



Svobodné a hansovní město Hamburg

SedBiLa

**Význam Bíliny jako historického a současného zdroje
znečištění pro nakládání se sedimenty v povodí Labe**

2/UPS-1/547.30



Povodí Labe, státní podnik



Význam Bíliny jako historického a současného zdroje znečištění pro nakládání se sedimenty v povodí Labe - SedBiLa

Smlouva č. 2/UPS-1/547.30

Řešitelé:

Povodí Labe, státní podnik

V. Nejedlého 951, 500 03, Hradec Králové

Ing. Jiří Medek, Mgr. Pavel Hájek, Ph.D., Ing. Stanislav Král, Ing. Jiří Skořepa

Spoluřešitelé:

1. Povodí Ohře, státní podnik

Bezručova 4219, 430 03, Chomutov

Ing. Jindřich Hönig, Mgr. Jiří Kokšal, Bc. Miroslav Neuhöfer, Ing. Jan Bednárek

2. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta

Albertov 6, 128 34, Praha

Prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc., Doc. RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D., RNDr. Dagmar Chalupová, Ph.D.

3. DHI a.s.

Na Vrších 1490/5, 100 00, Praha

Ing. Petr Jiřinec, Ing. Eva Ingeduldová, Mgr. Jana Kaiglová

Obsah

	Str.
I. Úvod	5
II. Charakteristika zájmového povodí	7
a. Dolní Labe	7
b. Bílina	8
III. Rešerše realizovaných výzkumných studií a dostupné literatury	10
a. Cíle	10
b. Současný stav poznání v oblasti kontaminace a managementu plavenin a sedimentů Labe	10
b.1 Plaveniny a splaveniny	10
b.2 Monitoring plavenin a sedimentů	11
b.3 Kontaminace sedimentů a plavenin Labe	12
b.4 Metody výzkumu transportu a kontaminace plavenin	13
c. Výzkum v zájmových povodích	15
c.1 Povodí Bíliny	15
c.2 Tok a povodí Labe	18
d. Závěry rešerše – východiska pro další výzkum	21
IV. Kvalita sedimentů	23
a. Metodika	23
a.1 Vzorkovací plány	23
a.2 Vzorkování	23
a.3 Laboratorní rozbor	24
b. Výsledky měření	24
c. Hodnocení	24
d. Vliv povodně v červnu 2013	30
V. Kvantita sedimentů	32
a. Metodika	32
b. Výsledky odhadu	32
VI. Posouzení remobilizace sedimentů	33
a. Modelování transportu sedimentů	33
a.1 Data o sedimentech	33
b. Simulace pohybu sedimentů ve sledovaných lokalitách Dolního Labe	34
b.1 2D hydrodynamický model	34
b.2 2D model pohybu sedimentů	34
b.3 Sestavení vrstev pro simulaci sedimentů	35
b.4 Kalibrace modelu	35
b.5 Simulace pohybu sedimentů	35
b.6 Výsledky 2D simulací	36
c. Simulace pohybu sedimentů ve sledovaných lokalitách Bíliny	36
c.1 Sestavení hydrodynamického modelu Bíliny a jeho kalibrace	36
c.2 Neustálený výpočet na základě syntetických hydrogramů	37
c.3 Stanovení průtokových podmínek remobilizace jemnozrnných sedimentů	38
d. Hodnocení	39
VII. Posouzení významnosti rizika lokalit	42
VIII. Návrhy opatření	45
IX. Shrnutí – závěry	46

XI. Přílohy

- a. Pasporty lokalit – popis, mapa, foto
- b. Tabulky
 - IV.a.1/1 Vzorkovací plán Labe
 - IV.a.1/2 Vzorkovací plán Bílina
 - IV.a.3/1 Přehled analytických metod – Povodí Labe, státní podnik
 - IV.a.3/2 Přehled analytických metod – Povodí Ohře, státní podnik
 - IV.b/1 Znečišťující látky relevantní pro Labe – Labe 07/2013
 - IV.b/2 Znečišťující látky relevantní pro Labe – Labe 08/2012 a 05/2013
 - IV.b/3 Znečišťující látky relevantní pro Labe – Bílina
 - IV.b/4 Další analyzované látky – Labe
 - IV.b/5 Další analyzované látky – Bílina
 - IV.d/1 Znečišťující látky relevantní pro Labe – časový vývoj 08/12-07/13
 - IV.d/2 Znečišťující látky relevantní pro Labe – čerstvé sedimenty 07/2013
 - V.b/1 Odhad množství sedimentů – Labe
 - V.b/2 Odhad množství sedimentů – Bílina
 - VI.d/1 Posouzení remobilizace sedimentů - Labe
 - VI.d/2 Posouzení remobilizace sedimentů - Bílina
 - VII/1 Posouzení významnosti rizika lokalit – Labe
 - VII/2 Posouzení významnosti rizika lokalit - Bílina
- c. Stanoviska MŽP a ČIŽP

I. Úvod

Povodí řeky Bíliny zejména ve své dolní části zahrnuje oblast, která byla v minulosti velmi ovlivněna lidskou činností (těžba a zpracování hnědého uhlí, chemický průmysl, energetika, rozsáhlé změny charakteru krajiny a terénní úpravy, skládky průmyslového a komunálního odpadu, rozvoj lidských sídel apod.). Problematice ochrany životního prostředí včetně ochrany hydrosféry však nebyla v minulých dobách věnována odpovídající pozornost, takže povodí Bíliny patřilo koncem 80. let 20. století z hlediska životního prostředí k nejvíce zatíženým oblastem v České republice s celou řadou negativních dopadů jak na kvalitu ovzduší, tak na kvalitu hydrosféry. Znečištění řeky Bíliny bylo velmi vysoké, což se negativně projevovalo nejen v kvalitě říční vody, ale i v kvalitě sedimentů. Alarmující byly nejen hodnoty základních chemických ukazatelů (nerozpuštěné a rozpuštěné látky, ukazatele oxidovatelnosti, kyslíkové deficity), ale typické byly i zvýšené nálezy organických chlorovaných polutantů (např. DDT, HCB, PCB), fenolických látek či zvýšené obsahy některých kovů (např. rtuti). Zdrojem této kontaminace byl především chemický průmysl v Záluží u Litvínova a v Ústí nad Labem, těžba hnědého uhlí a plynárenství. Svůj negativní podíl měly i nečištěné průmyslové a komunální odpadní vody a nedostatečně zabezpečené skládky odpadů. V řece Bílině docházelo k usazování sedimentů, jejichž kvalita byla negativně ovlivněna kvalitou vody a které se stávaly potenciálním rizikem pro budoucnost.

Znečištění řeky Bíliny a jejích sedimentů představovalo problém i pro řeku Labe, kam říční voda včetně kontaminovaných plavenin odtékala a kam byly epizodně posunovány i říční sedimenty. Znečištění řeky Bíliny negativně ovlivňovalo celý úsek českého Labe mezi Ústím nad Labem a česko-německou státní hranicí. K usazování sedimentů v tomto úseku dochází v omezené míře v protékaném korytě řeky, významnější objemy sedimentů se nacházejí v břehové zóně a v okolí koncentračních hrázek. Uložení těchto sedimentů je za normálních hydrologických podmínek relativně stabilní, riziko odnosu těchto sedimentů však hrozí epizodně při velkých průtocích, např. za situace přelítí koncentračních hrázek.

Problematika říčních sedimentů včetně modelování jejich usazování, resp. odnosů a dalších kvantitativních charakteristik byla řešena v rámci přípravných prací a studií na splavnění tohoto úseku Labe, resp. na výstavbu plavebního stupně Malé Březno, resp. Prostřední Žleb. Hlavní pozornost byla však věnována sedimentům v korytě řeky, resp. v plavební dráze, ostatní aspekty včetně koncentračních hrázek byly řešeny pouze okrajově či nebyly řešeny vůbec. Rovněž otázce kontaminace těchto sedimentů nebyla věnována patřičná pozornost.

V zájmové oblasti je několik profilů, na kterých probíhal a probíhá pravidelný monitoring jakosti vody, zejm. monitoring povrchových vod prováděný správci povodí. Monitoring sedimentů, resp. pevných matric byl a je omezen pouze na některé profily, např. na profil u měřicí stanice Labe – Děčín, který je zařazen do mezinárodního programu měření Labe (Mezinárodní komise pro ochranu Labe) nebo na profil Labe – Střekov, který charakterizuje situaci nad zaústěním řeky Bíliny do Labe. Systematický monitoring sedimentů v dolní části povodí Bíliny nebyl prováděn.

V roce 2010 byly německou stranou pozorovány epizodní zvýšené výskyty DDT v hraničním profilu Labe – Hřensko-Schmilka, které byly potvrzeny českou stranou. Tyto nálezy svědčily o tom, že na české straně se stále vyskytuje potenciální zdroj kontaminace, z něhož může docházet k epizodnímu uvolňování některých znečišťujících látek, což negativně ovlivňuje kvalitu sedimentů, resp. hydrosféry níže po toku. Této skutečnosti je věnována zvýšená pozornost a je předmětem trvalého zájmu odborné i laické veřejnosti, německých partnerů zapojených do činnosti MKOL i nevládních organizací. V této souvislosti bylo provedeno v roce 2011 šetření Českou inspekcí životního prostředí za účasti Povodí Ohře, státního podniku. Závěry potvrdily, že možným zdrojem kontaminace je oblast soutoku Bíliny a Klíšského potoka v katastru Ústí nad Labem. Současně se jeví jako velmi pravděpodobné, že vedle omezeného množství kontaminovaných sedimentů v povodí řeky Bíliny je nutné hledat další lokality s kontaminovanými sedimenty na Labi v úseku od Ústí nad Labem po státní hranici.

Výše uvedené skutečnosti vedly k návrhu projektu na vypracování studie “Význam Bíliny jako historického a současného zdroje znečištění pro nakládání se sedimenty v povodí Labe”. Hlavním cílem bylo odstranit informační deficity týkající se zejména:

- vymezení lokalit s uloženými sedimenty v dolním povodí řeky Bíliny a v úseku řeky Labe mezi Ústím nad Labem a státní hranicí
- odhadu množství uložených sedimentů v jednotlivých lokalitách
- stanovení míry kontaminace těchto sedimentů znečišťujícími látkami, zejména látkami typu DDT a HCB, jejichž potenciální historický zdroj byl v povodí Bíliny prokázán, a dále dalšími látkami ze seznamu relevantních znečišťujících látek pro nakládání se sedimenty, který schválila ad hoc skupina expertů Management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe,
- posouzení rizika remobilizace sedimentů v jednotlivých lokalitách matematickými modely na základě zrnitostních dat
- zhodnocení rizika jednotlivých lokalit s uloženými sedimenty pro níže položené oblasti na toku Labe ve vazbě na možné uvolňování sedimentů a jejich následný transport ve vazbě na hydrologické poměry.

Znalost kontaminovaných lokalit včetně ohodnocení rizika možné remobilizace sedimentů je jedním z předpokladů pro fundované rozhodnutí o následném postupu včetně případných sanačních prací, jejichž cílem by mělo být významné omezení výskytu a transportu vybraných škodlivých látek v Labi.

II. Charakteristika zájmového povodí

a. Dolní Labe

Řeka Labe pramení ve vrcholových partiích Krkonoš v nadmořské výšce 1387 metrů a spolu se svými přítoky (Úpa, Metuje, Orlice) odvodňuje celou oblast severovýchodních Čech. Podhorskou krajinou a následně Polabskou nížinou protéká nejprve k jihu, od soutoku s dalšími přítoky (Loučná, Chrudimka) k západu až k severozápadu, kde má další významné přítoky (Vrchlice, Cidlina, Jizera). Od soutoku s Vltavou u Mělníka a s Ohří u Litoměřic teče severním směrem a prochází hornatou krajinou Českého středohoří a Labských pískovců, kde překračuje česko-německou hranici.

Povodí českého Labe má rozlohu 49 933 km² a délka toku na českém území je 358,3 km a průměrný průtok v profilu státní hranice je cca 310 m³/s. Původní přírodě blízký charakter má tok Labe pouze ve své horní části, kde se nachází i dvojice přehrad (Labská, Les Království). Úsek Labe od Jaroměře až po jez Střekov v Ústí nad Labem je regulovaný systémem 28 jezových zdrží a úseku pod Chvaleticemi je využíván i pro lodní dopravu. Úsek dolního Labe mezi jezem Střekov a státní hranicí si zachoval přírodě blízký charakter, a to i v úsecích, kde protéká silně industrializovanou krajinou v aglomeraci Ústí nad Labem a v okolí Děčína. Pro tento úsek je charakteristické velké kolísání vodní hladiny během roku, ke zlepšení plavebních podmínek byly vybudovány koncentrační hráze a výhonová pole.

Kvalita vody v Labi je ovlivněna většími městskými aglomeracemi (Hradec Králové, Pardubice, Kolín, Mělník, Litoměřice-Lovosice, Ústí nad Labem Děčín), rozvinutým průmyslem i intenzivním zemědělstvím. Z průmyslu má největší dopad na řeku Labe chemický průmysl (Pardubice, Kolín, Neratovice, Štětí, Lovosice, Ústí n.L.), energetika (Opatovice n.L., Chvaletice, Mělník) a kovohutnictví (Povrly, Děčín). V kvalitě labské vody se odráží i kvalita vody v přítocích, kdy např. Vltava odvodňující většinu rozlohy Čech včetně hlavního města Prahy má na soutoku s Labem větší průtok než Labe samotné. V minulosti byla řeka Labe značně zatížená vypouštěným komunálním i průmyslovým znečištěním (organické látky, živiny, specifické organické látky,...), což se negativně projevovalo v kvalitě vody a sedimentů. V období od roku 1990 do roku 2000 se stav jakosti vody Labe podstatně zlepšil. Přispěla k tomu postupná výstavba či modernizace čistíren odpadních vod pro všechny rozhodující zdroje znečištění na Labi i na přítocích, zejména v městských a průmyslových aglomeracích Hradec Králové, Pardubice, Kolín, Ústí nad Labem a Děčín. V současné době jsou dokončeny rozsáhlé rekonstrukce všech významných čistíren odpadních vod v povodí, jejichž cílem bylo zvýšení účinnosti čištění včetně odstraňování nutrientů, zvýšení kapacity čistíren a zvýšení provozní spolehlivosti.

Kvalita vody v Labi je v posledních letech klasifikována dle ČSN 75 7221 nejčastěji ve II. a III. třídě jakosti, přičemž úroveň znečištění postupně stoupá od Vrchlabí po Pardubice a dále převažuje setrvalý stav. Rozhodujícím zdrojem znečištění v horním a středním úseku Labe je městská a průmyslová aglomerace Pardubice s rozvinutým chemickým průmyslem. Výstavbou čistíren odpadních vod bylo dosaženo snížení zatížení Labe organickými látkami i živinami pod úroveň norem environmentální kvality dle nařízení vlády č.61/2003 Sb.,

což platí zejména pro ukazatele BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, $N-NO_3$, $N-NH_4$ a P celkový. Normy environmentální kvality jsou pro některé lokality překročeny pouze pro ukazatele fekální koliformní bakterie a adsorbovatelný organický halogen (AOX). Pro ukazatel AOX je v úseku od Pardubic až po státní hranici jakost vody ve IV. až V. třídě jakosti. Zatížení Labe těžkými kovy není na horním a středním úseku příliš významné, měřené koncentrace jsou srovnatelné s přirozeným pozadím. Ze sledovaných a hodnocených ukazatelů se jako kritický ve vztahu k normám environmentální kvality jeví ukazatel EDTA. Zajímavý je obsah některých specifických organických látek, které však nejsou podle platné legislativy hodnoceny, zejména vybraných pesticidů a jejich metabolitů, farmak apod.

Jakost vody v Labi na dolním úseku od soutoku s Vltavou po česko-německou státní hranici je obdobná, tj. dosahuje zpravidla II. a III. třídy jakosti pro většinu hodnocených ukazatelů. Normy environmentální kvality nejsou rovněž pro většinu ukazatelů překračovány. Zhoršení stavu je pouze lokální, např. dosažení IV. třídy jakosti v profilu Nučnice, překročení normy environmentální kvality pro $CHSK_{Cr}$ v profilu Štětí, pro nerozpuštěné látky v 5 profilech a pro ukazatel AOX a pro fekální koliformní bakterie ve 3 profilech. Lokálně se rovněž projevuje nárůst znečištění těžkými kovy (např. zinkem) či specifickými organickými látkami (např. naftalen) pod soutokem s Vltavou a pod průmyslovými aglomeracemi (Neratovice, Lovosice, Ústí nad Labem).

Výsledky pravidelného monitoringu sedimentů vypovídají o plošném zatížení v ukazatelích AOX, TOC, celkový fosfor, kovy a metaloidy, přičemž různá míra zatížení souvisí jak s antropogenními vlivy z městských a průmyslových aglomerací, tak s geogenním pozadím, které se projevuje zejména v horním toku Labe a na jeho přítocích. V případě organických polutantů, které jsou většinou antropogenního původu, jsou jejich obsahy velmi rozkolísané a významně se liší v prostoru i čase. Často je patrná souvislost s průmyslovými zdroji znečištění či starými zátěžemi, např. zvýšené obsahy chlorovaných benzenů pod Pardubicemi. Na většině lokalit je dlouhodobě významně zvýšený obsah polycyklických aromatických uhlovodíků. V minulosti významné obsahy polychlorovaných bifenylů a organochlorovaných látek se v posledních letech snižují, přesto na řadě lokalit tyto látky stále představují velké riziko. To je případ dolního Labe pod Ústím nad Labem, kde se v měřicím profilu objevují zvýšené nálezy DDT a jeho metabolitů a HCB. Hodnocení jakosti sedimentů na Labi je u řady látek vhodným nástrojem pro posouzení trendů vývoje znečištění, neboť obsahy škodlivých látek jsou dobře měřitelné a nepodléhají tak velkým výkyvům jako u vzorků vody.

b. Bílina

Řeka Bílina pramení na svazích Krušných hor, severně od Chomutova v nadmořské výšce 785 m. Protéká Mosteckou pánví mezi Českým středohořím a Krušnými horami směrem na severovýchod a ústí zleva do Labe na jeho 71. říčním kilometru v Ústí nad Labem.

Povodí Bíliny má rozlohu 1071 km² a délka toku je 81,4 km. Charakter Bíliny do značné míry ovlivňuje prostředí, kterým protéká. Původní charakter toků na Mostecku se vlivem těžební činnosti značně změnil. Pro uvolnění a zabezpečení lomových prostorů bylo třeba toky přeložit a regulovat. V povodí Bíliny je vybudována řada koridorů a přeložek potoků,

mezi které patří např. Ervěnický koridor (zatrubnění a převedení Bíliny pod nádrží Újezd), Mostecký koridor (přeložka kolem lomu Ležáky), přeložka Šramnického a Černického potoka (odvod přítoků mimo důl ČSA, ústí do Loupnice). Zvýšená koncentrace průmyslu v regionu si vyžádala vybudování průmyslových přivaděčů vody, kterými jsou Podkrušnohorský přivaděč a Průmyslový vodovod Nechanice.

Horní tok řeky Bíliny je vodárensky využíván, je zde vodní dílo Jirkov, které je součástí soustavy zásobující oblast severočeské hnědouhelné pánve pitnou vodou.

Kvalita vody v Bílině a jejích přítocích je do značné míry ovlivněna vysokou koncentrací průmyslu a energetické výroby, důlní činností a vysokým osídlením oblasti. Není tedy žádným překvapením, že je Bílina nejvíce znečištěnou řekou na území České republiky.

Od počátku devadesátých let dochází k různým nápravným opatřením. Jsou například rekonstruovány (intenzifikovány) nevyhovující čistírny odpadních vod, pro obce s více než 2000 EO jsou budovány nové ČOV a probíhá dostavba kanalizačních přivaděčů. Průmyslové podniky začínají používat BAT. V souvislosti s útlumem těžby hnědého uhlí je v povodí Bíliny stále více ploch rekultivováno. Vznikají tak nejen nové zemědělské a lesnické využívané plochy, ale také rozsáhlé vodní plochy, určené zejména k rekreačním a sportovním účelům.

I přes určité dílčí zlepšení kvality vody v Bílině v posledních letech, nelze považovat tento stav za vyhovující.

Kvalita vody v řece Bílině je v posledních letech klasifikována dle ČSN 75 7221 nejčastěji mezi III. až V. třídou jakosti. Vysoké hodnoty jsou analyzovány zejména u následujících ukazatelů – konduktivita, rozpuštěné látky, CHSK_{Mn} , CHSK_{Cr} nerozpuštěné látky, rozpuštěný kyslík, BSK_5 , TOC, AOX, amoniakální dusík, sírany, Fe, As a mikrobiologické ukazatele. Na horním toku Bíliny nad vodárenskou nádrží Jirkov však Bílina spadá do I. maximálně II. třídy jakosti. Naopak v Ústí nad Labem na soutoku s Labem Bílina reprezentuje v drtivé většině ukazatelů V. třídu jakosti povrchových vod.

Kontaminované sedimenty na středním a dolním toku Bíliny jsou pozůstatkem průmyslové výroby 20. století. Znečištění, které obsahují je v sedimentu fixováno, a za běžných průtoků se do povrchové vody neuvolňuje. Během zvýšených či dokonce povodňových průtoků dochází k remobilizaci sedimentů a jejich ukládání níže po toku.

III. Rešerše realizovaných výzkumných studií a dostupné literatury

a. Cíle

Výzkumný projekt je zaměřen na znečištění sedimentů a plaveninový režim v povodí Bíliny od jezu Jiřetín a Labe od Střekova po státní hranici.

Cílem provedené rešerše bylo shrnout dostupné poznatky o současném stavu poznání v dané oblasti, realizovaných výzkumech v povodí Labe a povodí Bíliny a přehled výzkumných prací, realizovaných klíčovými partnerskými institucemi, řešícími projekt SedBiLa, kterými jsou Univerzita Karlova v Praze, podnik Povodí Labe, s.p. a podnik Povodí Ohře, s.p.

Rešerše se zaměřila na realizované projekty badatelského a aplikovaného výzkumu a veřejně dostupné informace o výsledcích jejich řešení. Primárními zdroji dat byly práce, publikované ve vědeckých a odborných časopisech – jak mezinárodních, tak národních. Významnými zdroji informací byly dále dostupné zprávy o výsledcích realizace výzkumných projektů v povodí Bíliny a Labe. V neposlední řadě rešerše vycházela z publikovaných příspěvků a sdělení z odborných konferencí, zaměřených na problematiku kontaminace a managementu sedimentů, kde rozhodující místo mají zejména příspěvky z Magdeburských seminářů o ochraně vod v povodí Labe a seminářů pořádaných MKOL.

b. Současný stav poznání v oblasti kontaminace a managementu plavenin a sedimentů Labe

b.1 Plaveniny a splaveniny

Ve vodních tocích jsou splaveniny transportovány ve vztahu k velikosti částic, rychlosti proudění a drsnosti koryta (Hjulström, Shields diagram). Hrubozrnější dnové splaveniny (*bed load*) mají původ zejména v samotné říční korytové erozi. Jemně zrnitá složka (horní hranice v intervalu 0,1 až 7 mm), nazývaná plaveniny, je nesena ve formě suspenze (*suspended load*). Je transportována na větší vzdálenosti a je spojena především s půdní erozí zemědělsky obhospodařovaných ploch a lokálně také s průmyslovou a těžební činností. V našich podmínkách převažuje transport plavenin v suspenzi.

Plaveniny jsou transportovány z časového i prostorového hlediska velmi nerovnoměrně. K největšímu transportu plavenin ve vodních tocích dochází při povodňových událostech. Buzek (2000) zjistil, že ve třech dnech katastrofální povodně v červenci 1997 oteklo až 51% množství plavenin za celé pozorovací období (23 let). Při průtocích Q_{30} a vyšších, v závislosti na land use povodí, odtéká v průměru 60 - 80 % ročního množství plavenin. Základním sledovaným a hodnoceným kvantitativním parametrem je údaj o průměrné denní koncentraci plavenin c (mg l^{-1}). Na základě tohoto údaje a údaje o průtoku vody je počítán průtok plavenin Q_{pl} (kg s^{-1}), odtok plavenin G_{pl} (t) a specifický odtok plavenin (t km^{-2}). Nejvyšší průměrné roční hodnoty specifického odtoku plavenin jsou zaznamenávány v povodí Odry a Moravy (50 - 100 i více t km^{-2} při průměrném c vyšším než 100 mg l^{-1}), nejnižší v pánevních rovinatých oblastech jižních a západních Čech (5 - 7 t km^{-2}).

při průměrném c do 40 mg l^{-1} - Kliment, 1996). Vztah plavenin k rozdílné dispozici území pro vodní erozi půdy potvrdily studie z modelových povodí Blšanky, Loučky, Olšavy, Lužické Nisy a Mladotického potoka (Kliment, 2003; Kliment, 2005; Kliment et al., 2007; Janský et al., 2010). Rozdíl se projevil jak ve velikosti a frekvenci dosahovaných hodnot obsahů plavenin (max. až více jak 10 g l^{-1}), tak v celkovém transportovaném množství plavenin. Nejvyšší průměrné koncentrace plavenin jsou dosahovány v měsících květnu až červenci, druhé období vyšší koncentrace plavenin pozorujeme v únoru až březnu. Obě maxima se projevují v ročním průměrném průtoku plavenin, přičemž v letním období se setkáváme s vysokými hodnotami obsahu plavenin při relativně nevelkých průtocích vody v návaznosti na vyšší intenzitu erozních procesů (Kliment et al., 2007). Jarní (zimní) maxima jsou obvykle spojena s táním sněhu a výrazněji se projevují v oblastech s průměrně vyšší vodní hodnotou sněhové pokrývky (Toman, Smolíková). Celosvětové srovnání oblastí z hlediska transportovaného množství plavenin přináší například Milliman, Meade, 1983; Summerfield, 1991, aj.

Koncentrace plavenin, podobně i celkové transportované množství plavenin, obvykle rostou se zvětšujícím se průtokem vody. Vztah mezi koncentrací plavenin ve vodě a průtokem vody je ovlivněn řadou skutečností. V povodích, kde je zdrojem plavenin výrazný bodový zdroj znečištění, se projevuje spíše inverzní vztah mezi oběma sledovanými veličinami (Kliment, Neumannová 1994). Pro vyjádření vztahu mezi průtokem vody a odtokem plavenin jsou používány různé typy matematických závislostí. Hledání přímého vztahu mezi hodnotami obsahu plavenin a průtoku vody je obtížné a je nutné ho provádět s ohledem na typ příčinné meteorologické situace (zohlednění sezóny, charakteru dešťových srážek, tání sněhu, rozdílu v koncentraci plavenin ve vzestupné a sestupné fázi průtokové vlny apod.). Pro dosažení lepších, celkově však nepříliš vysokých výsledků regrese se osvědčilo, zejména pro letní události, zanesení položky ΔQ , vyjadřující nárůst průtoku (Kliment, 2005; Kliment et al., 2007). Uspokojivější výsledky přináší sledování vztahu mezi průtokem plavenin a průtokem vody (Petrůvová et al., 1998; Kliment et al., 2007).

Sledování transportu plavenin je součástí hydrologického monitoringu.

b.2 Monitoring plavenin a sedimentů

Z hlediska sledování kvality vody v řece Labi na české straně byl systematický monitoring v rámci Státní pozorovací sítě provozované Českým hydrometeorologickým ústavem zahájen v roce 1963. Se změnou politické situace v roce 1989 a založením Mezinárodní komise pro ochranu Labe v roce (MKOL) 1991 byly přístupy obohaceny o zahraniční zkušenosti a ochrana Labe tak mohla být řešena komplexně v rámci celého povodí. Vzniká též národní Projekt Labe (Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M), jehož hlavním cílem bylo radikální zlepšení kvality vody v řece, jejíž znečištění bylo koncem 80. let již neúnosné. Významným podílem byly do výzkumu českého Labe zapojeny podniky Povodí Labe, s.p.; Povodí Ohře, s.p., ČHMÚ a další instituce. Ačkoliv byl systematický monitoring sedimentů a plavenin zahájen až v 90. letech, budou v následujícím textu v kapitole Výzkum Labe zmíněny nejvýznamnější práce související s řešeným projektem jak tematicky, tak lokálně.

Monitoring plavenin v České republice systematicky provádí od roku 1984 Český hydrometeorologický ústav. Do té doby byly odběry prováděny pouze účelově, např. na Labi v Děčíně 1928-34, na Odře ve Svinově (Hošek, Sochorec 1977-79?), v povodích jižní Moravy (Stehlík 1968-1970?). Sledování režimu plavenin ČHMÚ bylo zahájeno na 51 profilech, tj. asi na 8 % vodoměrných stanic. Od r. 1999 bylo sledování plavenin na 44 profilech rozšířeno o kvalitativní parametry v rámci sítě komplexního monitoringu jakosti vod v tocích, které vedle sledování jakosti vod zahrnuje i stanovení obsahu těžkých kovů, metaloidů a organických látek v plaveninách a sedimentech. Obsah plavenin se stanovuje v laboratoři podle ČSN EN 872 (75 7349) na základě odebraných vzorků. Odběr se provádí v proudnici toku buď ručním vzorkovačem (polyetylenová láhev o obsahu 1 l s odvzdušňovací trubicí) nebo stále častěji se využívá různých typů automatických vzorkovačů (ISCO, SIGMA aj.), které umožňují naprogramovat flexibilní režim v závislosti na zadaných podmínkách (vodní stav, kalnost, srážky).

Monitoring kontaminace sedimentů se stal od roku 1999 standardní součástí monitoringu jakosti povrchových vod v rámci sítě komplexního monitoringu ČHMÚ i v rámci monitoringu zajišťovaného správcem povodí (Povodí Labe, státní podnik). To platí i v současnosti, kdy vedle monitoringu povrchových vod (provozní, situační) plně zajišťovanému státními podniky Povodí pokračují monitorovací aktivity ČHMÚ. Stejně tak je nedílnou součástí Mezinárodního programu měření Labe (MKOL) sledování jakosti sedimentovatelných plavenin, které se odebírají v měřích stanicích na vybraných profilech mezinárodního povodí Labe.

b.3 Kontaminace sedimentů a plavenin Labe

Kontaminace sedimentů a plavenin bylo věnováno značné množství výzkumných prací na německé straně. Výzkumu znečištěných sedimentů se věnoval v řadě svých prací např. Förstner (1989, 2004), mobilitou stopových prvků se již v 80. letech zabývali např. Allard, Hakansson a Karlson (1986). Vzorkováním těchto maticí se z hlediska koncentrací polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů na dolním Labi v oblasti Hamburku zabývali již v 90. letech Götz a kol. (Götz, R.; Friesel, P.; Roch, K.; Pöpke, O.; Ball, M.; Lis, A. (1993); Götz, Enge, Friesel, Roch, Kjeller, Rappe, (1994)). Výzkum těchto látek v sedimentu Labe na německé straně byl studován dále např. Schrammer, Henklemannem a Kettrupem (1995). Götz a kol. (2007) provedli rovněž podrobný výzkum obsahu organických polutantů v datovaných profilech sedimentu a půd z labské nivy v oblasti Hamburku. Chlorované organické perzistentní látky byly rovněž zkoumány v profilech sedimentů labské nivy u Wittenberge (Kiersch, Jandl, Meissner, Leinweber, 2010). V 90. letech se Götz, Bauer, Friesel a Roch (1998) zabývali v oblasti Hamburku i obsahem organických látek v labské vodě. Koncentrace polychlorovaných naftalenů a dalších dioxinových sloučenin zkoumali v labských sedimentech na německé straně Brack a kol. (2008). Kvantitativní analýzou organických látek se v labských sedimentech zabýval ve své dizertační práci Schwarzbauer (1997).

Obsah rtuti a jejích methylovaných sloučenin v sedimentech německého Labe v oblasti Hamburku sledovali Hintelmann a Wilken (Hintelmann, Wilken, 1998; Wilken, Hintelmann,

1991). Srovnáním transportu těžkých kovů v Labi a Rýnu provedli Vink a Behrend (2002). Mobilitu stopových prvků v sedimentech a plaveninách ve své dizertační práci zkoumali Wallmann (1990) a Hong (1995), znečištěním sedimentů dolního toku Labe těžkými kovy se zabýval Hinze (1982). Vývoj obsahu kovů v sedimentech slapového Labe zkoumali Stachel a Lüscho (1996).

Řada prací zaměřených na výzkum znečišťujících látek v říčních sedimentech německého Labe a jeho přítoků byla shrnuta v publikaci vydané k workshopu pořádaného na půdě UFZ Leipzig-Halle (Friese, Kirschner, Witter, 1999).

Vliv povodně 2002 popisuje např. Geller et al. (2004), Böhme et al. (2005), hodnocení z hlediska transportu plavenin a škodlivin na ně vázaných uvádí publikace MKOL (2004). Vertikální profil sedimentu a změny koncentrací kovů v něm v souvislosti s povodní 2002 byl v oblasti středního Labe na německé straně zkoumán Baborowskou a kolektivem (Baborowski, Büttner, Morgenstern, Jancke, Westrich, 2012).

Stanovení požadových hodnot těžkých kovů publikují Lichtfuß a Brümer (1982) a Prange, von Tümpling, Niedergesäß a Jantzen (1995). Podrobnou analýzu říčních sedimentů v Labi včetně datování profilů sedimentů odebraných v nivě Labe u Hradce Králové, Roudnice nad Labem a Tangermünde s cílem stanovit nové požadové hodnoty pro vybrané prvky v povodí Labe a včetně celkového zhodnocení kontaminace labských sedimentů se detailně věnovali Prange a kol. (Prange et al., 1997A, 1997B, 1997C).

Z dalších zemí lze z výzkumu perzistentních organických látek z posledních let jmenovat např. práce Breivika, Jonese, Vallacka a dalších (Breivik, Alcock, Li, Bailey, Fiedler, Pacyna, 2004; Lohmann, Breivik, Dachs, Muir, 2007; Jones, Voogt, 1999; Vallack et al., 1998). Podmínkami uvolňování kovů z říčních sedimentů se zabývali Bordas a Bourg (2000). Z českých autorů lze dále např. uvést experimentální práci Mičaníka a kol. (2011) zaměřenou na kinetiku sorpce polyaromatických uhlovodíků na různé typy matric a říční sediment.

b.4 Metody výzkumu transportu a kontaminace plavenin

Významné postavení má výzkum v modelových povodích a experimentálních územích, který umožňuje v plošně menších územích sledovat vzájemné vazby mezi jednotlivými procesy. Příkladem současného experimentálního parcelového výzkumu může být území Třebsína spravované VÚMOP ve Zbraslavi (Jakubíková et al., 2006).

Dlouhodobým monitoringem plavenin ve vztahu k hodnocení eroze lesní půdy v návaznosti na těžbu lesa v oblasti Moravskoslezských Beskyd (od roku 1976 do současnosti) se zabýval L. Buzek (2000). Monitoring plavenin ve vztahu ke změnám eroznímu ohrožení území byl i předmětem více jak 15 let trvajícího výzkumu v modelovém povodí Blšanky na Žatecku (Kliment, 2000; Kliment et al., 2008). Sledování množství a trendů v odnosu plavenin v rozdílných geografických podmínkách ve vazbě na změny lad use a klimatické změny přinášejí vedle domácích prací studie z celého světa (Walling, Fang, 2003; Kliment, 2005; Bakker et al., 2008; Krása et al., 2010; Janský et al., 2010; Tao Cai et al., 2011 aj.)

Vhodným nástrojem pro vyjádření množství a transportu plavenin ve vodních tocích jsou různé modelové přístupy. Základní představu o transportu plavenin v povodí lze získat na základě tzv. poměru odnosu, který dává do poměru veškeré plošnou erozi uvolněné částice v povodí oproti množství částic, které se dostávají do vodních toků. Podíl odnosu splavenin (DR) se dá vyjádřit podle Janečka (2008) na základě charakteristik povodí, jakými jsou číslo odtokové křivky (CN), poměr převýšení k délce povodí v m km⁻¹ (SR) a plocha povodí v km² (P): $DR = a(P)^b \cdot (SR)^c \cdot (CN)^d$. Pro jednotlivé srážkové události lze učinit odhad transportu splavenin při znalosti objemu přímého odtoku vody a velikosti kulminačního průtoku na základě modifikované rovnice USLE (MUSLE). Pro simulaci transportu splavenin lze využít fyzikálně založené erozní modely a některé semi-empirické (konceptuální) erozní modely. Simulační modely jsou využívány zejména k modelování odtoku během epizody, zpravidla pro návrhovou příčinnou srážku (tzv. epizodické modely) nebo také pro delší časové období, zpravidla pro zjištění průměrných dlouhodobých trendů (tzv. kontinuální modely). V České republice byly testovány pro účely modelování transportu plavenin erozní modely AnnAGNPS, SWAT (Kliment et al., 2008), EROSION 3D (Dostál, 1998; Krása 2004; Krása et al. 2005), SMODERP (ČVUT), WaTEM/SEDEM (Krása et al., 2010; Vysloužilová, Kliment, 2011).

Transport hrubozrnnějších dnových splavenin se vyznačuje vyšší variabilitou jak v sekčním profilu, tak v podélném profilu, a to jak z hlediska množství, tak času. Ve šterkových korytech se mohou vyskytovat šterkové naplaveniny bez pohybu několik sezón, v písčitých korytech jsou změny rychlejší a rozměrově menší. Transport dnových splavenin v říčním korytě, vázaný na období nejvyšších vodností, vede k podstatným změnám v povrchu dna říčního koryta, jejichž sledováním lze získat představu o objemu transportovaného materiálu. Kontinuální monitoring hrubších dnových splavenin se systematicky obvykle neprovádí a bývá realizován v rámci experimentálního výzkumu s využitím různých lapačů (např. River Bedload Trap). Pro analýzu dynamiky koryto-nivního systému se využívají geomorfologické metody s podporou opakovaného geodetického, fotogrammetrického, sedimentologického a geofyzikálního výzkumu zaměřeného na mapování výskytu, charakter a změny fluvialních erozních a akumulčních tvarů. Problematice geomorfologického režimu toků je prozatím věnována v České republice věnována malá pozornost. Za zmínku stojí práce Hrádka (2000), Máčky (2009), Langhammera (2010), které se zabývají korytovými formami, jejich genezí a hodnocením. Přímou transportem dnových sedimentů šterkonosných beskydských bystřin s využitím 1D modelů BAGS (Bedload assesment for gravel-bed stream), v poslední době i modelu TOMSED, a empirických vztahů založených na jednotkovém výkonu toku se zabývali Galia, Škarpách, Hradecký, 2012.

Koncem 80. let se rychlostí sedimentace labských plavenin zabývali Niedergesäss, Racky a Schnier (1987). Vliv prohlubování labského ústí do Severního moře na režim sedimentů a kvalitu vody posuzoval Kerner (2007). Resuspendací sedimentů Labe se z experimentálního hlediska se mimo dalších prací zabýval i Rudiš, Záleský a Kos (1999). Výzkum plavenin a sedimentů byl prováděn v rámci projektů VÚV T.G.M. (Petrůjová, Rudiš, 1996), výsledky analýz vody a plavenin v povodích vybraných českých řek vydává např. ČHMÚ (Cucová, 1992).

c. Výzkum v zájmových povodích

c.1 Povodí Bíliny

Řeka Bílina patří k nejzatíženějším tokům v České republice. Její koryto bylo na řadě úseků zcela přeměněno člověkem a stejně tak i kvalita vody, sedimentů a plavenin byla silně poznamenána průmyslovou výrobou a těžbou v okolí. Mezi největší znečišťovatele tak kromě těžby patří podniky Chemopetrol v Záluží u Litvínova a Spolchemie v Ústí nad Labem. Ačkoliv i zde jsou prováděna ekologická opatření a znečištění se výrazně snižuje (Spolchemie, 2010; 2011), vzhledem k ukládání polutantů v sedimentech bude oblast zatížena ještě řadu let. Řeka Bílina tak reprezentuje velmi silně antropogenně ovlivněný tok průmyslovou výrobou, jehož srovnání se zemědělským povodím Lužnice provedl Novák (2007A, 2007B) a Novák, Vlasák, Havel a Kohušová (2009). Úpravy koryta v oblasti Ervěnického koridoru popisují Král (1989) a Kratochvíl a Mencl (1973).

Vliv vypouštění odpadních vod do řeky byl zkoumán např. v rámci projektů VÚV T.G.M (Nesměrák, 1982). Kvalitou vody a produkcí znečištění se v povodí Bíliny zabýval např. Just (1998), ekotoxicitu a saprobitu studovali Ambrožová, Sládečková a Sládeček (2002). Kvalitou vody v podkrušnohorské oblasti se studovali Vlasák a kolektiv (2002).

Detailní zhodnocení ekologického stavu Bíliny, které zahrnovalo jak hydrologické charakteristiky toku a jeho přítoků, tak hodnocení kvality vody v řece včetně inventarizace bodových zdrojů znečištění na základě úkolu řešeného pro MŽP uvádí jako hlavní řešitel projektů Vlasák (2003, 2004). Práce navazují na Ekologické studie Bíliny, které byly provedeny v dřívějších letech (Havlík a kol., 1997A, 1997B). Negativní antropogenní vlivy v povodí Bíliny byly rovněž řešeny v rámci projektu VaV (Vlasák, Havel, Matoušková, Milický, 2009) a (Vlasák, 2010). Tato studie, v rámci které byly analyzovány sedimenty odebrané v letech 2009 a 2010, dokládá zvýšené koncentrace Cd, As, Hg a HCH a DDT. Nejzatíženější sedimenty byly stanoveny v profilu Ústí n. Labem, kde III.-IV. třídu kontaminace vykazují koncentrace těchto látek: As, Cd, Hg, Pb, HCH, HCB, PCB, DDT. Při stanovování toxicity byly za toxické až silně toxické označeny sedimenty ze dvou navazujících profilů průmyslového centrálního Mostecka (Záluží - toxický; Želenice - silně toxický). V případě genotoxicity byly za silně genotoxické označeny profily pod ČOV Bílina, Rtyně a Ústí nad Labem. Negativní vliv na kvalitu vodního ekosystému Bíliny mají rovněž havárie, např. během petrochemické havárie (Unipetrol RPA, v Záluží u Litvínova 23.12.2009) byl zaznamenán výrazný nárůst koncentrace styrenu a naftalenu (Želenice 62x) (Vlasák, 2010).

Podrobný výzkum kvality vody včetně stanovení koncentrací těžkých kovů a organických polutantů na 8 profilech Bíliny a jejích přítocích provedla Aronová (2007). V rámci Projektu Labe (VÚV) byl ve spolupráci s Institut für Umweltgeochemie – Universität Heidelberg zhodnocen stav kontaminace sedimentů Bíliny a dalších řek ve srovnání se zatížením sedimentů Labe. Výzkum prokázal, že vzorky z Bíliny převyšovaly kontaminaci Labe především v případě rtuti, jejímž zdrojem je pravděpodobně Spolchemie v Ústí nad Labem (Lochovský, Schindler, Vilímc, 1997). Stejně jako v případě řeky Labe i v povodí Bíliny

byly stanoveny požadované koncentrace v sedimentu pro vybrané elementy. Stanovení byla provedena ze dvou vrtných jádreh ve Velvětech a Stadicích, kdy výsledky prokázaly, že přirozené geogenní pozadí vykazuje pouze mírně zvýšené hodnoty pro As, Co, Pb, Se a Zn ve srovnání s globálními standardy Turekiana a Wedepohla (1961), což potvrzuje antropogenní kontaminaci mladších sedimentů (Lochovský, 2008).

Koncentrace nebezpečných látek v povodí Bíliny, Labe, ale i dalších toků byly monitorovány v rámci projektu VaV/650/3/00 „Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR“ (Očenášková, 2002; Rieder a kol. 2003), kdy se jednalo se o sledování koncentrací toxických kovů (Hg, Cd, Mo, Be, Pb, As, Ni, Cu, Co, Cr, Zn, Mn) a organických polutantů ve vodě, sedimentech a plaveninách (chlorované alifatické uhlovodíky, chlorbenzeny, pesticidy, polyaromatické uhlovodíky, těkavé organické látky a polychlorované bifenyly).

Kumulaci kovů a metaloidů v makrofytech a sedimentech Bíliny studoval Lochovský a Havel (2011). Podrobný průzkum výskytu toxických kovů a organických polutantů ve dnových sedimentech Bíliny v celém jejím podélném profilu provedli Franců a kol. (2009) a Franců, Geršl, Fárová, Zelenková a Kopačková (2010). Podle studie Franců a kol.(2009) v odebraných vzorcích sedimentu z let 2008-2009 ze sledovaných prvků přesahovaly svými obsahy třídu C (podle OEŠ MŽP ČR 1996) prvky As, Ba, Cr, Ni, Pb a V. Podle faktoru obohacení se však do silně až nadměrně znečištěných sedimentů řadí sedimenty s vysokými obsahy As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn. Naměřené hodnoty koncentrací DDT (53594 µg/kg) a PCB (110µg/kg) v Ústí nad Labem se patří k nejvyšším v ČR. Vstup ropných látek a jejich derivátů se projevil jako zvýšené hodnoty parametru NEL v oblasti Záluží.

Úsek Bíliny v ř. km 46,54 – 56,06 byl podrobně sledován i v rámci sestavení rizikové analýzy k odstranění znečištění říčních sedimentů v letech 2010 – 2011 (Veleba a kol. 2011). V sedimentech bylo v zájmovém území prokázáno silné znečištění uhlovodíky ropného původu a zaznamenán byl též vyšší obsah As, Hg, PAU a PCB. Postiženými úseky byla především část toku mezi jiřetínským jezem a ústím Bílého potoka, dále úsek mezi počátkem milánské stěny a ústím Mračného potoka a konečně úsek kolem ústí přítoku z v.n. Matylda. Za nejpravděpodobnější původce historického znečištění byly identifikovány chemické výroby kolem Bílého potoka, resp. bývalé důlní provozy. Mezi současné znečišťovatele patří především chemická výroba okolo Bílého potoka, v menším měřítku vypouštění důlních vod na různých místech toku, odpadní vody z provozu nádraží ČD a vypouštění čištěných nebo nečištěných komunálních splaškových vod.

Environmentálním znečištěním Bíliny se rovněž zabývali Neruda, Vráblíková a Smetanová (2008), celkové hodnocení Bíliny včetně obsahu těžkých kovů v sedimentu a vodě pak ve své publikaci shrnují Neruda, Kramer a Tikhonova (2012).

Kontaminací Bíliny polycyklickými aromatickými uhlovodíky ve vodě a v rybách se zabývala Bláhová a kolektiv (2011). Koncentrace rtuti v rybách sledovala Kružiková a Svobodová (2012). Degradaci kvality vody a habitatu podle přítomnosti druhů ryb a makrozoobentosu zkoumali v povodí Bíliny včetně jejích přítoků Jurajda, Adámek, Janáč a Valová (2010). Dopadem globální změny klimatu na povodí Bíliny se zabývali Košková (2003) a Košková,

Buchtele a Kos (2005), modelové proudění podzemní vody v povodí Bíliny řeší Milický (2009). Obsah stopových prvků v sedimentech severočeské pánve zkoumali Šafářová a Řehoř (2006). Havel, Vlasák a Kohušová (2009) hodnotí hydrické rekultivace zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí včetně sledování jezera Chabařovice (Vlasák, Havel, Kohušová, 2009).

Převážná většina studií zaměřených na problematiku kvality vody, sedimentů a biomonitorů potvrzuje nejvyšší zatížení středního toku (oblast Litvínov-Záluží), který je ovlivněn odpadními vodami Litvínova a Unipetrolu RPA) a dále dolního toku Bíliny v Ústí nad Labem.

Z hlediska výzkumu řeky Bíliny lze v rámci studií vytvořených na PřF UK jmenovat např. práce Kyselky, Dvořáka, Matouškové a Šípka, kteří posuzovali řeku z ekohydromorfologického hlediska (Kyselka, 2010; Dvořák, 2006; 2008; Dvořák, Matoušková, 2008; Matoušková, Dvořák, 2011; Matoušková, Dvořák, Kyselka, 2010; Šípek, Matoušková, Dvořák, 2010).

Modelováním zátěže toku Bíliny ve vazbě na průmyslové zdroje znečištění při různých hydrologických situacích se zabýval v rámci společného projektu s VÚV TGM Langhammer (1998).

Znečištění vody, sedimentů a zatížení biofilmů v Bílině zpracovala detailně ve své dizertační práci Kohušová (2010). Antropogenní ovlivnění řeky bylo v rámci tohoto výzkumu sledováno jako koncentrace As, Cd, Hg, Pb, V, Zn a PAU, PCB, HCH, HCB a DDT na 4 vybraných profilech během let 2005 – 2008 (v Březenci nad Jirkovem, nad ústím Hutního potoka, v Želenicích a v Ústí nad Labem). Jako nejproblematictější bylo stanoveno znečištění Hg, V, PCB, PAU, HCH a DDT s nejvyššími koncentracemi v Želenicích a Ústí nad Labem. Dle metodiky ARGE Elbe dosahovaly koncentrace těžkých kovů a arsenu v sedimentu II. až III. třídy jakosti. V případě koncentrací Cd byl pozorován pokles od horního toku po dolní tok. Většina koncentrací ostatních sledovaných látek měla naopak směrem k dolnímu toku zvyšující se tendenci. Obsahy sledovaných specifických organických látek korespondovaly se zdroji znečištění v okolí toku, což bylo dobře patrné u koncentrací HCB a sumy DDT, které se skokově zvýšily až v profilu Ústí nad Labem. Koncentrace sumy HCB v sedimentu nebyly v podélném profilu toku nijak významně vysoké. Naopak koncentrace sumy PCB byly zjištěny velmi vysoké téměř v celém podélném profilu toku. Bílina tedy může v případě některých parametrů představovat pro Labe i zdroj znečištění rtutí, HCB, metabolity a izomery DDT a izomery HCH (Kohušová, Havel, Vlasák, 2011). Kohušová rovněž provedla posouzení znečištění vody a sedimentů Bíliny těžkými kovy a specifickými organickými látkami ve srovnání se staršími pracemi, kdy byl prokázán pokles znečištění (Kohušová, Havel, Vlasák, Tonika, 2011)

Z hlediska výzkumných prací v povodí Bíliny, realizovaných podnikem Povodí Ohře, s.p., lze uvést studii “Identifikace zdrojů znečištění v povodí vodního toku Bíliny“ (Povodí Ohře, s.p., 2007) během níž bylo sledováno 13 profilů přímo na řece Bílině a 20 profilů na jejích přítocích včetně uvedení hlavních zdrojů znečištění. Z hlediska sledovaných parametrů byly zjišťovány jak obecné, fyzikální a chemické ukazatele, specifické organické látky, kovy

a metaloidy, tak i mikrobiální a biologické ukazatele a vzorky vod byly následně hodnoceny podle ČSN 75 7221. Zásadní zvýšení znečištění bylo zaznamenáno v úseku od Komořan po Most, kde se nachází podnik Chemopetrol, a.s., který je stále i přes řadu opatření pro vodní ekosystém velkou zátěží.

Podrobná riziková analýza byla rovněž vypracována v povodí Bouřlivého potoka (Povodí Ohře, s.p., 2010) a Bíliny s cílem odstranění antropogenního znečištění v tomto území. Výsledkem výzkumných prací byla především identifikace starého znečištění dehtem z bývalých skláren Kavalier ve dnovém sedimentu Bouřlivého potoka (Povodí Ohře, s.p., 2010).

Průzkum znečištění Bíliny těkavými látkami bylo v roce 2010 provedeno na několika profilech řeky a jejích přítoků v oblasti od Ústí nad Labem po Trmice. Jako významný zdroj znečištění byl identifikován lihovar Trmice (chloroform), vzhledem k průtokovým poměrům se však na znečištění řeky podílí jen okrajově. Ke znečištění Bíliny naopak významně přispěl Klíšský potok, a to zejména v ukazateli PCEthen. V případě parametru 12cDCEe nebyl zdroj identifikován, přičemž bylo prokázáno, že nepochází z Klíšského, ani Ždírnického potoka.

V rámci navrhovaného projektu byla využita i data poskytnutá Povodím Ohře, s.p. z následujících profilů a let: Bílina – Ústí (sediment 1999-2001), Bílina – Trmice (sediment 1999), bodové vzorky vody a sedimentu po povodni v roce 2002 a rovněž data ze vzorkování sedimentů Bíliny v rámci zmiňovaných studií a výzkumných prací.

c.2 Tok a povodí Labe

Zátěž toku Labe a kontaminace jeho sedimentů specifickým znečištěním je dlouhodobě předmětem badatelského i aplikovaného výzkumu ze strany národních výzkumných institucí i mezinárodních aktivit.

V rámci mezinárodních aktivit lze jmenovat např. výsledky prací MKOL, která se dlouhodobě věnuje kvalitě vody, plavenin a sedimentů v celém povodí - z hlediska posuzování kvality vody tak lze uvést např. komplexní zprávy o jakosti vod v povodí Labe (Pfeifer a kol., 2005; Rieder a kol. 2006) a vyhodnocení výsledků Mezinárodního programu měření Labe (Novak a kol., 2014), inventarizace významných emitentů prioritních znečišťujících látek (MKOL, 1995), nebo komplexní geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled řeky Simon (2005). Aktuální témata jsou rovněž pravidelně uváděna na tzv. Magdeburských seminářích o ochraně vod pořádaných každé dva roky MKOL - seznam prací souvisejících s předkládaným projektem je uveden za seznamem literatury.

V rámci navrhovaného projektu byly využita i data poskytnutá Povodím Labe, s.p. z následujících profilů a let: Labe – Loubí (bodové vzorky vody 1997-2012), Labe – Střekov (bodové vzorky vody, sediment 1967-2012), bodové vzorky vody a sedimentu po povodni v roce 2002, Labe - Děčín (bodové a slévané vzorky vody, sedimentů a plavenin 1992 – 2012), Labe Schmilka pravý břeh (bodové vzorky vody 1993 – 2012), Labe Schmilka levý břeh (bodové vzorky vody 1993 – 2012) a Labe – Velké Březno (bodové vzorky vody 2003 – 2012) a rovněž data ze vzorkování sedimentů Labe v rámci zmiňovaných studií

a výzkumných prací. Souborné či dílčí výsledky sledování jakosti sedimentů v rámci měřících aktivit správce povodí, tj. Povodí Labe, státního podniku publikovali Medek (1999, 2009), Ferenčík a Schováňková (2013).

Jednou z dalších významných institucí zabývajících se výzkumem kvality vody, sedimentů a plavenin Labe je rovněž ČHMÚ. Systémem a výsledky monitoringu sedimentů a plavenin v českém úseku Labe se zabývali Halířová, Hypr a Beránková (2003) a Hypr, Halířová a Beránková (2002).

Historické zatížení sedimentů v oblasti středního Labe a vliv těžby stříbra v Kutné Hoře studovali Veselý a Gürtlerová (1996). Distribuci kovů v profilech sedimentu mezi Kolínem a Nymburkem zkoumali Borovec, Tolar a Mráz (1993). Zatížení sedimentů Labe a jeho přítoků těžkými kovy popisuje dále Borovec (1995). Obsah stopových prvků ve vodních tocích zkoumal dále Veselý (1995). Koncentracemi těžkých kovů v sedimentech Labe se na českém i německém území v 90. letech zabývali Müller a Furrer (1994). Mezi významné práce s touto tematikou patří studie Borovce (2000), který zkoumal obsah 45 prvků, organických látek, amorfni anorganické sloučeniny a minerální složení v různých zrnitostních frakcích sedimentů českého Labe na 26 profilech. Podrobnou analýzu koncentrací těžkých kovů a arsenu v plaveninách na profilu Labe-Děčín studoval Nesměrák (2003). Bioakumulaci rtuti v rybách v českém úseku Labe se v letech 1991-1996 zabývali Dušek a kolektiv (Dušek, Svobodová, Janoušková, Vykusová, Jarkovský, Šmíd, Pavliš, 2005) a Kružiková a kolektiv (2008). Výskytem halogenovaných kontaminantů v rybách se na vybraných lokalitách zabývala Hrádková a kolektiv (2012). Přítomnost perfluorovaných a bromovaných sloučenin v sedimentech a rybách byla rovněž hodnocena v rámci projektu VŠCHT (VŠCHT, 2011).

Z prvních etap prací prováděných v rámci Projektu Labe lze pro účely řešeného projektu použít následující. V rámci prvních výzkumů lze uvést publikace o znečištění říčních sedimentů a biomasy Labe (VÚV, 1993), kontaminaci sedimentů řeky dále podrobně studoval Nondek (1994). Bodové zdroje znečištění řeky hodnotí Nesměrák (1992). Jakosti vody v Labi a jeho přítocích se zabývala Kalinová (1993), která dále hodnotí změny v zatížení Labe a Vltavy specifickými organickými látkami a kovy (1997), výskyt těžkých chlorovaných látek (Handová, Kalinová, 1997) a polychlorovaných bifenylů (Kužilek, Kalinová, 1997). Zatížení řeky DDT s maximálními hodnotami dosaženými v oblasti Ústí nad Labem a Děčína popisuje rovněž Kalinová (2001, 2002, 2003).

Kvalitou zpevněných sedimentů v podélném profilu českého Labe a především celkovým hodnocením kontaminace sedimentů v hlavním toku Labe a záplavové zóně a rovněž dynamikou nebezpečných látek a studiu resuspendace sedimentů zatížených polutanty se zabýval Rudiš (2002A, 2002B, 2002C). Dynamika polutantů v hlavním korytě a v údolní nivě českého Labe je řešena v rámci Projektu Labe IV (Rudiš, Martínková, Valenta, 2004; Rudiš, 2006). Podrobnou souhrnnou zprávu uvedenou v rámci výsledků Projektu Labe IV o vlivu průmyslových zdrojů znečištění a starých zátěží na jakost vody a ekosystém Labe podávají Eckhardt, Fuksa, Lochovský, Nesměrák, Randák, Rudiš a Soldán (2006). Vliv vybraných

ekologických zátěží na tok Labe dále studoval Eckhardt (Eckhardt, 2009; Eckhardt, Martínková, 2004)). Lochovský se rovněž zabýval stanovením pozadových koncentrací kovů a metaloidů v říčních sedimentech Labe a jeho přítocích (2011).

Během přibližně poslední dekády byla v České republice provedena inventarizace výskytu perzistentních organických polutantů v různých složkách prostředí. V rámci tohoto projektu je možné uvést např. studie Holoubka a kol. (2003) a Kužílka a kol. (2007). Výsledky inventarizace polychlorovaných bifenyly v České republice uvádí Poláková (2009). Problematikou sedimentů se z právního hlediska zabývala Komínková (2011A, 2011B).

V rámci výzkumu Labe na PřF UK v Praze vznikly následující práce. Plošným zdrojům znečištění v povodí Labe se ve své disertační práci detailně věnoval Janský (1982, 1983), který na výzkumy později navázal (Janský, 2002). Kvalita vody řeky byla dále hodnocena např. Studihradem (1992), sedimenty zpracovával Svátek (1994). Detailnímu vývoji labského znečištění po roce 1990 se ve své disertační práci věnoval Langhammer (1997A, 1997B, 1999), který se touto problematikou včetně modelování kvality vody zabýval i v dalších letech (Langhammer, 2002, 2003, 2004, 2005A, 2005B, 2007, 2009). Makrozoobentos Labe a Vltavy srovnávala Kolaříková (2007). Tématem kvality vody a sedimentů se na katedře Fyzické geografie a geoekologie PřF UK rovněž zabývají z hlediska vodní eroze a plaveninového režimu Kliment (Kliment, 1985, 1991, 2000, 2005; Kliment, Matoušková, 2008; Kliment, Neumannová, 1994; Kliment, Langhammer, 2007; Kliment, Kadlec, Langhammer, 2008; Kliment, Kopp, 1997; Langhammer, Kliment, 2006, 2009); ekohydrologickému monitoringu se věnuje Matoušková a kol. (Matoušková, 2003, 2005, 2008) včetně hydromorfologického průzkumu a výzkumu jakosti vody prováděnému v zájmovém území Bíliny (Dvořák, 2008, Matoušková a kol. 2010, Matoušková, Dvořák 2011.).

Kontaminací sedimentů ve vodním prostředí ve vazbě na staré zátěže a ovlivněním transportu sedimentů v důsledku povodně se na příkladu vybraných povodí v oblasti povodí Berounky se dále věnovali Kaplická 2004, Langhammer a Kaplická (2005), Volaufová a Langhammer, 2007.

Postupně se pozornost obrací i k labské nivě. V 90. letech zpracovala M. Kylbergerová (1998) studii srovnávající fytoplankton polabských a lužnických tůní. Po roce 2000 byl výzkum pod vedením B. Janského zaměřen v rámci grantového projektu UK v Praze „Jezera České republiky“ a projektu GAČR „Atlas jezer České republiky“ na zpracování komplexních limnologických studií vybraných fluviálních jezer Labe (labských tůní) v úseku od Hradce Králové po Mělník. Chalupová se ve svých pracích věnuje nejprve jezeru Doleháj u Kolína a následně i dalším lokalitám (Chalupová, 2003, 2007; Chalupová, Janský, 2003, 2005, 2007; Chalupová, Havlíková, Janský 2012), kvalitu vody a sedimentů vybraných starých ramen ve středním Polabí pak komplexně hodnotí ve své dizertační práci (Chalupová, 2011). Klouček (2002) detailně zpracoval staré rameno Labiště pod Opočínkem nedaleko Pardubic, Šnajdr (2002) prováděl měření v rozsáhlém starém meandru u Obříství a Turek se ve své práci zabýval Libišskou tůní nedaleko Neratovic (Turek, 2004). Obsah stopových prvků

v sedimentech a makrofytech polabských ramen u Čelákovic zkoumala Krýžová (2007). Hydrobiologii nejen labských tůní se věnuje P. Havlíková (Havlíková, 2007, 2011; Havlíková, Janský, 2007). Z hlediska výzkumu sedimentačních procesů v jezerech provedl v 70. letech B. Janský detailní průzkum našeho nejmladšího hrazeného jezera – Mladotického (Odlezeleckého) (Janský, 1975, 1977), jehož dynamika vývoje jezerní pánve je zkoumána dodnes včetně detailního chemického rozboru sedimentů jezera ve vertikálním profilu a datování stáří sedimentů pomocí radioaktivních izotopů (Janský 1999; Janský, Urbanová, 1994; Schulte, Albrecht, Daut, Wallner, Janský, Van Geldern, 2006; Schulte, A., Janský, B., Daut, G., Imler, R., Van Geldern, R., 2007; Janský, Schulte, Česák, Rios Escobar, 2010)

d. Závěry rešerše - Východiska pro další výzkum

Řeka Bílina patřila v minulosti k nejvíce znečištěným tokům nejen v povodí Labe, ale na území celého státu. Odpady z průmyslové výroby a těžby byly po léta vypouštěny do vodního toku a mnohé toxické látky vázané na říční sedimenty se ukládaly v korytě toku a na území říční nivy. I když se v současné době kvalita vody v Bílině oproti minulosti řádově zlepšila, právě říční sedimenty akumulují dodnes značné množství toxických látek, které se mohou uvolnit při mimořádných hydrologických situacích. Jak prokázaly četné studie, nejvíce zatížené sedimenty vykazují zvýšené koncentrace následujících látek: As, Cd, Hg, Pb, HCH, HCB, PCB, DDT. Velmi vysoké koncentrace sumy PCB byly zjištěny téměř v celém podélném profilu toku. Bílina tedy může v případě některých parametrů představovat pro Labe významný zdroj znečištění, zejména u rtuti, HCB, metabolitů a izomerů DDT a izomerů HCH.

Z regionálního hlediska bylo zásadní zvýšení koncentrací toxických látek zaznamenáno v úseku od Komořan po Most, ovlivněném podnikem Chemopetrol, a.s., který je stále i přes řadu sanačních opatření pro vodní ekosystém velkou zátěží. Nejvíce zatížené sedimenty ve většině sledovaných parametrů byly v rámci provedených výzkumů zjištěny na dolním toku v profilu Ústí n. Labem. Silně postiženými úseky byl rovněž úsek toku mezi jiřetínským jezem a ústím Bílého potoka, dále úsek mezi počátkem milánské stěny a ústím Mračného potoka a konečně úsek kolem ústí přítoku z v.n. Matylda. Z provedené rešerše tedy vyplývá, že při výběru odběrových míst pro chemické stanovení je potřebné se zaměřit na výše uvedené profily a říční úseky.

Hodnocení kontaminace sedimentů v hlavním toku Labe a jeho záplavové zóně bylo provedeno především v rámci Projektu Labe IV. Za základní zdroj informací považujeme zejména práce Borovce (2000), Rudiše (2002) a Nesměráka (2003), které se věnují vazbě různých toxických látek na zrnitostní frakce sedimentů, resp. dynamice nebezpečných látek a studiu resuspendace sedimentů zatížených polutanty.

V rámci rešeršních prací dostupných materiálů byla z hlediska kontaminace sedimentů v zájmovém území jako nejvíce problematická identifikována oblast Ústí nad Labem. V sedimentech zde byly zaznamenány vyšší koncentrace jak organických polutantů, tak i toxických kovů (ústí Bíliny, Klíšský potok, zdroj znečištění především Spolchemie Ústí

nad Labem). Další zdroj znečištění v zájmovém území představuje město Děčín. Jak uvádějí zprávy z Projektu Labe III, zatížení sedimentů zde bylo zkoumáno na několika profilech - Děčín MKOL, Rozbělesy, Horní Žleb, Dolní Žleb. Hrubší zrnitostní frakce zjištěná na profilech Rozbělesy a Horní Žleb ovšem vykazovala mylně nižší úroveň kontaminace (Rudiš, 2002A). Z hlediska zpevněných sedimentů byly vyšší hodnoty polutantů nalezeny ve zdrži Střekov. Vzhledem k jejich uložení představují ovšem riziko pouze za víceleté povodně (Rudiš, 2002). V rámci starších prací (Borovec, 1995) byly výrazně vyšší koncentrace těžkých kovů zaznamenány rovněž v profilu Hřensko. V pozdějších letech zde byly stanoveny i výrazně vyšší hodnoty toxických organických látek (Eckhardt, Fuksa, Lochovský, Nesměrák, Randák, Rudiš, Soldán, 2006)

IV. Kvalita sedimentů

a. Metodika

a.1 Vzorkovací plány

Základním podkladem pro odběry a následné analýzy vzorků sedimentu byly vzorkovací plány pro dolní Bílinu a dolní Labe, které byly zpracovány přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy ve spolupráci se správci toků, tj. Povodím Ohře, státním podnikem a Povodím Labe, státním podnikem. Návrhy plánů byly v souladu se zadáním projektu konzultovány s oblastním inspektorátem České inspekce životního prostředí v Ústí nad Labem a s odborem ochrany vod ministerstva životního prostředí. Odběrová místa byla zvolena s ohledem na hydromorfologická kritéria a s ohledem na zdroje starých zátěží vzniklých antropogenní činností.

Zájmové území v povodí Bíliny bylo vymezeno od jezu Jiřetín po ústí Bíliny do Labe včetně Bílého potoka, výpusti z podniku Unipetrol RPA, Mračného potoka, Klíšského potoka a výpusti z podniku Spolchemie. Odběrové místo navržené ČIŽP při ústí řeky Bíliny do Labe nebylo do vzorkovacího plánu doplněno vzhledem k jeho významnému ovlivnění řekou Labe. V rámci vzorkovacího plánu řeky Bíliny bylo po prospekci terénu vybráno 8 úseků, ve kterých bylo stanoveno 9 odběrových míst.

Zájmové území v povodí Labe bylo vymezeno od jezu Sřekov po státní hranici. V této oblasti bylo vybráno 16 lokalit vhodných pro monitoring sedimentů z hlediska cílů řešeného projektu a dále dvě pozadové lokality (pro hodnocení kvality a pro hodnocení potenciálu remobilizace).

Přesná lokalizace odběrových míst je uvedena ve vzorkovacích plánech v tabulkách IV/1 a IV/2 a v příloze XI.a.

a.2 Vzorkování

Vzorkování sedimentů probíhalo v souladu s platnými akreditovanými postupy zkušební laboratoře Povodí Labe, státního podniku, které vycházejí z norem ČSN EN ISO 5667.

Vzorkování sedimentů v příbřežních lokalitách řeky Labe bylo prováděno v závislosti na vodním stavu a dle možností konkrétní lokality převážně z plavidla, případně z břehové hrany. Směsný vzorek sedimentu byl získán s využitím metody pravděpodobnostního vzorkování s nepravidelným rozmístěním míst odběrů dílčích vzorků. Pro odběr byl využíván zarážecí vzorkovač s pístem od firmy Eijkelkamp. S ohledem na aktuální hloubku vody a mocnost sedimentu byl s využitím prodlužovacích nástavců s bajonetovým spojením sestaven vzorkovač. Jádrová trubice byla zaražena do požadované hloubky dna. Současně se zarážením byl postupně vytahován píst. Odebraný dílčí vzorek sedimentu byl s využitím pístu vytlačen do příslušné nádoby.

Vzorkování sedimentů v povodí řeky Bíliny bylo prováděno obdobným způsobem v souladu s platnými akreditovanými postupy zkušební laboratoře Povodí Labe, státního podniku, které vycházejí z norem ČSN EN ISO 5667. Vzhledem k lepší přístupnosti řeky Bíliny a menším hloubkám bylo prováděno vzorkování z břehové hrany, resp. přímo z toku.

Jednotlivé dílčí vzorky z konkrétní lokality byly průběžně homogenizovány v příslušné homogenizační nádobě. V případě výskytu oblázků, šterku a kamení byly tyto průběžně odstraňovány. Výsledný zhomogenizovaný vzorek byl umístěn do příslušné vzorkovnice. Současně byl proveden záznam o odběru.

a.3 Laboratorní rozbor

Vzorky byly následně transportovány do laboratoří, kde proběhla jejich další předúprava a následné analytické rozbor. Veškeré analytické práce probíhaly v souladu s platnými akreditovanými postupy, jejichž přehled pro laboratoře Povodí Labe, státní podnik, resp. Povodí Ohře, státní podnik a pro jednotlivé analyty je uveden v tabulkách IV.a.3/1 a IV.a.3/2. Stanovení kovů a metaloidů bylo prováděno ve frakci $< 20\mu\text{m}$, stanovení specifických organických látek a některých dalších ukazatelů (TOC,...) bylo prováděno ve frakci $< 2\text{mm}$. Výběr sledovaných ukazatelů vycházel ze seznamu znečišťujících látek relevantních pro Labe, který přijala skupina expertů pro management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe. Dále byly zohledněny vybrané požadavky národní legislativy pro nakládání se sedimenty a znalosti a zkušenosti správců povodí, získané při provozním monitoringu jakosti povrchových vod.

b. Výsledky měření

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách pro Labe a pro Bílinu, přičemž jsou v tabulkách IV.b/1, IV.b/2 a IV.b/3 samostatně uvedeny výsledky pro znečišťující látky relevantní pro Labe. U těchto látek je přímo v tabulce barevně vyznačeno hodnocení vzhledem k prahovým hodnotám přijatým skupinou expertů pro management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe (zelená: menší než dolní prahová hodnota, žlutá: mezi dolní a horní prahovou hodnotou, červená: větší než horní prahová hodnota, modrá: nelze vyhodnotit, např. mez stanovitelnosti je větší než dolní prahová hodnota). Další analyzované ukazatele jsou uvedeny v tabulkách IV.b/4 a IV.b/5. Veškeré výsledky jsou vztaženy na sušinu.

c. Hodnocení

Hodnocení bylo provedeno pro znečišťující látky relevantní pro Labe, které přijala skupina expertů pro management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe, přičemž hodnocení tributylcínu bylo provedeno pouze na Labi a hodnocení dioxinů/furanů nebylo provedeno, neboť nebyl prokázán významný relevantní výskyt těchto látek ve sledovaných lokalitách. Pro hodnocené ukazatele je uvedena dolní prahová hodnota (Dph) a horní prahová hodnota (Hph) :

Rtut'

Dph: 0,15 mg/kg Hph: 0,47 mg/kg

Obsah rtuti se na Labi pohyboval v rozmezí 0,5 – 7,9 mg/kg s pozad'ovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 3,9 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L16 Krásné Březno západní přístav.

Obsah rtuti se na Bílině pohyboval v rozmezí 0,35 – 8,4 mg/kg. Nejvyšší nálezy jsou z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem a B8/14 Záluží pod lagunami ve výši 8,1 mg/kg, resp. 8,4 mg/kg.

Kadmium

Dph: 0,22 mg/kg Hph: 2,3 mg/kg

Obsah kadmia se na Labi pohyboval v rozmezí 1,1 – 7,1 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 6,2 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah kadmia se na Bílině pohyboval v rozmezí 1,95 – 5,7 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B6/9 Chánov nad jezem.

Olovo

Dph: 25 mg/kg Hph: 53 mg/kg

Obsah olova se na Labi pohyboval v rozmezí 16 - 409 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 27 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah olova se na Bílině pohyboval v rozmezí 38 – 187 mg/kg. Nejvyšší nálezy je z lokality B9/15 Dolní Jiřetín pod jezem.

Zinek

Dph: 200 mg/kg Hph: 800 mg/kg

Obsah zinku se na Labi pohyboval v rozmezí 62 - 2620 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 1360 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L10 Povrly koncentrační stavby.

Obsah zinku se na Bílině pohyboval v rozmezí 151 - 1030 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B9/16 Dolní Jiřetín biologická nádrž.

Měď

Dph: 14 mg/kg Hph: 160 mg/kg

Obsah mědi se na Labi pohyboval v rozmezí 57 - 6120 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 225 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L10 Povrly koncentrační stavby.

Obsah mědi se na Bílině pohyboval v rozmezí 42 - 3290 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B8/14 Záluží pod lagunami.

Nikl

Dph: --- Hph: 3 mg/kg

Obsah niklu se na Labi pohyboval v rozmezí 47 - 150 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 254 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L7 Těchlovice koncentrační stavby.

Obsah niklu se na Bílině pohyboval v rozmezí 43 - 220 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B9/16 Dolní Jiřetín biologická nádrž.

Arsen

Dph: 7,9 mg/kg

Hph: 40 mg/kg

Obsah arsenu se na Labi pohyboval v rozmezí 6 - 65 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 27 mg/kg. Nejvyšší nálezy jsou z lokalit L9 Malé Březno koncentrační stavby, resp. L3 Rozbělesy přístavní bazén ve výši 65 mg/kg, resp. 60 mg/kg.

Obsah arsenu se na Bílině pohyboval v rozmezí 42 - 372 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B8/14 Záluží pod lagunami.

Chrom

Dph: 26 mg/kg

Hph: 640 mg/kg

Obsah chromu se na Labi pohyboval v rozmezí 85 - 212 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 273 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah chromu se na Bílině pohyboval v rozmezí 75 - 139 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B8/13 Záluží pod lagunami.

α -HCH

Dph: 0,5 μ g/kg

Hph: 1,5 μ g/kg

Obsah α -HCH se na Labi pohyboval v rozmezí < 3 – 18 μ g/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši < 3 μ g/kg. Nejvyšší nález je z lokality L4 Boletice Křešice přístav.

Obsah α -HCH se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 – 700 μ g/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 pod Klíšským potokem a B8/14 Záluží pod lagunami.

β -HCH

Dph: ---

Hph: 5 μ g/kg

Obsah β -HCH se na Labi pohyboval v rozmezí < 3 – 3 μ g/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši < 3 μ g/kg. Nejvyšší nález je z lokality L4 Boletice Křešice přístav.

Obsah β -HCH se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 – 2300 μ g/kg. Nejvyšší nálezy jsou z lokality B7/11 Komořany a B8/14 Záluží pod lagunami ve výši 2300 μ g/kg.

γ -HCH

Dph: 0,5 μ g/kg

Hph: 1,5 μ g/kg

Obsah γ -HCH se na Labi pohyboval pod mezí stanovitelnosti < 3 μ g/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši < 3 μ g/kg.

Obsah γ -HCH se na Bílině pohyboval v rozmezí 5 – 38000 μ g/kg. Nejvyšší nálezy jsou z lokality B8/14 Záluží pod lagunami a B7/11 Komořany ve výši 38000 μ g/kg, resp. 29000 μ g/kg.

p,p'-DDT

Dph: 1 µg/kg

Hph: 3 µg/kg

Obsah p,p'-DDT se na Labi pohyboval v rozmezí 6 - 2120 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 24 µg/kg. Nejvyšší nálezy jsou z lokalit L8 Malé Březno koncentrační stavby a L9 Malé Březno koncentrační stavby ve výši 2120 µg/kg, resp. 1440 µg/kg.

Obsah p,p'-DDT se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 – 410 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

p,p'-DDE

Dph: 0,31 µg/kg

Hph: 6,8 µg/kg

Obsah p,p'-DDE se na Labi pohyboval v rozmezí 8 - 226 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 56 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L8 Malé Březno koncentrační stavby.

Obsah p,p'-DDE se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 – 580 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B7/11 Komořany.

p,p'-DDD

Dph: 0,06 µg/kg

Hph: 3,2 µg/kg

Obsah p,p'-DDD se na Labi pohyboval v rozmezí 10 - 1060 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 70 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L9 Malé Březno koncentrační stavby.

Obsah p,p'-DDD se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 – 58 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B8/13 Záluží pod lagunami.

PCB 28

Dph: 0,04 µg/kg

Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 28 se na Labi pohyboval v rozmezí 1 - 26 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 16 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah PCB 28 se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 - 8 µg/kg. Nejvyšší nálezy jsou z lokality B3 Stadice pod železničním mostem.

PCB 52

Dph: 0,1 µg/kg

Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 52 se na Labi pohyboval v rozmezí < 1 – 28 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 16 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L7 Těchlovice koncentrační stavby.

Obsah PCB 52 se na Bílině pohyboval pod mezí stanovitelnosti < 5 µg/kg.

PCB 101

Dph: 0,54 µg/kg Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 101 se na Labi pohyboval v rozmezí $< 1 - 76$ µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 34 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L15 Krásné Březno ústřední přístav.

Obsah PCB 101 se na Bílině pohyboval v rozmezí $< 5 - 11$ µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

PCB 118

Dph: 0,43 µg/kg Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 118 se na Labi pohyboval v rozmezí $< 1 - 19$ µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 9 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L15 Krásné Březno ústřední přístav.

Obsah PCB 118 se na Bílině pohyboval v rozmezí $< 5 - 10$ µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

PCB 138

Dph: 1 µg/kg Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 138 se na Labi pohyboval v rozmezí $31 - 177$ µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 50 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L15 Krásné Březno ústřední přístav.

Obsah PCB 138 se na Bílině pohyboval v rozmezí $< 5 - 22$ µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

PCB 153

Dph: 1,5 µg/kg Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 153 se na Labi pohyboval v rozmezí $4 - 216$ µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 82 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L15 Krásné Březno ústřední přístav.

Obsah PCB 153 se na Bílině pohyboval v rozmezí $< 5 - 35$ µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

PCB 180

Dph: 0,44 µg/kg Hph: 20 µg/kg

Obsah PCB 180 se na Labi pohyboval v rozmezí $4 - 164$ µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 74 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L15 Krásné Březno ústřední přístav.

Obsah PCB 180 se na Bílině pohyboval v rozmezí $< 5 - 21$ µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

Pentachlorbenzen

Dph: 1 µg/kg

Hph: 400 µg/kg

Obsah pentachlorbenzenu se na Labi pohyboval v rozmezí < 3 – 35 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši < 3 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L8 Malé Březno koncentrační stavby.

Obsah pentachlorbenzenu se na Bílině pohyboval v rozmezí < 10 – 18 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

Hexachlorbenzen

Dph: 0,0004 µg/kg

Hph: 17 µg/kg

Obsah HCB se na Labi pohyboval v rozmezí 7 - 2640 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 6 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L8 Malé Březno koncentrační stavby.

Obsah HCB se na Bílině pohyboval v rozmezí < 5 – 400 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B2 Ústí n.L. pod Klíšským potokem.

Benzo(a)pyren

Dph: 0,01 mg/kg

Hph: 0,6 mg/kg

Obsah benzo(a)pyrenu se na Labi pohyboval v rozmezí 0,055 – 4,68 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 1,42 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah benzo(a)pyrenu se na Bílině pohyboval v rozmezí < 0,050 – 4,1 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B7/11 Komořany.

Anthracen

Dph: 0,03 mg/kg

Hph: 0,31 mg/kg

Obsah anthracenu se na Labi pohyboval v rozmezí 0,021 – 3,81 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 0,973 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L16 Krásné Březno západní přístav.

Obsah anthracenu se na Bílině pohyboval v rozmezí < 0,050 – 6,7 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B7/11 Komořany.

Fluoranthen

Dph: ---

Hph: 0,18 mg/kg

Obsah fluoranthenu se na Labi pohyboval v rozmezí 0,173 – 13,8 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 4,08 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah fluoranthenu se na Bílině pohyboval v rozmezí < 0,050 – 21 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B7/11 Komořany.

Suma PAU – 5

Dph: 0,6 mg/kg

Hph: 2,5 mg/kg

Obsah sumy PAU-5 se na Labi pohyboval v rozmezí 0,167– 13,1 mg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L17 ve výši 3,844 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L3 Rozbělesy přístavní bazén.

Obsah sumy PAU-5 se na Bílině pohyboval v rozmezí < 0,050 – 16,8 mg/kg. Nejvyšší nález je z lokality B7/11 Komořany.

Tributylcín (TBT)

Dph: ---

Hph: 0,02 µg/kg

Obsah tributylcínu se na Labi pohyboval v rozmezí < 2 – 59 µg/kg s požadovou hodnotou pro lokalitu L16 ve výši 98 µg/kg. Nejvyšší nález je z lokality L15 Krásné Březno západní přístav.

Obsah tributylcínu na Bílině nebyl stanoven.

d. Vliv povodně v červnu 2013

Hydrologická situace v roce 2013, kdy proběhla v červnu na Dolním Labe extrémní povodeň, zkomplikovala průběh projektu, neboť mohla významně ovlivnit kvalitu a množství sedimentů uložených v zájmových lokalitách. Odebrané vzorky před touto extrémní povodní nemusely odrážet reálnou situaci po povodni, takže bylo nutné zopakovat odběry a analýzy vzorků, aby jejich hodnocení odpovídalo aktuálnímu stavu.

Opakované odběry a analýzy umožnily porovnání obsahu znečišťujících látek relevantních pro Labe v sedimentech v zájmových lokalitách před povodní a po ní. Pro porovnání byly využity výsledky analýz vzorků odebraných v rámci prvního průzkumu v srpnu 2012 a v květnu 2013, které charakterizovaly situaci před povodní a výsledky analýz vzorků odebraných v červenci 2013, které charakterizovaly situaci po povodni. Výsledky analýz vzorků jsou pro znečišťující látky relevantní pro Labe uvedeny v tabulce IV.d/1. Pro většinu lokalit a ukazatelů nedošlo k dramatickým změnám v hodnocení kontaminace sedimentů. U některých lokalit jsou však patrné významné změny, které se zpravidla projeví pro více ukazatelů. Výrazné zlepšení kvality je patrné v dolní části úseku cca od Těchlovic po státní hranici, kde došlo pravděpodobně k odplavení části starých kontaminovaných sedimentů. To platí zejména pro lokalitu L2 – Prostřední Žleb – koncentrační stavby, kde došlo k poklesu obsahu většiny kovů a HCB, pro lokalitu L5 Boletice – Vilsnice – koncentrační stavby, kde došlo k poklesu obsahu většiny kovů, DDX a HCB, pro lokalitu L6 – Nebočadský luh, kde došlo k poklesu HCB a PAU. V oblasti mezi Neštěmicemi a Malým Březnem naopak došlo k výraznému navýšení obsahu sledovaných ukazatelů v sedimentu. To platí zejména pro profily L7 a L8 Malé Březno – koncentrační stavby, kde je významný nárůst obsahu některých kovů (Hg, Pb, Zn, Cu, As), ale i DDX, HCB a PAU. Obsahy DDX a HCB v lokalitě L8 jsou extrémní a ve vztahu k situaci před povodní došlo k nárůstu deseti- až stonásobně. což se týká zejména DDX a HCB, kde je nárůst deseti- až stonásobný. V tomto

úseku došlo pravděpodobně během povodně k novému uložení kontaminovaných sedimentů, které byly před povodní v oblasti kolem Ústí nad Labem (přístavy, oblast kolem ústí řeky Bíliny). S tím koresponduje výrazné zlepšení kvality sedimentů v lokalitě L15 – Krásné Březno – ústřední přístav, kde došlo k významnému poklesu obsahu většiny kovů a zejména HCB a DDX, tj. znečišťujících látek pocházejících z této oblasti. Naopak u znečišťujících látek přicházejících z povodí výše po toku Labe, nejsou patrné významné změny obsahu (PAU) či je dokonce mírný nárůst (PCB). Tento nález je možno vysvětlit odnosem původních lokálně kontaminovaných sedimentů za povodně a uložení nových sedimentů, které přinesla povodeň z povodí výše po toku. Významný nárůst obsahu mědi u vzorku L10 – Povrly – koncentrační stavby má patrně souvislost se zaplavením retenčních prostorů mimo koryto řeky pod podnikem hutního průmyslu.

Červnová povodeň dále nabídla příležitost porovnat kvalitu starých sedimentů s čerstvými sedimenty, které byly přineseny z oblasti povodí Labe výše po toku, a tím potvrdit pravděpodobnou lokalizaci zdrojů kontaminace říčních sedimentů. Situace na řece Bílině nebyla extrémní povodní v červnu ovlivněna. Výsledky stanovení vybraných ukazatelů v povrchové vrstvě čerstvých sedimentů odebraných na 7 profilech v povodí Labe od Obříství (ř. km. 842,127) po státní hranici, přičemž v zájmové oblasti projektu leží pouze odběrové profily Vaňov – přístavní můstek (L17), Nebočadský luh (L6) a Hřensko – pravý břeh u přístavu, jsou uvedeny v tab. IV.d/2.

Z výsledků je patrné, že jakost těchto čerstvých sedimentů přinesených povodní z oblastí výše po toku je významně lepší než jakost starých sedimentů. Horní prahová hodnota není pro většinu ukazatelů překročena, resp. překročení je relativně mírné. Výjimku tvoří zvýšené obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků, jejichž zdroj je však také mimo zájmovou oblast projektu, neboť kontaminace je prokazatelná již od profilu Obříství. Obdobná je situace u některých kovů (zejm. Ni, Hg a Pb), kdy je překročení horních prahových hodnot prokazatelné již od profilu Obříství. Naopak zvýšené nálezy DDX v profilu Nebočadský luh a HCB v profilech Nebočadský luh a Hřensko mají svůj původ v zájmové oblasti, kdy došlo k jejich přemístění v rámci povodí Dolního Labe pod Ústím nad Labem. Tyto závěry korespondují s výsledky analýz sedimentů z profilu Labe – Vaňov – přístavní můstek (L 17), které byly odebrány a analyzovány v rámci projektu a které prokázaly, že obsah HCB a DDX je nevýznamný nebo relativně nízký, což potvrzuje domněnku, že rozhodujícím zdrojem těchto látek v labských sedimentech pod Ústím nad Labem je povodí řeky Bíliny, resp. staré sedimenty uložené v postranních strukturách řeky Labe.

V. Kvantita sedimentů

a. Metodika

Při odhadu množství sedimentů se využívala celá řada přístupů, které byly dány velikostí toku, resp. velikostí lokality a jejím charakterem. Vedle plošných údajů (šířka a délka sledovaného úseku, resp. plošné vymezení lokality) bylo nutno odhadnout mocnost sedimentů v jednotlivých lokalitách. Kombinoval se terénní průzkum (zaměření lokalit, průzkumné sondy – odpichy železnou tyčí apod.) se studiem dostupných podkladů (mapové podklady, archiválie správce toku, provozní dokumentace údržby toku, studie záplavových území apod.). Tyto odhady jsou zatíženy určitou nejistotou vzhledem k heterogenitě uložení sedimentů, která by však neměla významně zkreslovat finální výsledky. Uvedené postupy tak umožňují nalézt místa uložení sedimentů, které svým objemem a mírou kontaminace ve spojení s odhadem možného rizika remobilizace těchto sedimentů představují potenciální riziko pro jiné oblasti v povodí řeky Labe.

b. Výsledky odhadu

Při kvantifikaci množství sedimentů bylo odhadnuto, že ve sledovaných lokalitách je uloženo celkem cca 20.700 m³ říčních sedimentů, z toho 7.200 m³ v dolní části povodí Bíliny a 13.500 m³ v povodí dolního Labe v úseku mezi Ústím nad Labem a státní hranicí. Odhadnutá množství sedimentů pro jednotlivé lokality se pohybují od 250 m³ do 2350 m³ na Bílině a od 200 m³ do 3600 m³ na Labi. Objemy nad 1000 m³ byly odhadnuty na Bílině v lokalitách „Bílina pod vtokem Klíšského potoka“ a „Chánov nad jezem“ a na Labi v lokalitách „Prostřední Žleb“, „Rozbělesy přístavní bazén“, „Nebočadský luh“ a „Svádov slepé rameno“. Množství sedimentů uložených v jezové zdrži Labe - Střekov nebylo hodnoceno, neboť tato lokalita není ovlivněna řekou Bílinou a do studie byla zařazena jako pozad'ová lokalita z hlediska kvality sedimentů. Rovněž nebyl proveden odhad uloženého množství sedimentů v lokalitě Labe – Velké Žernoseky, neboť tato lokalita rovněž není ovlivněna řekou Bílinou a do studie byla zařazena jako pozad'ová lokalita z hlediska modelování remobilizace sedimentů. Podrobné výsledky odhadu množství sedimentů pro jednotlivé sledované lokality jsou uvedeny ve dvojici tabulek V.b/1 a V.b/2.

VI. Posouzení remobilizace sedimentu

a. Modelování transportu sedimentů

V rámci projektu SedBiLa byly pro posouzení remobilizace sedimentů ve sledovaných lokalitách toku Labe a levostranného přítoku Bílina použity matematické modely založené na znalosti zrnitostních dat. Vzhledem k rozdílům ve velikosti a charakteru toku Bíliny a Labe byl zvolen rozdílný typ hydrodynamických modelů. Pro každý tok byla zhotovena samostatná studie s rozdílným metodickým přístupem.

V rámci studie remobilizace sedimentů byla úloha modelování transportu sedimentů omezena na část rovnic popisujících erozi materiálu. Proces je matematicky popsán ve vztahu k tangenciálnímu napětí působícího na konkrétní zrna dané velikosti a daného tvaru. Tangenciální napětí τ [N/m²] je chápáno jako funkce zejména lokální hloubky, rychlosti a tření. Eroze je považována za nelineární funkci zbytkového tangenciálního napětí. Pro tento předpoklad je nutné znát kritické smykové napětí τ_c , při kterém jsou překonány soudržné síly a tření a částice je uvedena do vlnosy. Odolnost vůči erozi kohezivních sedimentů je navíc dána mezi-částicovými elektro-chemickými vazbami.

V případě studie Labe byla pro výpočet využita teorie Engelund, Hansen, (1976) (1), která neuvažuje s prahovou hodnotou τ_c vzhledem k předpokladu, že tangenciální napětí je většinou významně vyšší než teoretická hodnota τ_c :

$$\Phi_t = 0.1 \frac{C^2}{2g} \theta^{2.5} \quad \text{a rovněž platí} \quad \Phi_t = \frac{q_t}{\sqrt{(s-1)gd^3}} \quad (1)$$

kde Φ_t [-] je rychlost celkového transport sedimentu, C je Chézyho součinitel, θ je tangenciální napětí, q_t je celkový odnos sedimentů, d je charakteristický průměr zrna a g představuje gravitační zrychlení.

Bezrozměrná veličina tangenciálního napětí je definována vztahem (2)

$$\theta = \frac{U_f^2}{(s-1)gd} \quad (2)$$

kde U_f je smyková rychlost vztažená k celkovému tření a s je relativní hustota sedimentu.

V případě Bíliny byla hodnota τ_c využita a to konkrétně v tvaru kritického Shieldsova parametru θ_c (viz 4.3.3).

a.1 Data o sedimentech

Při řešení remobilizace sedimentů ve sledovaných lokalitách byla použita tato data:

Labe – vzorkovací plán, Povodí Labe s. p., 2013 – stanovení profilů a jejich parametrů pro odběr vzorků

Bílina – vzorkovací plán, Povodí Ohře s. p., 2013 – stanovení profilů a jejich parametrů pro odběr vzorků

- Uložení sedimentů v lokalitách, PLA s. p., POH s. p. 2013 - upřesněné lokality uložení sedimentů v jednotlivých profilech odběrů
- Výsledky granulometrie SedBila, PŘFUK, 2013 – granulometrické rozborů odebraných vzorků v jednotlivých profilech včetně granulometrických křivek
- Koncentrace splavenin, ČHMU, 2009 – 2011- měřená data Bílina - Trmice a Labe – Ústí

b. Simulace pohybu sedimentů ve sledovaných lokalitách Dolního Labe

Zájmové území je definováno 18 profily s odběrnými místy na dolním toku Labe, v ř. km. 735 -783.

b.1 2D hydrodynamický model

Pro simulace pohybu sedimentů ve vybraných lokalitách Dolního Labe byl použit existující 2D hydrodynamický model Dolního Labe zpracovaný v rámci projektu „Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí horního a středního Labe a uceleného úseku Dolního Labe“ Povodí Labe s. p., DHI a.s., VRV a. s., 2012“ část modelu Ústí-Hřensko a část Mělník-Ústí v úseku Žernoseky-Střekov. Dále byla použita kalibrovaná data z předchozích modelů dolního Labe (např. Povodňový model Labe 2002; Rozšíření systému RIS v rámci projektu IRIS II, Implementace technologie, Model plavebních hladin, 2011 a další.)

b.2 2D model pohybu sedimentů

Pro simulace pohybu sedimentů ve sledovaných lokalitách byl použit hydrodynamický modul (HD) a sediment transport (ST) modul pro výpočet říční morfologie 2D modelu MIKE21 C, DHI a.s.

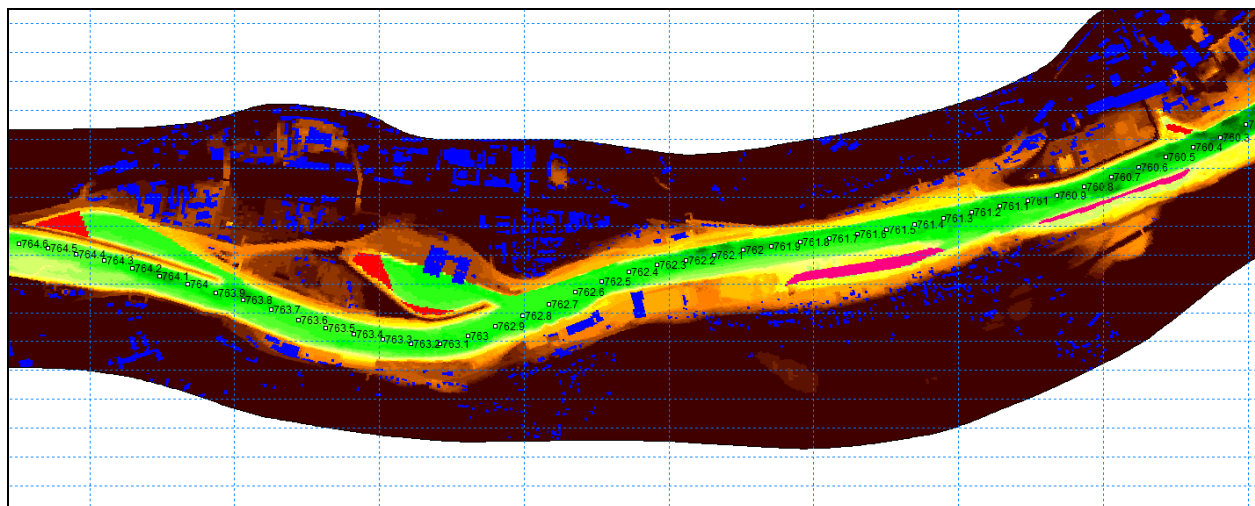
Modul pro výpočet říční morfologie provádí simulace pohybu sedimentů nad hydrodynamickým výpočtem na základě implementovaných rovnic a parametrů pro výpočet morfologických změn.

Základními vstupy pro simulace pohybu sedimentů jsou:

- funkční hydrodynamický model včetně zkalibrovaných drsností
- mapa zrnitostí
- mapa erodovatelné vrstvy
- volba transportní teorie (**Engelund-Hansen**, Van-Rijn a další)
- počáteční podmínky (koncentrace splavenin, úroveň dna)
- okrajové podmínky (koncentrace splavenin, úroveň dna)

b.3 Sestavení vrstev pro simulaci sedimentů

Na základě dodaných dat byla sestavena 2D mapa erodovatelných oblastí sestávající z ploch odpovídající velikosti dle zadání uložení sedimentů pro každou dílčí lokalitu. Teoretická mocnost vrstvy byla zadána 30 cm. Erodovatelná vrstva byla dále rozdělena na 2 výpočetní sady, plochy pro kohezivní a nekohezivní usazený materiál. V dalším kroku byla sestavena 2D mapa zrnitostí, kde byla v každé lokalitě k dané ploše přiřazena zrnitost na základě dodaného rozboru. V souladu s koncepcí 2D modelu byla zadávána zrnitost d_{50} vyčtena ze zrnitostní křivky pro každou vzorkovnici. Takto připravené mapy byly ještě mírně upravovány v rámci kalibrace modelu.



Obrázek VI/1: Ukázka 2D mapy terénu s plochami sledovaných oblastí (červená, fialová)

b.4 Kalibrace modelu

Sestavený model byl kalibrován dle dostupných známých údajů: průběhu povodňových vln 2006 a 2011 a měřených koncentrací splavenin pro tyto stavy. Zároveň byla vypočtena tečná napětí a porovnána s empirickými hodnotami pro odpovídající parametry. Byla provedena úprava 2D map v místech, kde odhadované plochy lokalit (PLa) zasahovaly nereálně do tranzitního proudu a nebyly by tak splněny podmínky pro jejich uložení i při běžném průtoku v Labi.

Simulace prokázaly shodné tendence nárůstu koncentrací splavenin s měřenými hodnotami v průběhu povodňových vln v Labi a i jejich nárůst s přítokem Bíliny. Počáteční koncentrace a okrajová podmínka koncentrací byla zadána jako nulová, takže shodný nárůst koncentrací splavenin v čase potvrzuje použitelnost modelu. Přesná kvantifikace v případě prováděných simulací sledovat nelze, neboť neznáme vstupní údaje ke všem sedimentům (tedy i nekontaminovaným) a měření koncentrací ve více profilech.

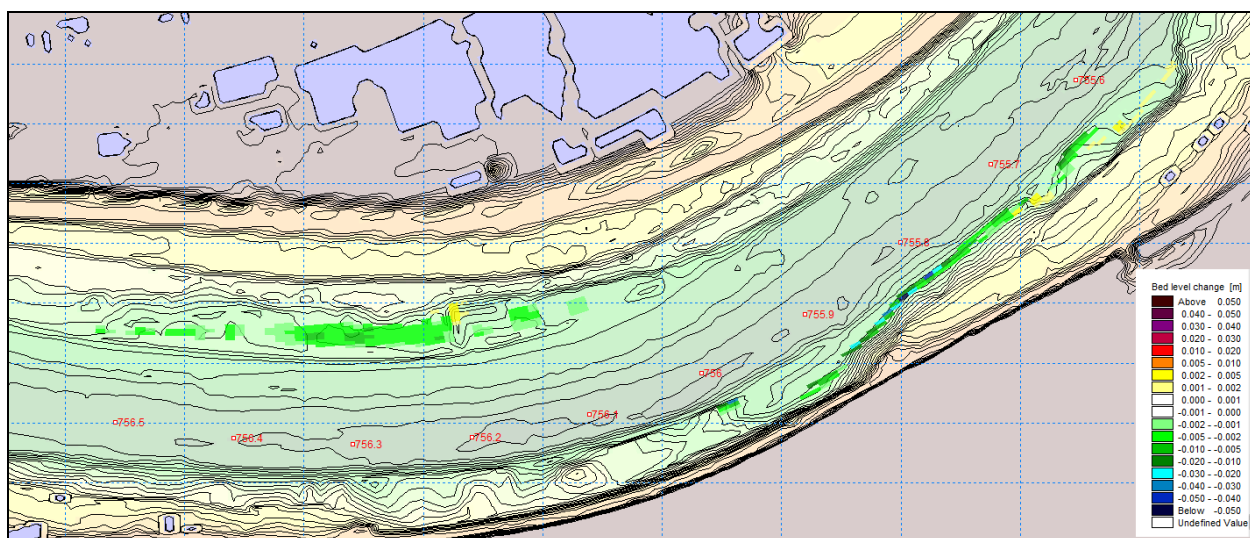
b.5 Simulace pohybu sedimentů

Na základě kalibračních běhů byly nejprve odvozeny návrhové průtoky, pro které byly vypočteny počáteční podmínky tak, aby byl zajištěn stav, kdy ještě nedochází ke vznosu částic ze sledovaných oblastí. Pro zkalibrovaný model byly dále sestaveny teoretické povodňové vlny, resp. jejich vzestupné větve. Tyto vlny byly odvozeny na základě reálných

povodňových vln, podle pozorované strmosti nárůstu průtoku na vzestupné větvi a byl stanoven teoretický ekvidistantní přírůstek hodinového průtoku ($\Delta = 35 \text{ m}^3/\text{s}$). Tímto byl stanoven průtokový zatěžovací stav pro remobilizaci sedimentů z posuzovaných lokalit. Byly spuštěny celkem 4 sady výpočtů, tj. 2 úseky modelu a 2 sady erodovatelných ploch (kohezivní/nekohezivní).

b.6 Výsledky 2D simulací

Výsledkem simulací jsou prvotně mapy změn dna a koncentrací. Tyto údaje byly podrobně vyhodnocovány na základě stanovených kritérií tak, aby byl s reálnou pravděpodobností stanoven počátek pohybu sedimentů – tj. remobilizace sledovaných nánosů v zadaných lokalitách. Kritérium pro remobilizaci sedimentů bylo stanoveno jako souvislé snižování polohy dna v definované erodovatelné oblasti o zadané zrnitosti po dobu několika hodin v řádu mm. (1 mm/hod). Zároveň byl tento jev porovnán s hydrodynamickými jevy po daný časový okamžik. Z rozboru výsledků vyplývá, že k vyplavení sedimentů dochází téměř vždy v okamžiku zprůtočnění dané lokality a propojení s hlavním tokem Labe.



Obrázek VI/2: Ukázka zpracování výsledků v modelu M21

c. Simulace pohybu sedimentů ve sledovaných lokalitách Bíliny

Zájmové území je definováno 9-ti lokalitami s odběrnými místy na toku Bílina, v úseku ř. km 0 – 54.893.

c.1 Sestavení hydrodynamického modelu Bíliny a jeho kalibrace

Pro úlohu stanovení počátku vznosu kontaminovaných sedimentů na toku Bílina byl zvolen přístup 1D schematizace koryta vzhledem k předpokládaným příčinným průtokům menším či rovnajícím se kapacitě koryta. Model sestává z 3 větví (hlavní tok, pravostranný a levostranný náhon v Trmicích), 597 příčných profilů s průměrnou vzdáleností 100 m převzatých ze studie SZU Bílina 2010 a upravených pro potřeby korytového modelu, 12 jezů schematizovaných objektem popisujícím ztrátu energie a 3 nejméně kapacitních mostů schematizovaných objektem popisujícím ztrátu energie. Zbýlých 90 objektů na toku je zadáno

uzavřeným profilem. Předpoklad, že hladina nepřesáhne niveletu horní mostovky, je při omezení rozsahu průtoků do kapacity koryta splněn.

Hydrodynamický model byl kalibrován na základě pozorovaných hydrogramů událostí srpen 2009 (v úseku mezi stanicemi Chotějovice a Trmice) a leden 2011 (v úseku mezi stanicemi Bílina a Trmice). Vzhledem k nedostatku informací o přírůstku průtoků mezi stanicemi byla kalibrována pouze postupivost povodňové vlny. Přírůstek z mezi-povodí byl dopočten a distribuován na základě zkušeností ze SZU Bílina 2010.

c.2 Neustálený výpočet na základě syntetických hydrogramů

Pro sestavení okrajových podmínek produkčních výpočtů bylo využito následující schéma. Hydrogramem je zadána horní okrajová podmínka, přítok Bouřlinec a přírůstek z mezi-povodí mezi stanicemi Chotějovice a Trmice (distribuovaný přítok definovaný mezi ř. km 29,829 (Přítok Bouřlivec) a ř. km 19,312 (Přítok Bystřice). V tomto úseku toku přitékají všechny podstatné přítoky mezi profily Chotějovice a Trmice. Ostatní přítoky byly zadány bodovým zdrojem s konstantním průtokem (podle SZU Bílina) v místě ústí do toku Bílina.

Syntetické hydrogramy byly vytvořeny pro následující stanice:

- Bílina – Most (ř. km 50,631) – tento profil byl zvolen jako horní okrajová podmínka
- Bílina – Trmice (ř. km 3,684) – tento profil slouží jako kontrolní profil postupivosti syntetické vlny a pro dopočet okrajových podmínek v průběhu toku
- Bílina – Bouřlivec - nejvýznamnější přítok byl zadán rovněž syntetickým hydrogramem

Data ostatních stanic byla použita pro stanovení okrajových podmínek v průběhu toku, které jsou zadány jako konstantní distribuovaný či bodový přítok.

Hydrogramy známých povodní byly normalizovány na ose x i na ose y a sloužily k vyhodnocení charakteristického tvaru povodňové vlny. Schéma okrajových podmínek neustáleného syntetického výpočtu bylo stanoveno na základě poměrů známých hydrogramů k příslušnému hydrogramu Trmice. Tvary povodňových vln byly syntetické a kulminační hodnota odpovídá přibližným hodnotám Q_{10} pro známé stanice (největšího očekávaného průtoků).

Pro stanovení počátečních podmínek byly spočteny hodnoty Q_a z disponovaných dat měrných profilů LG Jiřetín, LG Most, LG Bílina, LG Trmice v časovém intervalu mezi lety 2002-2012:

LGS	Q_a [m^3/s]
LG Jiřetín	1,7
LG Most	2,6
LG Bílina	3,1
LG Trmice	6,0

c.3 Stanovení průtokových podmínek remobilizace jemnozrnných sedimentů

Vzhledem k tomu, že byl pro výpočet zvolen přístup 1D hydraulického modelování, bylo zpočátku aproximováno, že v profilu je vrstva sedimentů rozdělena rovnoměrně. Test za využití ST (Sediment Transport) a ADCST (Advection-Dispersion Cohesive Sediment Transport) prokázal, že tato aproximace je přílišná vzhledem k tomu, že docházelo ke vznosu jemnozrnných kohezivních sedimentů i při průtoku odpovídajícím Q355. Pro stanovení kritického průtoku počátku odnosu materiálu bylo využito rychlostní pole sestavené z výsledků 1D simulace. K převedení bodových výsledků střední profilové rychlosti do plochy bylo využito lineární interpolace mezi výpočetními body a přepočtení svislicových rychlostí příčně po profilu. Rychlostní pole bylo schematizováno na základě aproximace neměnného vertikálního profilu. Pro rozpočet střední profilové rychlosti příčně po profilu byla zvolena metoda vycházející z distribuce modulu průtoku podle Manningovy rovnice (3).

$$K = \int_0^B h^{5/3} M dx \quad \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (3)$$

Kde K je modul průtoku, h je lokální hloubka měnící se v příčném profilu, B je šířka hladiny a M je Manningův drsnostní součinitel. Při takto schematizovaném příčném profilu je lokální rychlost pro konkrétní úsek příčného profilu definována vztahem (4).

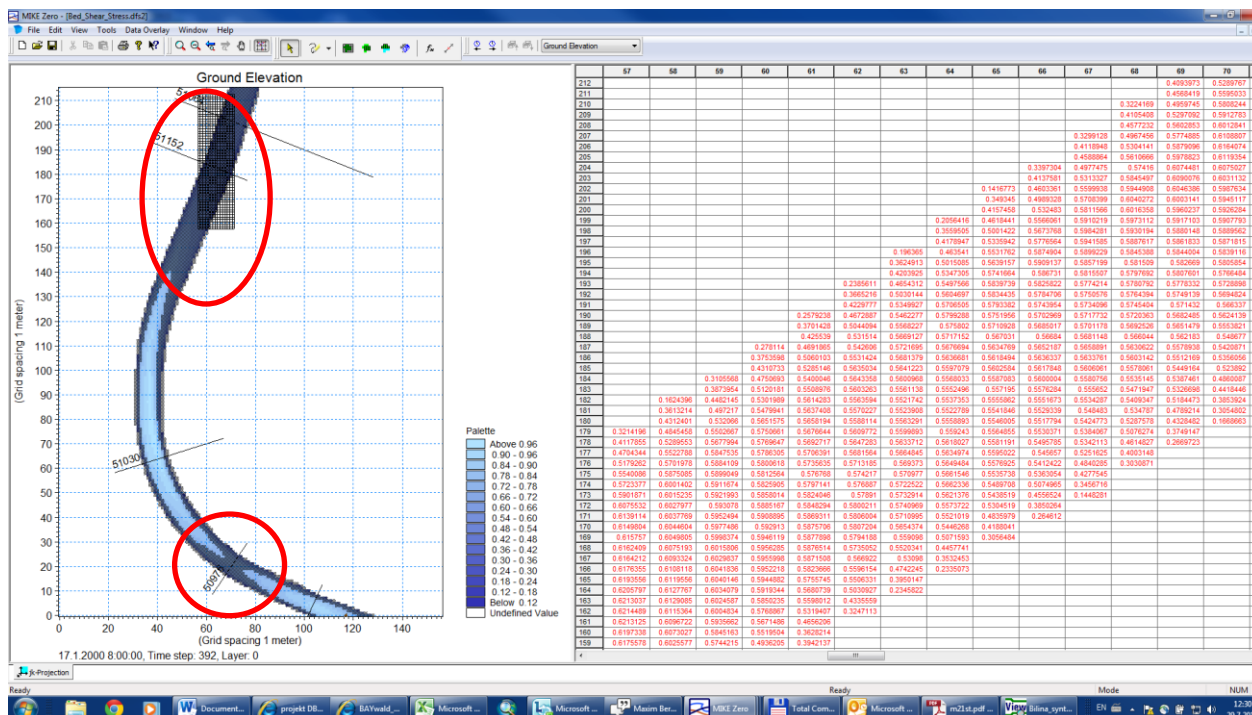
$$v(x, t) = \frac{Q(t)}{(K)} M h^{2/3} \quad \left[\frac{m}{s} \right] \quad (4)$$

Pomocí této aproximace je možné nalézt rychlost v každém bodu definovaném jako lom příčného profilu. Ve všech ostatních bodech je hodnota získána lineární interpolací.

Sestavené rychlostní pole spolu s mapou hloubek vzniklou lineární interpolací mezi profily bylo použito k výpočtu smykového napětí podle vztahu (5).

$$\tau = \rho g h I_R \quad \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad \text{kde} \quad I_R = \frac{v^2}{M^2 h^{4/3}} \quad [-] \quad (5)$$

Kde ρ je hustota vody, h je hloubka, I_R je bezrozměrný sklon, v rychlost a M Manningův drsnostní součinitel. Gridové výstupy byly vytvořeny pro 9 lokalit vytypovaných v etapě 2. Z gridových výstupů byly vyhodnoceny sub-lokality s potenciálem k uložení jemnozrnného sedimentu (Obr. 3). Tyto sub-lokality byly pozorovány v rámci výpočtu průchodu syntetické vlny v časových horizontech s intervalem 1 hodina. Jako práh odnosu sedimentu byl zvolen časový krok, ve kterém došlo k prudkému zvýšení hodnoty smykového napětí a jejímu následnému růstu. V případě sub-lokality ústí Klíšského potoka nebyl podobný práh detekován a za práh odnosu splavenin byl zvolen časový krok, při kterém hodnota smykového napětí přesáhla $1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$.

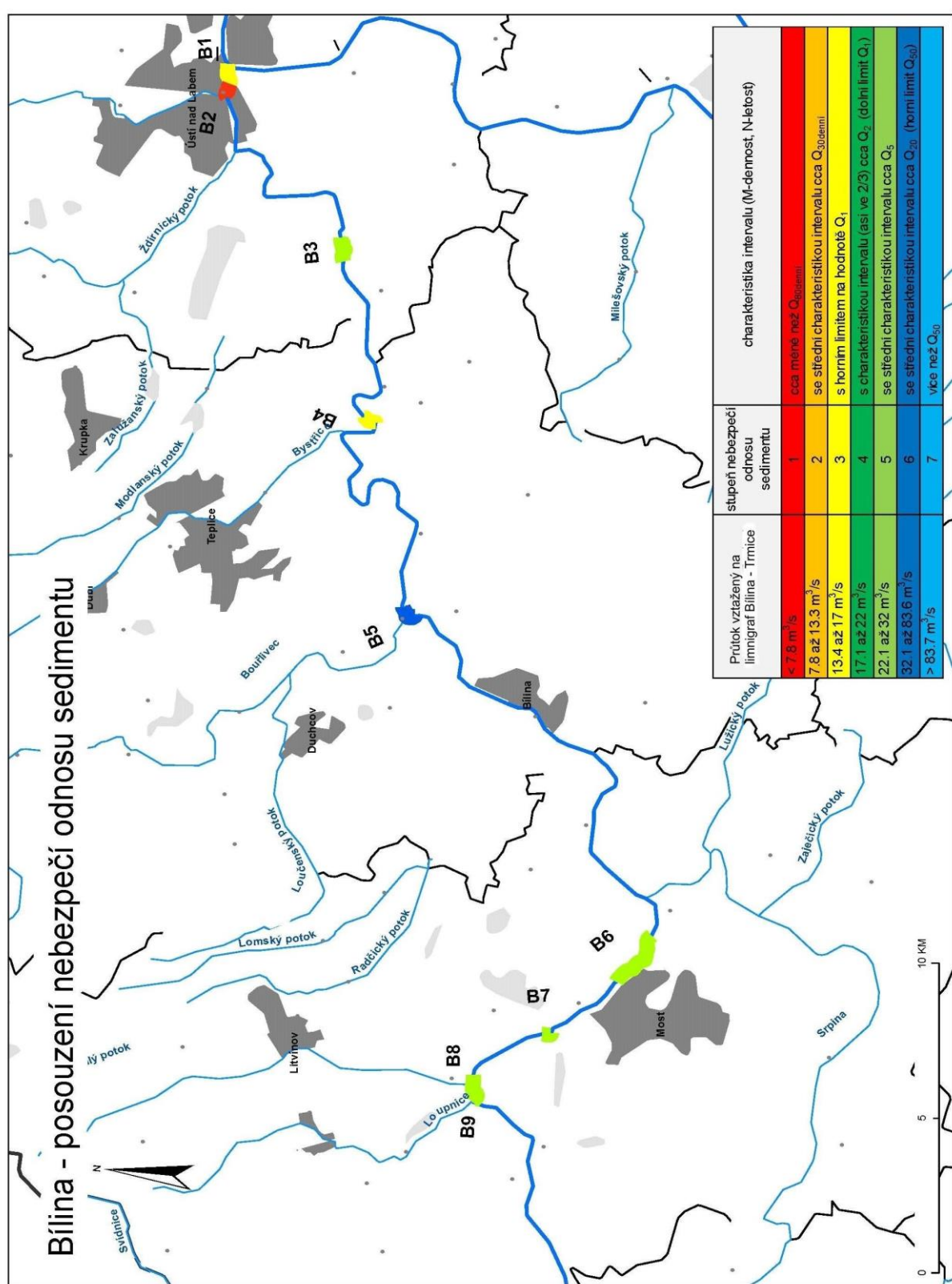


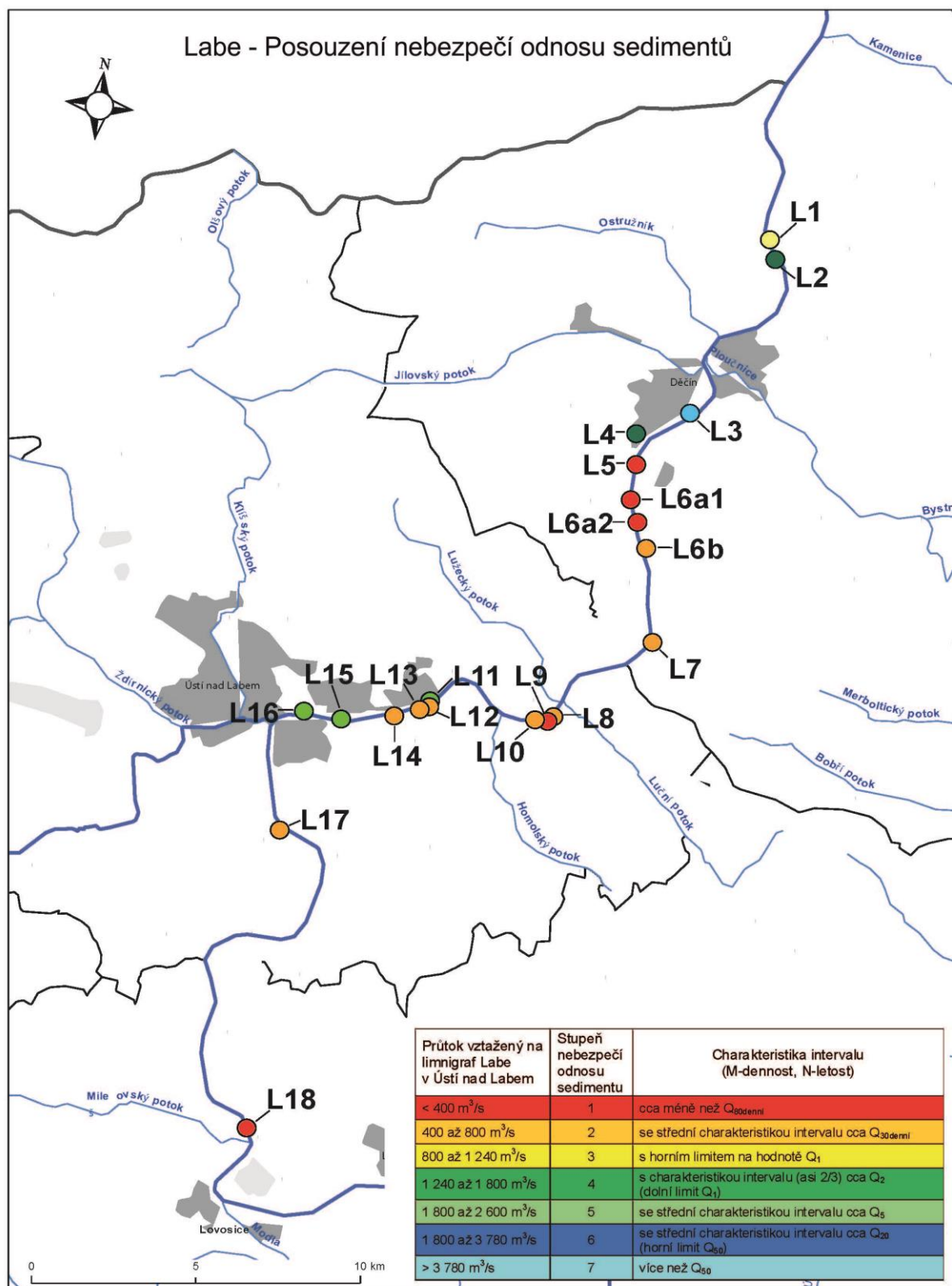
Obrázek VI/3: Příklad vytipování sub-lokalit s potenciálem k uložení jemnozrnných sedimentů (červeně) na gridovém výpočtu smykového napětí v jednom časovém kroku pro lokalitu B7.

Analýza sub-lokalit s potenciálem k uložení jemnozrnných sedimentů byla zprůměrněna vypočtenými hodnotami kritického smykového napětí, výpočtem určeného teoretického prahu pro počátek odnosu sedimentu. Kritické smykové napětí τ_c bylo spočteno pomocí Shieldsova parametru, přičemž v případě kohezivních vzorků byly uvažovány hodnoty cca dvojnásobné.

d. Hodnocení

V závěru hodnocení obou toků bylo provedeno zpracování do tabulek VI.d/1 a VI.d/2 a mapy dle průtoků v dané lokalitě a pravděpodobnosti překročení. Na základě pravděpodobnosti překročení daného průtoku byly lokální hodnoty vztaženy k hodnotám příslušejícím profilům monitoringu – LGS Ústí nad Labem pro lokality řeky Labe a LGS Trmice pro lokality řeky Bílina. Tento vztah umožňuje lepší představu o příčinných podmínkách v rámci celé studie.





VII. Posouzení významnosti rizika lokalit

Při posouzení významnosti rizika lokalit pro mezinárodní povodí Labe byl zvolen postup, který vycházel z metodiky ze závěrečné zprávy „Správná praxe pro nakládání se sedimenty v povodí Labe“, který zpracovala skupina expertů Management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe. Tento přístup zohledňuje trojici hledisek pro jednotlivé lokality:

- míru kontaminace sedimentů, kdy byly porovnány naměřené hodnoty s prahovými hodnotami ke klasifikaci sedimentů v povodí Labe
- odhad množství uložených sedimentů, kdy byly pro účely studie zvoleny
- míra rizika remobilizace uložených sedimentů

Pro hodnocení míry kontaminace byly naměřené hodnoty pro jednotlivé lokality a ukazatele porovnány s prahovými hodnotami ke klasifikaci sedimentů v povodí Labe. Při překročení horní prahové hodnoty bylo dále hodnoceno, zda je prahová hodnota překročena, významně překročena či extrémně překročena. Ukazatele byly hodnoceny v rámci logických skupin, případně jednotlivě podle jejich významnosti.

Pro hodnocení odhadu množství sedimentů byly pro účely studie zvoleny tři množstevní kategorie s hranicemi „malé množství $\leq 250 \text{ m}^3$ “, „střední množství $250-1000 \text{ m}^3$ “ a „velké množství $\geq 1000 \text{ m}^3$ “.

Pro hodnocení rizika remobilizace byly využity výstupy z matematických modelů pro řeku Labe a pro řeku Bílinu, kdy bylo vytvořeno sedm kategorií podle velikosti průtoku, za kterého se předpokládá začátek uvolňování sedimentů. Průtoky byly vztaženy pro Labe na limnigraf Ústí nad Labem a pro Bílinu na limnigraf Trmice.

Výše uvedená dílčí hodnocení byla shrnuta do společných tabulek VII/1 pro Labe a VII/2 pro Bílinu. Kombinací těchto dílčích hodnocení byla odhadnuta významnost celkového rizika pro jednotlivé lokality, která je rovněž uvedena v tabulkách. Přitom byly zvoleny čtyři kategorie významnosti rizika – „nevýznamné“, „malé“, „střední“ a „velké“.

Na Labi se jako velmi významné jeví následující lokality:

L1 – Loubí - slepé rameno, kde je střední riziko remobilizace a střední množství sedimentu v kombinaci s extrémně překročenou hodnotou obsahu DDX a významně překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně Hg, HCB a fluoranthenu

L8 – Malé Březno - koncentrační stavby, kde je zvýšené riziko remobilizace a střední množství sedimentu v kombinaci s extrémně překročenou hodnotou obsahu DDX a HCB a významně překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně Hg, Cd, Pb a fluoranthenu

L9 - Malé Březno - koncentrační stavby, kde je velké riziko remobilizace a malé množství sedimentu v kombinaci s extrémně překročenou hodnotou obsahu DDX a významně překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně Hg, Cd, HCB, fluoranthenu a anthracenu

L10 – Povrly - koncentrační stavby, kde je zvýšené riziko remobilizace a střední množství sedimentu v kombinaci s extrémně překročenou hodnotou obsahu Cu a významně překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně HCB, Cd a Zn.

Jako středně významné se dále jeví lokality:

L5 – Boletice n.L. -Vilsnice – koncentrační stavby, kde je velké riziko remobilizace a střední množství sedimentu v kombinaci s překročenou hodnotou obsahu DDX, HCB, Hg, Pb a fluoranthenu

L6 – Nebočady – Nebočadský luh, kde je velké riziko remobilizace a velké množství sedimentu v kombinaci s překročenou hodnotou obsahu DDX, HCB, Hg a Pb

L7 – Těchlovice – koncentrační stavby, kde je zvýšené riziko remobilizace a malé množství sedimentu v kombinaci s významně překročenou hodnotou fluoranthenu a překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně DDX a HCB

L12 – Svádov – koncentrační stavby, kde je zvýšené riziko remobilizace a střední množství sedimentu v kombinaci s významně překročenou hodnotou obsahu DDX a překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně Hg

L13 – Svádov – koncentrační stavby, kde je zvýšené riziko remobilizace a střední množství sedimentu v kombinaci s významně překročenou hodnotou obsahu DDX a fluoranthenu a překročenou hodnotou pro další ukazatele včetně HCB, Hg, Cd, Pb

U ostatních lokalit lze ohodnotit významnost rizika jako malé či nevýznamné, zejména z důvodu nízkého rizika remobilizace. Příkladem je **lokalita L16 – Krásné Březno – západní přístav**, kde je extrémně překročená prahová hodnota DDX a anthracenu a významně překročená hodnota pro další ukazatele včetně HCB, Hg, Cd a Pb, ale kde je pouze střední množství sedimentu, který se může remobilizovat pouze za vysokých průtoků, kdy dojde k přelití ochranné hráze přístavu.

Na Bílině se jako velmi významná jeví následující lokalita:

B2 – Ústí n.L. - pod vtokem Klíšského potoka, kde je velké riziko remobilizace a velké množství sedimentu v kombinaci s extrémně překročenou hodnotou obsahu Hg a významně překročenou hodnotou pro řadu ukazatelů včetně DDX, HCB a Cd

Jako středně významná se dále jeví lokalita:

B 1 – Ústí n.L. - pod přemostěním, kde je zvýšené riziko remobilizace a malé množství sedimentu v kombinaci s významně překročenou hodnotou obsahu HCB a překročenou hodnotou pro řadu ukazatelů včetně Hg.

U ostatních lokalit lze ohodnotit významnost rizika jako malé či nevýznamné, zejména s ohledem na omezenou schopnost remobilizace. Příkladem jsou lokality **B 7 – Komořany** a **B 8 – Záluží**, kde jsou extrémně překročené prahové hodnoty pro celou řadu ukazatelů

včetně HCH, polycyklických aromatických uhlovodíků, Hg a Zn, ale kde je pouze střední množství sedimentu, který se může remobilizovat jen za vysokých průtoků.

VIII. Návrhy opatření

Na základě výsledků této studie lze navrhnout následná opatření, která by měla být realizována ke snížení rizika negativních dopadů starých kontaminovaných sedimentů ve studované zájmové oblasti na jakost sedimentů v mezinárodním povodí Labe níže po toku:

- Pokračovat ve sledování lokalit zahrnutých do studie, aby se mohl vyhodnotit časový vývoj kontaminace sedimentů.
- Pokusit se zpřesnit odhady uloženého množství sedimentů, zejména v lokalitách s velmi významným a středně významným rizikem pro management sedimentů v oblastech níže po toku.
- Při případných povodňových situacích prověřit, zda odhady remobilizace pomocí matematických hydrodynamických modelů odpovídají skutečnému chování sedimentů.
- Zpracovat záměry technických možností odstranění sedimentů z lokalit s velmi významným a středně významným rizikem včetně odhadu finančních prostředků pro sanaci.
- Zvážit možnosti legislativních nástrojů, které lze využít pro podporu sanace problémových lokalit, a možnosti synergických efektů pro sladění zájmů ochrany mezinárodního povodí Labe, zájmů ochrany přírody, protipovodňových opatření apod.
- Hledat možné zdroje financování sanačních opatření včetně odstranění kontaminovaných sedimentů z rizikových lokalit.
- Posoudit případnou účelnost sanací lokalit s vysokým obsahem škodlivých látek relevantních pro Labe, které se však mohou remobilizovat až za vysokých průtoků.
- Využít zkušenosti a metodické přístupy z projektu při zpracování obdobných studií v dalších lokalitách s rizikem uložení starých kontaminovaných sedimentů, které mohou mít dopad na management sedimentů v mezinárodním povodí Labe, resp. které mohou znamenat závažný lokální problém.
- Prezентovat výstupy z tohoto projektu odborné veřejnosti jako modelový příklad pro využití přístupů uvedených ve Správné praxi pro nakládání se sedimenty v povodí Labe, kterou zpracovala skupina expertů Management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe.

IX. Shrnutí – závěry

V rámci studie byla zpracována rozsáhlá rešerše, která se týkala zájmové oblasti v dolním povodí Bíliny od jezu Horní Jiřetín po soutok s Labem v dolním povodí Labe od Ústí nad Labem po státní hranici. Na základě této rešerše a na základě místních znalostí správců povodí doplněných terénním průzkumem byly vytipovány konkrétní lokality, ve kterých může docházet k ukládání sedimentů. Tyto sedimenty s obsahem škodlivých látek mohou jako stará zátěž představovat riziko pro management sedimentů níže po toku v mezinárodním povodí Labe.

Byly navrženy vzorkovací plány pro Bílinu a Labe. Hlavní pozornost byla u řeky Bíliny věnována místům s uloženými sedimenty v toku. Hlavní pozornost byla u řeky Labe věnována bočním strukturám, které jsou sice spojeny s řekou, ale jsou protékány jen za vyšších průtoků, tj. prostorům za koncentračními stavbami, starým ramenům, přístavním bazénům apod. Celkem bylo studováno 18 lokalit na Labi včetně dvou pozadových a 9 lokalit na Bílině. V souladu se vzorkovacími plány byly s použitím standardních akreditovaných postupů odebrány vzorky, které byly následně analyzovány s použitím akreditovaných standardních zkušebních metod. U odebraných vzorků byly rovněž provedeny zrnitostní analýzy, jejichž výsledky byly využity při odhadu rizika remobilizace sedimentů. Vzhledem k povodňové situaci v červnu 2013 musely být odběrové práce a analýzy obsahu škodlivých látek zopakovány v červenci 2013, aby výsledky odpovídaly aktuálnímu stavu po této extrémní povodni.

Z hlediska kvality sedimentů byla zmapována míra kontaminace sedimentů v jednotlivých lokalitách, přičemž byly pro škodlivé látky relevantní pro Labe využity dolní a horní prahové hodnoty uvedené v závěrečné zprávě „Správná praxe pro nakládání se sedimenty v povodí Labe“, který zpracovala skupina expertů Management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe. Lze konstatovat, že u sedimentů ze všech sledovaných lokalit jsou překračovány horní prahové hodnoty, tj. jejich kvalita je z pohledu managementu sedimentů v mezinárodním povodí Labe nevyhovující a riziková.

Na Labi se jedná zejména o významně zvýšené obsahy p,p'-DDT a jeho metabolitů a hexachlorbenzenu, jejichž zdroje jsou, resp. byly ve sledované oblasti na Labi a Bílině. Dále jsou významně zvýšené obsahy některých kovů a metaloidů, zejména rtuti, kadmia, olova, mědi, zinku a arsenu. Zatímco ke kontaminaci sedimentů olovem, arsenem, mědí a částečně rtutí přispívají zdroje ve sledované oblasti, u zinku, kadmia a částečně rtuti pochází významné znečištění z oblastí povodí Labe výše po toku. Extrémní kontaminace mědí v oblasti Povrly patrně souvisí s místní kovohutí. Nebyla prokázána kontaminace labských sedimentů pentachlorbenzenem a isomery hexachlorcyklohexanu, ojedinělé nálezy souvisí se zdroji v povodí Bíliny. Obsahy polychlorovaných bifenyly vykazují rozkolísané hodnoty, které souvisejí s plošnou kontaminací v celém povodí Labe. Zdroje těchto látek a negativní ovlivnění ve sledovaných oblastech nebylo prokázáno. Významná je i kontaminace polycyklickými aromatickými uhlovodíky, jejichž zdroje leží jak výše po toku, tak ve sledované oblasti, zejména v povodí Bíliny. Na kontaminaci sedimentů těmito látkami

se pravděpodobně spolupodílí i lodní doprava, neboť nejvyšší nálezy jsou zejména v oblasti přístavních bazénů. Souvislost s lodní dopravou je rovněž patrná u tributylcínu, jehož nejvyšší nálezy jsou v oblasti přístavních bazénů.

Na Bílině se jedná o zvýšené obsahy těžkých kovů a metaloidů, zejména rtuti, kadmia, mědi a arsenu. Vysoké obsahy jsou zejména téměř celé sledované oblasti, nejvyšší nálezy byly nalezeny v oblasti Záluží a v Ústí nad Labem. Zvýšené obsahy p,p'-DDT a jeho metabolitů byly prokázány pouze v některých lokalitách, zejména v oblasti Komořany a v Ústí nad Labem, přičemž výsledky jsou značně rozkolísané. Kontaminace hexachlorbenzenem byla prokázána pouze v závěrečném úseku v Ústí nad Labem, takže pravděpodobně souvisí s chemickým průmyslem v této oblasti. Významná je kontaminace isomery hexachlorcyklohexanu zejména v oblasti Záluží a Komořany, kde jsou obsahy u některých vzorků extrémní. Toto znečištění patrně souvisí s místním chemickým průmyslem, přímý dopad na kvalitu labských sedimentů neštěstí nebyl prokázán. V rozporu s rešerší nebyla prokázána kontaminace sedimentů ze sledovaného úseku Bíliny polychlorovanými bifenyley, ojedinělé nálezy jsou pouze v oblasti Ústí nad Labem. Významné jsou i obsahy polyaromatických uhlovodíků, zejména v oblasti Komořan a Hostomic.

Na základě výsledků z jednotlivých lokalit a s přihlédnutím k míře kontaminace sedimentu v pozadové lokalitě Labe - Střekov, tj. nad soutokem s řekou Bílinou v Ústí nad Labem bylo diskutováno, které škodlivé látky mají svůj zdroj v zájmové oblasti a které přicházejí z oblastí Labe výše po toku. K potvrzení závěrů byly využity i rozbory čerstvých sedimentů, které přinesla červnová povodeň z oblastí výše po toku.

U lokalit na Labi byla provedena diskuse vlivu povodně na míru kontaminace v jednotlivých lokalitách. Výsledky potvrzují, že během této extrémní povodně došlo k pohybu kontaminovaných sedimentů, jejich odnosu a ukládání níže po toku, což se projevilo i výraznými změnami obsahu škodlivých látek v jednotlivých lokalitách (viz hodnocení v kapitole...). Na příkladu mědi v lokalitě Labe – Povrly bylo rovněž zdokumentováno ovlivnění jakosti sedimentů lokální zátěží jako důsledek zaplavení oblastí mimo tok Labe.

Co se týče odhadu množství sedimentů, byl proveden jejich kvalifikovaný odhad, přičemž se kombinoval terénní průzkum a zmapování lokalit se studiem dostupných podkladů. Bylo odhadnuto, že ve sledovaných lokalitách je uloženo celkem cca 20700 m³ říčních sedimentů, z toho cca 7200 m³ v dolní části řeky Bílina a cca 13500 m³ v povodí dolního Labe mezi Ústím nad Labem a státní hranicí.

Při odhadu míry rizika remobilizace byly využity postupy matematického modelování s využitím znalosti zrnitostních dat. Vzhledem k rozdílům ve velikosti a charakteru toku Bíliny a Labe byl zvolen rozdílný typ hydrodynamických modelů – pro Bílinu byl použit 1D hydrodynamický model a pro Labe 2D hydrodynamický model. Výstupem těchto modelů jsou odhady počátku pohybu sedimentů ve vazbě na hodnotu průtoku, který byl na Labi vztažen k limnigrafickému profilu Ústí nad Labem a na Bílině k limnigrafickému profilu Trmice. Jednotlivé lokality byly zařazeny do sedmibodové stupnice, která vyjadřuje stupeň

nebezpečí odnosu sedimentu ve vazbě na průtok, resp. M-dennost či N-letost průtoku. Výstupy byly zpracovány v tabelární a grafické formě jako přehledný mapový podklad.

Pro posouzení rizika významnosti jednotlivých lokalit pro mezinárodní povodí Labe byl zvolen metodický přístup doporučený skupinou expertů „Management sedimentů“ Mezinárodní komise pro ochranu Labe, který vychází z principu kombinace trojice hledisek pro jednotlivé lokality, tj. míry kontaminace škodlivými látkami relevantními pro Labe, odhadu množství uložených sedimentů a jejich schopnosti remobilizace za vyšších průtoků. S použitím těchto kritérií se jako velmi významné jeví na Labi čtyři lokality: L1 Loubí slepé rameno, L8 Malé Březno koncentrační stavby, L9 Malé Březno koncentrační stavby a L10 Povrly koncentrační stavby. Jako středně významné je možno označit na Labi dalších pět lokalit: L5 Boletice n.L. Vilsnice koncentrační stavby, L6 Nebočady Nebočadský luh, L7 Těchlovice koncentrační stavby, L12 Svádov koncentrační stavby a L13 Svádov koncentrační stavby. Na Bílině se jako velmi významná jeví lokalita B2 Ústí nad Labem pod vtokem Klíšského potoka a jako středně významná lokalita B1 Ústí nad Labem pod přemostěním. Silně kontaminované sedimenty z lokalit B7 Komořany a B8 Záluží mají omezenou schopnost remobilizace, takže mohou představovat riziko pro oblasti v povodí Labe jen za velmi vysokých průtoků. Tato situace je obdobná s lokalitami přístavů na Labi v Krásném Březně, kde sice jsou zvýšené obsahy některých kontaminantů, ale k jejich uvolnění může dojít pouze za velmi vysokých vodních stavů, kdy dojde k přelítí hrází ochranných přístavů.

V rámci studie byla navržena i některá opatření, která by snížila možná rizika negativních dopadů starých kontaminovaných sedimentů ve studované zájmové oblasti na jakost sedimentů v mezinárodním povodí Labe níže po toku. Data získaná v rámci studie mohou představovat výchozí základnu pro další postup. Uvedeným lokalitám by měla být věnována pozornost, a to jak při sledování vývoje kvality sedimentů včetně časových změn, tak při zpřesnění uloženého množství sedimentů. Cílem by mělo být odstranění starých sedimentů z nejrizikovějších lokalit z toku Bíliny, resp. z bočních struktur řeky Labe. V případě lokalit s velmi významným rizikem se jedná o sedimenty v objemu cca 1900 m³ na Labi a cca 1000 m³ na Bílině. V případě středně významných lokalit se jedná o dalších cca 5200 m³ na Labi a cca 1000 m³ na Bílině. Odstranění sedimentů odtěžením má však několik aspektů, jejichž řešení již leží mimo rámec této studie. Jedná se jednak o finanční stránku věci, kdy při hrubém odhadu nákladů na odtěžení sedimentů a jejich odvoz na skládku ve výši cca 1000 až 2000 Kč/m³ se může jednat na Labi o částky cca 1.900.000 až 3.800.000 Kč při odtěžení sedimentů z velmi významných lokalit a o částky dalších cca 5.200.000 až 10.400.000 Kč pro středně významné lokality. Na Bílině je tento hrubý odhad cca 1.000.000 až 2.000.000 Kč pro velmi významnou lokalitu a dalších cca 250.000 až 500.000 Kč pro středně významnou lokalitu. Pokud bychom zvažovali odtěžení silně až extrémně kontaminovaných sedimentů v lokalitách s menším rizikem remobilizace, náklady na odtěžení těchto lokalit dále vzrostou. Druhým aspektem, který může zásadně komplikovat možnost odtěžení sedimentů v některých lokalitách, jsou zájmy ochrany přírody a krajiny, neboť některé boční struktury na Labi jsou z tohoto pohledu předmětem zájmu laické i odborné veřejnosti či dokonce požívají statut ochrany. Příkladem je Nebočadský luh, ve kterém je uloženo cca 3.600 m³ sedimentů a který byl vyhodnocen jako středně významná

lokalita z hlediska ohrožení mezinárodního povodí Labe. Nebočadský luh je od roku 1994 evidovanou přírodní památkou jako slepé rameno s vyvinutým lužním lesem a významné ornitologické hnízdiště a zimoviště ve správě chráněné krajinné oblasti České středohoří. Provádění sanačních prací včetně odtěžení sedimentů v takovéto lokalitě je značně komplikované a nemá velkou naději na úspěch. Třetím aspektem, který souvisí jak s nutným objemem financí, tak se splněním podmínek dotčených institucí včetně ochrany přírody, je technická stránka věci, neboť přístupnost některých lokalit pro těžkou techniku z břehu je problematická a odtěžování by muselo probíhat z řeky, což přináší další otázky a problémy. V rozhodnutí o dalším postupu bude tedy důležitý nejen postoj správce povodí, ale i dalších dotčených orgánů a institucí, bez jejichž vstřícného přístupu by nebylo možno sanace provést. Zde je potřeba vyvážit zájmy ochrany mezinárodního povodí Labe s dalšími zájmy (např. ochrany přírody) a současně vyjasnit technickou stránku věci a možnosti finančního zabezpečení.

Studie Význam Bíliny jako historického a současného zdroje znečištění pro nakládání se sedimenty v povodí Labe může dále sloužit jako modelový příklad pro jiné části mezinárodního povodí Labe, neboť některé přístupy a zkušenosti jsou přenositelné. Po metodické stránce byla snaha využít činnost skupiny expertů Management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe, která v časové paralele s projektem dokončila svoji práci na závěrečné zprávě Správná praxe pro nakládání se sedimenty v povodí Labe, do níž se mohly promítnout i zkušenosti z tohoto projektu.

X. Literatura

- Adamiec, E.; Helios-Rybicka, E. (2004): Trace Metals in Suspended - an Indicator of the Anthropogenic Contamination of the River System. In: Geller, W. et al. (eds.) Proceedings from 11th Magdeburg Seminar on Waters in Central and Eastern Europe: Assessment, Protection, Management, Leipzig. UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, Leipzig, S. 197. ISSN 0948-9452
- Allard, B.; Hakansson, K.; Karlson, S. (1986): The Importance of Sorption Phenomena in Relation to Trace Elements Speciation and Mobility. In: Landner, L. (ed.) Speciation of Metals in Water, Sediment and Soil Systems, Lecture Notes in Earth Sciences, 11, Springer-Verlag, Berlin, p. 99-112.
- Baborowski, M.; Büttner, O.; Bordas, F.; Bourg, A. (2001): Effect of Solid/Liquid Ratio on the Remobilization of Cu, Pb, Cd and Zn from Polluted River Sediments. *Water, Air and Soil Pollution*, 128, p. 391-400.
- Ambrožová, J.; Sládečková, A.; Sládeček, (2002): Posouzení říčního profilu Bíliny z hlediska ekotoxicity a saprobity. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smták, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV Povodí Labe, s. 21-24.
- Ambrožová, J.; Sládečková, A.; Sládeček, . (2002): Posouzení říčního profilu Bíliny z hlediska ekotoxicity a saprobity. *Vodní hospodářství*, 52, 9, s. 277-279.
- Arnold, A.; Jendryschik, K.; Hanisch, Ch. (2002): Vývoj odnosů plavenin a vybraných parametrů jakosti vody v Bitterfeldském přehradním jezeře na Muldě v posledním desetiletí. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smták, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV Povodí Labe, s. 252-256.
- Aronová, K. (2007): Water quality in the Bílina River and Some of its Tributaries. *AUC Environmentalica*, 21, p. 9-19.
- Baborowski, M.; Friese, F. (1996): Charakterizace transportního chování těžkých kovů během povodňové vlny na základě rozdělení velikosti částic v plaveninách. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s.285-286.
- Baborowski, M.; von Tümpling, W. (2006): Verhalten von Chrom bei Extremsituationen der Elbe. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 155.
- Bakker, M.M.; Govers, G.; Van Doorn, A.; Quetier, F.; Dimitris Chouvardas, D.; Rounsevell, M. (2008): The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: The importance of landscape pattern. *Geomorphology*, 98, 3-4, p. 213-226.

- Bláhová, J.; Schandlova, L.; Grabic, R.; Fedorová, G.; Randák, T.; Svobodová Z. (2011): Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination of the Elbe River (Czech Republic) using passive water samplers and fish biliary metabolites. *Acta Vet*, 80, p. 353-357.
- Böhme, M.; Krüger, F.; Ockenfeld, K.; Geller, W. (2005): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Magdeburg, 101 S.
- Borovec, Z. (1995): Zatížení sedimentů Labe a jeho přítoků toxickými prvky. *Geografie - Sborník ČGS*, 100, 4, s. 268-274. ISSN 1210-1154.
- Borovec, Z. (2000): Elements in size-fractionated bottom sediments of the Elbe River in its Czech part. *Aquat. Sci.*, 62, p. 232-251.
- Borovec, Z.; Tolar, V.; Mráz, L. (1993): Distribution of Some Metals in Sediments of the Central Part of the Labe (Elbe) River: Czech Republic. *Ambio* 22, p. 200–205.
- Brack, W. et al. (2008): Polychlorinated naphthalenes and other dioxin-like compounds in Elbe River sediments. *Environmental Technology and Chemistry*, 27, 3, p. 519-528.
- Breivik, K.; Alcock, R.; Li, Y.; Bailey, R.E.; Fiedler, H.; Pacyna, J.M. (2004): Primary sources of selected POPs: regional and global scale emission inventories. *Environmental Pollution*, 128, p. 3-16.
- Buzek, L. (2000): Eroze lesní půdy při vyšších vodních srážkách a tání sněhové pokrývky (na příkladu střední části Moravskoslezských Beskyd). *Geografie – Sborník ČGS*, 105, 4, p. 317-332.
- Claus, E.; Wittekindt, E.; Heininger, P. (2002): Ekotoxikologický rizikový potenciál sedimentů. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) *Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV a Povodí Labe*, s. 73-74.
- Cucová, M. a kol. (1992): Režim jakosti vod a plavenin v povodí vybraných českých řek. ČHMÚ, Praha, 64 s.
- Dostál, T. (1998): Erozní a transportní procesy v povodí. *Doktorská disertační práce, ČVUT, Praha*, 148 s.
- Dušek, L.; Svobodová, Z.; Janoušková, D.; Vykusová, B.; Jarkovský, J.; Šmíd, R.; Pavliš, P. (2005): Bioaccumulation of mercury in muscle of fish in the Elbe River (Czech Republic): multispecies monitoring study 1991-1996. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 61, p. 256-267.
- Dvořák, M. (2006): Antropogenní transformace hydrografické sítě v povodí Bíliny. *Bakalářská práce, PřF UK, Praha*, 81 s.

Dvořák, M. (2008): Hodnocení kvality habitatu antropogenně ovlivněných toků; aplikace na modelové území Bíliny. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 141 s.

Dvořák, M., Matoušková, M. (2008) Ekohydromorfologický průzkum a antropogenní transformace řeky Bíliny. In Matoušková, M. (ed.) Ekohydrologický monitoring vodních toků: v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, s. 137 - 153.

Eckhardt, P. (2009): Vliv vybraných ekologických zátěží na tok Labe. VTEI, 51,1, s. 17 - 19.

Eckhardt, P.; Fuksa, J.K.; Lochovský, P.; Nesměrák, I.; Randák, T.; Rudiš, M.; Soldán, P. (2006): Vliv průmyslových zdrojů znečištění a starých zátěží na jakost vody a ekosystém. In: Blažková, Š. (ed.) Projekt Labe IV. VÚV, Praha. s. 95-148.

Eckhardt, P.; Martínková, M. (2004): Vliv ekologických zátěží na tok Labe. In: Blažková, Š. (ed.): Projekt Labe IV. Metody a cíle. ČVVS, VÚV, Praha, s. 31-46.

Ettmer, B.; Hanisch, H. H.; Mende, M. (2002): Rychlost toku a transport látek v Labi. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 79-80.

Ferenčík, M.; Dolének, P. (2002): Výskyt a sledování vybraných organických látek v labské vodě (nitroaromáty, aromatické aminy a jejich deriváty). In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 37-38.

Ferenčík, M.; Schováňková, J.; Vohralík, G.; Zubrová, K.. (2010): Netradiční organické polutanty povrchových vod. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 202.

Ferenčík, M.; Vohralík, G.; Schováňková, J.(2012): Monitoring of Organic Pollutants in sediments in teh Czech part of the River Elbe Basin. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 133-134.

Ferenčík, M., Schováňková,J. (2011): Výskyt polárních kontaminantů (pesticidů a farmak) v sedimentovatelných plaveninách v povodí Labe, In: Sborník z konference Sedimenty vodnych tokov a nádrží, Bratislava 2013, s. 125 - 132

Fischer, P.; Fuksa, J.K. (2008): Porovnání návrhů na normy jakosti pro léčiva s hodnotami naměřenými v povodí Labe. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 147-149.

Förstner, U. (1989): Contaminated Sediments. In: Bhattacharji, S.; Friedman, G. M.; Neugebauer, H. J.; Seilacher, A. (eds.) Lecture Notes in Earth Sciences, 21, Springer-Verlag, Berlin, 150 pp.

Förstner, U. (2004): Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers: An interdisciplinary approach. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 9, p. 25-40. Geller, W. et al. (2004): Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002, Endbericht des BMBF-Ad-hoc-Verbundprojektes, UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, GmbH, Leipzig, 462 S.

Franců, E. a kol. (2009): Organické polutanty a jejich přírodní analogy v spendované hmotě řeky Bílina a v sedimentech její snosové oblasti. Závěrečná zpráva, projekt MŽP-00HPP 87/08/GP, prosinec 2009, MS Čes. geol. služba, Praha, 68 s.

Franců, E.; Geršl, M.; Fárová, K.; Zelenková, K.; Kopačková, V. (2010): Distribuce antropogenního znečištění v říčních sedimentech řeky Bíliny. Zprávy o geologických výzkumech 2009, Česká geologická služba, s. 207-211.

Friese, K.; Kirschner, K.; Witter, B. (eds.) (1999): Stoffhaushalt von Auenökosystemen der Elbe und ihrer Nebenflüsse. Workshop, UFZ Leipzig-Halle, Leipzig, 174 S.

Fuksa, J. K. (2002): Antropogenní tlaky na říční ekosystém českého úseku Labe. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV Povodí Labe, s. 61-64.

Galia, T.; Škarpich, V.; Hradecký, J. (2012): Dnový transport sedimentů v souvislosti s transformací geomorfologického režimu šterkonosných toků Moravskoslezských Beskyd. *Geografie – Sborník ČGS*, 117, 1, s. 95-109.

Gandrass, J.; Bormann, G.; Wunsch, H.D.; Zoll, M. (1996): Aktuální trendy ve vývoji zatížení vody a sedimentů v povodí Labe N/P-pesticidy a výšvroucími chlorovanými uhlovodíky. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22. - 25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s. 100-105.

Götz, R. et al. (2007): Vertical profile of PCDD/Fs, dioxin-like PCBs, other PCBs, PAHs, chlorobenzenes, DDX, HCHs, organotin compounds and chlorinated ethers in dated sediment/soil cores from flood-plains of the river Elbe, Germany. *Chemosphere*, 67, p. 592-603.

Götz, R.; Enge, P.; Friesel, P.; Roch, K.; Kjeller, L.O.; Kulp, S.E.; Rappe, C. (1994): Sampling and analysis of water and suspended particulate matter of the river Elbe for polychlorinated dibenzo-P-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs). *Chemosphere*, 28, 1, p. 63-74.

Götz, R.; Friesel, P.; Roch, K.; Pöpke, O.; Ball, M.; Lis, A. (1993): Polychlorinated-P-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFS), and other chlorinated compounds in the river Elbe: results

on bottom sediments and fresh sediments collected in sedimentation chambers. *Chemosphere*, 27, 1-3, p. 105-111.

Grabic, R.; Ocelka, T.; Tomšej, T.; Kodeš, V.; Leontovyčová, D. (2006): Trendy v kontaminaci POP v řekách Labe a Vltava. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 169.

Hajšlová, J.; Kazda, R.; Šetková, L. (2002): "Nové" organické kontaminanty ve vodním ekosystému ČR. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 9-11.

Halířová, J.; Hypr, D. (2006): Granulometrie plavenin a sedimentů a jejich význam pro hodnocení vodního ekosystému. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 171-172.

Halířová, J.; Hypr, D. (2012): Jakost plavenin a sedimentů v povodí českého úseku Labe nejen z pohledu NEK. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 138-140.

Halířová, J.; Hypr, D.; Beránková, D. (2003): Sledování plavenin a sedimentů v rámci státní sítě ČHMÚ. In: Měkotová, J.; Štěrba, O. (eds.) Sborník z konference Říční krajina, Univerzita Palackého, Olomouc, s. 233-235. ISBN 80-244-751-5

Halířová, J.; Stierand, P. (2012): Dynamika transportu plavenin v českém úseku Labe. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 141-142.

Handlová, V.; Kalinová, M. (1997): Těkavé chlorované látky v Labi a ve Vltavě. Projekt Labe bulletin, VÚV Praha, 15, 4 s.

Hanisch, Ch.; Zerling, L. (2002): Samočištění řek prostřednictvím přemísťování, zředování a vynášení sedimentů kontaminovaných těžkými kovy. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 47-50.

Havel L., Vlasák P., Kohušová K. (2009): Hydrická rekultivace zbytkových jam po povrchové těžbě hnědého uhlí v ČR. Sb. XV. společné konference ČLS a SLS, Třeboň, 22. - 26.6.2009, s. 77-80. ISBN 978-80-254-4698-0, ENKI Třeboň.

Havel, L.; Vlasák, P.; Kohušová, K.; Soldán, P.; Randák, T.; Šťastný, J. (2010): Hodnocení kontaminace vybraných složek ekosystému Bíliny (povodí Labe, Česká republika). Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 188-190.

Havlík, A. a kol. (1997A): Ekologická studie Bíliny. I. Podrobná ekologická studie. Zpráva č. 72/210 pro MŽP ČR, VÚV T.G.M., Praha, 64 s.

Havlík, A. a kol. (1997B): Ekologická studie Bíliny. II. Kvalita vody a produkce znečištění v povodí Bíliny. Zpráva č. 72/210 pro MŽP ČR, VÚV T.G.M., Praha, 32 s.

Havlíková, P. (2007): Biologické hodnocení jakosti vody – srovnávací studie říčních toků a jezer fluviálního původu. Závěrečná zpráva GUAK č.321/2004/B-Geo. PřF UK, Praha, 75 s.

Havlíková, P. (2011): Srovnávací studie fluviálních jezer středního Polabí, Horní Lužnice a horní Svratky. Disertační práce. PřF UK, Praha, 185 s.

Havlíková, P.; Janský, B. (2007): Contrastive Study of Fluvial Lakes on the Elbe River. Limnological Review, Polish Limnological Society, Poznan, 7, 1, p. 41-46.

Heemkef, O.; Kuballa, J.; Stachel, B. (2002): Xenoestrogeny v Labi a jeho přítocích. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smták, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV Povodí Labe, s. 40.

Heininger, P., Novak, L. a kol (2014): Správná praxe pro nakládání se sedimenty v povodí Labe – závěrečná zpráva ad-hoc skupiny expertů Management sedimentů Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg 2014

Heise, S.; Baborowski, M.; Förstner, U.; Götz, R.; Heininger, P.; Krüger, F.; Netzband, A.; Stachel, B. (2008): Die Relevanz kontaminierter Sedimente im Elbeinzugsgebiet und potenzielle Massnahmen. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 140-143.

Heise, S.; Claus, E.; Heininger, P.; Krämer, Th.; Krüger, F.; Schwartz, R.; Förstner U. (2006): Die Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeinzugsgebiet. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 11-113.

Hintelmann, H.; Wilke, R.D. (1995): Levels of total mercury and methylmercury compounds in sediments of the polluted Elbe River: Influence of seasonality and spatially varying environmental factors. The Science of the Total Environment, 166, p. 1-10.

Hintze, B. (1982): Geochemie umweltrelevanter Schwermetalle in den vorindustriellen Schlackablagerungen des Elbe-Unterlaufs. Dissertation. Geowissenschaften, Universität Hamburg, 230 S.

Holoubek, I. a kol. (2003): Úvodní národní inventura persistentních organických polutantů v České republice. Projekt GF/CEH/01/003: Enabling activities to facilitate early action on the implementation of the Stockholm convention on persistent organic pollutants (POPs) in the Czech Republic. TOCOEN, s.r.o., Brno v zastoupení Konsorcia RECETOX-TOCOEN & Associates, report No. 249, Brno, I - VIII. <<http://www.recetox.muni.cz>>

Hong, J. (1995): Characteristics and Mobilization of Heavy Metals an Anoxic Sediments of the Elbe River During Resuspension/Oxidation. Dissertation, Naturwissenschaften, Technische Universität Hamburg-Harburg, 157 pp.

Hrádek, M. (2000): Geomorfologické účinky povodně 1997 na území severní Moravy a Slezska. Geografický časopis, 52, 4, s. 303-321.

Hrádková, P.; Pulkrabová, J.; Kalachová, K.; Hloušková, V.; Tomaniová, M.; Poustka, J.; Halšková, J. (2012): Occurrence of Halogenated Contaminants in Fish from Selected River Localities and Ponds in the Czech Republic. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 62, p. 85 - 96.

Hypr, D. (2012): Revize seznamu prioritních látek v plaveninách a sedimentech řeky Labe a jeho přítoků. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 143-146.

Hypr, D.; Beránková D.; Halířová, J. (2002): Výběr prioritních nebezpečných látek z dat celostátního monitoringu ČHMÚ. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smták, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 31-33.

Hypr, D.; Halířová, J.; Beránková D. (2002): Hodnocení zatížení plavenin a sedimentů v českém úseku povodí Labe v letech 1999-2001. Vodní hospodářství, 52, 9, s. 256-257.

Chalupová D. (2011): Chemismus vody a sedimentů fluválních jezer Labe. Disertační práce. PřF UK, Praha, 272s.

Chalupová, D. (2003): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů ve starém labském rameni Doleháj u Kolína. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 102 s.

Chalupová, D. (2007) Kvalita vody a sedimentů ve fluválních jezerech České republiky. Závěrečná zpráva projektu GAUK č.257/2005/B-GEO. Př F UK, Praha, 152 s.

Chalupová, D.; Havlíková, P.; Janský, B. (2012). Water Quality of Selected Fluvial Lakes in the Context of the Elbe River Pollution and Anthropogenic Activities in the Floodplain. Environmental Monitoring and Assessment, 184, 10, 2012, p. 6283-6295. doi 10.1007/s10661-011-2419-6

Chalupová, D.; Janský, B. (2003): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v labském rameni Doleháj u Kolína. In: Janský, B. a kol. (eds.) Jezera České republiky, PřF UK, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, s. 150 – 170.

Chalupová, D.; Janský, B. (2005): Fluviální jezera středního Polabí. Geografie - sborník ČGS, 109, 3, s. 229 – 242.

Chalupová, D.; Janský, B. (2007): Anthropogenic Impact on Selected Oxbow Lakes in the Elbe River Floodplain. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 55, 2, p. 86 - 97.

Chalupová, D., Janský, B. (2007): Agricultural and Industrial Pollution of Selected Fluvial lakes in the Central Part of the Elbe River. Limnological Review, 7, str. 29-36.

Jakubíková, A.; Janeček, M., Tippl M. (2006): Field Determination of the Specific Input Characteristics to Calculate the Value of C Factor of Time-variable Crops for the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Soil and Water Research, 1, 1, p.10-15.

Jancke, T.; Baborowski, M.; Morgenstern, P.; Westrich, B. (2008): Investigation on sedimentation and erosion dynamics of groyne fields in the river Elbe and its relevance for contaminant transport. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 188.

Janeček, M. (2008): Základy erodologie. Skripta, ČZU, Praha.

Janský B.; Urbanová, H. (1994): Mladotice Lake (Czech Republic) – siltation dynamics in the lake basin. Acta Universitatis Carolinae Geographica, Praha, XXIX, 2, s. 95 -109.

Janský, B. (1975): Mladotické hrazené jezero. Rigorósní práce. PřF UK, Praha, 96 s.

Janský, B. (1977): Mladotické hrazené jezero – Morfografické a hydrometrické poměry. Acta Universitatis Carolinae Geographica, Praha, XI, 1, s. 13 – 18.

Janský, B. (1982): Vliv plošných zdrojů látek na kvalitu povrchových vod v českém povodí Labe. Dizertační práce. PřF UK, Praha, 205 s.

Janský, B. (1983): Bedeutung der Frachten aus diffusen Quellen für die Qualität der Oberflächengewässer im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe (Labe). Acta Universitatis Carolinae – Geographica, roč.XVIII, č.2, str.3-25, Praha.

Janský, B.(1997): Elbe Project – Principal results of Czech – German cooperation. Acta Universitatis Carolinae - Geographica, roč. XXXII, Supplementum, s. 85-91, Karolinum, Praha.

Janský, B. (1999): Dynamika zanášení Mladotického jezera a intenzita erozních procesů v povodí. Závěrečná zpráva projektu GAUK, PřF UK, Praha, 117 s.

Janský, B., Pivokonský, M. (2001): Vývoj jakosti vod v povodí Cidliny. Geografie – Sborník ČGS. Roč. 106, č. 2, s. 74 – 93, Praha.

Janský, B. (2002): Changing Water Quality in the Czech Part of the Elbe Catchment Area in the 1990s (Twelve Years of Cooperation of Czechs and Germans on the Elbe River). Geografie - Sborník ČGS, 107, 2, p. 98-110.

Janský, B. (2003): Dynamika zanášení Mladotického jezera. In.: Janský, B., Šobr, M. a kol.: Jezera České republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie na PřFUK v Praze, s. 65 - 70.

Janský, B.; Schulte, A.; Česák, J.; Rios Escobar, V. (2010): Mladotické jezero, západní Česko: jedinečná geneze a vývoj jezerní pánve. Geografie – Sborník ČGS, 115, 3, s. 266 – 274.

Jirásková, I.; Ferenčík, M.; Dolének, P. (2002): Stanovené komplexotvorných látek (EDTA, NTA) v řece Labi. In: Geller, W. et al. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 34.

Jones, K.C.; de Voogt, P. (1999): Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. Environmental Pollution, 100, p. 209-221.

Jurajda, P.; Adámek, Z.; Janáč, M.; Valová (2010): Longitudinal patterns in fish and macrozoobenthos assemblages reflect degradation of water quality and physical habitat in the Bílina river basin. Czech J. Anim. Sci., 55, 3, p. 123-136.

Just, T. (1999): Kvalita vody v Bílině a zdroje znečištění v jejím povodí. Vodní hospodářství, 9, s. 181 - 185.

Just, T. (1998): Problematika kvality vody a produkce znečištění v povodí Bíliny. VTEI, 7-8, s. 235-245.

Kalinová, M. (2002): Vývoj zatížení Labe DDT. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 39-40.

Kalinová, M. (1993): Jakost vody v tocích. Projekt Labe bulletin, VÚV Praha, 4, 4 s.

Kalinová, M. (1997): Změny v zatížení Labe a Vltavy některými specifickými organickými látkami a kovy. Projekt Labe bulletin, VÚV Praha, 9, 2 s..

Kalinová, M. (2001): Některé aktuální poznatky o zatížení Labe DDT. In: Blažková, Š. Jakost vody a ekosystémy v Labi. ČVVS, Praha, s. 28-38.

Kalinová, M. (2002): Zatížení Labe DDT. VTEI, 44, 2, s. 1 - 3.

Kalinová, M. (2003) DDT loading in the Elbe River. Elbe Project bulletin. VÚV, Praha, 4 s.

Kaplická, M. (2004): Specifické znečištění povrchových vod a sedimentů v povodí Střely. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 131 s.

Karbe, L., Mädlar, K., Janský, B. (1992): Biologische Effekte von Schadstoffen und toxisches Potential von Wasser und Sediment in Elbe und Nordsee. Zentrum für Meeres- und Klimaforschung der Universität Hamburg. Hamburg.

Keller, I. (2012): The ELSA Project - Remediation of contaminated Elbe sediments. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 147-148.

Kerner, M. (2007): Effects of deepening the Elbe Estuary on sediment regime and water quality. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75, p. 492-500.

Kiersch, K.; Jandl, G.; Meissner, R.; Leinweber, P. (2010): Small scale variability of chlorinated POPs in the river Elbe floodplain. *Chemosphere*, 79, p. 745-753.

Kleisinger, C.; Grope, N.; Haae, H.; Hentschke, U.; Schubert, B. (2012): Results of long-term monitoring of particle-bound contaminants in the Elbe estuary. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 147-148.

Klemm, W. (2006): Bergbauregionen - eine permanente Belastungsquelle für Fließgewässer? Regiony s těžbou surovin - permanentní zdroj znečištění vodních toků? In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 122-124.

Kliment Z.; Langhammer, J.; Kadlec, J.; Vysloužilová, B. (2012): Present changes in water soil erosion hazard and the response to suspended sediment load. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 152-154.

Kliment Z.; Matoušková, M. (2008): Long-term Trends of Rainfall and Runoff Regime in Upper Otava River Basin. *Soil and Water Research*, 3, 3, s. 155 - 167.

Kliment, V. (2012): Management sedimentů v rámci MKOL. In: Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 78-81.

Kliment, Z. (1985): Vliv geografických faktorů na rozvoj a charakter lineární eroze v povodí Manětínského potoka. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 133s.

Kliment, Z. (1991): Geografické metody výzkumu vodní eroze půdy v krajině. Disertační práce. PřF UK, Praha, 126 s.

Kliment, Z. (2000): Bilance, režim a chemismus plavenin říčky Blšanky. *Geografie – sborník ČGS*, 105, 3, s. 255 - 265.

Kliment, Z. (2005): Plaveniny jako produkt a indikátor vodní eroze půdy v geograficky rozdílných podmínkách České republiky. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 53, 4, s. 231 - 244.

Kliment, Z.; Kadlec J.; Langhammer, J. (2008): Evaluation of suspended load changes using AnnAGNPS and SWAT semi-empirical models. *Catena*, 73, 3, p. 286 - 299.

Kliment, Z.; Kopp, J. (1997): Hodnocení plaveninového režimu na zdrojnicích Berounky. *Geografie – sborník ČGS*, 102, 2, s. 130 - 138.

Kliment, Z.; Langhammer, J. (2007): Modelling of the erosion risk in the Blšanka river basin. In: Dostál, P., Langhammer, J. (eds.) *Modelling natural environment and society*. Nakladatelství P3K, Praha, p. 75 - 94.

Kliment, Z.; Langhammer, J.; Kadlec, J. (2007): The suspended load and soil erosion processes in mesoscale catchment areas. In: Goudie, A.S.; Kalvoda, J. (eds.) *Geomorphological Variations* Nakladatelství P3K, Praha, s.221-252.

Kliment, Z.; Matoušková, M.; Šobr, M.; Potůčková, M.; Hujslová, J. (2008): Fluvial dynamics and selected methods of eco-hydrological monitoring of restored Sviňovický brook channel. *Acta Universitatis Carolinae - Geographica*, 43, 1-2, p. 125-144.

Kliment, Z.; Neumannová, R. (1994): The Analysis of the Suspended and Dissolved load in the Berounka RIVER Catchment Area. *Acta Universitatis Carolinae - Geographica*, 29, 2, p. 111-131, ISSN 0300-5402.

Klouček, O. (2003): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v Labišti pod Opočínkem. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 86 s.

Klouček, O., Janský, B. (2003): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v Labišti pod Opočínkem. In: Janský, B., Šobr, M. a kol.: *Jezera České republiky. Monografie*. Katedra fyzické geografie a geoekologie na PřFUK v Praze, s. 125 – 149.

Kodeš, V.; Leontovyčová, D. (2012): Contamination of biota by hazardous substances with respect to sediment and suspended sediment contamination and water concentration in the Czech Republic. In: Punčochář, P. et al. (eds.) *Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty*, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 55-58.

Kohušová, K. (2011): Změny zátěže ekosystému v podélném profilu antropogenně ovlivněného toku. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 219 s.

Kohušová, K.; Havel, L.; Vlasák, P. (2011): Zátěž ekosystému Bíliny antropogenními látkami, *VTEI*, 53, Mimořádné číslo 1, s. 16 - 18.

Kohušová, K.; Havel, L.; Vlasák, P.; Tonika, J. (2011): A long-term survey of heavy metals and specific organic compounds in biofilms, sediments and surface water in a heavily affected river in the Czech Republic. *Environ. Monit. Assess*, 174, p. 555 - 572.

Kolaříková, K. (2007): Akumulace těžkých kovů v makrozoobentosu v řece Labe a dolním toku Vltavy. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 96 s.

Kolaříková, K.; von Tümpling W. (2010): Recent bioaccumulation level of HCHs, HCB and DDTs in the Elbe River macroinvertebrates. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 191-193.

Komínková, D. (2011A): Sedimenty ve světle rámcové směrnice o vodě. Vodní hospodářství, 6, s. 228 - 232.

Komínková, D. (2011B): Normy environmentální kvality pro sediment - pohled za hranice ČR. Vodní hospodářství, 3, s. 102 - 107.

Košková, R. (2003): Vliv globální změny klimatu na hydrologický režim povodí Bíliny a plnění zbytkové jámy Bílina. Doktorská disertační práce. ČVUT v Praze. Stavební fakulta. Praha.

Košková, R.; Buchtele, J.; Kos, Z. (2005): Dopad globální změny klimatu na povodí Bíliny a průběh zatápění zbytkové jámy Bílina. J. Hydrol. Hydromech., 53, 1, s. 44-53.

Koželuh, M.; Kule, L.; Váverková, L.; Vajnerová, L. (2012): Determination of New Widely Applied Organic Pollutants in Solid Matrices. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 155-156.

Král, P. (1989): Trubní přeložka Bíliny po Ervěnickém koridoru. Povodí Ohře. Chomutov.

Krásá, J. (2004): Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS. Disertační práce. KHKI FSV ČVUT, Praha, 186 s.

Krásá, J.; Dostál T.; Van Rompy, A. Váška, J.; Vrána, K. (2005): Reservoirs siltation measurements and sediment transport assesement in the Czech Republic, the Vrchlice catchement study. Catena, 64, p. 348-362.

Krásá, J.; Dostál, T.; Vrána, K.; Plocek, J. (2010): Prediction spatial patterns of sediment delivery and impacts o fland-use scenarios on sediment transport in Czech catchments. Land degradation and development, 21, p. 367-375.

Kratochvíl, S., Mencl, V. (1973): Studie přeložení řeky Bíliny do Ervěnického koridoru. VUT, Brno.

Kružíková, K. a kol. (2008): Mercury and Methylmercury in Muscle Tissue of Chub from the Elbe River Main Tributaries. Czech J. Food Sci., 26, 1, p. 65 - 70.

Kružíková, K.; Svobodová, Z. (2012): Assessment of mercury contamination in the Bílina River (Czech Republic) using indicator fish. Acta Vet, 81, p. 63-68.

Kružíková, L.; Kloš, J.; Švec, J. (2010): Hydrická rekultivace bývalého hnědouhelného lomu Ležáky - Most - jezero Most. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 114-118.

Krýžová, E. (2007): Vztah vegetace a faktorů prostředí vybraných labských tůní. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 100 s., 7 příl.

Kužílek, V.; Kalinová, M. (1997): Polychlorované bifenyly. Projekt Labe bulletin, VÚV Praha, 11, 4 s.

Kužílek, V.; Martinková, P.; Münich, J.; Vilímeček, J.; Pietsch, J. (2002): Polární organické škodliviny na českém úseku Labe: výskyt a zdroje znečištění. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smták, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV a Povodí Labe, s. 71-72.

Kužílek, V.; Svobodová, A.; Pospíchalová, D.; Očenášková, V.; Jursíková, K.; Tolma, V. (2006): Izolace vybraných organických škodlivých látek z pevných vzorků vodních ekosystémů a jejich koncentrační nálezy. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 192.

Kužílek, V.; Tolma, V.; Schindler, J.; Svobodová, A.; Münich, J.; Očenášková, V.; Vilímeček, J.; Prange, A.; Krause, P. (1996): Zatížení přítoků Labe škodlivými látkami ve vodě, plaveninách a sedimentech na území ČR. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s. 220-222.

Kužílek, a kol. (2007): Výskyt POPs v hydrosféře ČR. In: Zpráva z projektu VZ MZP 0002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry. Masarykova univerzita, VUV, Brno, Praha.

Kylbergerová, M. (1998): Fytoplankton polabských a lužických tůní. Sledování změn v druhovém složení. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 104 s.

Kyselka, J. (2010): Hydromorfologický průzkum řeky Bíliny. Bakalářská práce, PřF UK, Praha, 55 s.

Langhammer, J. (1997A): Matematické modelování jako metoda hodnocení kvality vody. Geografie - Sborník ČGS, 102, 4, s. 241-253.

Langhammer, J. (1997B): Vývoj kvality vody v českém úseku Labe v období 1991-1995. Geografie - Sborník ČGS, 102, 2, s. 98 - 111.

Langhammer, J. (1998): Průběh kvality vody v roce 1996 v podélném profilu toku Bíliny. Závěrečná zpráva, PřF UK v Praze a VÚV TGM, 51 s.

- Langhammer, J. (1999): Vývoj kvality vody v Labi - Aplikace matematických modelů jakosti vody. Dizertační práce. PřF UK, Praha, 235 s.
- Langhammer, J. (2002): Modelování plošných zdrojů znečištění povrchových vod. Geografie - Sborník ČGS, 107, 1, s. 23-39.
- Langhammer, J. (2003): Hodnocení plošných zdrojů znečištění povrchových vod. Závěrečná zpráva z grantu GAČR 205/00/P052. PřF UK, Praha.
- Langhammer, J. (2004): Modelling the structural changes of water quality in the Elbe river basin. Ekologia, 23, 1, p. 157-169.
- Langhammer, J. (2005A): Stream Transformation Index as an Identification Tool for the River Network Critical Elements from the Viewpoint of the Flood Risk. Acta Universitatis Carolinae Geographica, 40, 1-2, p. 5-29, ISSN 0300-5402.
- Langhammer, J. (2005B): Classification of the dynamics of water quality changes in the Elbe River basin. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 53, 4, p. 205-218.
- Langhammer J. ; Kaplická M. (2005): Surface water and sediment contamination by heavy metals in the Střela river basin. Acta Universitatis Carolinae - Geographica, 40(1-2): 139-152.
- Langhammer, J. (2007): Modelling the Elbe River Water Quality Changes. In: P. Dostál, J. Langhammer (eds.) Modelling Natural Environment and Society. Nakladatelství P3K, Praha, p. 59-74.
- Langhammer, J. (2009): Water quality changes in the Elbe River Basin, Czech Republic, in the context of the post-socialist economic transition. GeoJournal, Springer. DOI: 10.1007/s10708-009-9292-7
- Langhammer, J. (2010): Analysis between stream regulations and the geomorphic effects of floods. Natural Hazards, 54, p. 121-139.
- Langhammer, J.; Kliment, Z. (2006): Změna kvality vody v zemědělských oblastech Česka. Geografie – Sborník ČGS, 111, 2, p. 168-185.
- Langhammer, J.; Klimnet, Z. (2009): Water quality changes in selected rural catchments in the Czech Republic. Ekológia, 28, 3, p. 312-332.
- Lichtfuß, R.; Brümmer, K. (1981): Natürlicher Gehalt und anthropogene Anreicherung von Schwermetallen in den Sedimenten von Elbe, Eider, Trave and Schwentine. Catena, 8, S. 251-264.
- Liška, M.; Koželuh, M.; Kule, M.; Horecký, J.; Lapšanská, N.; Streit, J. (2006): Biomonitoring stopových prvků, polychlorovaných bifenyly a organochlorovaných pesticidů v říčních ekosystémech České republiky. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 136-138.

Lobe, O.; von Tümpling, W. (2006): Verhalten und Transport von organischen Schadstoffen in Auenbereich des Elbe-Einzugsgebiets im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 80-82.

Lohmann, R.; Breivik, K.; Dachs, J.; Muir, D. (2007): Global fate of POPs: Current and future research directions. *Environmental Pollution*, 150, p. 150-165.

Lochovský, P. (2008): Stanovení přirozeného pozadí říčních sedimentů Bíliny pro kovy a metaloidy. *VTEI*, 50, 4, s. 8-12.

Lochovský, P. (2011): Pozadíové koncentrace říčních sedimentů Labe a jeho významných přítoků pro kovy a metaloidy, *VTEI*, 53, 4, 14 - 16 s.

Lochovský, P.; Havel, L. (2011): Kumulace kovů a metaloidů v sedimentech a vybraných makrofytech vodního toku Bíliny. *VTEI*, 53, 2, s. 5 - 8.

Lochovský, P.; Pospíchalová, D.; Očenášková, V. (2006): Výskyt alkylfenolů a alkylfenoethoxylátů ve vodách a sedimentech říčních toků ČR. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 194.

Lochovský, P.; Schindlar, J.; Vilímc, J.; Prange, A.; Krause, P. (1996): Zatížení významných přítoků Labe těžkými kovy na území ČR. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s.150-155.

Lochovský, P.; Schindler, J.; Vilímc, J. (1997): Zatížení sedimentů významných přítoků Labe stopovými prvky. *VTEI*, 39, 11, s. 413-421.

Máčka, Z. (2009): Geology, geomorphology and human impact over the fluvial system. In: History, biodiversity and management of floodplain forest, UP Olomouc, s. 27-40. ISBN 978-80-244-2356-2.

Mages, M. (2006): Schwermetallanreicherung in Biofilen eines bergbaubeeinflussten Gewässern. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 125-127.

Martínek, P.; Verner, S.; Král, S. (2002): Zatížení sedimentů vodních toků těžkými kovy a specifickými organickými látkami. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 95.

Mařa, M. (2006)_ Vymezení silně ovlivněných vodních útvarů v ČR - zkušenosti zpracovatele. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář

o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 133-135.

Matoušková M. (2003): Ekohydrologický monitoring jako podklad pro revitalizaci vodních toků. Disertační práce. PřF UK, Praha, 219 s.

Matoušková M., Dvořák M., Kyselka J. (2010): Ekohydromorfologické posouzení kvality habitatu toku Bíliny. Dílčí závěrečná zpráva projektu MŽP SP/1b7/124/08 Negativní antropogenní vlivy v povodí Bíliny. PřF UK v Praze, 24 s.

Matoušková, M. (2008): Assessment of the river habitat quality within European

Matoušková, M. (2005): Assessment of the human impact on the river network as a basis for the ecohydrological monitoring of streams. Geographical Review, CXXIX.,LIII., p. 35-46.

Matoušková, M., Dvořák, M. (2011): Assessment of physical habitat modification in the Bílina River Basin. Limnetica, 30, 2, p. 293-305.

Matoušková, M.; Dvořák, M.; Kyselka, J. (2010): Antropogenní změny a hydromorfologický průzkum vodních toků. Studie povodí Bíliny. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 157-161.

Medek, J.; Hájek, P.; Ferbar, P.; Ferenčík, M.; Petřík, M. (2012): Monitoring říčních sedimentů jako součást provozního monitoringu povrchových vod za období 2004-2011. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 161.

Medek, J.; Dolének, P.; Ferenčík, M.; Jirásková, I. (1996): Sledování organických kontaminantů vody na českém Labi a jeho přítocích. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s. 215. poster.

Medek, J. a kol. (1999): Zatížení sedimentů v povodí českého Labe a v dalších lokalitách České republiky. In: Sborník z konference Sedimenty vodních toků a nádrží, Bratislava 1999, s. 81 - 88

Medek, J. (2009): Monitoring říčních sedimentů jako součást provozního monitoringu povrchových vod In: Sborník z konference Sedimenty vodních toků a nádrží, Bratislava 2009, s. 83 - 90

Mičaník, T. a kol (2011): Studium konetiky sorpce polyaromatických uhlovodíků, kadmia a rtuti na vybrané typy pevných matric a říční sediment. VTEI, 53, 3, s. 29 - 30.

- Milický M.(2009): Modelové řešení proudění podzemní vody v povodí Bíliny-interpretace vstupních dat a úvodních simulací. Sbor. semináře Zpracování a interpretace dat z průzkumných a sanačních prací VI, Vodní zdroje Ekomonitor spol s.r.o., Chrudim, s.17-19.
- Millian, J.D.; Meade, R.H. (1983):World-Wide Delivery of River Sediments to the Oceáne. Journal of Geology, 91, 1, p. 1-21.
- MKOL (1995): Inventarizace významných emisní prioritních látek z komunálních a průmyslových bodových zdrojů v povodí Labe. MKOL, Magdeburg, 22 s., 8 příl.
- MKOL (2004):Dokumentace povodně v srpnu 2002 v povodí Labe. MKOL, Magdeburg, 207s.
- Morgenstern, P.; Jancke, T.; Westrich, B. (2012): Spatial variability of metal pollution in groyne fields of the Middle Elbe - Implication for sediment monitoring. Environmental Pollution, 167, p. 115-123.
- Müller, G.; Furrer, R. (1994): Die Belastung der Elbe mit Schwermetallen. Naturwissenschaften, 81, S. 101-104.
- Neruda, M.; Kramer, D.; Tikhonova, I. (2012): Assessment of current conditions of the Bílina River in teh Czech Republic. WIT Transactions on The Built Environment, 122, p. 97-108.
- Neruda, M.; Vráblíková, J.; Smetanová, L. (2008): Environmental pollution of Bílina River. In: 12th Conference on Environment and Mineral Processing, Proceedings paper, VŠB -TU Ostrava, 5.-7.6.2008, Ostrava, p. 223 - 228.
- Nesměrák, I. (1982): Vliv vypouštění nečištěných odpadních vod z Jirkova na Bílinu v úseku Jirkov - Most. VÚV, Praha, 18 s.
- Nesměrák, I. (1992): Bodové zdroje znečištění. Projekt Labe bulletin, VÚV Praha, 2, 4 s.
- Nesměrák, I. (2003): Těžké kovy a arsen v naplaveninách v profilu Labe-Děčín. J. Hydrol. Hydromech., 51, 2, s. 122-137.
- Netzband, A. (2006): Sedimentmanagement in der Tideelbe. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 114-116.
- Niedergesäss, R.; Racky, B.; Schnier, C. (1987): Instrumental neutron analysis of Elbe River suspended particulate matter separated according to the settling velocities. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 114, 1, p. 57-68.
- Nondek, L.(1994): Kontaminace labských sedimentů toxickými kovy a organickými látkami. Projekt Labe. Souhrn výsledků za období 1991-1993. VÚV, Praha, s. 33-34.
- Novák, L. (2012): Nakládání se sedimenty v oblasti povodí Labe. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 163-164.

Novák, L. a kol. (2014): Vyhodnocení výsledků Mezinárodního programu měření Labe 2006-2012, Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg 2014

Novák M., Vlasák P., Havel L., Kohušová K. (2009): Bodové zdroje znečištění v průmyslovém a zemědělském povodí. In: Proc. of 8th Internat. Conf. and Exhibition, 5th - 7th May 2009, Plzeň, s. 184 – 193.

Novák, M. (2007A): Balance Studies of teh Czech Rivers - Bílina and Lužnice. AUC Environmentaũica, 21, p. 105-114.

Novák, M. (2007B): Srovnání povodí ovlivněného průmyslem s intenzivně zemědělsky obhospodařovaným povodím. VTEI, 49, 1, s. 12-15.

Očenášková, V. (2003): Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR. Výzkumný monitoring vybraných nebezpečných látek v povrchových a podzemních vodách ČR. VaV/650/3/00 Dílčí zpráva. ČHMÚ, Praha, 56 s.

Petrůjová, T., Rudiš, M. (1996): Sledování plavenin a sedimentů v povodí Labe, Moravy a Odry. Návrh metod, metodik a ukazatelů pro odběry vzorků a jejich vyhodnocování. Úvodní projekt. ČHMÚ, VÚV, Praha, 26 s.

Petrůjová, T. et al. (1998): Sledování plavenin a sedimentů v povodí Labe, Moravy a Odry. Dílčí zpráva úkolu PPŽP 510/3/98. ČHMÚ a VÚV, Brno.

Petřík, M.; Heldes, P.; Medek, J. (1996): Sledování těžkých kovů a metaloidů v sedimentech a sedimentovatelných plaveninách na českém Labi a jeho přítocích. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s.214. poster

Pfeifer, P. a kol. (2005): Zpráva o jakosti vody v Labi 2000- 2003, MKOL, Magdeburg, 35 s.

Poláková, K. (2009): Ivventarizace polychlorovaných bifenyly v České republice, VTEI, 51, 4, s. 20 - 24.

Pospíchalová, D.; Tolma, V.; Svobodová, A.; Jobánek, R.; Martinková, P.; Kursíková, K. (2008): Occurrence of some Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Czech part of Elbe river basin in the year 2007. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 211.

Povodí Ohře, s.p. (2007): Identifikace zdrojů znečištění v povodí vodního toku Bíliny, Povodí Ohře, s.p., Chomutov, 43 s.

Povodí Ohře, s.p. (2010): Odstranění antropogenního znečištění říčních sedimentů v rámci sanace Bouřlivého potoka-Průzkum a analýza rizika. Povodí Ohře, s.p. - Závěrečná zpráva (analýza rizika) zakázkové číslo 4427 09 013, Povodí Ohře, s.p., Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., Chomutov, 73 s. + přílohy.

Prange, A.; von Tümpling, W.; Niedergesäß, R.; Jantzen, E. (1995): Die gesamte Elbe auf einen Blick: Elementverteilungsmuster der Elbe von der Quelle bis zur Mündung. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, 7, S. 22 - 33.

Prange, A. et al. (1997): Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen, Teilprojekt 2: Schwermetalle – Schwermetallspezies, Geogene Hintergrundwerte und zeitliche Belastungsentwicklung. GKSS, Geesthacht, 405 S.

Prange, A. et al. (1997): Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen, Teilprojekt 2: Schwermetalle – Schwermetallspezies, Grafische Darstellung der Längsprofile - Filtrate, Schwebstoffe, Sedimente. GKSS, Geesthacht, 495 S.

Prange, A. et al. (1997): Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen, Teilprojekt 2: Schwermetalle – Schwermetallspezies, Zusammenfassende Aus- und Bewertung der Längsprofiluntersuchungen in der Elbe. GKSS, Geesthacht, 233 S.

Přikryl, I.(2010): Kvaita jezera Chabařovice na konci napouštění. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 97-100.

Randák, T.; Žlábek, V.; Kolářová J.; Šírká, Z.; Svobodová, Z.; Pulkrabová, J.; Tomaniová, M. (2006): Vliv nejvýznamnějších zdrojů znečištění na ryby z českého úseku řeky Labe. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 139-141.

Rederer, L.; Koza, V. (2012): Sediment removal - one of the methods to improve water quality in the Mseno reservoir. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 169.

Reincke, H. (2002): Vývoj jakosti vody v Labi - starosti zítřka. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smták, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV a Povodí Labe, s. 93-94.

Reincke, H. (2010): Perspektiven der Elbschifffahrt im Licht des Klimawandels. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 45-48.

Rieder, M. a kol. (2003): Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR. VaV/650/3/00, ČHMÚ, MŽP, Praha, 7-2 s.

Rieder, M. a kol. (2006): Zpráva o jakosti vody v Labi 2004-2005, MKOL, Magdeburg, 46 s.

Rinklebe, J.; Overesch, M.; Neue H. U. (2002): Mobility a vazebné formy těžkých kovů v půdě labských niv. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.;

Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 65-68.

Rudiš, M. (2002A): Kontaminace sedimentů v hlavním toku a záplavové zóně. In: Blažková, Š. (ed.) Projekt Labe III. Výzkum na českém úseku Labe. VÚV, Praha. s. 9-15.

Rudiš, M. (2002B): Kvalita zpevněných sedimentů v podélném profilu českého Labe. Projekt Labe bulletin,

Rudiš, M. (2002C): Dynamika nebezpečných látek a studium resuspendace sedimentů zatížených polutanty. In: Blažková, Š. (ed.) Projekt Labe III. Výzkum na českém úseku Labe. VÚV, Praha. s. 26-31.

Rudiš, M. (2006): Labe IV. Dynamika polutantů v hlavním korytě a v údolní nivě českého Labe. DÚ 05, zpráva za rok 2006. VÚV, Praha, 20 s.

Rudiš, M.; Martínková, M.; Valenta, P. (2004): Dynamika polutantů v hlavním korytě a údolní nivě českého Labe. In: Blažková, Š. (ed.): Projekt Labe IV. Metody a cíle. ČVVS, VÚV, Praha, s. 119-126 + přílohy.

Rudiš, M.; Trejtnar, K. (1996): Sedimenty ve zdržích českého úseku Labe a možnosti modelování jejich resuspendace. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s. 162-166.

Rudiš, M.; Valenta, P. (2002): Řešení resuspendace kohezivních sedimentů v Labi dvojdimenzionálního numerického modelování. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 183-184.

Rudiš, M.; Valenta, P.; Valentová, J. (2006): Podklady pro matematické modelování transportu sedimentů erodovaných katastrofální povodní z nádrže Les Království na Labi do přilehlé údolní nivy. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 73-75.

Rudiš, M.; Záleský, J.; Kos, J. (1999): Experimental study of re-suspension of cohesive sediment of Elbe River. In: Proceedings - XXVIII IAHR Congress - Hydraulic Engineering for Sustainable Water, Resources Management at the Turn of the Millennium, Technical University, Institute for Hydraulics and Hydrology, Graz, p. 380-386.

Schramm, K.W.; Henkelmann, B.; Kettrup, A. (1995): PCDD/F sources and levels in river Elbe sediments. Wat. Res., 29, 9, p. 2160-2166.

Schulte, A.; Albrecht, M.; Daut, G.; Janský B.; Van Geldern, R. (2006): Analyses and assessment of the sedimentary record of Lake Mladotice (western Czech Republic)

in relation to flood events and pre- to postcommunist change in land use. *Zeitschrift für Geomorphologie*. Berlin, Stuttgart, Suppl.-Vol. 142, p. 229 – 243.

Schulte, A., Janský, B., Daut, G., Imler, R., Van Geldern, R. (2007): Sediment dynamics from the drainage area into Lake Mladotice in relation to flood events and under the influence of pre- to post-communist landscape changes. In: Schumann, A., Pahlow, M. Eds.: *Reducing the Vulnerability of Societies to Water Related Risk at the Basin Scale*. Red Book - International Association of Hydrological Sciences, IAHS Publication 317. Monography – special issue of *Hydrological Sciences Journal*. Oxfordshire, UK, pp. 130 – 137.

Schwartz, R.; Gerth, J.; Zschocke, A.; Neumann-Hensel, H.; Bley, S.; Rutkowski, V.; Förstner, U. (2006): *Natürlicher Schadstoffrückhalt in kontaminierten Auen - Beispiel Spittelwasse*. In: Punčochář, P. et al. (eds.) *Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách*, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 117-119.

Schwarzbauer, J. (1997): *Screening, Identifizierung und quantitative Analyse organischer Substanzen in Sediment und Schwebstoff de Elbesystems*. Dissertation, Universität Hamburg, 282 pp.

Simon, M. a kol. (2005): *Labe a jeho povodí - Geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled*. MKOL, Magdeburg, 258 s.

Spolchemie (2010): *Hodnocení dopadů arálu Spolchemie na životní prostředí v roce 2010*. Spolchemie, Ústní nad Labem, 11 s.

Spolchemie (2011): *Hodnocení dopadů arálu Spolchemie na životní prostředí v roce 2011*. Spolchemie, Ústní nad Labem, 11 s.

Stachel, B., Lüscho, R. (1996): *Entwicklung der Metallgehalte in Sedimenten der Tideelbe, ARGE ELBE*

Stárek, V.; Ferenčík, M.; Dolének, P. (2002): *Sledování výskytu sirouhlíku CS₂ na dolním toku Labe v České republice*. In: Geller, W. et al. (eds.) *Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod*, Špindlerův Mlýn. VÚVa Povodí Labe, s. 35-36.

Studihrad, M., (1992): *Hodnocení jakosti vody na středním toku Labe*. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 124 s.

Summerfield, M.A. (1991): *Global geomorphology*. Harlow.

Svátek, R. (1994): *Hodnocení kvality vody a dnového sedimentu na horním a středním Labi*. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 116 s.

Svoboda, I.; Vrbová, M. (2010): *Zbytkové jámy po těžbě hnědého uhlí*. Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 119-122.

Šafářová, M.; Řehoř, M. (2006): Stopové prvky v uhelných a neuhelných sedimentech severočeské pánve a zeminách rekultivovaných lokalit. Chem. listy, 100, s. 462-466.

Šípek V., Matoušková M., Dvořák M. (2010): Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. Environmental Monitoring Assessment, 169, p. 309-319 DOI 10.1007/s10661-009-1172-6.

Šnajdr, M. (2002): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v mrtvém labském rameni u Obříství. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 86 s.

Šnajdr, M., Janský, B. (2003): Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v labském rameni u Obříství. In.: Janský, B., Šobr, M. a kol.: Jezera České republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie na PřFUK v Praze, s. 109 - 124.

Šourek, M. (2002): Zlepšení plavebních podmínek na Labi pod Střekovem. In: Geller, W.; Punčochář, P.; Guhr, H.; von Tümpling, W.; Medek, J.; Smt'ák, J.; Feldmann, H.; Uhlmann, O. (eds.) Sborník z konference 10. Magdeburský seminář o ochraně vod, Špindlerův Mlýn. VÚV a Povodí Labe, s. 252-256.

Tao, Cai; Qiongfang, Li; Meixiu, Yu; Guobin, Lu; Lipeng, Cheng; Xie, Wei (2011): Investigation into the impacts of land-use change on sediment yield characteristics in the upper Huaihe River basin, China. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, In: Press, Corrected Proof, Available online.

Turek, M. (2004): Komplexní limnologická studie odstaveného starého ramene Libišská tůň v PR Černínovsko. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 82 s.

Turekian, K. K., Wedepohl, K. H. (1961): Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. Bull. Geol. Soc. Am. 72, p. 175–192.

Vallack, H., W. et al. (1998): Controlling persistent organic pollutants - what next? Environmental Toxicology and Pharmacy, 6, p. 143-175.

Vejvodová, J.; Kodeš, V. (2012): Occurrence of pesticides in sediments and suspended particulate matter in the Czech Republic. Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 178-179.

Veleba, P. a kol. (2011): Analýza rizik – Odstranění znečištění říčních sedimentů v rámci těžby naplavenin a následné revitalizace toku řeky Bíliny. Závěrečná zpráva. DEKONTA, Praha, 59 s.

Veselý, J. (1995): Drainage Sediments in Environmental and Explorative Geochemistry. Věstník ČGÚ, 70, 3, s. 1-16.

Veselý, J.; Gürtlerová, P. (1996): Kontaminace sedimentů českých řek stopovými prvky. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s. 232-234.

Veselý, J.; Gürtlerová, P. (1996): Kontaminace sedimentů českých řek stopovými prvky. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s.232-234.

Vink, R.; Behrendt, H. (2002): Heavy Metal Transport in Large River Systems: Heavy Metal Emissions and Loads in the Rhine and Elbe River Basins. Hydrol. Process, 16, p. 3227-3244. Wiley InterScience doi: 10.1002/hyp.1099

Vlasák P., Havel L., Kohušová (2009): Jezero Chabařovice – vývoj ekosystému řízeně zatápěné zbytkové jámy po těžbě uhlí. Vodní hospodářství, 2, příl. VTEI s. 9-11.

Vlasák, P. (2003): Ekologická studie Bíliny. VÚV, Praha, 35 s.

Vlasák, P. (2004): Ekologická studie Bíliny. VÚV, Praha, 48 s. + přílohy.

Vlasák, P. (2010): Negativní antropogenní vlivy v povodí Bíliny (Česká republika. Souhrnná zpráva o řešení za období 2008-2010. Projekt MŽP SP/1b7/124/08, Praha, 16 s.

Vlasák, P. a kol. (2002): Hydrologie a kvalita vodních toků Podkrušnohorské oblasti. Zpráva č.1050/210 pro MŽP ČR, VÚV T.G.M., Praha, 48 s.

Vlasák, P., Havel, L., Matoušková, M. & Milický M. (2009): Negativní antropogenní vlivy v povodí Bíliny. Projekt VaV č. SP/1b7/124/08, zpráva VÚV T.G.M., Praha, pro MŽP, 95 s.

Vlasák, P.; Havel, P.; Kohušová, K.; Hrdinka, T. (2010). Jakost vody Bíliny v období 1967 - 2008 (povodí Labe, Česká republika). Sborník z konference 14. Magdeburský seminář o ochraně vod v Teplicích, Povodí Ohře, s.p., MKOL, Teplice, s. 198-200.

Volaufová L.; Langhammer J. (2007): Specific pollution of surface water and sediments in the Klabava River basin. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 55(2): 122-134.

VŠCHT (2011): Výskyt perfluorovaných a bromovaných sloučenin ve vzorcích ryb a sedimentů z vybraných lokalit České republiky. Projekt Voda Živá, závěrečná zpráva. Praha, 49 s.

VÚV kol. (1993): Znečištění říčních sedimentů a biomasy organismů. Projekt Labe bulletin, VÚV Praha, 5, 4 s.

VÚV Praha, 20, 4 s.

Vysloužilová, B.; Kliment, Z. (2012): Soil erosion and sediment deposition modelling at the small catchment scale. Geografie – Sborník ČGS, 117, 2, p. 170-191.

Walling, D.E.; Fang, D. (2003): Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. Global and Planetary Change, 39, p. 111 – 126.

Wallmann, K. (1990): Die Frühdiagenese und ihr Einfluß auf die Mobilität der Spurenelemente As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb und Zn in Sediment- und Schwebstoff-Suspension. Dissertation. Universität Hamburg, 195 S.

Wallschläger, D. Wilken, R.D. (1996): Hodnocení difúzního pronikání rtuti z kontaminovaných niv do Labe a jeho povodí. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s. 50-54.

Water Framework Directive: Application to different catchments in Czechia. Geografie, 113, 3, 223-236.

Westrich, B. (2006): Engineering Aspects of Risk Based Contaminated Sediment Management on River Basin Scale. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 99-107.

Wilken, R.D.; Hintelmann, H. (1991): Mercury and methylmercury in sediments and suspended particles from the river Elbe, North Germany. Water, Air and Soil Pollution, 56, p. 427-437.

Zahrádka, V. (2010): Identifikace znečištění řeky Bíliny těkavými látkami. Povodí Ohře, s.p., Chomutov, 5 str. + přílohy.

Zerling, L.; Hanisch, Ch.; Junge, F. W. (2006): Verlagerung von kontaminierten Altsedimenten bei Hochwasserereignissen. In: Punčochář, P. et al. (eds.) Sborník z konference 12. Magdeburský seminář o ochraně vod - Rámcová směrnice o vodách, Český Krumlov, Povodí Vltavy, Praha, s. 220.

Zhrádka, V. (1996): Kvalita vody řece Bílině. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s.227-229.

Zítek, J.(2012): Nakládání se sedimenty jako součást managementu povodí v úseku Labe Mělník-Hřensko.Sborník z konference 15. Magdeburský seminář o ochraně vod - Labe a jeho sedimenty, Hamburk, Programový výbor Magdeburského semináře o ochraně vod 2012, MKOL, Hamburk, s. 89-93.

Zoll, M.; Gandrass, g. (1996): Znečištění sedimentů v Labi (1992) a jeho přítocích (1994) vysokovroucími chlorovanými uhlovodíky. In: 7. Magdeburský seminář o ochraně vod v Českých Budějovicích 22.-25.10.1996. VÚV, Povodí Vltavy, GKSS Forschungszentrum, s.290-292.

XI. Přílohy

- a. Pasporty lokalit – popis, mapa, foto
- b. Tabulky
- c. Stanoviska
 - c.1 Ministerstvo životního prostředí
 - c.2 Česká inspekce životního prostředí