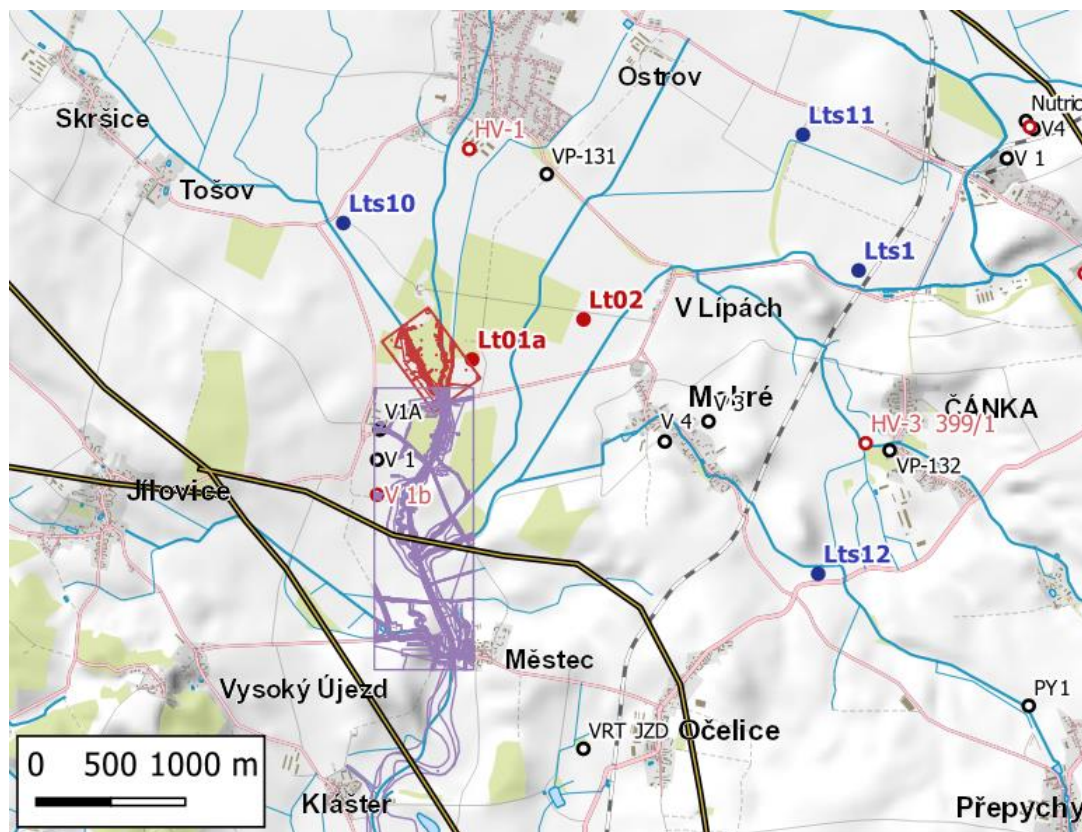
Ve vztahu k povodním jako opatření jednoznačně riziková lze vyhodnotit vybudování poldrů v oblasti centrální kry severně od obce Pohoří (úsek SSO_06). Zadržení více jak milionu metů krychlových povodňové vody by za podmínek bez opatření k utěsnění dna v kombinaci s výskytem nevhodných hydrogeologických podmínek (poruchy, netěsnost/absence jizerského souvrství) vyvolalo vcezu vody povodňové kvality do horninového prostředí a do vodárensky využívaného kolektoru B. Tato rizika vzhledem k zásobení desítek tisíc obyvatel nejen Hradce Králové nelze na střední kře akceptovat. A v případě zájmu na výstavbě poldrů musí tato rizika být brána v potaz a musí být eliminována.

Potenciál částečně ovlivnit poměry proudění podzemní vody v kolektoru B mají protipovodňové úpravy projektované v místech absence izolátoru jizerského souvrství (úseky SSO_02, SSO_03, SSO_5, SSO_06, viz. Tab. 3; též příloha 4.3). Vliv těchto změn je třeba vnímat vícerozměrně a individuálně pro jednotlivé úseky, zvažovat je potřeba i málo četnou situaci povodní:

- Oblast úseků SSO_2 a SSO_03 (na dolní kře) je při odběrech 25 l.s^{-1} bilančně pozitivní – dle modelu zde trvale dochází k drenáži do říční sítě (zejména Dědiny) o velikosti cca 30 l.s^{-1} . Generelně se tak vyskytuje vzestupné proudění z kolektoru B do nadložních nivních sedimentů drénovaných Dědinou a nenastávají podmínky pro proudění z připovrchové vrstvy do kolektoru B. Navržené nové trasování koryta Dědiny s meandry zkracuje současnou vzdálenost toku a odběrného vrtu V1b z 210 na 160 m (Obr. 10). Jímací vrt Lt01a a Lt02 zůstávají vzhledem k zachování stávajících linií koryt v protipovodňových úpravách dle ŠINDLAR 2010 ve shodné vzdálenosti od toku Dědiny (170 a 960 m).

Potenciální riziko v oblasti úprav SSO_02 a SSO_3 by mohlo vzniknout pouze v případě podstatného zvětšení odběrů na dolní kře. Pak by mohly v oblasti vrtů V1b a Lt01a vzniknout podmínky pro vcezu vody z Dědiny do horninového prostředí a k přítoku povodňové (kvalitou nežádoucí) vody do vrtů. Potenciální riziko tak má povahu zhoršení kvality vody v jímacích vrtech.

Je ovšem potřeba vidět, že v oblasti střední kry je podzemní voda z vrtů Lt1 a Lt6 jímána z menší vzdálenosti od toku Dědiny. Současně je třeba vidět, že historicky za čtyřicetileté období provozování vodního zdroje nedošlo k odstavení vodního zdroje Litá při žádné z dosavadních povodní, ani té z července roku 1998 – přitom k vcezu povrchové vody do horninového prostředí na střední kře v oblasti meandru Zbytka v suchých částech roku nadále běžně dochází (při maximálních odběrech na úrovni téměř 200 l.s^{-1} / období 1988 - 1994/ k vcezu docházelo prakticky celoročně včetně jarních období zvýšených stavů toku). Připravované finální protipovodňové úpravy na Dědině navíc směřují k podstatnému snížení kulminačních průtoků Dědiny a k eliminaci ničivých povodňových stavů. Ve vztahu k vrtu V1b by dalším zmírňujícím opatřením vlivu finálních protipovodňových úprav mohla být další optimalizace trasy koryta Dědiny tak aby vzdálenost toku a vrtu nebyla pokud možno zkracována.



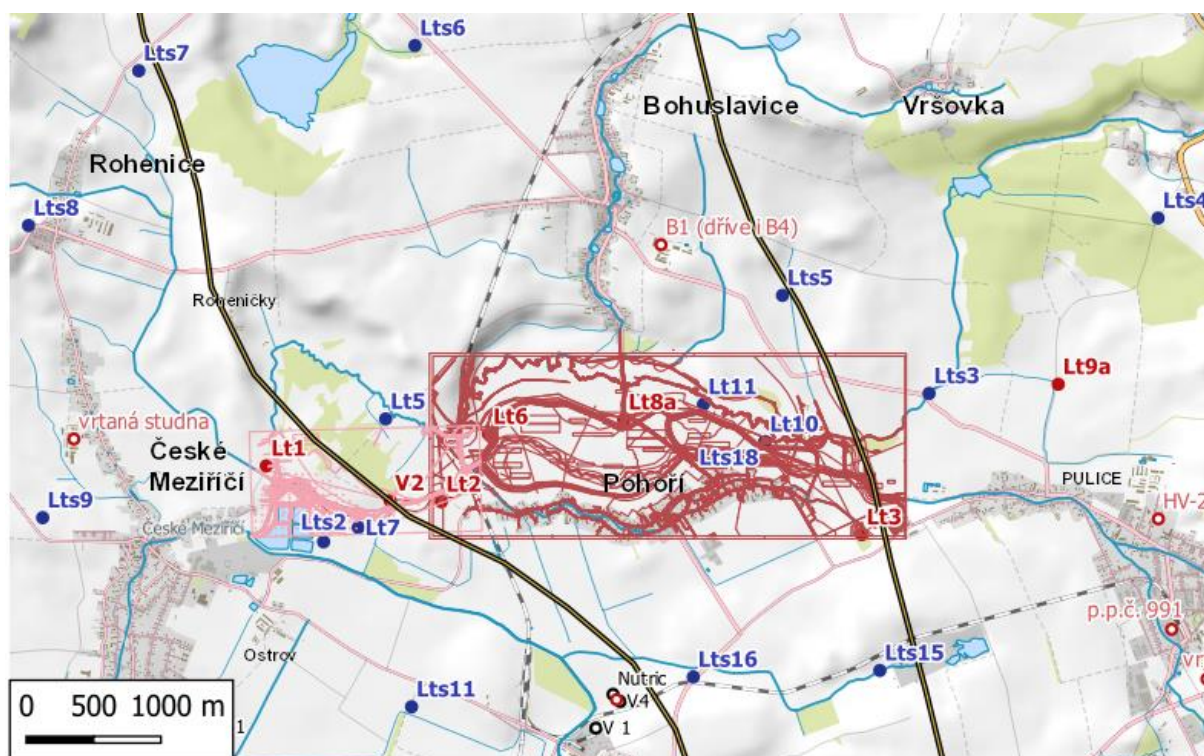
Obr. 10 Situace protipovodňových úprav SSO_02 a SSO_03

- Jako regionálně pozitivní lze vyhodnotit zvýšení nivelety dna a hladin říční sítě v soutokové oblasti Dědiny a Lité (úsek SSO_05). Realizace tohoto opatření je ve společném zájmu VaK i ochrany přírody – opatření způsobí trvalý vzestup hladiny podzemní vody v širší oblasti PR Zbytka (příloha 4.3).

Potenciální riziko vyprojektovaných úprav spočívá v tom, že zde jsou vzhledem k absenci izolátoru jizerského souvrství hydrogeologické podmínky pro vcezení povrchové vody do horninového prostředí tvořícího kolektor B. V obdobích nevhodné kvality vody v toku (povodně) tak vznikají rizika ve smyslu zhoršení kvality jímáné podzemní vody.

K problematice vyhodnocení a posouzení míry rizika ale platí již výše jmenované argumenty opřené o čtyřicetiletou řadu provozování vodního zdroje Litá. I v novém korytě se postupně vytvoří kolmatační vrstva. Navíc v rizikovém úseku revitalizované Lité (orientačně mezi vrty Lt7 – Lt6; Obr. 11) je možné zajistit minimální propustnost koryta vhodným technickým řešením. Revitalizovaná Litá by neměla sloužit převodu povodňových průtoků, což lze docílit opatřeními na vtokovém objektu a obecně další optimalizací existujících úprav projektu ŠINDLAR, 2010.

Při eliminaci poldrů, při vhodné úpravě propustnosti Lité v kritickém úseku Lt7 – Lt6 a při absenci (přemístění) umělé tůně napojené na Litou v území oslabené mocnosti izolátoru jizerského souvrství by finální připravovaná přírodně blízká protipovodňová opatření neměla zvýšit aktuálně existující rizika odběrů podzemní vody ze střední kry.



Obr. 11 Situace protipovodňových úprav SSO_05 a SSO_06

Ostatní navrhovaná opatření (SS_01, SSO_04, SSO_07, SSO_08, SSO_09) lze z hydrogeologického hlediska považovat za víceméně neutrální vzhledem k nevýznamným změnám úrovně hladiny podzemní vody pouze v přípovrchové vrstvě.

6 Hydrogeologické posouzení zoptimalizovaných PBPO

7 Závěry

Seznam citací

DOHERTY J. (2016): Model-Independent Parameter Estimation. User Manual Part I, 6th Edition, Watermark Numerical Computing