

Závěrečná zpráva studie:

„Fluviálně-geomorfologická studie vývoje korytových náplavů řeky Labe v úseku Střekov – státní hranice“

pro účely dokumentace přírodního prostředí řeky Labe v Chráněné krajinné oblasti Labské pískovce (a přilehlých úsecích toku) a pro účely získání podkladů pro péči a ochranu stanovišť vázaných na řeku Labe, a to zejména ve světle probíhající klimatické změny



Zhotovitel:

Ostravská univerzita
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie
30. dubna 22
70200 Ostrava
IČO: 61988987
DIČ: CZ61988987

Odpovědní řešitelé za PřF OU:

RNDr. Václav Škarpich, Ph.D.
doc. RNDr. Jan Hradecký, Ph.D.
RNDr. Tomáš Galia, Ph.D.
Mgr. Lukáš Vaverka
Mgr. Václav Gurkovský



Objednatel

Správa Národního parku České Švýcarsko
se sídlem: Pražská 457/52, 407 46 Krásná Lípa
IČO: 06342477, DIČ: CZ06342477
zastoupená Ing. Pavlem Bendou, Ph.D.,
ředitelem
Zástupce ve věcech odborných: Ing. Petr
Bauer (tel. 602 491 752, email:
p.bauer@npcs.cz)

Obsah

1 Úvodní slovo	3
2 Obecný princip vývoje korytových náplavů v rámci říčního kontinua.....	6
3 Historický vývoj korytových náplavů na dolním úseku řeky Labe v České republice	10
4 Zhodnocení morfologie vybraných korytových náplavů (lavic) na Labi v úseku Střekov – státní hranice.....	15
5 Analýza zrnitostního složení povrchové vrstvy vybraných lavic.....	21
6 Analýza zrnitostního složení podpovrchových sedimentů vybraných lavic	32
7 Současný vývoj náplavů a možnosti případných kompenzačních opatření	35
8 Závěrečné shrnutí.....	39
Literatura	41
Přílohy.....	45

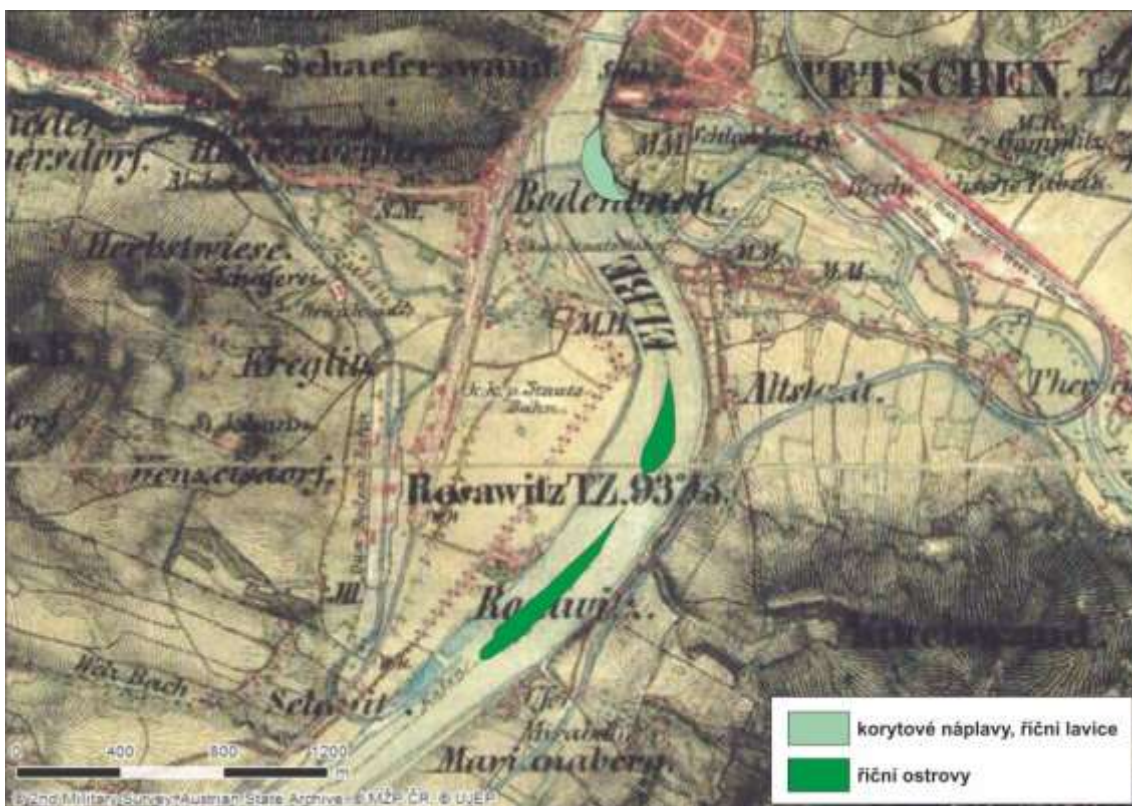
1 Úvodní slovo

Korytové náplavy řek jsou důležitým prvkem v rámci přirozeně vyvíjejících se koryt vodních toků (Brierley a Fryirs 2005). Termínem korytový náplav jsou myšleny velmi dynamické formy štěrkových nebo písčitých lavic, které jsou tvořeny nánosy říčních sedimentů usazených při březích (např. ve formě bočních lavic, vrcholových lavic) nebo uprostřed koryta (např. ve formě příčných, středových, diagonálních lavic). Tyto lavice vznikají ukládáním a přeplavováním sypkého sedimentárního materiálu transportovaného tokem. K transportu tohoto sedimentárního materiálu dochází především při vyšších průtocích způsobených např. déletrvajícimi intenzivními regionálními srážkami s vysokými úhrny, rychlým táním sněhové pokrývky v období zimy či jara nebo ledovými jevy způsobujícími nápěchy nebo zácpy, které se následně prolomí a dojde ke zvýšení průtoku níže po proudu. Někdy mohou být tyto povodňové situace způsobeny také krátkodobými srážkami s velkou intenzitou, avšak ty se projevují spíše lokálně na menších vodních tocích. Specifickým případem jsou potom zvláštní povodně způsobené umělými vlivy, např. v důsledku havárie na vodních dílech. Z výše uvedeného vyplývá, že pro výskyt náplavů je důležitý rozkolísaný hydrologický režim a pravidelný výskyt takových průtoků, které jsou schopny sedimenty transportovat a náplavy aktivně formovat a přeplavovat.

Řeka Labe byla v minulosti charakteristická vyšším množstvím sedimentů transportovaných proudící vodou ukládajících se ve formě korytových náplavů a následně také vývojem říčních ostrovů za přispění sukcese vegetací. Svědčí o tom historické fotografie, dobové nákresy, záznamy na historických mapách (obr. 1.1), popř. letecké snímky, které byly pořizovány především od druhé poloviny 20. století do současnosti. Tyto materiály analyzoval na dolním toku Labe v České republice Raška a kol. (2017).

Korytové náplavy a ostrovy na Labi byly v průběhu 20. století postupně odstraňovány především z důvodu stabilizace koryta, zabránění rozlivu při povodních, získání nadřičního terénu pro různé využití člověkem, zajištění lodní dopravy, apod. Tento stav s sebou nesl a nese zhoršení hydromorfologického stavu spojenou s degradací stanovišť pro vodní biotu a organismy vázané na příbřežní zónu. Jelikož Česká republika implementovala evropskou Rámcovou směrnici o vodách (Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2000/60/ES), mezi jejíž požadavky patří kromě zlepšení kvalitativních vlastností a ekologického stavu

povrchových vodních útvarů také zlepšení jejich hydromorfologického stavu, je nutné se tímto problémem zabývat. Především pak zabránění dalšího zhoršování stavu s cílem ochránit a zlepšit stav vodních ekosystémů a vodního prostředí, podpořit udržitelné užívání vod, zajistit snižování znečišťování podzemních vod a přispět ke zmírnění účinku povodní a období sucha je prvořadým úkolem, který Rámcová směrnice ukládá (Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2000/60/ES; Rámcová směrnice o vodách - Ministerstvo životního prostředí 2008; Vodní rámcová směrnice - Životní prostředí, eAGRI 2009).



Obr. 1.1: Řeka Labe před Děčínem na mapách II. vojenského mapování – Františkova z let 1836-1852 se zvýrazněnými ostrovy a korytovými náplavy (lavicemi).

Hlavním cílem studie je fluviálně-geomorfologická analýza vývoje a stavu korytových náplavů řeky Labe v úseku Střekov – státní hranice vzhledem k nárokům Rámcové směrnice o vodách (Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2000/60/ES) na zlepšení stavu povrchových vodních útvarů ve zvláště chráněných území Národního parku České Švýcarsko a Chráněné

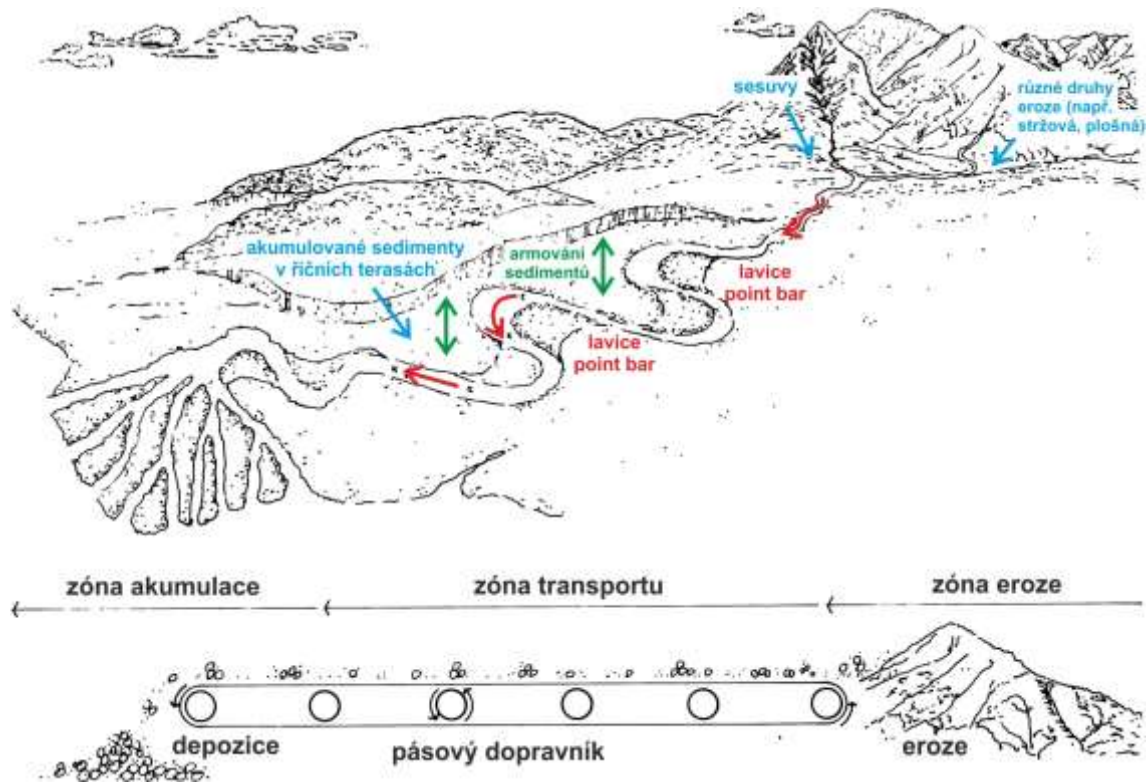
krajinné oblasti Labské pískovce v souvislosti s problematikou splavnění řeky Labe. Mezi stěžejní části této studie patří:

- a) zhodnocení vývoje korytových náplavů jak z historického hlediska za využití starých map,
- b) zhodnocení morfologie/morfometrie a zmapování vybraných lavic,
- c) detailní zhodnocení granulometrie povrchové a podpovrchové vrstvy vybraných lavic, kdy získané výsledky lze následně interpretovat vzhledem k vhodnosti substrátu ke kolonizaci vybranými druhy rostlin,
- d) stanovení současného vývoje náplavů a ověření možnosti případných kompenzačních a zjištění degradace hydromorfologie významného evropského toku i ve vazbě na přístupy ve Spolkové republice Německo,
- e) vyhodnocení vlivu experimentálních staveb na Labi v CHKO Labské pískovce.

2 Obecný princip vývoje korytových náplavů v rámci říčního kontinua

Sedimentární materiál transportovaný a ukládaný vodními toky je výsledkem procesu eroze a přísunu sedimentů do koryta v rámci celého povodí, jelikož každá část povodí může potenciálně přispívat sedimenty do koryta vodního toku (Schumm 1969; 1977; Gregory 1977). V rámci říčních systémů je možné nahlížet na transport sedimentů z pohledu tzv. teorie říčního kontinua (Kondolf 1997). Někteří autoři přirovnávají distribuci říčních sedimentů k „pásovému dopravníku“ (obr. 2.1) (Schumm 1977; Kondolf 1997), který v ideálním případě můžeme rozdělit na tři zóny: (i) eroze a produkce sedimentů, (ii) transportu a (iii) ukládání (Schumm 1977). Kontinuita je pak zamýšlena jako průběžný pohyb a přítomnost sedimentů v rámci celého povodí vodního toku. V teorii kontinua má velmi důležitou roli konektivita. Konektivitou je zde myšlen přenos energie a materiálu mezi částmi krajinného systému v systému říčního kontinua (Fryirs a kol. 2007a; 2007b). Z prostorového hlediska v říčním systému pak můžeme rozlišovat boční, podélnou a vertikální konektivitu (obr. 2.1) (Fryirs a kol. 2007a; 2007b; Hooke 2003; Kondolf 1997). Podélná konektivita zahrnuje transport sedimentů v rámci říční (korytové) sítě, např. konektivita mezi pramennými úseky a dolními rovinatými úseky. Boční konektivita je charakterizována vztahy mezi korytovou sítí a okolní krajinou, např. v rámci vztahů svah-koryto a říční niva-koryto. Vertikální spojitosti mají za následek interakci vztahů mezi povrchovou a podpovrchovou vrstvou, např. erodibilita podloží, zhutnění sedimentů na korytových náplavech.

Říční kontinuum však bývá v určitou chvíli narušeno, když pohyb sedimentů je omezen nebo zcela zastaven. Tohle narušení je tak impulsem změn v korytě. Fungování říčního systému je zajišťováno tendencí vodních toků k dosažení stavu rovnováhy, kdy spád, šířka, hloubka a další charakteristiky koryta jsou v rovnováze s hydrologickým režimem a množstvím splavenin (koncepte dynamické rovnováhy) (Schumm 1979; Thorne a kol. 1997). Řeka tak reaguje na každé narušení (disturbance) v říčním systému tím, že vyrovnává vliv změny a udržuje profil rovnováhy přizpůsobením svého příčného a podélného profilu, korytové drsnosti a morfologií v interakci s průtokem a množstvím sedimentů (Schumm 1969). Z hlediska transportu sedimentů a změn v korytech vodních toků by bylo lépe mluvit o říčním (dis)kontinuu, jelikož vývoj toku je pod neustálým vlivem disturbancí, resp. (dis)konektivit (Bruns a kol. 1984).



Obr. 2.1: Oblasti eroze, transportu a akumulace v konceptu distribuce sedimentů v povodí v podobě „pásového dopravníku“ (převzato z Kondolf 1997).

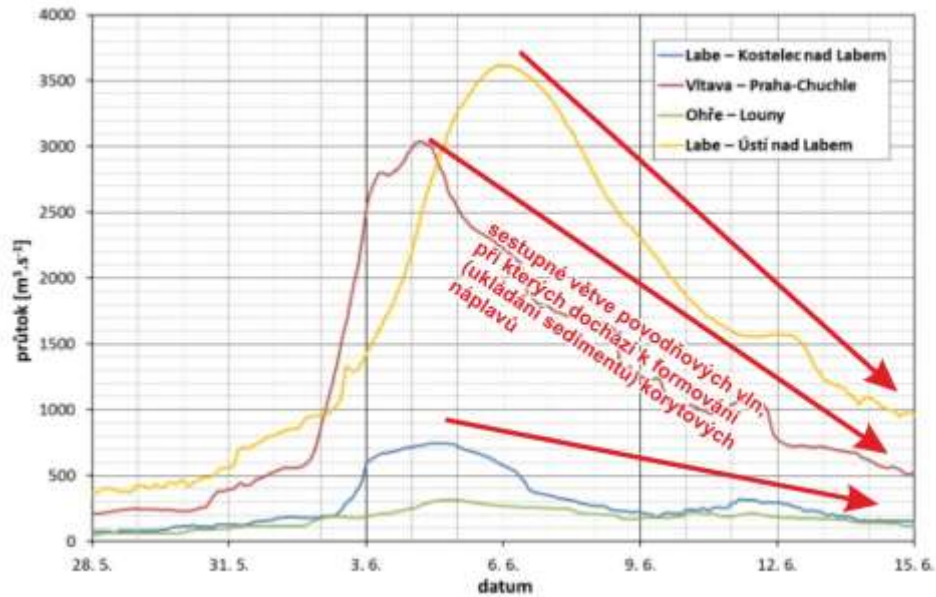
Fryirs a kol. (2007a; 2007b) člení (dis)konektivity v povodí na: (i) boční, zabraňující vstupu sedimentů do koryta vodního toku a říční sítě ve formě "nárazníkových zón" (z angl. *buffer*), rušící laterální konektivitu; (ii) podélné, zabraňující pohybu sedimentů v korytě vodního toku (v říční síti), rušící podélnou konektivitu, tzv. „bariéry“; (iii) vertikální, stabilizující sedimenty před možností opětovného pohybu, tzv. "stabilizující vrstvy" (z angl. *blanket*), rušící vertikální konektivitu. Na základě původu pak můžeme rozlišit (dis)konektivity přirozené (přírodní bez zásahu člověka), nepřirozené (antropogenní). Interakcí poté může docházet k antropogenně kombinovaným (indukovaným člověkem a poté přírodně akcelerovaným) a přirozeně kombinovaným (indukovaným přirozeně a poté člověkem akcelerovaným) (dis)konektivitám (Brierley a kol. 2006). Termín (dis)konektivita se objevuje v literatuře v posledních několika letech a je jí přikládána velká váha z hlediska využití v managementu vodních toků. Boční (dis)konektivity (nárazníkové zóny) zahrnují náplavové kužely, údolní nivy nebo úpatní zóny. Člověkem podmíněné boční (dis)konektivity potom představují především opevnění břehů,

kteří eliminují laterální erozi koryta (Fryirs a kol. 2007a). Příkladem bariér v korytě mohou být zbytky dřeva (z angl. *woody debris*) (Montgomery a Piégay 2003) nebo různé skalní výchozy (stupně, skalní prahy). Antropogenně podmíněné bariéry jsou pak přehrážky nebo další různá hradící tělesa údolních nádrží či jezů, která způsobují lokální ovlivnění erozní báze. Snížením sklonu nivelety dochází ke snížení transportní kapacity toku nad bariérou, které se projevuje akcelerovanou zpětnou akumulací. Pod bariérou se pak projevuje snížený transport sedimentů v nastartování tzv. efektu hladové vody, který je spojen s hloubkovou a zpětnou erozí (Fryirs a kol. 2007a). Energie proudící vody je v případě výskytu sedimentů v korytě řeky z velké části spotřebována na pohyb těchto sedimentů. V případě absence sedimentů v korytě řeky, pod bariérami ve formě přehrad, jezů a stupňů, nastává proces efektu hladové vody, kdy je energie proudící vody spotřebována na erozi vodního toku dna a břehů (Kondolf 1997). Charakteristickým projevem efektu hladové vody je také hrubnutí sedimentů akumulovaných na dně či březích v úseku pod bariérou na vodním toku (Schumm 1977; Galia a kol. 2016). (Dis)konektivity rušící vertikální konektivitu v krajině zahrnují veškeré formy, které ovlivňují interakci mezi povrchovými a podpovrchovými vrstvami sedimentů. Patří mezi ně např. výplně mezer štěrků jemnozrnnými sedimenty (armovací vrstvy). Můžeme zde zařadit také rostlinný kryt a svým způsobem tedy původně aktivní náplavy později stabilizované vegetací (Grešková 2007).

V kontrastu těchto (dis)konektivit uvádějí Brierley a kol. (2006) „urychlovače“ (z angl. *booster*), které naopak mohou podporovat rychlost transportu sedimentů (např. rokle, zúžené části koryta s vyšší transportní kapacitou).

Formování korytových náplavů z pohledu transportovaných sedimentů v rámci říčního kontinua nastává především v místech, kde dochází ke ztrátě energie pro transport sedimentů v korytě, např. v úsecích o nižším sklonu nivelety, kde se rozšiřuje koryto a také v období sestupné větve povodňové vlny (viz obr. 2.2). K formování korytových náplavů v přirozeně vyvíjejících se tocích přispívá ve velké míře také říční dřevo, které se do koryta může dostávat z různých zdrojů (u větších řek především břehovou erozí, ale také antropogenní činností). Říční dřevo významně ovlivňuje hydraulickou drsnost a tím intenzitu transportu sedimentů a erozně-akumulační procesy v korytech (Montgomery a Piégay 2003). V našem kontextu tak může ovlivňovat četnost a plošný rozsah lavic a vytváření dalších morfologických forem, které zvyšují celkovou heterogenitu koryta. Říční dřevo bylo (a často

stále je) ve velké míře v minulosti odstraňováno z vodních toků, avšak výzkumy v posledních letech poukazují na jeho důležitou roli při zlepšování hydromorfologického stavu a jeho pozitivní efekt na vodní biotu (Montgomery a kol. 2003).



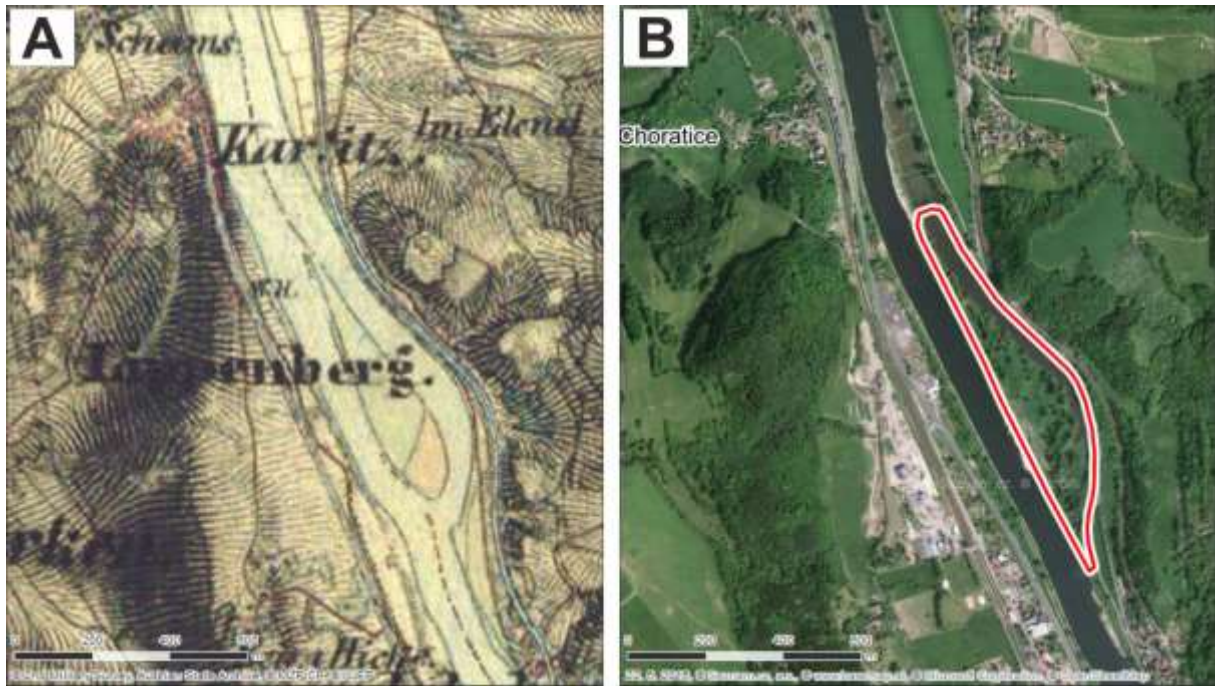
Obr. 2.2: Hydrogram průběhu povodně na Labi v Kostelci nad Labem, na Vltavě v Praze, na Ohři v Lounech a na Labi v Ústí nad Labem v roce 2013 (Český hydrometeorologický ústav 2013).

3 Historický vývoj korytových náplavů na dolním úseku řeky Labe v České republice

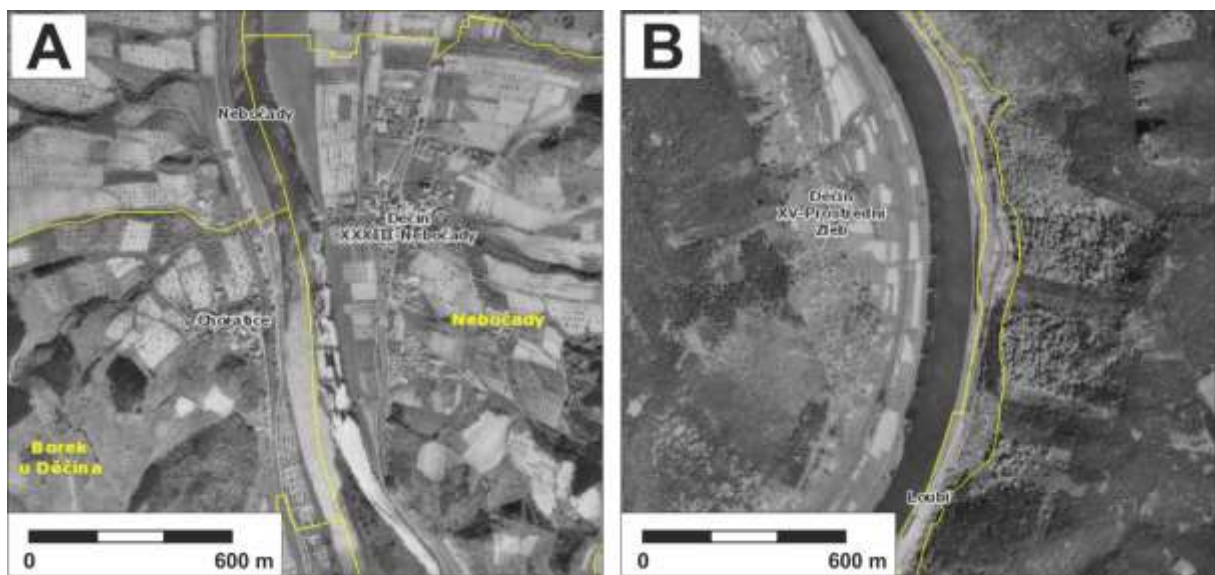
Na základě analýzy podkladových map II. vojenského mapování – Františkova (z let 1836-1852, v měřítku 1: 28 800) bylo identifikováno množství korytových náplavů a v důsledku sukcese vegetace také vyvinutých ostrovů. V zájmovém úseku od Střekova po státní hranici se Spolkovou republikou Německo se nacházelo v období let 1836-1852 celkem 6 ostrovů. Jmenovitě jimi byly ostrovy v dnešní oblasti Západního přístavu v Ústí nad Labem – městské části Krásné Březno (z hlediska dnešní říční kilometráže ř. km 763,7), v Malém Březně (v ř. km 754,0), v Děčíně – městské části Nebočady (v ř. km 748,0), dva ostrovy v Děčíně – městské části Rozbělesy (viz obr. 1.1, ř. km 742,6 a 742,0) a ostrov v Děčíně – městské části Čertova voda (ř. km 735,2). Všechny tyto vyjmenované ostrovy do současnosti zanikly. Některé byly změněny regulačními pracemi na poloostrovy, na místě dalších se v dnešní době vyskytují jen částečně vyvinuté korytové náplavy, např. poblíž původního ostrova v Malém Březně nebo v Děčíně – městské části Nebočady (obr. 3.1). Ostrov v oblasti Západního přístavu v Ústí nad Labem - městské části Krásné Březno byl patrně využit při výstavbě tohoto přístaviště. Dále ostrov v Děčíně – městské části Nebočady, který je na podkladových mapách II. voj. mapování zakreslen z části jako šterková lavice a z části sukcesí vegetace stabilizovaný ostrov, je v současnosti součástí PP Nebočadský luh. PP Nebočadský luh je dnes tvořena poloostrovem v pravobřežní části Labe s částečně vyvinutými zátokami (z angl. *backwaters*) ovšem přehrazenými v minulosti vybudovanými usměřňovacími výhony v rámci regulačních zásahů do koryta Labe s cílem zlepšit podmínky pro lodní dopravu (obr. 3.1). Tyto usměřňovací výhony jsou identifikovatelné i na leteckých snímcích z roku 1954 (obr. 3.2), kdy je patrné, že zmíněný ostrov byl regulačními zásahy již před pořízením leteckých snímků změněn na poloostrov s vyvinutými zátokami. Ostrovy identifikované na mapách II. voj. mapování v Děčíně – městské části Rozbělesy jsou na leteckých snímcích z roku 1954 ovlivněny regulačními zásahy do koryta, kdy slouží jako ochranná hráz přístaviště/doku a tento stav setrval do současnosti. Ostrov v Děčíně – městské části Čertova voda identifikovaný na mapách II. voj. mapování již na leteckých snímcích z roku 1954 neexistuje, kdy jeho zánik souvisí nejspíše s regulačními zásahy do koryta. V oblasti, kde se nacházel na mapách II. voj. mapování, je na leteckých snímcích z roku 1954 patrný vyvinutý mokřad

s menšími tůněmi, kdy podobný stav je identifikovatelný i v současnosti na leteckém snímku z roku 2017.

Ve studovaném úseku jsou na mapách II. voj. mapování viditelné také některé soutokové lavice či náplavové kužely při ústí přítoků do Labe. Jedná se především o náplavový kužel vyvinutý při ústí levostranného přítoku Rychnovského potoka, který je patrný i na leteckých snímcích z roku 1954 a je částečně zachovaný do současnosti i přes realizované regulační zásahy do koryta Labe. Dále je na mapách II. voj. mapování viditelná soutoková lavice při ústí pravostranného přítoku Ploučnice, která je identifikovatelná také na leteckých snímcích z roku 1954 a je zachovaná až do současnosti. Naproti ústí Ploučnice v levobřežní části je na mapách II. voj. mapování viditelný částečně vyvinutý korytový náplav/soutoková lavice Jílovského potoka, který na leteckých snímcích z roku 1954 a ze současnosti není patrný. Poměrně dlouhý vyvinutý pravobřežní korytový náplav kombinovaný s výskytem soutokové lavice/náplavového kuželu při ústí pravostranného přítoku Kameničky je viditelný v pravobřežním úseku v Děčíně – městské části Křešice na mapách II. voj. mapování. Na leteckých snímcích z roku 1954 tato lavice není identifikovatelná, avšak v tomto úseku se nacházejí četné usměrňovací výhony, které se do současnosti nedochovaly. Tyto usměrňovací výhony jsou velmi četné především na leteckých snímcích z roku 1954. Kromě výše zmíněných úseků v Děčíně – městské části Křešice a Nebočady se jednalo o úseky vodních toků v Ústí nad Labem – městské části Svádov (pravobřežní část) a v Děčíně – městské části Prostřední Žleb (levobřežní část, obr. 3.2). Podobné stavby se velmi často nacházejí na Labi i níže po proudu ve Spolkové republice Německo (obr. 3.3), kde jejich hlavní funkcí je regulace a usměrnění průtoku do jednoduchého úzkého profilu (koridoru) z důvodu zajištění podmínek pro lodní dopravu.



Obr. 3.1: Oblast PP Nebočadský luh (A) na mapách II. vojenského mapování – Františkova z let 1836-1852 a (B) na leteckém snímku z roku 2016, červená linie představuje hranici PP Nebočadský luh (zdroj: <https://mapy.cz/>).



Obr. 3.2: Usměrňovací výhony na leteckých snímcích z roku 1954 (A) v pravobřežní části koryta Labe v Děčíně – městské části Nebočady a (B) v levobřežní části koryta Labe v Děčíně – městské části Prostřední Žleb (zdroj:

©CENIA 2010, Geografická služba AČR).



Obr. 3.3: Usměrňovací výhony na Labi na leteckém snímku z roku 2017 poblíž obce Lößnig (Lössnig) ve Spolkové republice Německo (zdroj: Google Earth).

O postupném zániku říčních ostrovů a korytových náplavů referuje také studie Rašky a kol. (2017). Poukazuje na fakt, že vývoj říčních ostrovů na řece Labi v úseku mezi Lovosicemi a Ústím nad Labem se snížil ze šestnácti ostrovů v roce 1843, respektive dvaceti ostrovů v roce 1852, na osm ostrovů v roce 1954 a na pět ostrovů v roce 2014. Za hlavní příčiny jsou považovány úpravy na řece Labi, především pak splavnění řeky plavebním stupněm Střekov a Masarykovým zdymadlem vybudovaným v letech 1924-1936, zdymadlem Lovosice vybudovaným v letech 1911-1919 a jezem v Terezíně vybudovaným v letech 1972-1976. Analýzou měření šířek koryta na 28 úsecích z podkladových dat z let 1843, 1852, 1954 a 2014 ve studii Rašky a kol. (2017) bylo také zjištěno, že došlo k postupnému zúžení koryta o 13% mezi lety 1843 a 1954 a o další 3% mezi lety 1954 a 2014. Dle charakteristického vývoje šířky koryta Raška a kol. (2017) rozčlenil úsek mezi Lovosicemi a Ústím nad Labem do tří sekcí, kdy dolní sekce pod Masarykovým zdymadlem vykazuje největší míru zúžení koryta za sledované období, druhá sekce nad Masarykovým zdymadlem v délce 12 km je charakteristická mírným rozšířením koryta v důsledku zpětného vzduť a třetí úsek vykazuje z hlediska šířky koryta stagnaci. Důležitým faktem při zániku ostrovů a korytových náplavů byly a v současnosti stále jsou také pravidelné prohrábký a vyhrnování sedimentárního materiálu z centrální části koryta do oblasti břehových partií (z důvodu zajištění plavebních podmínek). Tyto prohrábký jsou viditelné na četných místech na štěrkových lavicích (obr. 3.4) ve studovaném úseku a

viditelné projevy jsou identifikovatelné také na leteckých snímcích z posledních dvaceti let (obr. 3.5).



Obr. 3.4: Prohrábkami a vyhrnováním sedimentů z centrální části koryta řeky Labe disturbovaný korytový náplav v oblasti Děčína – městské části Dolní Žleb (foto směrem po proudu, Škarpich, V., rok 2018).



Obr. 3.5: Prohrábkami a vyhrnováním sedimentů z centrální části koryta řeky Labe disturbovaný korytový náplav v oblasti Děčína – městské části Dolní Žleb na leteckém snímku z roku 2015 (zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální).

4 Zhodnocení morfologie vybraných korytových náplavů (lavic) na Labi v úseku Střekov – státní hranice

V souvislosti se zhodnocením morfologie vybraných lavic bylo přistoupeno ke geodetickému zaměření čtyř lavic v úseku řeky Labe v Malém Březně, Nebočadech, Děčíně a Dolním Žlebu (stručná charakteristika jednotlivých analyzovaných lavic viz tab. 4.1).

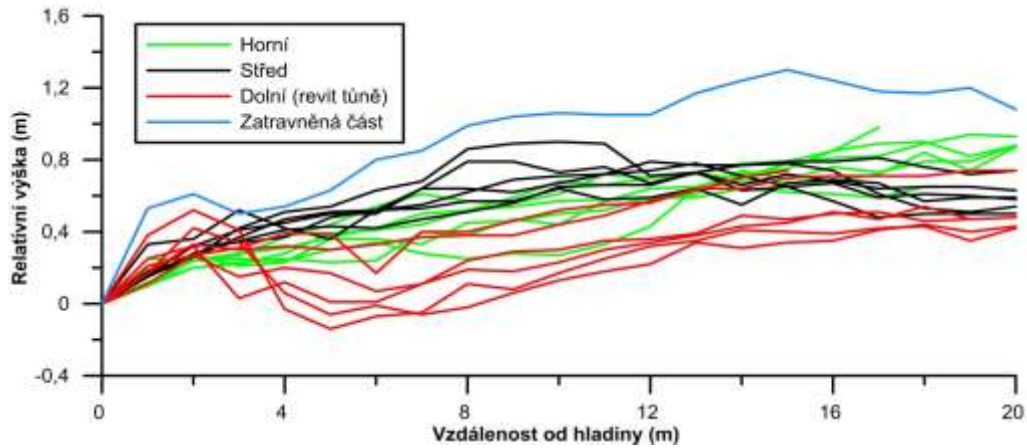
Tab. 4.1: Stručná charakteristika hodnocených korytových náplavů (lavic) z hlediska pozice v korytě a jejich lokalizace.

Lokalita (obec, městská část)	Ř. km	Souřadnice (souřadnicový systém WGS 84)	Stručná charakteristika lavice z hlediska pozice v korytě
Malé Březno	753,8	50.6812772N, 14.1703425E	V pravotočivé zákrutě v jesešní pravobřežní části koryta, ve střední části lavice (v podélném průběhu) výskyt vyšších úrovní (teras).
Část obce Děčín XXXIII-Nebočady	747,5	50.7254419N, 14.1878128E	Ve velmi mírně pravotočivé zákrutě v jesešní pravobřežní části koryta, lavice se nachází v blízkosti PP Nebočadský luh (hlavním cílem ochrany slepé říční rameno Labe s lužním lesem s významným hnízdištěm a zimovištěm ptactva).
Část obce Děčín I- Děčín	740,6	50.7765039N, 14.2061744E	V pravotočivé zákrutě v jesešní pravobřežní části koryta, částečně soutoková lavice, ovlivnění pravostranným přítokem Ploučnice, který se nachází v těsné blízkosti pod lavicí ve směru po proudu.
Část obce Děčín XIV-Dolní Žleb	731,0	50.8491719N, 14.2171033E	V pravotočivé zákrutě v jesešní pravobřežní části koryta, v horní části lavice patrné znaky antropogenní disturbance povrchu (prohrábka a vyhrnováním sedimentárního materiálu z koryta).

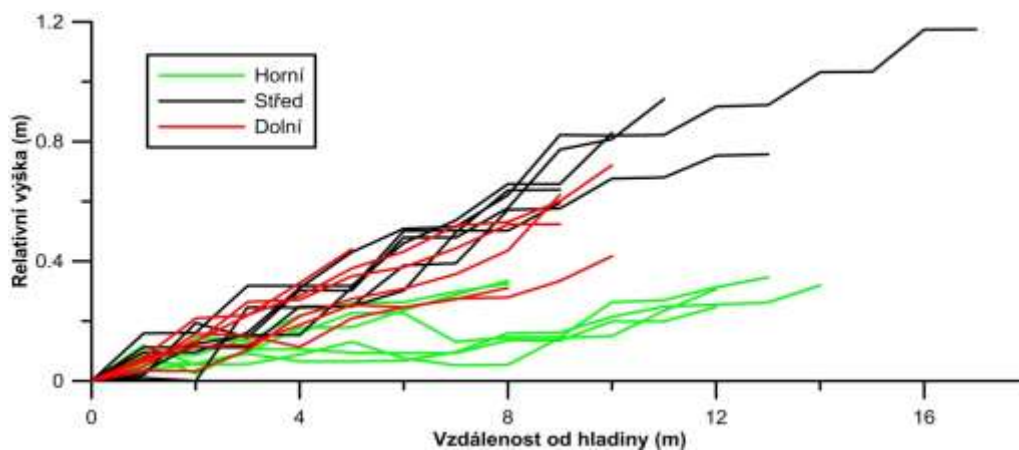
V rámci analýzy morfologie bylo zaměřeno vždy 6 příčných profilů ve frontální (horní), střední a distální (dolní) části lavice (ve směru po proudu) od hladiny po vnější okraj lavice. Ten byl identifikován jako místo, kde byly patrné znaky pravidelného (alespoň každoročního) ovlivnění proudící vodou během zvýšených průtoků. Celkem bylo na každé lavici zaměřeno vždy 18 příčných profilů. U lavice v úseku řeky Labe v Malém Březně byl navíc zaměřen příčný profil mezi střední a dolní částí lavice z důvodu její značné délky a výskytu vyšší úrovně (terasy) lavice zcela porostlé vegetací s výskytem nízkých dřevin a menších keřů. Dále bylo navíc zaměřeno 6 příčných profilů nad horním úsekem lavice v Dolním Žlebu, kde byly patrné náznaky postupného vývoje lavice směrem proti proudu, avšak antropogenně ovlivněné prohrábkou (patrně z důvodu zajištění dostatečné hloubky pro plavbu) a vyhrnováním sedimentárního materiálu směrem z centrální části dna koryta k pravobřežní části. K zaměření bylo využito totální stanice TOPCON: GTS 212 – 2000. V rámci příčných profilů byl zvolen rozestup mezi jednotlivými body měření 1 m. Dalším parametrem nutným pro zhodnocení morfologie bylo převýšení v rámci jednotlivých bodů měření od hladiny vody v korytě Labe.

Charakter příčných profilů čtyř zkoumaných lavic je značně variabilní ve sledovaném úseku na řece Labi od Střekova po státní hranici. U lavice v Malém Březně je nápadný vývoj revitalizovaných tůní v dolních profilech, což se projevuje lokálně konkávním průběhem profilů (obr. 4.1). Střední a horní část lavice vykazují podobnou morfologii, zatímco u doplňkového profilu zcela zatrávněné části lavice (nacházel se mezi středními a dolními profily) je patrný strmý nárůst relativní výšky od hladiny toku. Tato morfologie se pak odráží právě v bujném zarůstání vegetací v tomto profilu, kdy proudící voda během běžných průtoků pravděpodobně není schopna tento výše položený povrch narušovat. Na lavici v Nebočadech je možné si povšimnout ploššího charakteru horní části lavice s minimálním nárůstem relativní výšky a zároveň značnému nárůstu šířky lavice v její středové části (obr. 4.2). Naopak soutoková lavice v Děčíně má největší šířku ve své horní části (poblíž železničního mostu) a strmější nárůst relativní výšky je zaznamenán především v profilech vedených středem a dolním koncem této lavice (obr. 4.3). Horní profily lavice v Dolním Žlebu (obr. 4.4) vykazují opět jen velmi mírný nárůst relativní výšky se vzdáleností od koryta podobně jako lavice v Nebočadech (obr. 4.2). Nápadný je také relativně plochý stupňovitý

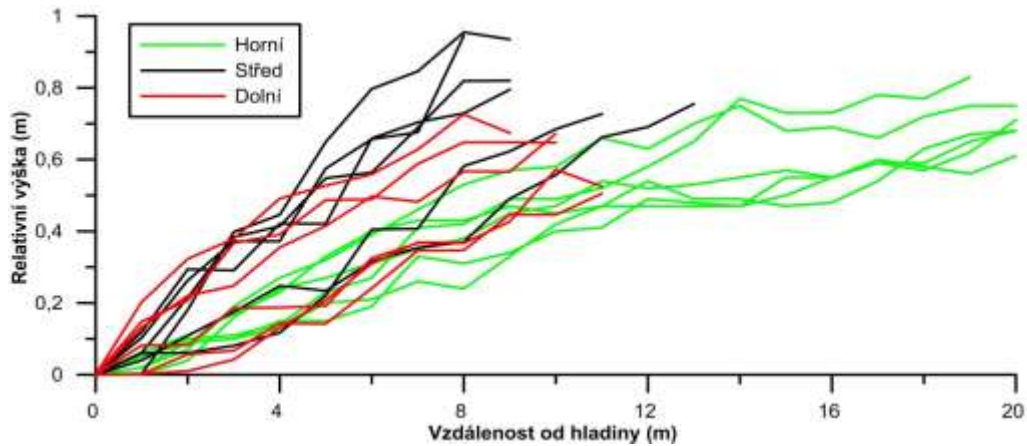
charakter dolních profilů na lavici v Dolním Žlebu. Značnou nepravidelnost v trase příčného profilu vykazuje část lavice s navážkami prohrábek (modrá barva, obr. 4.4).



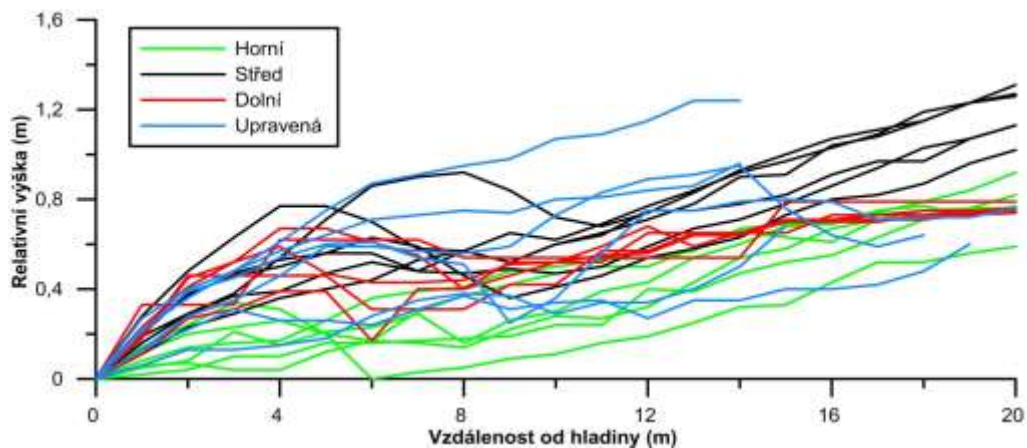
Obr. 4.1: Příčné profily lavice v Malém Březně



Obr. 4.2: Příčné profily lavice v Nebočadech.



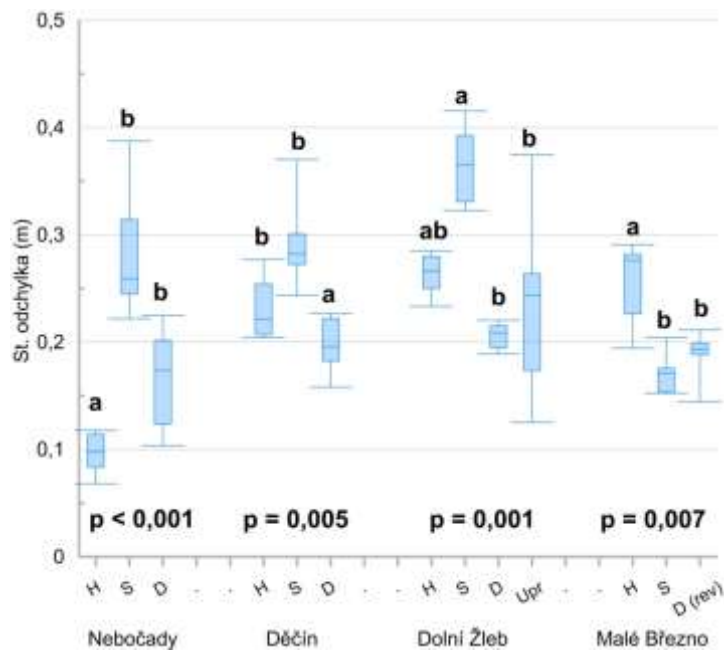
Obr. 4.3: Příčné profily soutokové lavice v Děčíně.



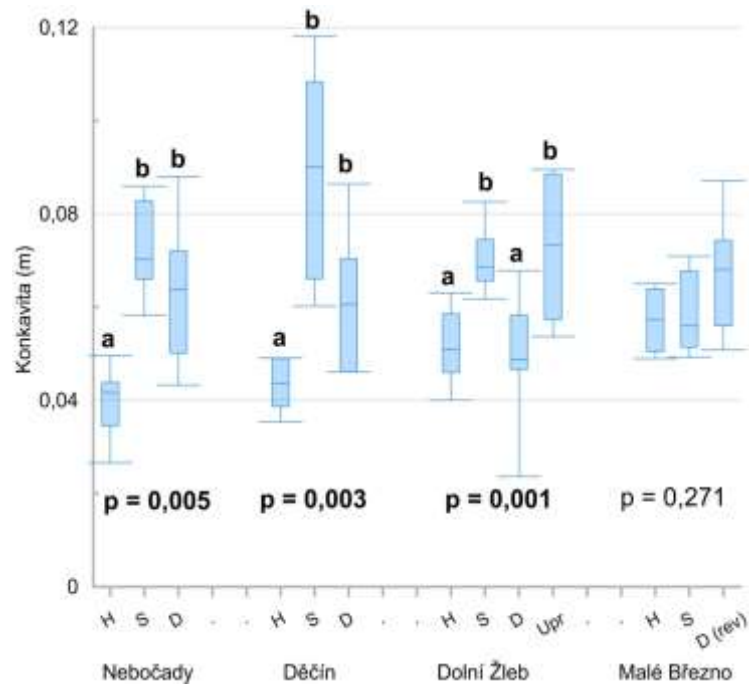
Obr. 4.4: Příčné profily lavice v Dolním Žlebu

Statistická analýza (i) směrodatných odchylek a (ii) konkavit příčných profilů (tzn. průměrný rozdíl relativních výšek mezi sousedními body) poukazuje na fakt, že největší heterogenita povrchu se obvykle nachází v příčných profilech středních částí lavic (obr. 4.5 a obr. 4.6). Výjimku představuje lokalita v Malém Březně, kde se s nejvyšší relativní odchylkou setkáváme u horních profilů pravděpodobně vlivem přítomnosti velmi hrubých zrnitostních frakcí (srovnej na obr. 5.2) a poměrně vysoké relativní výšky s disturbovanou vegetací (srovnej obr. 4.1; velké převýšení je promítnuto ve vyšších hodnotách směrodatné odchylky); tyto faktory dokonce přebijí parametry heterogenity naměřené v přítomnosti revitalizovaných tůní v dolní části povrchu lavice. Důvodem tohoto stavu mohou být prohrábky dna, které by ovlivnily morfologii lavice v oblasti horních profilů, avšak tyto

prohrábký nejsou v terénu v současnosti identifikovatelné. Výše uvedené skutečnosti mají vliv na to, že u této lavice nebyl pozorován statisticky významný rozdíl v konkavitě příčných profilů. Příčné profily v Dolním Žlebu, které jsou dotovány/narušovány materiálem z prohrábek koryta, svou heterogenitou připomínají „přirozené“ úseky středních částí lavic. Takový management pak negativně ovlivňuje přirozený vývoj lavic, které jsou formovány především vyššími vodními stavy s přeplavováním a ukládáním štěrkového materiálu.



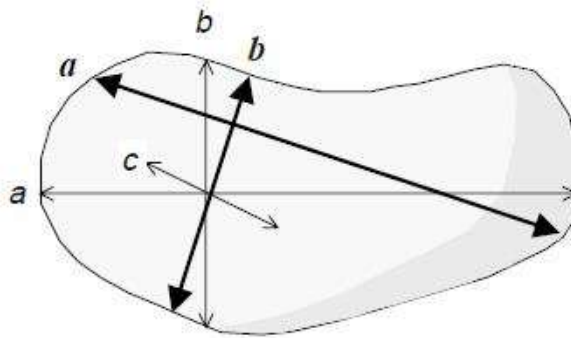
Obr. 4.5: Krabicové grafy směrodatné odchylky v rámci jednotlivých lavic. p-hodnota odpovídá výsledku Kruskal-Wallisova testu, písmena pak ukazují na signifikantně odlišné soubory dle Dunnova post-hoc testu a Bonferronova kritéria.



Obr. 4.6: Krabicové grafy konkavity v rámci jednotlivých lavic. p-hodnota odpovídá výsledku Kruskal-Wallisova testu, písmena pak ukazují na signifikantně odlišné soubory dle Dunnova post-hoc testu a Bonferroniho kritéria.

5 Analýza zrnitostního složení povrchové vrstvy vybraných lavic

Pro zhodnocení charakteristik akumulovaných sedimentů na povrchu lavic byla vybrána metoda Wolmana (1954). Princip této metody spočívá v náhodném odběru předem zvoleného množství klastů povrchové vrstvy sedimentů na předem stanovené odběrné ploše. Povrchová vrstva sedimentů je dle Bunte a Abt (2001) definovaná jako vrstva o mocnosti průměru největších částic na povrchu lavice. Metoda Wolmana (1954) je s ohledem na přímé měření každé částice vhodná pro analýzu štěrkové a hrubší frakce (tj. ≥ 2 mm). Množství klastů v rámci odebraného vzorku sedimentů povrchové vrstvy v našem případě činilo vždy 30 částic na odběrné ploše odpovídající zhruba čtverci o rozměrech 1x1 m. U klastů v rámci odběru na vybraných lavicích byl měřen vždy parametr délky prostřední osy b (s přesností na mm), která je dle Bunte a Abt (2001) definovaná jako směrodatná k vyjádření velikosti sedimentů (viz obr. 5.1).

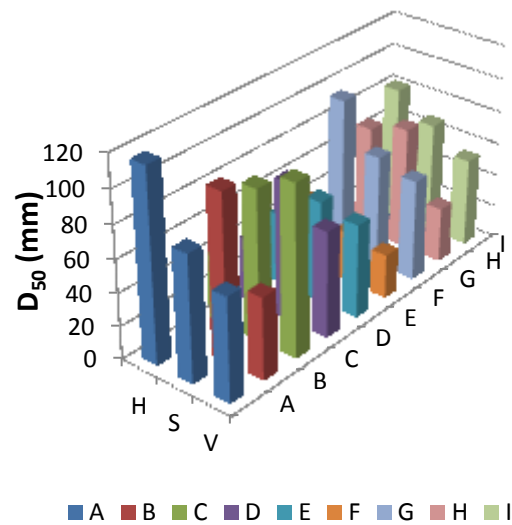


Obr. 5.1: Nákres zaměřování os u jednotlivých tvarů klastů dle Bunte a Abt (2001).

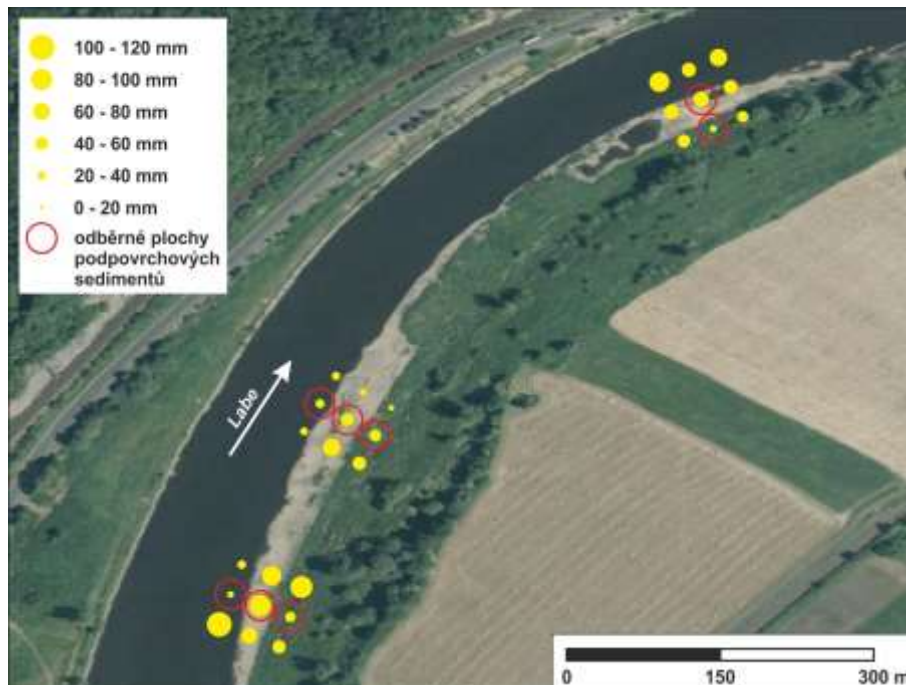
Odběrné plochy byly voleny v návaznosti na zaměřované příčné profily ve frontální (horní), střední a distální (dolní) části lavice (ve směru po proudu) od hladiny po vnější okraj lavice. Tento vnější okraj byl, podobně jako při zaměřování příčných profilů, identifikován jako místo, kde byly patrné znaky pravidelného (alespoň každoročního) ovlivnění proudící vodou během zvýšených průtoků. V rámci jednotlivých horních, středních a dolních částí lavice byly v každé z těchto částí vybrány vždy 3 příčné profily. V každém příčném profilu byly v oblasti poblíž hladiny, ve středové části příčného profilu a v oblasti vnějšího okraje příčného profilu umístěny jednotlivé odběrné plochy. Celkově tak bylo na každé lavici umístěno vždy 27

odběrných ploch, vždy 9 v horní, 9 ve střední a 9 v dolní části lavice. Dále byly navíc odebrány vzorky ve třech příčných profilech vždy v blízkosti hladiny, ve středové části příčného profilu a v oblasti vnějšího okraje příčného profilu nad horním úsekem lavice v Dolním Žlebu, kde byly patrné náznaky postupného vývoje lavice směrem proti proudu, avšak výrazně antropogenně ovlivněné prohrábkou (patrně z důvodu zajištění dostatečné hloubky pro plavbu) a vyhrnováním sedimentárního materiálu směrem z centrální části dna koryta k pravobřežní části. Pozice jednotlivých odběrných ploch v rámci horní, střední a dolní části lavice jsou schematicky znázorněny na obr. 5.3, 5.7 a 5.10, na obr. 5.14 na lavici v Dolním Žlebu navíc doplněné o znázornění odběrných ploch v doplňkovém úseku, kde byly patrné náznaky postupného vývoje lavice směrem proti proudu avšak antropogenně ovlivněné prohrábkou a vyhrnováním sedimentů.

Charakter zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů je značně variabilní jak v podélném, tak v příčném průběhu jednotlivých analyzovaných lavic v úseku řeky Labe od Střekova po státní hranici a nelze zde vysledovat jednoznačný trend. Na lavici v Malém Březně (viz obr. 5.2 a 5.3) je viditelné zastoupení hrubších frakcí v horní a dolní části lavice oproti střední části. Vzhledem k pozici v rámci koryta, kdy se jedná o vrcholovou lavici, by mělo v podélném průběhu směrem po proudu docházet postupně ke zjemňování sedimentů, tedy v horní části by měly být zastoupeny hrubší frakce a v dolní části spíše jemnější sedimenty (schéma na obr. 5.4) vzhledem k hydraulickým parametrům v rámci konvexní části břehu koryta v zákrutě (podrobněji např. Jackson 1976; Pyrcce a Ashmore 2005). Důvodem pro hrubnutí sedimentů v dolní části lavice jsou s největší pravděpodobností antropogenní opatření, která zde byla realizovaná. Jednalo se o vytvoření tůní s využitím kamenného záhozu na rozhraní mezi hladinou a okrajem lavice (viz obr. 5.5) za účelem zpevnění okraje lavice.

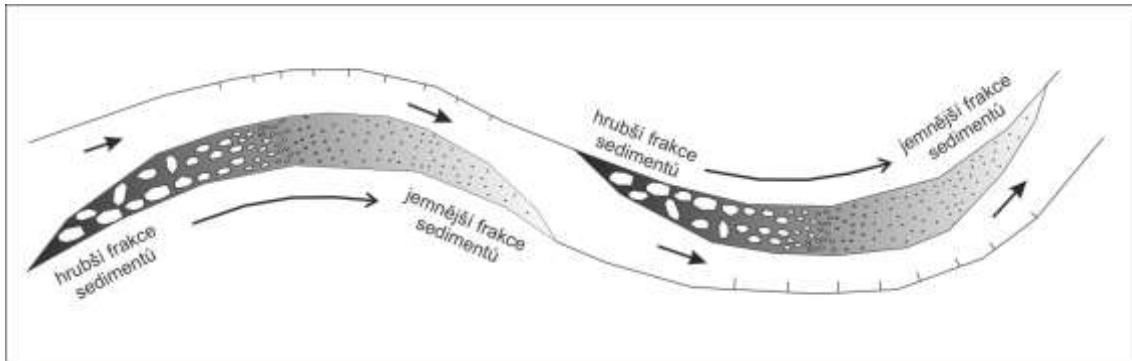


Obr. 5.2: Hodnoty percentilu D_{50} (svislá osa, v mm) zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Malém Březně; na hlavní vodorovné ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v příčném průběhu náplavu (H – v blízkosti hladiny, S – středová část, V – vnější okraj příčného profilu); na hloubkové ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v podélném průběhu náplavu (A až C frontální (horní), D až F střední a G až I distální (dolní) část lavice).



Obr. 5.3: Letecký snímek se schematicky znázorněnými velikostmi percentilu D_{50} zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Malém Březně; pozice jednotlivých lokalit v rámci horní, střední a dolní části lavice,

kde byly vzorky odebrány povrchové vrstvy sedimentů, jsou pouze orientační z důvodu lepší přehlednosti (zdroj podkladového leteckého snímku z roku 2017: Český úřad zeměměřický a katastrální).



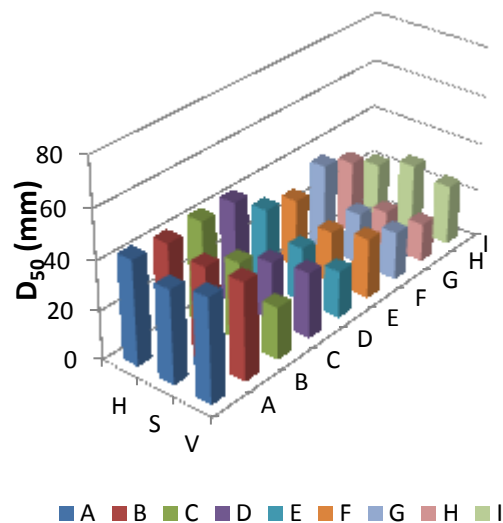
Obr. 5.4: Schematický náčrt vývoje velikosti sedimentů v rámci přirozených vrcholových lavic (překresleno z Pyrcce a Ashmore 2005; Brierley a Fryirs 2005).



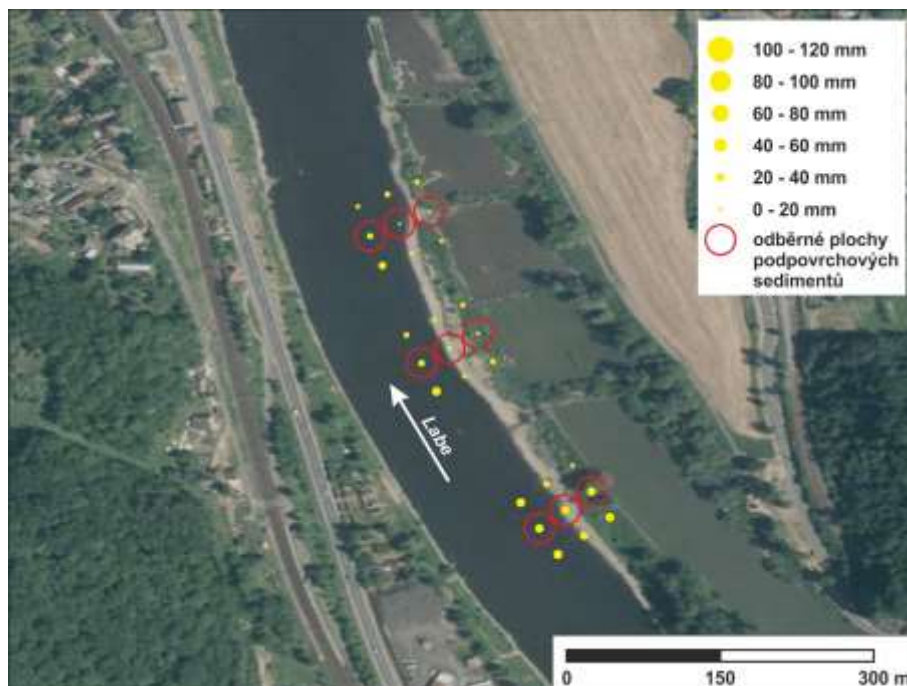
Obr. 5.5: Tůň vytvořené v rámci opatření prováděné na lavici v Malém Březně s využitím kamenného záhozu (pravé části obrázku) na rozhraní mezi hladinou a okrajem lavice (foto směrem proti proudu, Škarpich, V., rok 2018).

Lavice v Nebočadech vykazuje z hlediska zrnitostního složení (analýza percentilu D_{50}) povrchové vrstvy sedimentů pozvolné zjemňování směrem po proudu (obr. 5.6 a 5.7). Z hlediska pozice v korytě ve velmi mírně pravotočivé zákrutě v jesešní (vnitřní) pravobřežní

části koryta lze lavici charakterizovat jako kombinaci či přechodné stádium mezi vrcholovou a boční lavicí (obr. 5.8) (Pyrce a Ashmore 2005; Brierley a Fryirs 2005). Boční lavice jsou charakteristické vývojem v přímých či mírně zakřivených trasách koryta (Brierley a Fryirs 2005). Na vývoj lavice měl a má nesporný vliv usměrňovacích výhonů a opevnění břehu (obr. 5.7), které stabilizovaly výše po proudu původní říční ostrov, dnes změněný na poloostrov. Dnes je tato oblast součástí PP Nebočadský luh s hlavním cílem ochrany slepého říčního ramene Labe s lužním lesem poskytujícím významné hnízdiště a zimoviště ptactva. Tato opatření při vyšších průtocích odklání proudnici do levobřežní části. Z tohoto důvodu je trasa proudnice mírně zakřivená směrem doprava a lokálně tak snižuje rychlost proudění spojenou s ukládáním sedimentů v pravobřežní oblasti koryta. **Proto zde v současnosti nacházíme akumulovaný sediment ve formě vrcholové lavice s charakteristickým hrubším sedimentárním materiálem v horní části a pozvolným zjemňováním směrem po proudu.**



Obr. 5.6: Hodnoty percentilu D_{50} (svislá osa, v mm) zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Nebočadech; na hlavní vodorovné ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v příčném průběhu náplavu (H – v blízkosti hladiny, S – středová část, V – vnější okraj příčného profilu); na hloubkové ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v podélném průběhu náplavu (A až C frontální (horní), D až F střední a G až I distální (dolní) část lavice).



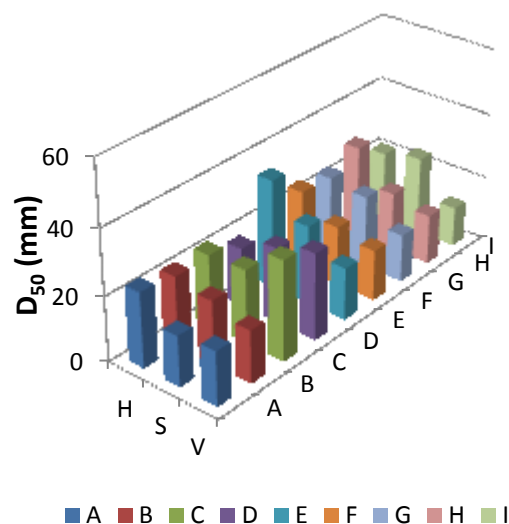
Obr. 5.7: Letecký snímek se schematicky znázorněnými velikostmi percentilu D_{50} zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Nebočadech; pozice jednotlivých lokalit v rámci horní, střední a dolní části lavice, kde byly vzorky odebrány povrchové vrstvy sedimentů, jsou pouze orientační z důvodu lepší přehlednosti (zdroj podkladového leteckého snímku z roku 2017: Český úřad zeměměřický a katastrální).



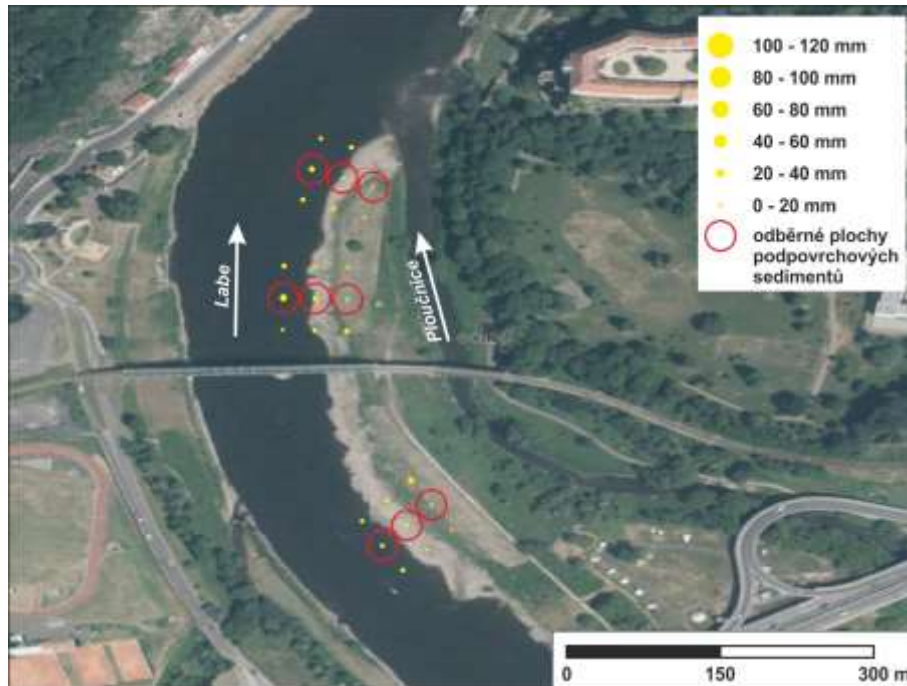
Obr. 5.8: Lavice v Nebočadech (foto směrem proti proudu, Galia, T., rok 2018)

Z hlediska pozice v korytě řeky Labe se v Děčíně jedná o lavici vrcholovou, kde by mělo docházet směrem po proudu (od horní části lavice k dolní části lavice) ke zjemňování akumulovaných sedimentů. Z důvodu přítoku Ploučnice, který se nachází v těsné blízkosti pod touto lavicí, je však situace komplexnější, kdy můžeme tuto lavici částečně považovat

také za soutokovou. Z pohledu vývoje zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici (viz obr. 5.9 a 5.10) se tento stav projevuje ve vyšších hodnotách percentilu D_{50} v dolní části. Přirozené zjemňování na vrcholové lavici směrem po proudu je tak v důsledku přínosu a akumulace hrubšího materiálu přítokem Ploučnice narušeno (obr. 5.11). Charakteristickým zjemňováním sedimentů v podélném průběhu od pramene k ústí se zabýval již v 19. století Sternberg (1875) a na vrcholových lavicích později Jackson (1976) nebo Pyrcce a Ashmore (2005). Výzkumy, např. Rengers a Wohl (2007); Rice (1999); Rice a Church (1996); Surian (2002); Škarpich a kol. (2019), poté poukazují na stav, **kdy tento trend zjemňování je mnohdy narušen přísunem materiálu z různých zdrojů**. U větších vodních toků (v tomto případě řeka Labe ve studovaném úseku) to bývají velmi často menší či větší přítoky, které nesou množství materiálu odlišného zrnitostního charakteru než hlavní (páteční tok, v tomto případě řeka Labe) v daném úseku. **Celou situaci vývoje korytového náplavu v Děčíně dále ovlivňují prohrábký a vyhrnování sedimentů z důvodu zajištění podmínek pro plavbu, které jsou patrné na leteckém snímku z roku 2017 na obr. 5.10.**



Obr. 5.9: Hodnoty percentilu D_{50} (svislá osa, v mm) zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Děčíně; na hlavní vodorovné ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v příčném průběhu náplavu (H – v blízkosti hladiny, S – středová část, V – vnější okraj příčného profilu); na hloubkové ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v podélném průběhu náplavu (A až C frontální (horní), D až F střední a G až I distální (dolní) část lavice).



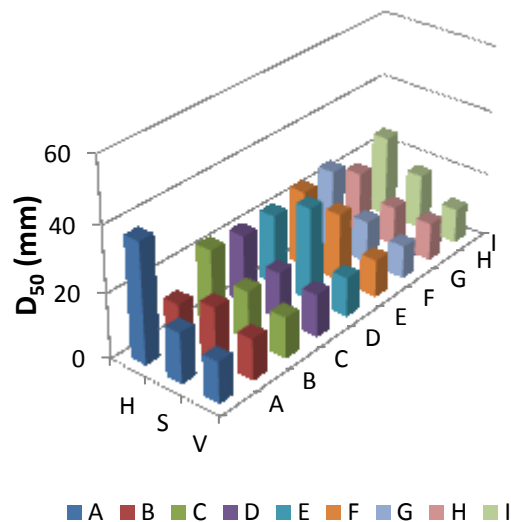
Obr. 5.10: Letecký snímek se schematicky znázorněnými velikostmi percentilu D_{50} zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Děčíně; pozice jednotlivých lokalit v rámci horní, střední a dolní části lavice, kde byly vzorky odebrány povrchové vrstvy sedimentů, jsou pouze orientační z důvodu lepší přehlednosti (zdroj podkladového leteckého snímku z roku 2017: Český úřad zeměměřický a katastrální).



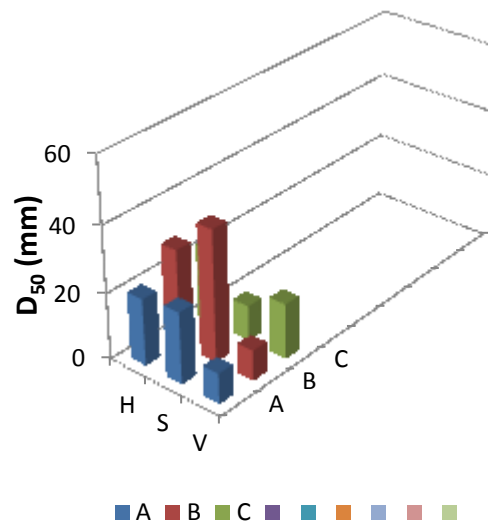
Obr. 5.11: Soutok řeky Labe s Ploučnicí v Děčíně (foto směrem po proudu, Škarpich, V., rok 2018).

Lavice v Dolním Žlebu lze z hlediska pozice v korytě považovat opět za vrcholovou z důvodu pozice v rámci koryta u vnitřního (jeseptního) břehu. Charakteristický trend zjemňování sedimentů povrchové vrstvy směrem po proudu není na základě analýzy percentilu D_{50} identifikovatelný (obr. 5.12, 5.13 a 5.14). Na této lavici byly během terénních prací (obr. 3.4)

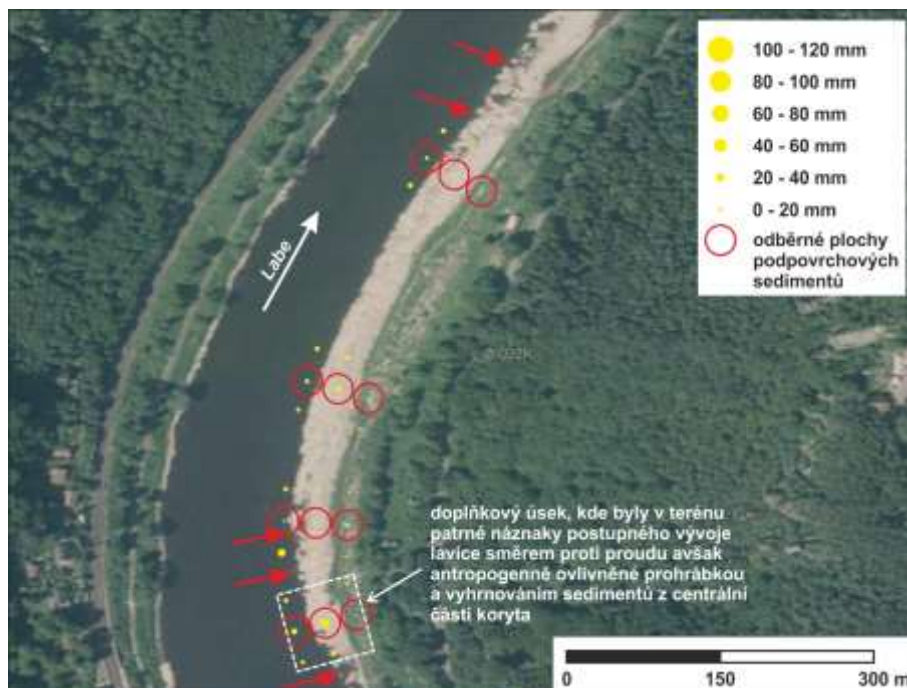
a také na leteckých snímcích z roku 2017 na obr. 5.14 (označeno červenými šipkami) viditelné morfologické znaky zjevného antropogenního ovlivnění. Jednalo se především o značnou nepravidelnost v trase příčného profilu lavic v horních částech s navážkami prohrábek a vyhrnutými sedimenty z centrální části koryta směrem k pravobřežní oblasti s charakteristickým zvlněním povrchu. V dolních profilech lavice tyto znaky v morfologii vizuálně patrné nebyly, avšak na základě zhodnocení lavice dle leteckého snímku z roku 2017 jsou i zde patrné náznaky antropogenního narušení v důsledku prohrábek a vyhrnování sedimentů (viz obr. 5.14, na místa s náznaky narušení v důsledku prohrábek a vyhrnování sedimentů poukazují červené šipky).



Obr. 5.12: Hodnoty percentilu D_{50} (svislá osa, v mm) zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Dolním Žlebu; na hlavní vodorovné ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v příčném průběhu náplavu (H – v blízkosti hladiny, S – středová část, V – vnější okraj příčného profilu); na hloubkové ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v podélném průběhu náplavu (A až C frontální (horní), D až F střední a G až I distální (dolní) část lavice).



Obr. 5.13: Hodnoty percentilu D_{50} (svislá osa, v mm) zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v doplňkové části v Dolním Žlebu antropogenně ovlivněné prohrábkou a vyhrnováním sedimentů; na hlavní vodorovné ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v příčném průběhu náplavu (H – v blízkosti hladiny, S – středová část, V – vnější okraj příčného profilu); na hloubkové ose jsou znázorněny pozice odběrů povrchových sedimentů v podélném průběhu náplavu (A až C frontální (horní), D až F střední a G až I distální (dolní) část lavice)



Obr. 5.14: Letecký snímek se schematicky znázorněnými velikostmi percentilu D_{50} zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavici v Dolním Žlebu; pozice jednotlivých lokalit v rámci horní, střední, a

doplňkové části lavice, kde byly vzorky odebrány povrchové vrstvy sedimentů, jsou pouze orientační z důvodu lepší přehlednosti; červené šipky poukazují na místa s náznaky narušení v důsledku prohrábek a vyhrnování sedimentů (zdroj podkladového leteckého snímku z roku 2017: Český úřad zeměměřický a katastrální).

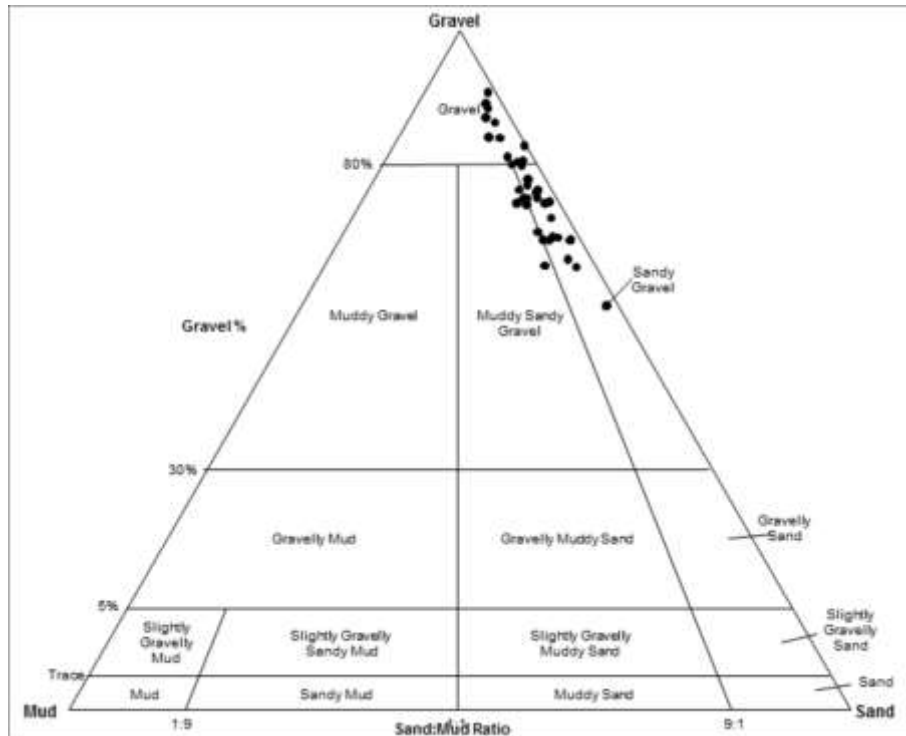
6 Analýza zrnitostního složení podpovrchových sedimentů vybraných lavic

V rámci zhodnocení podpovrchových sedimentů na vybraných lavicích bylo přistoupeno k odběru a analýze za pomoci prosévací granulometrické soustavy Fritsch - ANALYSETTE 3PRO. Sedimenty byly odebrány v návaznosti na zaměřované příčné profily ve frontální (horní), střední a distální (dolní) části lavice (ve směru po proudu) od hladiny po vnější okraj lavice. Tento vnější okraj byl, podobně jako při zaměřování příčných profilů, identifikován jako místo, kde byly patrné znaky pravidelného (alespoň každoročního) ovlivnění proudící vodou během zvýšených průtoků. V rámci jednotlivých horních, středních a dolních částí lavice byl v každé z těchto částí vybrán vždy 1 příčný profil. V každém příčném profilu byly v oblasti poblíž hladiny, ve středové části příčného profilu a v oblasti vnějšího okraje příčného profilu umístěny jednotlivé odběrné místa. Celkově tak bylo na každé lavici umístěno vždy 9 odběrných míst, vždy 3 v horní, 3 ve střední a 3 v dolní části lavice. Dále byly navíc odebrány vzorky v jednom příčném profilu v oblasti poblíž hladiny, ve středové části příčného profilu a v oblasti vnějšího okraje příčného profilu nad horním úsekem lavice v Dolním Žlebu, kde byly patrné náznaky postupného vývoje lavice směrem proti proudu, **avšak výrazně antropogenně ovlivněné prohrábkou a vyhrnováním sedimentárního z důvodu zajištění podmínek pro plavbu.** Na lavici v Malém Březnu nebyl odběr podpovrchových sedimentů na jednom odběrném místě možný z důvodu výskytu kamenného záhozu (s velkými a těžkými kameny) v dolní části v oblasti u hladiny v řece (obr. 5.5). Pozice jednotlivých odběrných ploch podpovrchových sedimentů v rámci horní, střední a dolní části lavice jsou schematicky znázorněné na obr. 5.3, 5.7 a 5.10, na obr. 5.14 na lavici v Dolním Žlebu navíc doplněné o znázornění odběrných ploch v doplňkovém úseku, kde byly patrné náznaky postupného vývoje lavice směrem proti proudu avšak antropogenně ovlivněné prohrábkou a vyhrnováním sedimentů.

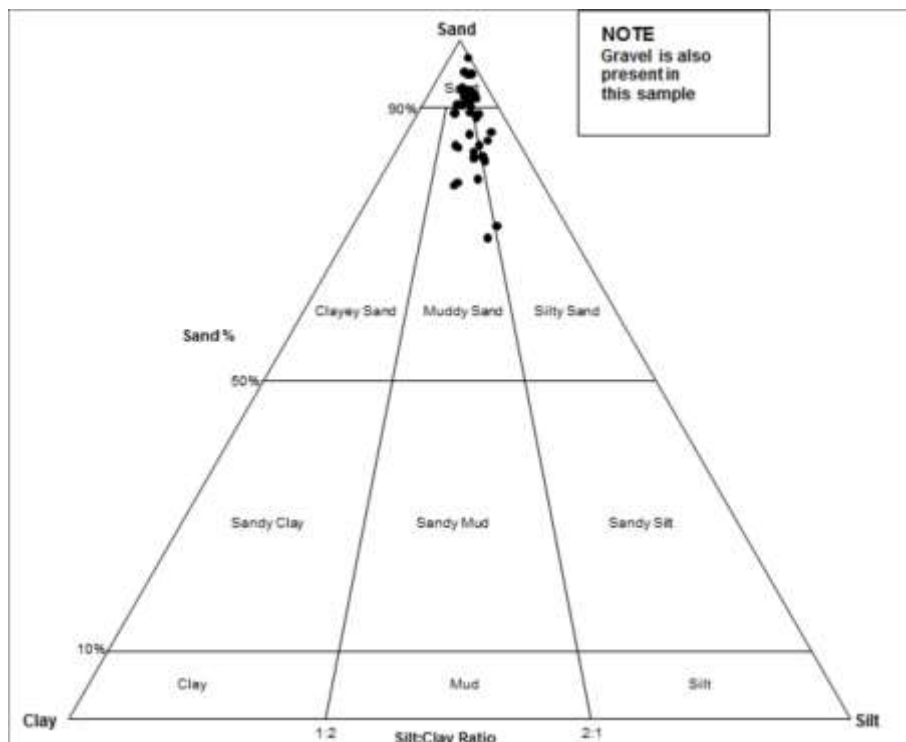
Při odběru byla vždy odstraněna vrstva o mocnosti průměru největších částic povrchových sedimentů v rámci odběrného místa. Následně bylo přistoupeno k odběru samotných sedimentů podpovrchové vrstvy za pomocí lopatky. Odebráno bylo vždy alespoň 600 g sedimentů, které byly poté prosety na granulometrické soustavě Fritsch - ANALYSETTE 3PRO. K prosévání byly použity síta s velikostí ok: 20, 63, 200, 630, 2 000, 5 000 a 10 000 μm . Výsledky byly poté zpracovány za pomoci extenze MS Excel – GRADISTAT (Blott a Pye 2001).

Na základě relativního podílu štěrku-písku-bahna, písku-siltu-jílu (viz obr. 6.1 a 6.2) a zařazení dle klasifikace převažujících zrnitostních frakcí je patrné, že všechny odebrané vzorky spadají do štěrkové a štěrkopísčité kategorie dle Folk (1954). Tento stav tak poukazuje na absenci jemnějších sedimentů v odebraných vzorcích podpovrchové vrstvy lavic. **Vzhledem k významnému zastoupení bariér (ve formě hrází údolních nádrží, jezů, plavebních stupňů nebo hrazení toků v pramenných úsecích Labe a jeho přítoků) a dalších bočních a vertikálních diskonektivit ve výše položených částech povodí je tato situace ovlivněna především efektem hladové vody** (Kondolf 1997). **Hladová voda má za následek odplavování jemnějších sedimentů a na místě setrvávají hrubší frakce** (sensu Kondolf 1997; Surian 2002; Wyzga 2007; Škarpich a kol. 2013). I přes absenci nebo minimální obsah jemných frakcí sedimentů v odebraných vzorcích se na lavici vyskytuje ve velké míře sukcesní vegetace (především travinnobylinné společenstva). Pravděpodobným důvodem je antropogenně indukovaná vyšší úživnost substrátu s vyšším obsahem např. dusíku a fosforu (sensu např. Asaeda a Rashid 2012), které podmiňují jejich výskyt. Podrobnější analýzy o chemickém složení substrátu však nebyly provedeny a bylo by vhodné se touto problematikou v následujících výzkumech zabývat.

Vzhledem k pozici jednotlivých lavic v rámci podélného průběhu vodního toku Labe a jejich vzájemného porovnání je také viditelné postupné zjemňování podpovrchových sedimentů na lavici od Malého Března po lavici v Dolním Žlebu (srovnej v příloze 2 až 5 a 6 až 9). Tato situace je dobře známá z literatury již od 16. století, kdy se tímto fenoménem zabýval Leonardo da Vinci (Richter 1939). V dalších studiích tuto problematiku později rozvedli např. Sternberg (1875); Gomez a kol. (2001); Surian (2002); Zawiejska a kol. (2015), Škarpich a kol. (2019), kteří se zabývali také vlivem hydraulických parametrů koryta nebo efektem (dis)konektivit na parametry zrnitosti sedimentů v poproudovém průběhu vodních toku.



Obr. 5.1: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Malém Březně, Nebočadech, Děčíně a Dolním Žlebu na základě relativního podílu šterku-písku-bahna dle Folk (1954).



Obr. 5.2: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Malém Březně, Nebočadech, Děčíně a Dolním Žlebu na základě relativního podílu písku-siltu-jílu dle Folk (1954).

7 Současný vývoj náplavů a možnosti případných kompenzačních opatření

V souvislosti se současným vývojem korytových náplavů ve studovaném úseku je nutné zmínit především existenci plavebního stupně v Ústí nad Labem (plavební stupeň Střekov s Masarykovým zdymadlem). **Tato stavba představuje v korytě Labe bariéru ve smyslu říčního kontinua a ovlivňuje tak sedimentární transport v podélném průběhu toku.** Problematická není jen samotná stavba plavebního stupně Střekov, ale také další stavby (bariéry) nacházející se výše proti proudu v celém průběhu vodního toku Labe a jeho přítoků, které představují faktor snižující transport sedimentů v podélném průběhu toku. Tento stav byl potvrzen i v rámci studie Rašky a kol. (2017), který poukazuje jednak na antropogenní ovlivnění korytových náplavů a ostrovů odtěžováním, regulací koryta z důvodu plavby či ochrany před povodněmi, ale také v důsledku efektu přerušení říčního kontinua iniciací vlivu hladové vody. Podobně pak ve studii AQ Service (2016), ve které je uvedeno, že současné lavice jsou spíše charakteru obnaženého říčního dna v příbřežní zóně. Charakteristickým projevem hladové vody je pod bariérami ovlivnění transportovaného a především v korytě akumulovaného sedimentárního materiálu. Na základě výsledků studia bariér a jejich projevů v zrnitostním složení sedimentů v korytě (např. Kondolf 1997; Surian 2002; Škarpich a kol. 2013) bylo zjištěno, že se pod těmito stavbami projevuje hrubnutí akumulovaného sedimentárního materiálu. Efekt hladové vody tak způsobuje pod bariérou odnos jemnějších frakcí sedimentů a na místě setrvávají především hrubší frakce. Tyto změny se následně projevují v přeměně původních habitatů rostlin a živočichů vázaných na určitý typ akumulovaného sedimentu v korytě. **V případě vybudování další bariéry (plavebního stupně) by byly erozní procesy a vlivy hladové vody dále umocněny, kdy kromě hrubnutí samotného akumulovaného materiálu může tento proces přerůst až v postupné odplavení i hrubších klastů a zahlubování koryta i do skalního podloží (viz Kondolf 1997; Surian 2002).** Vhodným řešením se jeví umělé nadlepšování sedimentární bilance, které je dnes v mnohých vyspělých zemích realizováno umělou dodávkou sedimentů nebo zprůchodněním bariér např. šterkovými propustěmi. Jedná se o tzv. krmení šterky (z angl. *feeding gravels*), resp. sedimenty, které jsou bariérami zachycovány či zastavovány. Podrobněji o tomto managementu referují studie prováděné na řece Sacramento (Kondolf 1997) a Mokelumne Pasternack a kol. (2004) v USA; na řece Rýn (Kondolf 1997) a Dunaj (Tockner a kol. 1998) v Evropě a mnohé další na různých vodních tocích ve světě, kde je

antropogenními diskonektivitami způsoben deficit v sedimentárním transportu v rámci říčního kontinua.

V souvislosti s možnými kompenzačními opatřeními pro zajištění vývoje náplavů na řece Labi se jedná především o aplikaci usměrňovacích výhonů (staveb). Usměrňovací výhony jsou stavby, které mají za úkol odklánět proudnici z kritických míst, např. od břehových partií koryt, které jsou postiženy boční erozí (Przedwojski 1995). **Z tohoto důvodu je nutná velká obezřetnost při využívání těchto staveb při revitalizační či kompenzačních opatřeních, které mají za úkol zvýšit heterogenitu a zlepšit hydromorfologický stav koryta.** Usměrňovací výhony jsou velmi často využívány na Labi níže po proudu ve Spolkové republice Německo (obr. 3.3), kde jejich hlavní funkcí je již výše zmíněná regulace a usměrnění průtoku do jednoduchého úzkého profilu (koridoru) z důvodu zajištění podmínek pro lodní dopravu. **Tyto zásahy tak nejsou součástí revitalizačních opatření, ale naopak regulačních opatření, které mají za následek zhoršení hydromorfologického stavu koryta.**

V oblasti pod potenciálním (plánovaným) plavebním stupněm lze při aplikaci výhonových staveb spatřovat problém především v další akceleraci erozních procesů zejména v případě přísunu nedostatečného množství sedimentů z výše položených úseků. Tyto procesy souvisí v iniciaci erozního působení kinetické energie proudící vody. Výhonové stavby mají kromě stabilizačního efektu ve smyslu (potenciální) akumulace sedimentů v místě výhonu snížením potenciální kinetické energie také efekt usměrňování proudu ve směru od břehu k centrální části koryta, popř. směrem ke druhému břehu. **Výstavbou výhonů jsou tak ovlivněny erozní procesy probíhající v korytě vodního toku směrem od výhonu vedeného od břehu do centrální části koryta.** Veskrze se jedná z hlediska kontinuálního transportu sedimentů o urychlení proudění ve smyslu „urychlovačů“ (z angl. *booster*) (Brierley a kol. 2006) a tím pádem akceleraci transportu sedimentů, který **může přerůst až v procesy hloubkové eroze koryta.** V případě zahroubení koryta pak dochází z hlediska možné akumulace korytových náplavů k nárůstu převýšení mezi nejnižší úrovní dna v rámci koryta a oblastí pro potenciální ukládání sedimentů v rámci korytového náplavu (podrobněji viz níže popsaný efekt zvětšení převýšení mezi nejnižší úrovní dna a břehovými partiemi).

Otázka vlivu zdrže plavebního stupně na vývoj korytových náplavů a sukcesí vegetace vyvinutých ostrovů je dobře rozpracována ve studii Rašky a kol. (2017), který se touto

otázkou zabýval ve spojení s efektem plavebního stupně Střekov (Masarykova zdymadla). V případě zajištění plavby je nutné v oblasti nad plavebními stupni udržovat určitou hloubku vhodnou pro plavbu. Doplněním usměrňovacích výhonů v břehové části se sice zajistí pomalejší proudění a tím pádem i iniciace pro ukládání sedimentů v těchto oblastech a vytváření korytových náplavů, **které mohou být později stabilizovány vegetací**. Ovšem z důvodu efektu plavebního stupně, který ovlivňuje lokální bázi (a tím pádem sklon koryta) **by byly tyto kompenzační opatření veskrze bezpředmětné**, jelikož snížená transportní kapacita ovlivněná touto stavbou v **oblasti zdrže předurčuje k akumulaci sedimentů**.

Problémem ve zdrži plavebního stupně je také z hlediska vývoje korytových náplavů hloubka koryta, kdy současné koryto řeky Labe (bez vlivu plavebního stupně) je i přes občasnou plavbu a prohrádky dna stále mělké a dovoluje vyplavování sedimentů do prostorů u břehové linie. Tento stav potvrzuje i studie AQ Service (2016), která konstatuje, že současné lavice svým charakterem odpovídají spíše charakteru obnaženého říčního dna, které bývá zaklesnutím toku Labe část roku obnažené. Pokud by došlo k vybudování plavebního stupně, tak v úseku nad ním by byla zvýšená hladina (vodní stav) a tím pádem by došlo i ke zvětšení převýšení mezi nejnižší úrovní dna koryta a potenciální oblastí pro ukládání sedimentů v oblasti břehu. V rámci zdrže plavebního stupně by tak bylo nutné zajistit mnohem rychlejší průtoky, aby byla kinetická energie proudící vody schopna vyvrhnout sedimenty do oblasti potenciální štěrkové lavice, kde by mohly být akumulovány. Problematické u bariér, jako jsou zdrže plavebních stupňů, je také stagnace vody z důvodu zvýšení lokální báze a snížení lokálního sklonu. Snížení lokálního sklonu pak má vliv na rychlost proudění vody a tím pádem na transportní charakteristiky v rámci koryta vodního toku. Tento efekt je ve světové literatuře velmi dobře znám z důvodu zpětné akumulace sedimentů nad těmito bariérami, v případě řeky Labe v souvislosti bariérou plavebního stupně.

Vzhledem k současným podmínkám na Labi v zájmovém úseku **se jeví nejlepším řešením opětovné nastolení procesů, které by vedly k formování štěrkových lavic a následně za přispění sukcese vegetace vývoji ostrovů**. Z historické analýzy vývoje korytových náplavů a říčních ostrovů je patrné, že **deficit sedimentů** transportovaných korytem Labe je tím **hlavním faktorem, který negativně ovlivňuje stav koryta**. Opatření, které by vedly k eliminaci efektu hladové vody, mohou přispět ke zlepšení hydromorfologického stavu koryta. Otázkou je zlepšení hydromorfologického stavu přilehlé říční nivy. Vzhledem

k významnému antropogennímu ovlivnění ve studovaném úseku jsou potenciální opatření vedoucí ke zlepšení říční nivy značně problematické. Ve Spolkové republice Německo jsou snahy vedoucí ke zlepšení podmínek říční nivy a samotného koryta již patrné. Příkladem může být projekt revitalizace říční nivy na středním-dolním toku Labe v Brandenbursku (Damm 2013), kdy byly ve vhodných lokalitách přemístěny protipovodňové hráze v blízkosti koryta Labe dále od koryta a koryto bylo ponecháno a částečně revitalizováno s cílem obnovy přirozeného fungování říčních procesů.

8 Závěrečné shrnutí

(a) Korytové náplavy (lavice) a také říční ostrovy na řece Labi ve sledovaném úseku byly v minulosti a v současnosti stále jsou významně ovlivněny antropogenní činností. Tato činnost měla za následek postupný zánik říčních ostrovů a také ovlivnění přirozených procesů formující lavice. Za hlavní příčiny můžeme považovat regulační práce spojené s ochranou před povodněmi a zajištění plavebních podmínek. Dále se na zániku těchto korytových forem podepsaly také bariéry a další diskonektivity, které byly budovány na Labi a jejich přítocích v posledních několika stovkách let.

(b) Na morfologii korytových náplavů se kromě výše uvedených příčin v současnosti také projevuje antropogenní činnost spojená s prohrábkami a vyhrnováním sedimentů z důvodu zajištění podmínek pro plavbu. Tato činnost kromě již výše zmíněných narušuje přirozené formování tvaru lavic. Velmi patrná byla tato činnost především na lavici v Dolním Žlebu, avšak za pomoci analýzy leteckých snímků z roku 2017 byly některé tyto již přetvořené formy identifikovatelné i na jiných studovaných lavicích.

(c) Prohrádky dna a vyhrnování sedimentů z důvodu zajištění plavebních podmínek narušují přirozené podmínky z hlediska zrnitostního složení povrchové vrstvy sedimentů na lavicích. V rámci zrnitostní analýzy podpovrchové vrstvy sedimentů bylo pak zjištěno, že ve vzorcích významně absentují jemnější zrnitostní frakce. Tento stav je způsoben efektem hladové vody, zrychlením proudění v korytě řeky Labe v důsledku regulačních prací související se zajištěním podmínek pro plavbu a ochranou před povodněmi. Důležitým faktem je také vliv bariér a jiných diskonektivit v rámci povodí nacházejících se nad studovaným úsekem.

(d) Na současný stav a budoucí vývoj korytových náplavů mají vliv především bariéry a jiné diskonektivity vyskytující se v povodí nad studovaným úsekem, které způsobují deficit v sedimentárním transportu a tím pádem eliminaci přirozeného vývoje náplavů (jak z hlediska složení akumulovaných sedimentů, tak z hlediska samotné morfologie náplavů). Vhodnou praxí, prováděnou také na mnohých tocích ve světě, je podpora režimu chodu sedimentů v korytě řeky Labe a na jejich přítocích, které by umožňovaly vývoj korytových náplavů, např. krmením štěrky, resp. dodáváním sedimentárního materiálu, který je zastaven různými formami diskonektivit výše v povodí. Důležitým faktorem ovlivňující režim chodu

sedimentů jsou také regulace, které ovlivňují usměrnění proudění do jednoduchého profilu řeky podobně, čímž je zrychlen transport a je omezena depozice sedimentů ve formě říčních náplavů. Tento stav se pak projevuje v degradaci současného stavu a eliminaci přirozených procesů nutných pro budoucí vývoj náplavů.

(e) Vybudování usměrňovacích výhonů nenese ve své podstatě podmínky pro zlepšení dnešního stavu, ba naopak, více prohlubuje (akceleruje) erozivní účinky vody spolu s degradací v současnosti vytvořených korytových náplavů. V oblasti pod potenciálním (plánovaným) plavebním stupněm lze při aplikaci výhonových staveb spatřovat problém především v další akceleraci erozních procesů zejména v případě přísunu nedostatečného množství sedimentů z výše položených úseků. Výstavbou výhonů jsou tak ovlivněny erozní procesy probíhající v korytě vodního toku směrem od výhonu vedeného od břehu do centrální části koryta. V oblasti zdrže plánovaného stavebního stupně je problematická pro procesy formující štěrkové náplavy především hloubka, stagnace výšky hladiny a také lokální báze ovlivňující sklon koryta, kdy ve zdrži je aplikace výhonových staveb víceméně bezpředmětná. Vhodné kompenzační opatření jsou realizována níže po proudu ve Spolkové republice Německo, kde se jedná o opatření podporující přirozené rozlivy vody do říční nivy (ve vhodných lokalitách, ve kterých nebude docházet k materiálním a jiným škodám) a přirozený vývoj koryta Labe. Dalšími možnými kompenzačními opatřeními mohou být říční zátoky (z angl. *backwaters*), některé se již ve studované oblasti částečně vyskytují, kdy jsou pozůstatkem po zániku ostrovů vyskytujících se na Labi v minulosti. Tyto zátoky jsou mnohdy zdrojem diverzity a zlepšení hydromorfologických podmínek, kdy poskytují vhodné podmínky pro fungování vodních organismů (trdliště pro tření nebo úkryt ryb, apod.).

Literatura

- Asaeda, T., Rashid, Md.H. (2012): The impacts of sediment released from dams on downstream sediment bar vegetation. *Journal of Hydrology* 430-431, 25-38.
- AQ Service, s.r.o. (2016): Analýza významu stanoviště 3270 pro území záměru Plavební stupeň Děčín v kontextu jeho rozšíření v ČR. Praha: Ředitelství vodních cest ČR.
- Blott, J.S., Pye, K. (2001): Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 25, 1473-1477.
- Brierley, G.J., Fryirs, K.A. (2005): *Geomorphology and River Management: applications of the river styles framework*. Oxford: Blackwell Publishing. 398 s.
- Brierley, G.J., Fryirs, K.A., Jain, V. (2006): Landscape connectivity: The geographic basis of geomorphic applications. *Area* 38.2, 165-174.
- Bruns, D.A., Minshall, G.W., Cushing, C.E., Cummings, K.W., Brock, J.T., Vannote, R.L. (1984): Tributaries of modifiers of the RCC: analysis of polar ordinations and regression models. *Archiv für Hydrobiologie* 99, 208-220.
- Bunte, K., Abt, S. R. (2001): Sampling surface and subsurface particle size distributions wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics and streambed monitoring. Rocky Mountain Research Station. 428 s.
- Český hydrometeorologický ústav (2013): Vyhodnocení povodní v červnu 2013 - hydrologický průběh povodní (Dílčí zpráva). Praha: Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: http://voda.chmi.cz/pov13/DilciZprava_DU_1_2_Hydrologie.pdf
- Damm, Ch. (2013): Ecological restoration and dike relocation on the river Elbe, Germany. *Scientific Annals of the Danube Delta Institute* 19, 79-86.
- Folk, R.L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology* 62, 344-359.
- Fryirs, K.A., Brierley, G.J., Preston, N.J., Kasai, M. (2007a): Buffers, and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena* 53, 49-67.

- Fryirs, K.A., Brierley, G.J., Preston, N.J., Spencer, J. (2007b): Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upper Hunter catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology* 84, 297-316.
- Galia, T., Škarpich, V., Přibyla, Z., Hradecký, J. (2016): Effect of grade-control structures at various stages of their destruction on local channel parameters. *Geomorphology* 253, 305-317.
- Gomez, B., Rosser, B.J., Peacock, D.H., Hicks, D.M., Palmer, J.A. (2001): Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. *Water Resources Research* 37 (6), 1813-1823.
- Gregory, K.J. (eds.) (1977): *River Channel Changes*. Chichester: Wiley. 448 s.
- Grešková, A. (2007): Odozva morfológie vysokogradientového vodného toku na veterenú kalamitu - ekologický aspekt. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica* 7, 79-84.
- Hooke, J.M. (2003): Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology. *Geomorphology* 56, 79-94.
- Jackson, R.G. (1976): Depositional mode of point bars in the Lower Wabash River. *Journal of Sedimentary Petrology* 46, 579-594.
- Kondolf, G.M. (1997): Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management* 21, 533-551.
- Montgomery, R.D., Piégay, H. (2003): Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes. *Geomorphology* 19, 1-5.
- Montgomery, D.R., Collins, B.D., Buffington, J.M., Abbe, T.B. (2003): Geomorphic Effects of Wood in Rivers. *American Fisheries Society Symposium* 37, 21-47.
- Pasternack, G.B., Wang, C.L., Merz, J.E. (2004): Application of a 2D hydrodynamic model to design of reach-scale spawning gravel replenishment on the Mokelumne River, California. *River Research and Applications* 20, 205–225.
- Przedwojski, B., Blazejewski, R., Pilarczyk, K. W. (1995): *River training techniques fundamentals, design and application*. Rotterdam: A.A. Balkema.

Pyrce, R.S., Ashmore, P.E. (2005): Bedload path length and point bar development in gravel-bed river models. *Sedimentology* 52, 839–857.

Rámcová směrnice o vodách - Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © 2008 [cit. 06.12.2018]. Dostupné z:
https://www.mzp.cz/cz/ramcova_smernice_o_vodach

Raška, P., Dolejš, M., Hofmanová, M. (2017): Effects of Damming on Long-Term Development of Fluvial Islands, Elbe River (N Czechia). *River Research and Applications* 33(4), 471-482.

Rengers, F., Wohl, E. (2007): Trends of grain sizes on gravel bars in the Rio Chagres, Panama. *Geomorphology* 83, 282-293.

Rice, S. (1999): The nature and controls on downstream fining within sedimentary links. *Journal of Sedimentary Research* 69 (1), 32-39.

Rice, S., Church, M. (1996): Bed material texture on low order streams in the Queen Charlotte Islands, British Columbia. *Earth Surface Processes and Landforms* 21, 1-18.

Richter, J.P. (1939): *The Literary Works of Leonardo da Vinci*. New York: Oxford University Press. 438 pp.

Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Schumm, S.A. (1969): River metamorphosis. *Journal of Hydraulics Division, ASCE* 95, 255-273.

Schumm, S.A. (1977): *The Fluvial System*. New York: John Wiley and Sons. 338 s.

Schumm, S.A. (1979): Geomorphic thresholds: the concept and its applications. *Transaction of the Institute of the British Geographers (NS)* 4, 485-515.

Sternberg, H. (1875): Untersuchungen über Langen und Querprofil geschiebeführender Flüsse. *Zeitschrift für Bauwesen*, 25, 483–506.

Surian, N. (2002): Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes. *Geomorphology* 43, 137-149.

- Škarpich, V., Hradecký, J., Dušek, R. (2013): Complex transformation of the geomorphic regime of channels in the forefield of the Moravskoslezské Beskydy Mts: case study of the Morávka River (Czech Republic). *CATENA* 111, 25-40.
- Škarpich, V., Galia, T., Ruman, S., Máčka, Z. (2019): Variations in bar material grain-size and hydraulic conditions of managed and re-naturalized reaches of the gravel-bed Bečva River (Czech Republic). *Science of the Total Environment* 649, 672-685.
- Thorne, C.R., Hey, R.D., Newson, M.D (1997): Applied fluvial geomorphology for river engineering and management. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: Wiley. 376 s.
- Tockner, K., Schiemer, F., Ward, J.V. (1998): Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8, 71-86.
- Vodní rámcová směrnice (Životní prostředí, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [cit. 06.12.2018]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/>
- Wyźga, B. (2007): 20 A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century. *Developments in Earth Surface Processes* 11, 525-553.
- Wolman, M. G. (1954): A method of sampling coarse bed material. *American Geophysical Union* 36, 951-956.
- Zawiejska, J., Wyźga, B., Radecki-Pawlik, A. (2015): Variation in surface bedmaterial along a mountain river modified by gravel extraction and channelization, the Czarny Dunajec, Polish Carpathians. *Geomorphology* 231, 353-366.

Přílohy

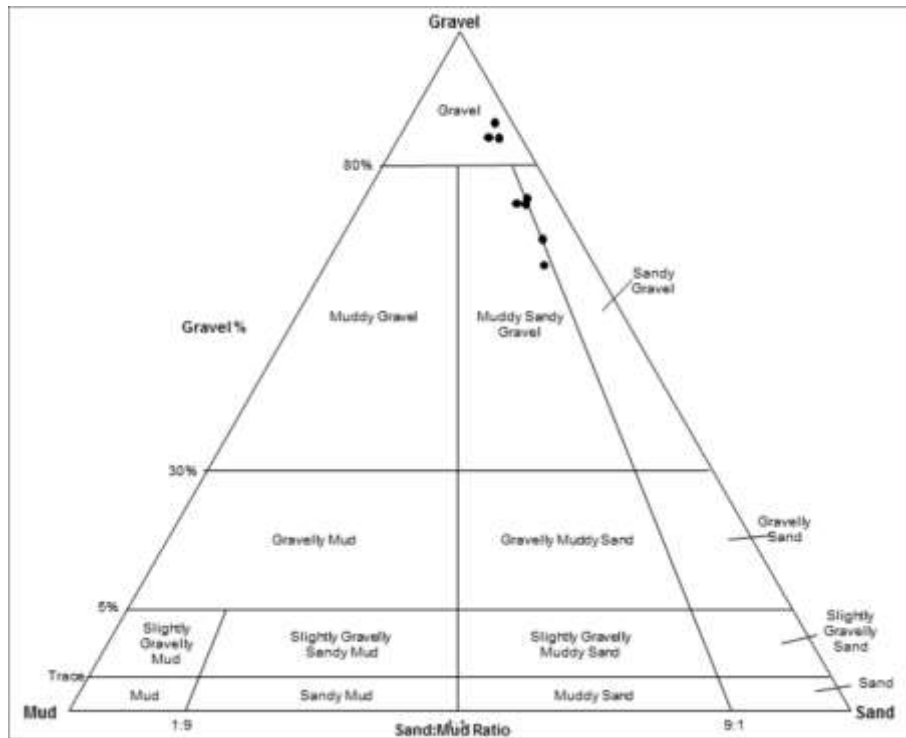
Příloha 1a: Zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí podpovrchových sedimentů lavic v Malém Březně a Nebočadech zjištěné analýzou za pomoci prosévací granulometrické soustavy Fritsch - ANALYSETTE 3PRO.

Lokalita	Umístění v podélném průběhu	Umístění v příčném profilu	ID vzorku	Váha klastů [g]								Celková váha vzorku [g]
				< 20 μm	20 – 62,9 μm	63 – 199,9 μm	200 – 629,9 μm	630 μm – 1,9 mm	2 – 4,9 mm	5 – 9,9 mm	> 10 mm	
Malé Březno	Horní	hladina	L1BH	25,92	5,82	5,95	53,41	75,21	120,50	110,34	300,60	697,75
		střed	L1BS	11,84	11,03	9,17	37,33	74,84	80,86	124,85	697,87	1047,79
		vrchol	L1BV	31,99	23,30	3,08	44,20	99,75	71,87	85,34	1116,96	1476,49
	Střední	hladina	L1EH	25,18	3,15	9,25	39,98	132,45	122,23	77,90	462,68	872,82
		střed	L1ES	11,93	6,77	9,88	20,02	74,08	109,85	124,68	711,99	1069,20
		vrchol	L1EV	23,70	13,00	19,78	53,65	127,91	95,34	94,62	268,06	696,06
	Dolní	hladina	L1HH	nebylo odebráno								
		střed	L1HS	6,03	11,94	2,27	42,11	93,29	69,81	82,21	365,47	673,13
		vrchol	L1HV	17,80	8,09	0,87	33,86	157,30	93,69	106,45	311,45	729,51
Nebočady	Horní	hladina	L2BH	2,53	3,22	5,96	54,23	131,88	138,56	168,09	333,86	838,33
		střed	L2BS	10,53	5,05	9,35	73,76	115,42	114,37	142,30	605,62	1076,40
		vrchol	L2BV	11,10	1,89	3,84	33,50	124,28	124,70	193,41	486,39	979,11
	Střední	hladina	L2EH	5,12	5,35	2,64	48,24	98,51	121,59	106,54	332,88	720,87
		střed	L2ES	13,37	10,73	5,92	50,06	97,88	127,81	181,27	516,14	1003,18
		vrchol	L2EV	3,71	1,94	2,45	12,03	45,07	72,12	102,73	687,10	927,15
	Dolní	hladina	L2HH	15,75	2,85	0,96	21,54	54,78	85,52	146,57	773,35	1101,32
		střed	L2HS	21,33	4,08	1,34	48,62	107,95	106,26	100,96	405,52	796,06
		vrchol	L2HV	5,74	6,44	5,96	77,32	106,69	82,12	76,55	325,01	685,83

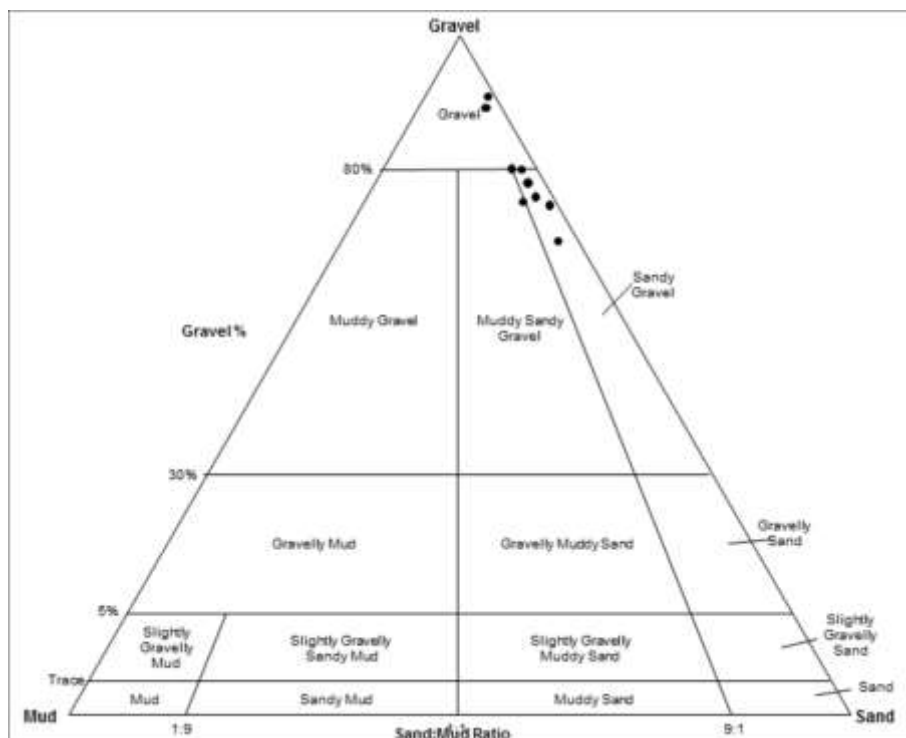
Příloha 1b: Zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí podpovrchových sedimentů lavic v Děčíně a Dolním Žlebu zjištěné analýzou za pomoci prosévací granulometrické soustavy Fritsch - ANALYSETTE 3PRO.

Lokalita	Umístění v podélném průběhu	Umístění v příčném profilu	ID vzorku	Váha klastů [g]								Celková váha vzorku [g]
				< 20 μm	20 – 62,9 μm	63 – 199,9 μm	200 – 629,9 μm	630 μm – 1,9 mm	2 – 4,9 mm	5 – 9,9 mm	> 10 mm	
Děčín	Horní	hladina	L3BH	6,01	6,53	13,90	39,53	75,77	98,64	145,90	430,52	816,80
		střed	L3BS	13,96	12,24	19,34	42,76	83,88	73,22	114,56	433,04	793,00
		vrchol	L3BV	15,49	8,81	8,89	25,26	109,08	146,10	136,43	559,35	1009,41
	Střední	hladina	L3EH	5,59	3,30	11,18	50,44	97,32	95,74	91,07	418,61	773,25
		střed	L3ES	8,19	4,13	13,85	47,62	104,18	97,43	106,89	392,22	774,51
		vrchol	L3EV	10,84	6,77	10,87	18,00	48,32	62,44	113,49	734,52	1005,25
	Dolní	hladina	L3HH	0,22	0,43	0,74	25,50	110,75	118,20	138,27	528,84	922,95
		střed	L3HS	9,89	0,57	3,88	57,14	135,90	116,83	97,13	447,53	868,87
		vrchol	L3HV	12,63	11,01	1,32	79,99	148,48	102,12	108,48	380,83	844,86
Dolní Žleb	Horní	hladina	L4BH	15,33	0,19	2,11	63,57	96,48	76,35	104,65	488,60	847,28
		střed	L4BS	6,00	3,75	0,65	30,12	132,04	111,87	151,81	570,96	1007,20
		vrchol	L4BV	14,81	8,40	6,12	42,90	227,87	175,36	152,93	390,80	1019,19
	Střední	hladina	L4EH	12,24	1,05	3,13	122,31	132,73	76,56	114,79	326,60	789,41
		střed	L4ES	10,25	13,73	6,86	84,24	72,70	63,98	101,70	301,46	654,92
		vrchol	L4EV	6,03	2,82	5,87	54,26	225,93	100,93	185,22	403,48	984,54
	Dolní	hladina	L4HH	15,10	14,74	1,43	73,34	12,02	42,65	158,64	762,84	1080,76
		střed	L4HS	7,04	1,24	2,14	113,43	188,70	111,99	237,25	383,50	1045,29
		vrchol	L4HV	13,61	3,23	0,21	141,50	112,69	119,60	196,55	232,02	819,41
	Doplňkový	vrchol	L4BHdopl	11,50	0,42	2,25	47,03	99,32	42,87	64,90	534,28	802,57
		střed	L4BSdopl	12,54	1,49	7,86	54,15	179,38	97,15	132,28	485,65	970,50
		hladina	L4BVdopl	9,43	0,39	0,66	69,72	309,03	82,70	87,23	395,46	954,62

Příloha 2: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Malém Březně na základě relativního podílu šterku-písku-bahna dle Folk (1954).



Příloha 3: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Nebočadech na základě relativního podílu šterku-písku-bahna dle Folk (1954).



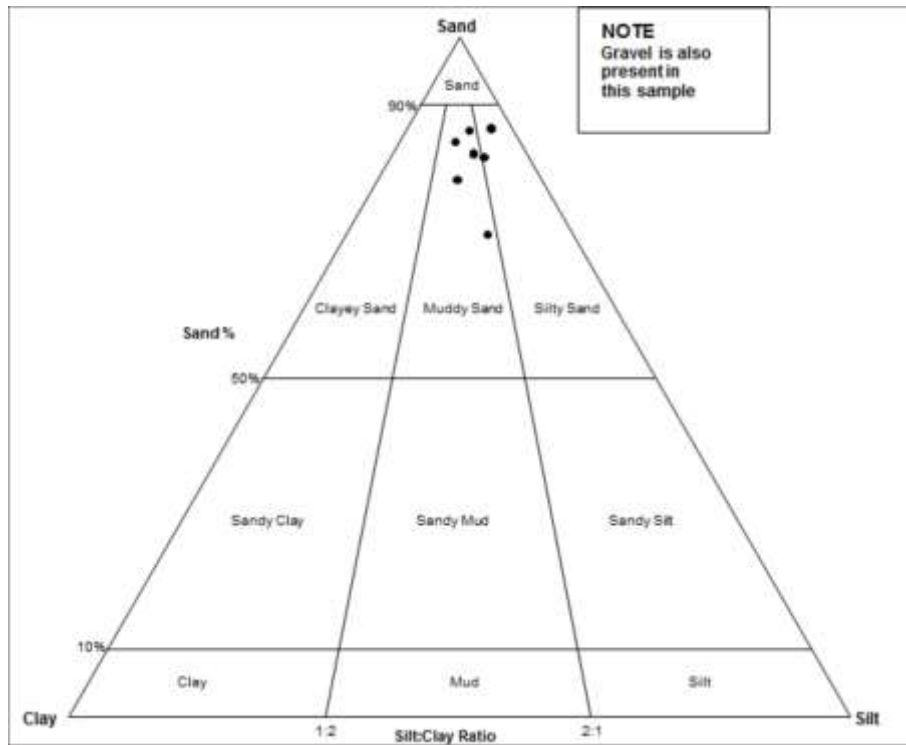
Příloha 4: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Děčíně na základě relativního podílu štěrku-písku-bahna dle Folk (1954).



Příloha 5: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Dolním Žlebu na základě relativního podílu štěrku-písku-bahna dle Folk (1954).



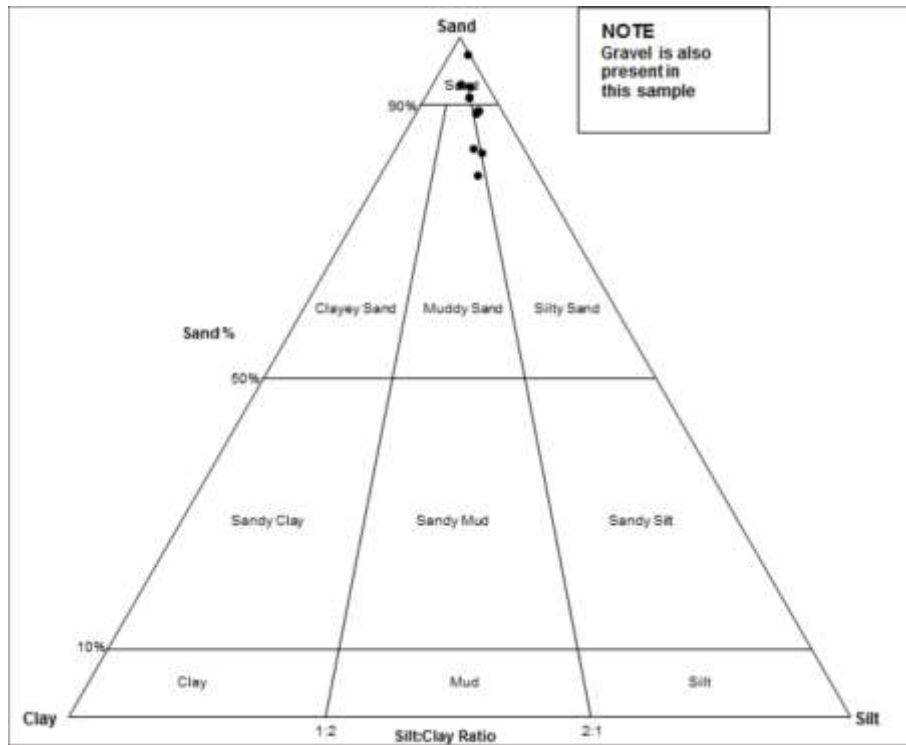
Příloha 6: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Malém Březně na základě relativního podílu písku-siltu-jílu dle Folk (1954).



Příloha 7: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Nebočadech na základě relativního podílu písku-siltu-jílu dle Folk (1954).



Příloha 8: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích Děčíně na základě relativního podílu písku-siltu-jílu dle Folk (1954).



Příloha 9: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení odebraných vzorků na lavicích v Dolním Žlebu na základě relativního podílu písku-siltu-jílu dle Folk (1954).

