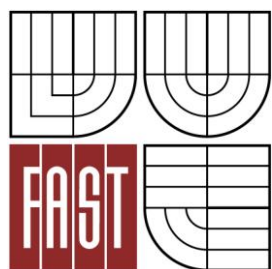




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

ÚPRAVA TOKU – LUHA V JESENÍKU N/ODROU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

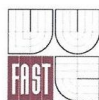
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MATĚJ TKÁČ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ JULÍNEK, Ph.D.

BRNO 2013



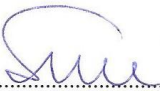
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodních staveb

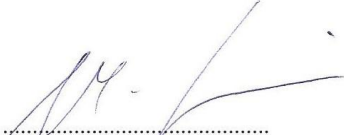
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Matěj Tkáč
Název Úprava toku – Luha v Jeseníku n/Odrou
Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce 11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012


prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Raplík M., Výbora P., Mareš K.: Úprava tokov, Alfa, Bratislava, 1989

Mareš K.: Úpravy toků, ČVUT Praha, 1997

Chow, Ven Te: Open Chanel Flow, Mc Draw Hill Book Company, 1959

Kolář V., Patočka C., Bém J.: Hydraulika, SNTL/ALFA, Praha, 1983

Šlezinger M., Úřadníček L.: Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, CERM s.r.o., Brno, 2002

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Účelem práce je navrhnout taková opatření a úpravu parametrů koryta Luhy (podélného sklonu dna, tvarů průtočného profilu) v uvedeném úseku, která by snížila usazování splaveninového materiálu a koncentrovala nízké průtoky do kynety s kapacitou do Q30d, přitom aby byl zajištěn celkový stupeň ochrany okolního území obce před povodněmi na 20 letou vodu (Q20). Součástí by měl být i návrh uspořádání břehových a doprovodných porostů kolem upraveného toku pro jeho lepší začlenění do okolního prostředí a do krajiny a z návrhu doprovodné vegetace by mělo vycházet i výsledné hydraulické posouzení průtočnosti koryta. Pokud to umožňuje situování současné zástavby, návrh by měl upřednostňovat použití odsazených hrází. Uspořádání průtočného profilu včetně případného ohrázení by mělo přihlížet i k tomu, aby provozní složky správce toku měly možnost upravený průtočný profil udržovat a čistit strojně.

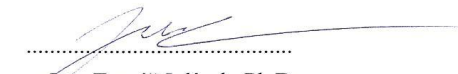
Obsahem diplomové práce bude

1. Technická zpráva včetně hydraulických výpočtů
2. Situace navrhovaných opatření v měř. 1:5000
3. Podélný profil v měř. 1:5000/100
4. Ideový návrh uspořádání břehových a doprovodných porostů s průmětem drsnostních poměrů do průtočnosti profilu
5. Vzorové příčné profily navrhovaných opatření
6. Fotodokumentace

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá úpravou toku Luha v Jeseníku nad Odrou. Práce je rozdělena do několika částí. Obsahuje teoretický úvod, kde jsou diskutovány otázky splaveninového režimu toku, drsnosti v otevřených korytech toku a vegetačního doprovodu.

Samotný návrh úpravy zahrnuje návrh hydraulicky nejvhodnějšího průřezu kynety vzhledem k dosažení požadovaných rychlostních poměrů v profilu. Dále je proveden návrh úpravy sklonových poměrů pro nově navržený tvar kynety. Práce rovněž zahrnuje posouzení kapacity stávajícího koryta a návrh celkové úpravy toku včetně navýšení ochranných hrází tak, aby bylo zajištěno bezpečné převedení návrhového průtoku. Při návrhu ohrazování bylo upřednostněno, vzhledem k místním podmínkám, odsazené ohrazování. Součástí práce je i návrh umístění doprovodné vegetace a celkové hydraulické posouzení.

V práci jsou dále zmíněny problémy vznikající úpravou toku, vzhledem k platným právním předpisům České republiky. Tyto problémy je třeba při případné realizaci zadat k samostatnému posouzení.

Klíčová slova

Úprava toku, součinitel drsnosti n , kyneta, berma, opevnění, ohrazování, vegetace, HEC - RAS.

Abstract

The object of this Master's thesis is the river training of the Luha river in Jeseník nad Odrou. The thesis is divided into several chapters. In the theoretical introduction, the problems of the sediment flow regime are discussed. Moreover, it deals with the questions associated with the roughness in open channels and adjustment of riparian zones.

As a part of the overall proposal of the flow adjustment, the hydraulically most suitable cross section in cunette is proposed. It is done with respect to the desired velocity ratios in the profile.

Since the new cunette shape was established, the adjustment of vertical alignment was proposed.

The thesis also contains the capacity assessment of the existing channel. Design of adjustment of flood protection measures includes mainly spatial rearrangement and increase the crest of levees with respect to the local conditions. The thesis also suggests the placement of vegetation in the riparian zones.

Furhermore, the work deals with problems arising from the flow adjustment considering applicable laws and regulations of the Czech Republic. In the case of project implementation, it is necessary to evaluate these problems independently.

Keywords

River training, roughness coefficient n , cunette, cross-section, channel revetment, levees, vegetation, HEC - RAS.

Bibliografická citace VŠKP

TKÁČ, Matěj. *Úprava toku – Luha v Jeseníku n/Odrou*. Brno, 2013. 72 s., 13 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora

Poděkování:

Děkuji Ing. Tomáši Julínkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a věnovaný čas při konzultacích této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat státnímu podniku Povodí Odry, zastoupenému Ing. Břetislavem Turečkem za poskytnuté materiály pro zpracování diplomové práce, za čas věnovaný při dílčích konzultacích a cenné rady.

Obsah:

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce.....	9
3. Vstupní údaje.....	10
3.1. Lokace zájmové oblasti.....	10
3.2. Poskytnuté podklady.....	10
3.2.1. Mapové podklady.....	10
3.2.2. Geodeticky zaměřená data.....	11
3.2.3. Hydrologická data.....	11
3.2.4. Ostatní podklady.....	11
4. Obecně k řešení problematice.....	12
4.1. Plaveniny a splaveniny v korytech toků.....	12
4.1.1. Charakteristika zrn plavenin a splavenin.....	13
4.1.2. Pohyb plavenin a splavenin v korytech toků.....	13
4.2. Drsnost v korytech toků.....	15
4.3. Břehová a doprovodná vegetace.....	16
5. Použité softwarové prostředky.....	17
5.1. HEC – RAS.....	17
5.2. ArcGIS.....	17
6. Vlastní řešení.....	18
6.1. Popis současného stavu.....	18
6.2. Modelové řešení.....	29
6.3. Zhodnocení současného stavu.....	31
6.3.1. Kapacita koryta.....	31
6.3.2. Sklonové poměry.....	33
6.3.3. Mostní profily.....	34
6.4. Návrh řešení úpravy toku.....	35
6.4.1. Návrh tvaru kynety.....	35
6.4.2. Návrh úpravy podélného sklonu.....	46
6.4.3. Zhodnocení návrhu kynety a podélného sklonu nivelety dna.....	50
6.4.4. Souběh hladin Luhy a Odry.....	50
6.5. Návrh úpravy toku Luhy.....	52
6.5.1. Úprava podélného sklonu dna Luhy.....	52

6.5.2. Úprava kynety	52
6.5.3. Úprava berem	53
6.5.4. Ohrázování a ochranné zdi	54
6.5.5. Vegetační doprovod toku	55
6.5.6. Mostní objekty.....	57
6.5.7. Další opatření související s danou úpravou toku.....	58
6.6. Hydraulické posouzení uceleného návrhu úpravy	60
6.6.1. Posouzení rychlostí v kynetě.....	60
6.6.2. Průběh hladin v navržené úpravě toku Luhy.....	62
7. Závěr:	65
Seznam použitých zdrojů:	67
Seznam symbolů a značek:	69
Seznam obrázků	70
Seznam tabulek	71
Seznam grafů.....	72
Seznam příloh.....	72
Seznam výkresových příloh	72

1. Úvod

Vzhledem k vývoji a osídlování některých méně vhodných lokalit u vodních toků vzniká potřeba úprav těchto vodních toků a jejich okolí. Ať už se jedná o protipovodňová opatření v přílehlé krajině toku nebo samotné úpravy toku (změna podélného sklonu, ohrazování, změna tvaru koryta a další).

Diplomová práce řeší úpravu řeky Luhy v Jeseníku nad Odrou v úseku ř.km (říční kilometr) 0,000 – 2,850. Na této řece se postupem času vyskytlo hned několik problémů. Řeka Luha je při povodních odspodu ovlivněna vzduťím řeky Odry, tím dochází k ovlivnění průtokových poměrů v řece Luze a následnému zanášení průtočného profilu plaveninami a splaveninami. Zanášení koryta má za následek sníženou průtočnost toku. Koryto v dnešní době není schopno bezpečně převést průtok Q_5 . Rovněž dochází i k podmáčení berem upraveného koryta, což zhoršuje podmínky pro údržbu průtočného profilu. Díky těmto skutečnostem vznikly při místní přívalové povodni nezanedbatelné škody na majetku a dokonce došlo ke ztrátě lidských životů.

V práci je provedeno posouzení stávajícího stavu v programu HEC - RAS a následně variantní řešení úpravy toku Luhy ve smyslu tvaru příčného profilu a sledovaných poměrů. Z navržených variant je vybrána nejvhodnější varianta z hlediska transportu splavenin a povodňové ochrany. Navržená úprava je dále hydraulicky posouzena a rozpracována do výkresových příloh.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce je navrhnout taková opatření a úpravu parametrů koryta Luhy v ř.km 0,000 – 2,850, která budou mít za následek snížení usazování splaveninového materiálu a převedení nízkých průtoků výhradně do kynety s kapacitou do Q_{30d} .

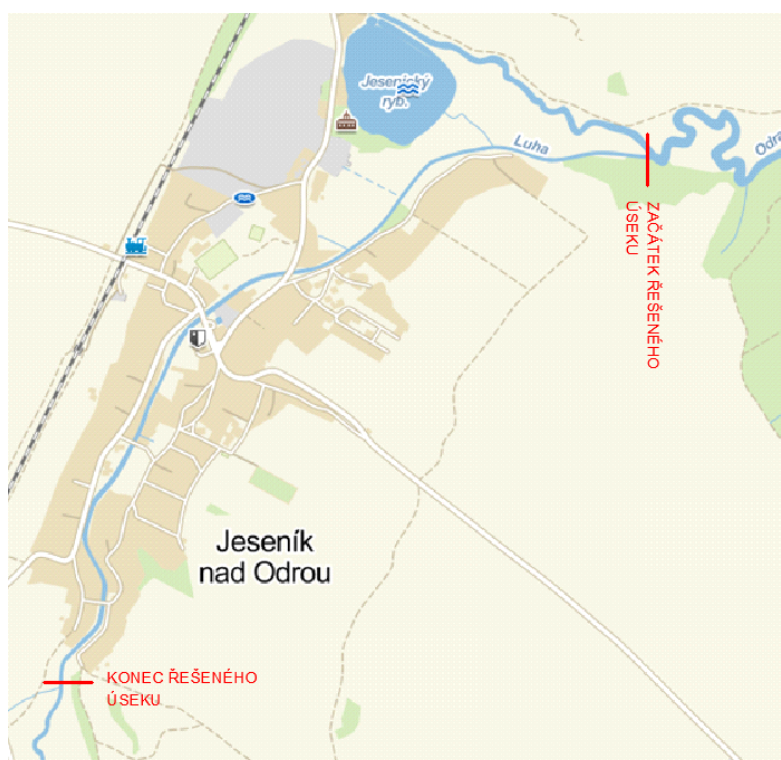
Nový návrh upraveného toku by měl dále zajistit bezpečné převedení průtoku Q_{20} obcí. Součástí nového návrhu je kapacitní posouzení stávajícího ohrazování a v případě nutnosti, provedení nového návrhu. Při návrhu nového ohrazování se bude vycházet z místních podmínek v obci. Kde to bude možné, upřednostní se ohrazování odsazené.

Dále bude proveden návrh uspořádání břehových a doprovodných porostů. Návrh osázení bude proveden s ohledem na okolní prostředí a bude hydraulicky posouzen. Veškeré nové úpravy by měly umožnit správci toku bezproblémovou strojní údržbu samotného koryta i přílehlé inundace.

3. Vstupní údaje

3.1. Lokace zájmové oblasti

Řešený úsek řeky Luhy se nachází v intravilánu obce Jeseník nad Odrou, který leží severozápadně od města Nový Jičín. Návrh protipovodňového opatření a samotná úprava bude řešena v ř.km 0,000 – 2,850. Začátek řešeného úseku je v místě zaústění Luhy do řeky Odry. Řešený úsek končí v oblasti levostranného zaústění menšího toku asi 300 m před začátkem zástavby.



Obr. 3.1. Zájmové území

3.2. Poskytnuté podklady

Podklady pro vypracování úpravy řeky Luhy byly poskytnuty státním podnikem Povodí Odry [4]. Jedná se o:

3.2.1. Mapové podklady

- Katastrální mapa obce Jeseník nad Odrou (AutoCAD) [4],
- Ortofotomapa obce Jeseník nad Odrou (AutoCAD) [4],
- Přehledná mapa obce Jeseník nad Odrou (AutoCAD) [4],

3.2.2. Geodeticky zaměřená data

- Podélný profil stávajícího stavu řeky Luhy s vynesným dnem a břehy toku, měřítko 1:5000/100, (AutoCAD) [4],
- Bylo poskytnuto 51 údolních profilů korytem Luhy a 4 příčné profily levostranného přítoku, součástí je zaměření objektů na toku (AutoCAD, MS Word, MS Excel, Textový dokument) [4],
- Osa toku s vyznačenými údolnicovými profily (AutoCAD) [4].

Osa toku s vyznačenými údolnicovými profily je vložena do katastrální mapy, pro vytvoření větší názornosti zaměřených profilů se stávající místní zástavbou (viz Výkresová příloha B.2.). Následně je zakreslena navržená úprava toku.

3.2.3. Hydrologická data

- Hydrologické údaje o N-letých a m-denních vodách byly pro řeku Luhu v prostoru města Jeseník nad Odrou poskytnuty v textové podobě [4]. Uvedené hodnoty přísluší profilu silničního mostu v ř.km 1,586 v [m³/s] [4].

Tab. 3.1. Hodnoty N-letých průtoků v Luze v profilu silničního mostu v ř.km 1,586 v [m³/s] [4].

Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
15,2	23,9	36,6	47,0	58,2	73,8	86,6

Tab. 3.2. Hodnoty m-denních průtoků v Luze v profilu silničního mostu v ř.km 1,586 v [m³/s] [4].

Q _{30d}	Q _{90d}	Q _{180d}	Q _{270d}	Q _{330d}	Q _{355d}	Q _{364d}
2,14	0,888	0,386	0,169	0,074	0,035	0,013

3.2.4. Ostatní podklady

- Splaveninový průzkum řeky Luhy byl poskytnut v textové podobě [4],

Tab. 3.3. Zrnitostní složení materiálu dna Luhy v profilu Jeseník n/O:

p%	10	20	30	40	50	60	70	80	90
d [mm]	0,4	0,7	0,9	1,7	5,0	14,1	18,0	28,0	40,0

- Psaná konzumpční křivka v profilu P1, v ř.km 0,035 [4],

Tab. 3.4. Psaná konzumpční křivka v profilu P1, v řkm 0,035

Staničení	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
[ř.km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]
0,035	256,37	256,97	257,47	257,72	257,97	258,26	258,47

- Zásady pro návrh břehových a doprovodných porostů (příloha A.1.) [4],
- Fotodokumentace dnešního stavu dodaná státním podnikem Povodí Odry [4],
- V rámci práce byla rovněž provedena osobní pochůzka řešeného úseku a vytvořena aktuální fotodokumentace [21].

4. Obecně k řešené problematice

Při navrhování úpravy toku je třeba respektovat právní předpisy České republiky a některá teoreticky daná pravidla a vztahy. V této kapitole jsou uvedena některá z dále použitých přístupů a vztahů v práci.

4.1. Plaveniny a splaveniny v korytech toků

Stékající voda v povodí řeky působí erozivně na povrch terénu, koryto a břehy koryta vodního toku. Důsledkem erozivní činnosti při proudění vody je vznik splavenin a plavenin. Plaveniny a splaveniny zásadně ovlivňují vlastnosti koryta (zanášení, zakřivování, zužování, a další).

Zrna unášeného materiálu pohybující se po dně toku označujeme jako splaveniny a částice vznášené ve vodním proudu jako plaveniny [1]. V závislosti na hydraulických podmínkách v toku, které se po délce toku a v čase mění, nemůže být při konstantních vlastnostech zrn stanovena určitá hranice mezi plaveninami a splaveninami [1]. Dle [1] lze konstatovat, že velmi jemné a jemné částice malých průměrů se budou vznášet v proudící kapalině, zatímco zrna většího průměru, a tedy i větší hmotnosti, se pohybují pouze po dně.

Proudící kapalina vyvozuje hydrodynamické síly, které působí na materiál (zrna) dna a břehů vodního toku. Při určitém průtoku jsou hydrodynamické síly tak velké, že jim některá menší zrna nejsou schopna odolávat a začínají se pohybovat ve směru proudění. Se zvětšujícím se průtokem dochází k odplavování většího množství zrn a také větších zrn ze dna toku.

4.1.1. Charakteristika zrn plavenin a splavenin

Základní vlastností zrn je jejich velikost. Je určena třemi na sebe kolnými rozměry. Z těchto rozměrů lze dále určit hmotnost a tvar zrna.

Zatřídění podle velikosti je uvedeno v Tab. A.3., dle [9]. Nejčastější velikost zrn splavenin a plavenin, dle [1], se pohybuje od 0,002 mm, což vyplynulo z řady měření a rozborů.

Pro řadu vzorců je nutno stanovit efektivní zrno d_e . Efektivní zrno se stanoví z křivky zrnitosti daného toku dle [1]:

$$d_e = \frac{\sum_1^n p_i \cdot d_{si}}{100} \quad (4.3)$$

kde d_e – efektivní zrno, d_{si} – aritmetický průměr velikosti zrn i -té frakce, p_i – procentuální podíl dané frakce

4.1.2. Pohyb plavenin a splavenin v korytech toků

Pohyb splavenin je určen poměrem sil, které uvádějí zrna do pohybu a sil, které pohybu brání. Kramer [10] zatřídil pohyb splavenin do tří fází:

1. Počáteční pohyb – pohyb jednotlivých zrn, které vůči ostatním zrnům mají malé průměry.
2. Střední pohyb – pohyb zrn střední velikosti, pohyb má místní charakter, bez významnější deformace dna.
3. Všeobecný pohyb – pohyb i největších zrn, některé ve vznosu, některé valivým pohybem po dně v občasném vznosu („skok“)

Počáteční pohyb splavenin lze charakterizovat několika způsoby. Jedny z nejčastěji použitých veličin k charakterizování počátečního pohybu jsou tyto tři:

1. Nevymílací rychlost v_v (dnovou u_{dv} , svislicovou v_{vs} , průřezovou v_v),
2. kritické tečné napětí τ_k ,
3. vztlačková síla F_L .

Pro řešení byly použity charakteristiky nevymílacích rychlostí v_v a hledisko kritického tečného napětí τ_k . Konkrétní použité vztahy jsou uvedeny v následujících kapitolách.

Nevymílací rychlost

Pro stanovení nevymílací průřezové rychlosti existuje celá řada empirických i experimentálních vzorců. Některé z vzorců jsou použitelné jen pro určité rozmezí

efektivního zrna daného toku. Pro výpočet nevymílací průřezové rychlosti bylo vybráno několik vzorců, aby bylo dosaženo možnosti určitého srovnání.

Tab. 4.1. Použité vztahy pro výpočet nevymílací průřezové rychlosti [1]

Daný autor	Použitý vztah	Podmínka použití
Dle Leviho	$v_v = 1,4 \cdot (g \cdot d_e)^{0,5} \cdot \log \frac{12 \cdot R}{d_{90}} \quad (4.4)$	pro $\frac{R}{d_{60}} > 60$
	$v_v = 1,3 \cdot (g \cdot d_e)^{0,5} \cdot \left(0,8 + \frac{2}{3} \cdot \log \frac{10 \cdot R}{d_{90}} \right) \quad (4.5)$	pro $10 < \frac{R}{d_{90}} < 40$
V. N. Gončarov	$v_v = \left(\log \frac{8,8 \cdot h}{d_{90}} \right) \cdot \left(\frac{2 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho)}{1,75 \cdot \rho} \cdot d_e \right)^{0,5} \quad (4.6)$	pro $1,5 \text{ mm} < d_e < 20 \text{ mm}$
Meyer-Peter	$v_v = C \cdot \left(0,047 \cdot d_e \cdot \frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} \right)^{0,5} \quad (4.7)$	pro $4 \text{ mm} < d_e < 30 \text{ mm}$

kde d_e – efektivní zrna, v_v – nevymílací průřezové rychlosti, g – tíhové zrychlení, R – hydraulický poloměr, d_{90} - 90% průměrná velikost zrna ve splaveninové směsi je menší než zrna d_{90} , ρ – měrná hmotnost vody, ρ_s – měrná hmotnost splavenin, C – rychlostní součinitel.

Pro stanovení nevymílací rychlosti je možno použít některých tabulkových hodnot, kde hodnoty nevymílacích rychlostí jsou přiřazeny jednotlivým průměrům zrna. (Příloha A.3.)

Kritické tečné napětí

Kritické tečné napětí je stav, při němž zůstávají jednotlivá zrna v klidu, ale je-li tato hodnota překročena, dochází k pohybu splavenin [1]. K problematice určení τ_k existuje řada teoreticky odvozených vztahů i vzorců založených na měření daného autora. V této práci bude pro výpočet kritického tečného napětí použit vzorec dle Schoklitsche [1]:

$$\tau_k = g \cdot \left[0,201 \cdot (\rho_s - \rho) \cdot \rho \cdot c_T \cdot d_e^3 \right]^{0,5} \quad (4.8)$$

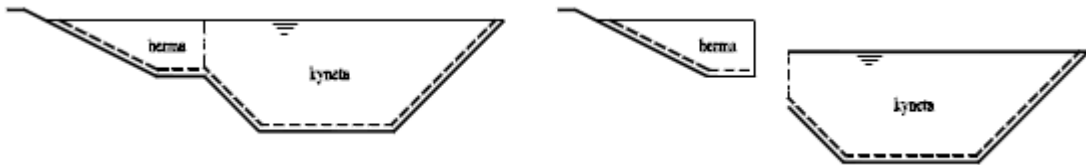
kde C_T – tvarový součinitel zrn (pro kulatá zrna $C_T = 1$, pro plochá zrna $C_T = 4,4$),

Pro výpočet tečného napětí v řešeném průtočném průřezu byl vzat obecný vztah pro tečné napětí [14]:

$$\tau = \rho \cdot g \cdot h \cdot i \quad (4.9)$$

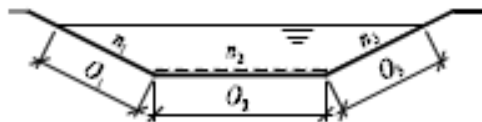
4.2. Drsnost v korytech toků

Drsnost v otevřených korytech vodních toků a jejich přilehlé inundaci je nezanedbatelným faktorem při výpočtech hydraulických parametrů toku. Stanovením drsnosti se v minulosti zabývala celá řada autorů. V hydraulickém výpočtu lze drsnost popsat několika způsoby. Například lze použít rychlostní součinitel C [$\text{m}^{0.5}/\text{s}$], pro který existuje celá řada empiricky stanovených vztahů (Manning, Strickler, Pavlovský, Darcy, Bazin, Martinec, Agroskin, atd.). Další možností popsání drsnosti koryta toku a inundace je pomocí součinitele drsnosti n [-]. Součinitel drsnosti n lze do výpočtu aplikovat buď zavedením konstantní hodnoty pro celý omočený obvod koryta nebo přiřadit vybraným částem koryta různé hodnoty n dle dané potřeby. Jedním z možných rozdělení koryta vodních toků je na kynetu, bermu a přilehlou inundaci.



Obr. 4.1. Schéma rozdělení složeného profilu na kynetu a bermu

Dále je možné rozdělit kynetu na dno a břehy, kde se velmi často různí materiály.



Obr. 4.2. Schéma přiřazování drsnosti omočenému obvodu

Hodnoty součinitele drsnosti n pro charakteristické případy stavu (zárůstu, materiálního složení, ...) byly zpracovány mnoha autory do souhrnných tabulek. Tyto tabulky si kladou za cíl určité zjednodušení odhadu součinitele drsnosti n pro určitý materiál či stav toku.

Jedním z autorů je Ven Te Chow [3], který přiřadil hodnoty n jednotlivým stavům koryta (upravované, neupravované, zarostlé, ...). Barnes [7] sestavil tabulku hodnot Manningova součinitele drsnosti n pro detailněji popsané koryto vodního toku (Příloha A.2.).

Při stanovování hodnoty drsnosti n je možno vycházet ze zrnitostní čáry materiálu dna. Pro tyto případy je možno použít např. vztah dle Stricklera (4.1.),

$$\frac{1}{n} = \frac{21,1}{\sqrt[6]{d_{50\%}}} \quad (4.1)$$

popřípadě Müllerův vzorec (4.2.).

$$\frac{1}{n} = \frac{26}{\sqrt[6]{d_{90\%}}} \quad (4.2)$$

kde n – součinitel drsnosti, $d_{50\%}$ - 50% průměrná velikost zrna ve splaveninové směsi je menší než zrno d_{50} , $d_{90\%}$ - 90% průměrná velikost zrna ve splaveninové směsi je menší než zrno d_{90} .

Pro stanovení drsnosti dna při hydraulickém výpočtu byl použit vztah Stricklera (4.1). Hodnoty průměrných velikostí zrn použitých pro výpočet byly dodány státním podnikem Povodí Odry [4], (Tab. 3.3.).

4.3. Břehová a doprovodná vegetace

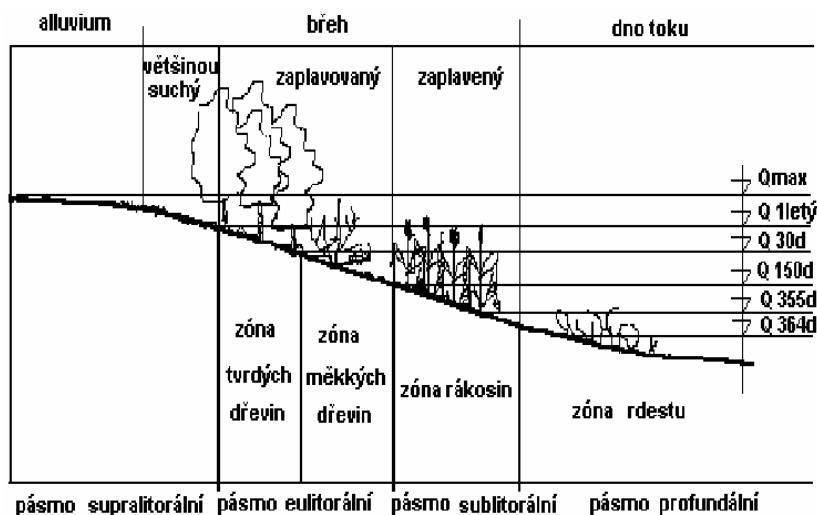
Vegetační doprovod vodních toků je významným prvkem ekologicky vyvážené krajiny. Je tvořen dřevinami a bylinami rostoucími podél vodních toků. S rostoucí výstavbou a úpravou vodních toků se začal projevovat úbytek břehových a doprovodných porostů [8].

Základními funkcemi vegetačního doprovodu dle [8] jsou:

- funkce protierozní a protiabrazní,
- funkce protideflační,
- funkce ochranná,
- funkce kvality vody,
- funkce útočiště fauny,
- funkce estetická,
- funkce produkční,
- funkce tvorby přirozeného biokoridoru,
- funkce rekreační,
- funkce hygienická.

Při návrhu vegetačního doprovodu je potřeba se držet daných pravidel (viz Příloha A.1.), aby byla zajištěna jeho funkčnost a aby přispíval k ekologicky vyvážené krajině.

Při navrhování vegetačního doprovodu je vhodné respektovat problematiku rozdělení břehových zón dle nejlépe prosperující vegetace [8].



Obr. 4.3. Rozmístění břehové vegetace [8]

5. Použité softwarové prostředky

Uvedené programy jsou použity k zpracování dodaných dat státním podnikem Povodí Odry[4]. Program ArcGIS umožňuje vhodné sloučení topologických a numerických dat pro vytvoření numerického modelu. Tento model po exportu do programu HEC - RAS splňuje potřebné vlastnosti pro provádění jednotlivých simulací proudění.

5.1. HEC – RAS

Program HEC-RAS je vyvíjen americkým armádním sborem inženýrů (USACE) v Hydrologic Engineering Center (HEC), který vznikl v roce 1964.

Program je určen k řešení jednorozměrných hydraulických výpočtů pro přírodní a umělé kanály. Program řeší nerovnoměrné, ustálené a neustálené proudění, transport sedimentů a analýzu kvality vody. Program je volně šiřitelný a lze jej stáhnout na stránkách USACE [13]

5.2. ArcGIS

Software ArcGIS (GIS – Geographic Information Systém) je vytvořen americkou firmou ERSI [12]. Program umožňuje správu a analýzu projektem definovaných dat.

Pro samotnou práci s poskytnutými daty byl použit nástroj ArcMAP 9.3, což je centrální aplikace ArcGIS. Je použitelná pro všechny mapově orientované úlohy, včetně prostorových analýz, editace dat a tvorby kartografických výstupů.

Pro definování výstupu do programu HEC – RAS byla použita nástavba programu ArcMAP HEC – GeoRAS [13], kterou vytvořila stejná firma jako software HEC – RAS (Kapitola 5.1.)

6. Vlastní řešení

V kapitole je proveden popis současného stavu a jeho hydraulické posouzení. Poté je navržena celková úprava toku včetně návrhu doprovodné vegetace. Návrh je hydraulicky posouzen a je diskutováno ovlivnění průtoku vegetací.

6.1. Popis současného stavu

Řeka Luha je stabilně zanášena splaveninami z okolních polí, dále je při povodňových průtocích ovlivněna zpětným vzduším řeky Odry. Zanesení toku z velké části způsobilo stabilní podmáčení berem koryta toku.

Stávající úprava končí v ř.km 2,850, kde Luha vtéká do obce (Obr. 6.1.). Koryto je tvořeno menší kynetou a přilehlými bermami, které jsou viditelně zamokřeny (Obr. 6.3.). Současné opevnění kynety je provedeno pomocí dřevěného plůtku do přibližně obdélníkového průřezu. V mnohých místech je opevnění vyšší než přilehlé bermy (Obr. 6.1.) a v určitých místech je část bermy kolem opevnění odplavena (Obr. 6.1., 6.3., 6.4., a další).



Obr. 6.1. Konec úpravy, ř.km 2,850 [21]

Koryto je po obou stranách ohrazováno. Šířka koruny hrází je cca 2,0 – 2,5 m dle dodané dokumentace [4] a pochůzky [21] (Obr. 6.2.).



Obr. 6.2. Ochranné hráze [21]



Obr. 6.3. Zamokření berem [21]



Obr. 6.4. Obnažené opevnění kynety [21]

V ř.km 2,587 se nachází silniční betonový most šířky 9 m s dvěma podporami v korytě řeky. Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Převýšení: 0,79 m). V okolí mostu je kyneta opevněna betonem, bermy a břehy hrází jsou stabilizovány kamennou dlažbou do betonu (Obr. 6.5.)



Obr. 6.5. Silniční most v ř.km 2,587 (P44) [21]

Voblasti ř.km 2,400 protéká Luha v těsné blízkosti obytných domů (Obr. 6.6.)



Obr. 6.6. Ohrazování je v těsné blízkosti obytných domů [21]

Do koryta Luhy je po celé její řešené části zaústěno velké množství potrubí. Většina je zabezpečena zpětnou klapkou, aby při vyšších průtocích nedocházelo k zpětnému zaplavení chráněného území (Obr. 6.7.). U některých potrubí však zpětná klapka chybí, což při povodni může způsobit zaplavení prostoru za ochrannými hrázemi.



Obr. 6.7. Potrubí zaústěna do koryta Luhy [21]

V ř.km 2,036 vede přes Luhu ocelový silniční most šířky 5 m (Obr. 6.8.). Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Převýšení: 0,73 m). V těsné blízkosti před mostem přechází tvar koryta z lichoběžníkového na obdélníkový, tento tvar pokračuje ještě cca 50 m za mostem (Obr. 6.9.). Přejechod v průřezech je opevněn kamennou rovnatinou. Stabilizace břehů koryta u mostu je provedena betonovými zdmi. Bermy jsou stabilizovány betonovými panely. Samotná kyneta je pak opevněna betonovými bloky.



Obr. 6.8. Ocelový cestní most ř.km 2,036 (P34) [21]



Obr. 6.9. Obdélníkový tvar koryta za cestním mostem v ř.km 2,036 [21]

Další silniční betonový most šířky 10 m se nachází v ř.km 1,593 (Obr. 6.10.). Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Převýšení: 0,51 m). Součástí mostu je potrubní vedení. Opevnění koryta pod mostem je značně poškozené a neplní svou funkci (Obr. 6.11.). Za silničním mostem je koryto zaneseno a vzdouvá vodu i při malých průtocích (Obr. 6.12.). Část toku pod silničním mostem je značně poškozená. Bermy jsou po obou stranách částečně odplaveny a voda v toku skoro neproudí. Tento fakt způsobuje neustálé zanášení toku.



Obr. 6.10. Betonový silniční most v ř.km 1,593 (P26) [21]



Obr. 6.11. Poškozené opevnění pod mostem ř.km 1,593 [21]



Obr. 6.12. Zanesené koryto pod mostem [21]

Poslední silniční most v řešeném úseku se nachází v ř.km 1,294. Jedná se betonový most šířky 9 m, který byl v nedávné době zrekonstruován. Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Převýšení: 0,53 m). Úsek v těsné blízkosti pod mostem je zanesen splaveninami a vzdouvá hladinu v Luze.



Obr. 6.13. Betonový silniční most v ř.km 1,294 (P21) [21]

Pod silničním mostem koryto dále pokračuje bez ochranných hrází. V ř.km 1,065 křížuje tok potrubní most (DN500) (Obr. 6.14.). Níže po toku v ř.km 0,702 je vybudována dřevěná lávka pro pěší šířky 2 m (Obr. 6.15.) Kapacitní dle [17] při $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ s převýšením min. 0,5 m, což je zřejmě důsledek širokého inundačního prostoru.



Obr. 6.14. Potrubní vedení, ř.km 1,065 [21]



Obr. 6.15. Lávka pro pěší, ř.km 0,702 [21]

Přibližně v ř.km 0,510 se nachází levostranný přítok z nedalekého rybníka (Obr. 6.16.). Řešený úsek začíná soutokem s řekou Odrou, ř.km 0,000 (Obr. 6.17).



Obr. 6.16. Zaústění rybníka, ř.km 0,510 [21]



Obr. 6.17. Soutok Luhy s Odrou, ř.km 0,000 [21]

Spodní úsek toku, pod posledním mostem v ř.km 1,294, se nachází v Chráněné krajinné oblasti Poodří (Obr. 6.18.). Tento fakt je brán na zřetel při návrhu nové úpravy toku. Pokud to není nezbytně nutné, doporučuje se nenarušovat přírodní charakter území.



Obr. 6.18. CHKO Poodří

6.2. Modelové řešení

Pro vytvoření modelu současného stavu byl použit software ArcMAP 9.3 [12] s nástavbou HEC – GeoRAS [13]. Program umožňuje vhodnou úpravu dodaných podkladů k importu geometrických dat do programu HEC - RAS. V softwaru, na základě dat poskytnutých státním podnikem Povodí Odry [4], byl vytvořen model toku s přesným vyznačením osy toku a zaměřených příčných profilů (Obr. 6.19.).

Vytvořená topologická data byla následně exportována do programu HEC – RAS [13] pro následnou simulaci nerovnoměrného proudění. Software HEC – RAS umožňuje vhodnější nastavení jednotlivých parametrů (vzdálenost profilu, objekty na toku, drsnostní parametry, hodnoty průtoků, prezentaci výsledků a další).

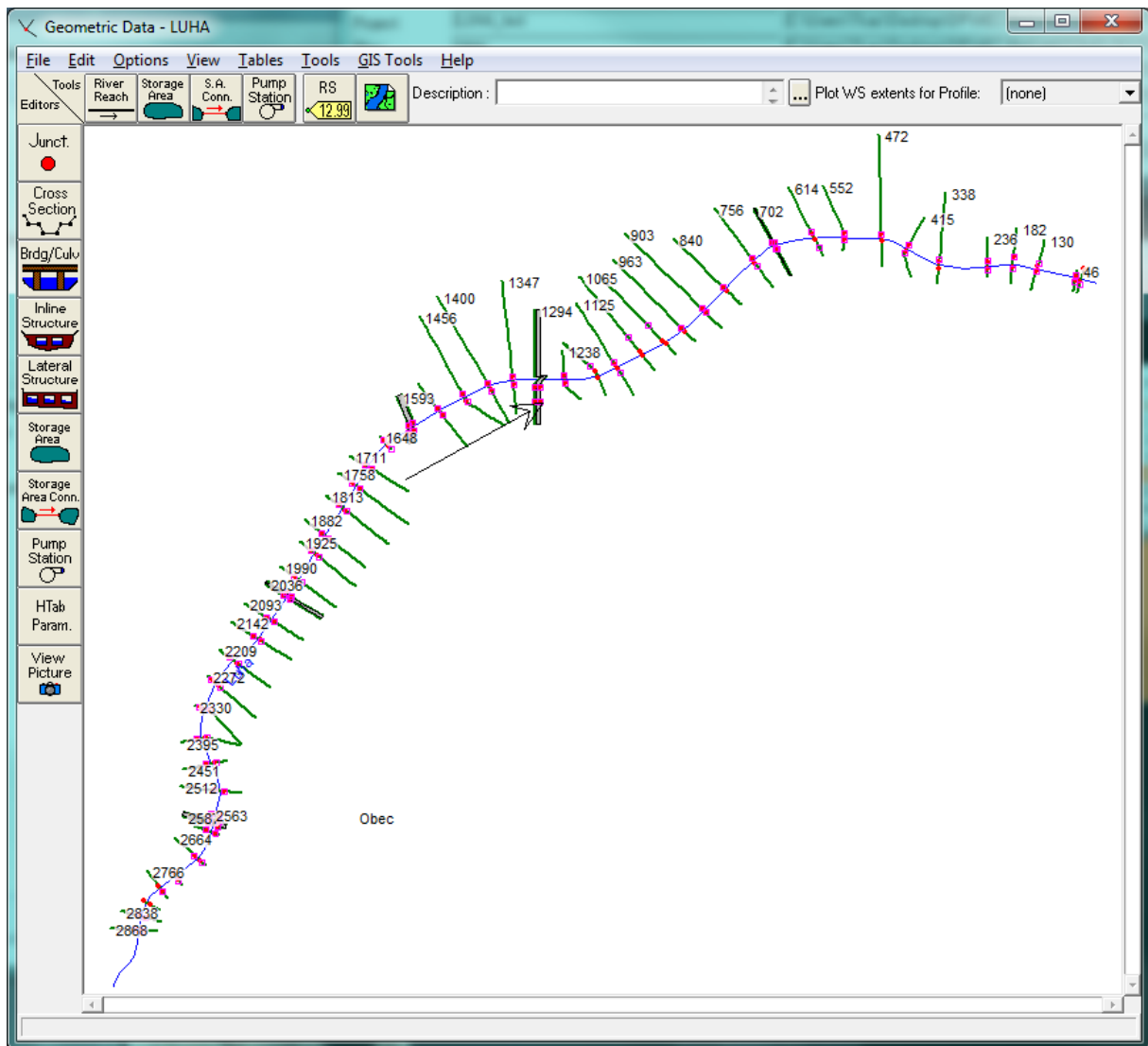


Obr. 6.19. Situace řešeného území v ArcGIS

Exportovaná data do HEC – RASu bylo třeba dále upravit a doplnit o hodnoty, které jsou potřebné k funkčnosti simulací, a to:

- doplnění vzdáleností mezi jednotlivými příčnými profily,
- definování hranice koryta toku a přilehlé inundace,
- zadání „Levees“, aby při výpočtu docházelo nejprve k zaplnění koryta toku vodou a až pak nižších míst v profilech, která jsou chráněná nebo budou zaplavena až po vybřežení

- definování objektů na řešeném úseku (jednalo se o 4 mosty a 1 lávku pro pěší).



Obr. 6.20. Vytvořený geometrický model, prostředí HEC - RAS

Dále byly nastaveny okrajové podmínky, při kterých výpočet realizujeme.

Jako horní okrajová podmínka byly zadány N-leté (Tab. 3.1.) a m-denní průtoky (Tab. 3.2.) pro jednotlivé simulace.

Dolní okrajová podmínka byla zadána v závislosti na typu řešené úlohy jako:

1. „Normal Depth“ s průměrným podélným sklonem řešeného úseku – při simulování průřezových rychlostí v kynetě a posouzení kapacity návrhu kynety a podélného sklonu dna se současným ohrazováním (viz Kapitola 6.4.2.).
2. „Rating Curve“ - měrná křivka koryta, kde bylo využito poskytnuté měrné křivky (Obr. 6.21.) pro závěrný profil řešeného úseku. Tato okrajová podmínka je uvažována při ověření kapacity a stanovení průřezových rychlostí současného stavu koryta.

HEC-RAS
Enter/Edit rating curve for downstream of reach: Obec

	Stage (m)	Flow (m ³ /s)
1	253.74	0
2	254.5	5
3	255.95	12.5
4	256.15	14
5	256.37	15.2
6	256.97	23.9
7	257.47	36.6
8	257.72	47
9	257.97	58.2
10	258.26	73.8
11	258.47	86.6
12		
13		
14		

OK Cancel

Obr. 6.21. Dolní okrajová podmínka

3. „Know W.S.“ – známá nadmořská výška pro jednotlivé průtoky. Tento přístup byl uplatněn při řešení souběhu povodňových průtoků v Luze a Odře (viz Kapitola 6.4.4.).

V modelu jsou zadány hodnoty součinitele drsnosti n zvlášť pro koryto a zvlášť pro přilehlou inundaci. Pro charakteristiku stávajícího stavu toku jsou použity tabulkové hodnoty dle [1] vzhledem k stavu zárůstu a materiálu v toku. Hodnoty součinitele drsnosti jsou potom nastaveny shodné v celé délce toku. Pro co nejpřesnější odhad hodnot součinitele drsnosti byla provedena pochůzka a fotodokumentace [21].

6.3. Zhodnocení současného stavu

Průběhy hladin a průřezové rychlosti N -letých a m -denních průtoků byly simulovány v programu HEC – RAS. Průběhy hladin pro průtoky Q_{180d} a Q_{20} jsou vykresleny do podélného profilu toku (Příloha C.1.).

6.3.1. Kapacita koryta

V tabulce 6.1. jsou uvedeny nadmořské výšky hladin pro N -leté průtoky až po Q_{20} , což je zadaný návrhový průtok řešené úpravy. V tabulce jsou označeny červeně nadmořské výšky hladin, které vybřezí alespoň na jednom ze současných břehů.

Tab. 6.1. Průběhy hladin N-letých průtoku v toku

Staničení	Pravý břeh	Levý břeh	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀
[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]
2,868	259,25	259,35	258,95	259,40	259,92	260,20	260,39
2,838	259,63	259,23	258,91	259,35	259,88	260,16	260,35
2,807	259,69	259,29	258,85	259,30	259,80	260,06	260,21
2,766	259,86	259,40	258,82	259,27	259,78	260,06	260,23
2,723	259,91	260,00	258,79	259,24	259,75	260,02	260,17
2,664	259,80	259,90	258,75	259,20	259,70	259,95	260,16
2,600	259,81	259,80	258,71	259,16	259,67	259,95	260,12
2,587	260,37	260,33	258,71	259,16	259,67	259,93	260,09
2,582	Silniční most						
2,576	260,37	260,33	258,70	259,15	259,64	259,86	259,97
2,563	259,81	259,72	258,68	259,13	259,61	259,82	259,93
2,512	259,86	259,69	258,65	259,10	259,58	259,78	259,94
2,451	259,72	259,61	258,63	259,07	259,54	259,74	259,91
2,395	259,57	259,85	258,61	259,04	259,52	259,70	259,84
2,330	259,45	259,58	258,58	259,01	259,48	259,68	259,81
2,272	259,47	259,50	258,56	258,99	259,45	259,68	259,81
2,209	259,46	259,61	258,53	258,96	259,41	259,62	259,76
2,142	259,56	259,50	258,50	258,92	259,37	259,54	259,74
2,093	259,52	259,49	258,48	258,89	259,34	259,55	259,73
2,036	259,75	259,73	258,45	258,85	259,28	259,43	259,56
2,033	Cestní most						
2,029	259,75	259,73	258,45	258,85	259,25	259,38	259,50
1,990	259,49	259,34	258,43	258,83	259,23	259,35	259,48
1,925	259,30	259,17	258,40	258,79	259,18	259,31	259,50
1,882	259,15	259,22	258,38	258,77	259,19	259,32	259,49
1,813	259,15	259,11	258,35	258,74	259,15	259,30	259,47
1,758	259,17	259,13	258,32	258,70	259,09	259,29	259,46
1,711	259,11	259,00	258,30	258,67	259,08	259,28	259,45
1,648	259,09	259,00	258,26	258,62	259,02	259,19	259,34
1,593	259,87	259,78	258,24	258,60	258,98	259,13	259,24
1,588	Silniční most						
1,581	259,87	259,78	258,24	258,59	258,95	259,07	259,15
1,517	258,99	258,94	258,21	258,55	258,90	259,04	259,15
1,456	258,99	258,89	258,19	258,52	258,85	259,06	259,16
1,400	258,93	258,94	258,16	258,48	258,80	259,05	259,15
1,347	259,04	258,91	258,13	258,45	258,75	259,05	259,14
1,294	259,87	259,85	258,13	258,44	258,75	258,99	259,05
1,289	Silniční most						
1,283	259,87	259,85	258,13	258,44	258,74	258,97	259,03
1,238	258,87	259,09	258,08	258,36	258,62	258,81	258,77
1,168	258,33	258,26	257,97	258,20	258,52	258,78	258,51

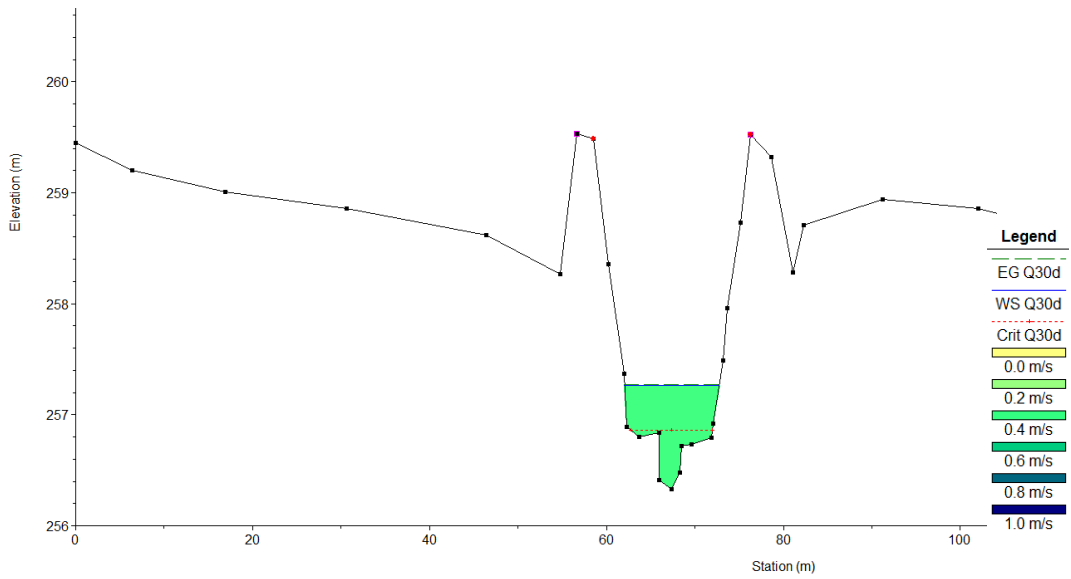
Staničení	Pravý břeh	Levý břeh	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀
[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]
1,125	257,87	257,95	257,87	257,99	258,20	258,40	258,52
1,065	257,70	257,79	257,83	258,00	258,17	258,32	258,49
1,011	257,67	257,82	257,77	257,96	258,13	258,29	258,46
0,963	257,74	257,83	257,71	257,93	258,10	258,27	258,44
0,903	257,68	257,83	257,62	257,92	258,08	258,25	258,43
0,840	257,64	257,65	257,50	257,90	258,05	258,23	258,41
0,756	257,53	257,76	257,38	257,88	258,03	258,21	258,39
0,702	258,62	258,57	257,31	257,78	257,99	258,17	258,36
0,700	Lávka pro pěší						
0,698	258,62	258,57	257,30	257,77	257,98	258,16	258,36
0,614	257,28	256,97	257,18	257,64	257,91	258,10	258,31
0,552	257,57	257,69	257,09	257,56	257,87	258,07	258,28
0,472	257,22	257,47	256,98	257,47	257,83	258,04	258,26
0,415	257,46	257,34	256,88	257,41	257,78	257,99	258,22
0,338	257,47	257,23	256,79	257,31	257,75	257,97	258,21
0,236	257,20	257,46	256,64	257,17	257,65	257,89	258,13
0,182	257,07	256,98	256,57	257,14	257,64	257,88	258,12
0,130	257,14	257,16	256,47	257,04	257,56	257,82	258,07
0,046	256,24	256,23	256,40	257,00	257,50	257,75	258,00
0,035	257,09	257,49	256,37	256,97	257,47	257,72	257,97

Ze zjištěných průběhů hladin v řece Luze je zřejmé, že koryto není schopno v celé své délce převést návrhový průtok $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$. S ohledem na stav toku není stávající úprava schopna, v převážné většině úseků, bezpečně převést ani průtok $Q_5 = 36,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Pod posledním mostem ř.km 1,294, kde končí ohrazování toku, dochází k rozlivu do inundovaného prostoru při $Q_2 = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

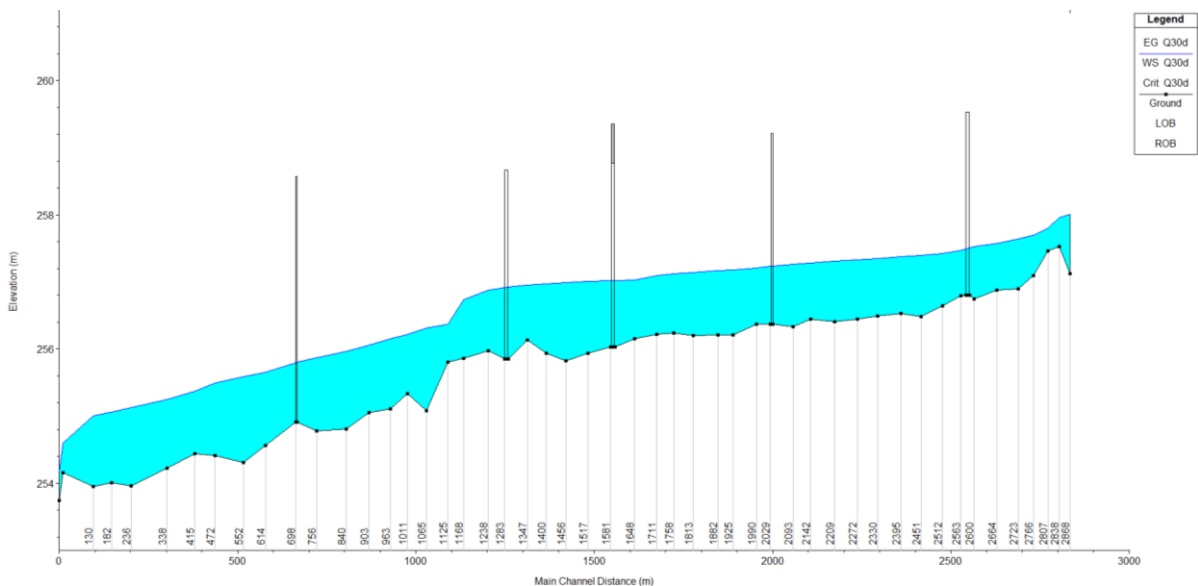
Průběh hladin současného stavu pro průtoky Q_{20} a Q_{180d} jsou zakresleny ve výkresové příloze C.1..

6.3.2. Sklonové poměry

Průměrný podélný sklon nivelety dna řešeného úseku Luhy je 1,19‰. V řešeném úseku se vyskytuje řada prudkých zvýšení a snížení dna toku. Některá zvýšení významně ovlivňují proudění už při nižších průtocích (Obr. 6.23.). Průměrná průřezová rychlost v toku se pohybuje kolem 0,57 m/s. V úseku cca ř.km 1,347 – 2,451 pak průměrná průřezová rychlost dosahuje dokonce v průměru hodnoty 0,35 m/s, což zřejmě také přispívá k zanášení toku. Průřezové rychlosti v jednotlivých příčných profilech toku jsou uvedeny v kapitole 6.4.2..



Obr. 6.22. Rozložení rychlosti v profilu Luhy při průtoku Q_{30d} v HEC - RAS



Obr. 6.23. Podélný profil dna Luhy a průběh hladiny při Q_{30d} v HEC - RAS

6.3.3. Mostní profily

Na řešeném úseku se nachází celkem 3 silniční mosty, 1 cestní most a nová lávka pro pěší. Tyto mostní objekty byly při výpočtu kapacitně ověřovány dle ČSN 73 6201 [17], které mimo jiné říkají: „Minimální volná výška musí být 0,5 m při návrhovém průtoku Q_{20} “.

Z výsledných hodnot, dle výše uvedené podmínky, jediné nově vybudovaná lávka pro pěší je kapacitní. Ostatní objekty potom vycházejí:

1. Silniční most ř.km 1,294

- Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,53 m)

- Schopen převést bez vybřežení $Q_2 = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,46 m)
2. Silniční most ř.km 1,593
 - Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,51 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,59 m)
 3. Cestní most ř.km 2,036
 - Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,73 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{10} = 47,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,49 m)
 4. Silniční most ř.km 2,587
 - Kapacitní dle [17] při $Q_1 = 15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,79 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,64 m)

Dle výše zmíněné legislativy tedy není žádný z mostů kapacitní pro řešení návrhový průtok Q_{20} a současný stav úpravy toku.

6.4. Návrh řešení úpravy toku

Při návrhu úpravy toku Luhy jsou řešeny následující dílčí úlohy:

1. snížení usazování splaveninového materiálu v toku, návrh tvaru kynety s kapacitou do průtoku Q_{30d} ,
2. návrh protipovodňové ochrany obce na průtok Q_{20} ,
3. návrh doprovodných porostů.

6.4.1. Návrh tvaru kynety

Návrh tvaru kynety vycházel z potřeby dosažení nevymílací rychlosti při průtoku Q_{30d} , což je návrhový průtok kynety. Tento předpoklad si kladl za cíl dosažení pravidelného samovolného proplachu a čištění koryta od nánosů. Dále bylo přihlíženo k potřebě správce toku provádět provozní údržbu. V neposlední řadě byl brán v úvahu charakter krajiny, snaha o navržení úpravy blízké krajině, která by nevyčnívala z krajinného reliéfu.

Byly navrženy tři způsoby úpravy kynety, z nichž vyplynuly tvary průřezů. Jednotlivé varianty kynet byly spočteny pro šířky ve dně $b = 2 \text{ m}$ a $b = 3 \text{ m}$. Pro výpočet průtoků přesahující kynetu byl použit celkový tvar současného lichoběžníkového průtočného profilu. Byl vybrán charakteristický tvar pro řešený úsek toku a je idealizován (sklony svahů ohrazování, šířka bermy, atd.).

Varianty kynet:

1. Varianta A) betonové opevnění břehů, obdélníkový průřez,
šířka $b = 3$ m, drsnost břehů kynety = 0,017,
bermy = 0,035,
B) betonové opevnění břehů, obdélníkový průřez,
šířka $b = 2$ m, drsnost břehů kynety = 0,017,
bermy = 0,035.
2. Varianta A) opevnění břehů štípaným kamenem, lichoběžníkový
průřez 2:1, šířka $b = 3$ m, drsnost břehů kynety = 0,020,
bermy = 0,035,
B) opevnění břehů štípaným kamenem, lichoběžníkový
průřez 2:1, šířka $b = 2$ m, drsnost břehů kynety = 0,020,
bermy = 0,035,
3. Varianta A) opevnění břehů zatravnujícími dlaždicemi,
lichoběžníkový průřez 1:1, šířka $b = 3$ m,
drsnost břehů kynety = 0,028, bermy = 0,035,
B) opevnění břehů zatravnujícími dlaždicemi,
lichoběžníkový průřez 1:1, šířka $b = 2$ m,
drsnost břehů kynety = 0,028, bermy = 0,035,

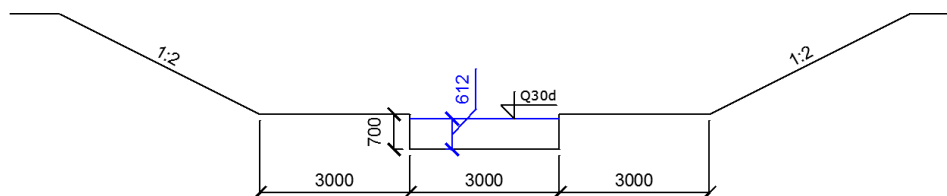
Pro každou variantu byla vypočtena měrná křivka koryta a stanoveny nevymílací rychlosti dle (4.4) – (4.7) (Kapitola 4.3.2), kritické tečné napětí dle (4.8) a tečné napětí v toku dle (4.9). Výpočty jsou uvedeny v tabulkách Tab 6.1. – Tab 6.6.. Při výpočtu navržených variant kynet byl uvažován průměrný sklon celého řešeného úseku toku $i = 1,19$ ‰. Dále byly při výpočtu uvažovány tyto hodnoty:

- Měrná hmotnost splavenin $q_s = 2600$ kg/m³,
- měrná hmotnost vody $q = 1000$ kg/m³,
- efektivní zrno $d_e = 10,88$ mm (vzorec (4.3)),
- drsnost dna kynety $n = 0,020$ (Strickler (4.1)),
- tvarový součinitel $C_T = 2$.

V následujících tabulkách 6.2. – 6.8. jsou červeně označeny hodnoty, kdy dojde ke shodě nevymílací rychlosti v_v , dle daného autora a průřezové rychlosti v (shodně tečné napětí τ_k). Z tabulky je zřejmé, při jakých průtocích daná shoda nastala. Žlutě

označený řádek v tabulkách označuje možnou návrhovou výšku pro danou kynetu při návrhovém průtoku $Q_{30d} = 2,14 \text{ m}^3/\text{s}$.

Varianta 1.A.

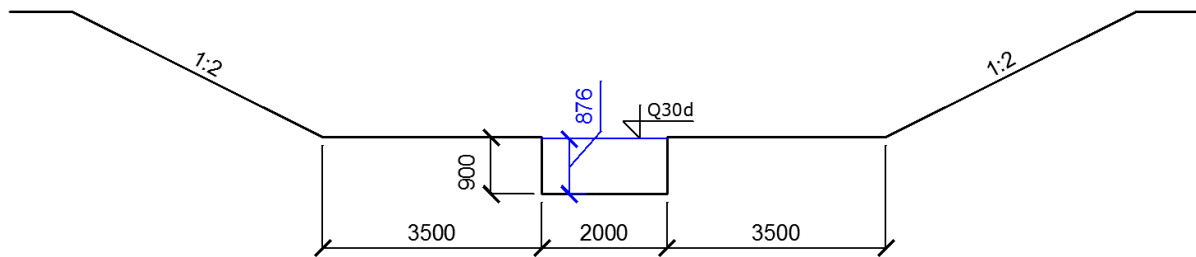


Obr. 6.24. Varianta 1.A. betonový obdélníkový průřez, $b = 3 \text{ m}$

Tab. 6.2. Varianta 1.A. betonový obdélníkový průřez, $b = 3 \text{ m}$

h [m]	v [m/s]	Q_c [m ³ /s]	Meyer-Peter (4.7)		V.N. Gončarov (4.6)		I.L. Levi, $10 < R/d_{60} < 40$, (4.3.) $60 < R/d_{60}$ (4.4.)			Schoklitsch (4.8)	Obecný vztah (4.9)	
			v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	R/d_{60}	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	τ_k [Pa]	τ [Pa]	$\tau_k - \tau$ [Pa]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07
0,10	0,42	0,13	1,15	0,73	0,60	0,18	6,65	-	-	9,07	1,17	7,90
0,20	0,64	0,38	1,28	0,64	0,74	0,10	12,52	0,81	0,17	9,07	2,33	6,73
0,25	0,73	0,54	1,32	0,60	0,78	0,05	15,20	0,83	0,10	9,07	2,92	6,15
0,30	0,81	0,72	1,36	0,55	0,82	0,01	17,73	0,85	0,04	9,07	3,50	5,56
0,35	0,88	0,92	1,39	0,51	0,85	-0,03	20,13	0,86	-0,01	9,07	4,09	4,98
0,40	0,94	1,13	1,41	0,47	0,87	-0,07	22,40	0,88	-0,06	9,07	4,67	4,40
0,45	1,00	1,35	1,43	0,43	0,90	-0,11	24,55	0,89	-0,11	9,07	5,25	3,81
0,50	1,06	1,58	1,45	0,40	0,92	-0,14	26,60	0,90	-0,16	9,07	5,84	3,23
0,55	1,11	1,83	1,47	0,36	0,93	-0,17	28,54	0,91	-0,20	9,07	6,42	2,65
0,60	1,15	2,08	1,48	0,33	0,95	-0,20	30,40	0,91	-0,24	9,07	7,00	2,06
0,70	1,24	2,60	1,51	0,27	0,98	-0,26	33,85	0,93	-0,31	9,07	8,17	0,90
0,80	1,34	3,34	1,56	0,22	1,01	-0,33	37,00	0,94	-0,40	9,07	9,34	-0,27
0,90	1,43	4,28	1,61	0,18	1,03	-0,40	39,89	0,95	-0,48	9,07	10,51	-1,44
1,00	1,52	5,37	1,65	0,13	1,05	-0,47	42,55	-	-	9,07	11,67	-2,61
1,10	1,60	6,61	1,69	0,09	1,07	-0,53	45,01	-	-	9,07	12,84	-3,77
1,20	1,68	7,98	1,73	0,05	1,09	-0,59	47,28	-	-	9,07	14,01	-4,94
1,30	1,75	9,49	1,76	0,02	1,10	-0,65	49,39	-	-	9,07	15,18	-6,11
1,40	1,82	11,13	1,80	-0,02	1,12	-0,70	51,36	-	-	9,07	16,34	-7,28
1,50	1,88	12,89	1,83	-0,05	1,13	-0,75	53,19	-	-	9,07	17,51	-8,44
1,60	1,94	14,78	1,86	-0,08	1,14	-0,80	54,91	-	-	9,07	18,68	-9,61

Varianta 1.B.



Obr. 6.25. Varianta 1.B. betonový obdélníkový průřez, $b = 2 \text{ m}$

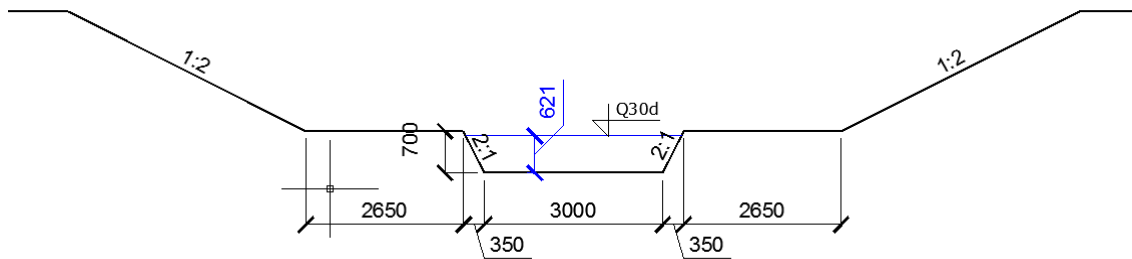
Tab. 6.3. Varianta 1.B. betonový obdélníkový průřez, $b = 2 \text{ m}$

h [m]	v [m/s]	Q _c [m ³ /s]	Meyer-Peter (4.7)		V.N. Gončarov (4.6)		I.J. Levi, 10 < R/d ₆₀ < 40, (4.3.) 60 < R/d ₆₀ (4.4.)			Schokitsch (4.8)	Obecný vztah (4.9)	
			v _v [m/s]	v - v _v [m/s]	v _v [m/s]	v - v _v [m/s]	R/d ₆₀	v _v [m/s]	v - v _v [m/s]	τ _k [Pa]	τ [Pa]	τ _k - τ [Pa]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07
0,10	0,41	0,08	1,15	0,74	0,60	0,19	6,45	-	-	9,07	1,17	7,90
0,20	0,61	0,25	1,27	0,65	0,74	0,12	11,82	0,80	0,18	9,07	2,33	6,73
0,30	0,76	0,46	1,34	0,57	0,82	0,05	16,37	0,84	0,07	9,07	3,50	5,56
0,40	0,88	0,70	1,39	0,51	0,87	-0,01	20,26	0,86	-0,02	9,07	4,67	4,40
0,50	0,98	0,98	1,42	0,45	0,92	-0,06	23,64	0,88	-0,09	9,07	5,84	3,23
0,60	1,06	1,27	1,45	0,40	0,95	-0,10	26,60	0,90	-0,16	9,07	7,00	2,06
0,70	1,12	1,57	1,47	0,35	0,98	-0,14	29,20	0,91	-0,21	9,07	8,17	0,90
0,75	1,15	1,73	1,48	0,33	0,99	-0,16	30,40	0,91	-0,24	9,07	8,76	0,31
0,80	1,18	1,89	1,49	0,31	1,01	-0,17	31,52	0,92	-0,26	9,07	9,34	-0,27
0,85	1,21	2,05	1,50	0,29	1,02	-0,19	32,59	0,92	-0,29	9,07	9,92	-0,86
0,90	1,23	2,22	1,51	0,28	1,03	-0,20	33,59	0,93	-0,31	9,07	10,51	-1,44
1,00	1,31	2,76	1,55	0,25	1,05	-0,25	35,46	0,93	-0,37	9,07	11,67	-2,61
1,10	1,37	3,50	1,60	0,22	1,07	-0,30	37,15	0,94	-0,43	9,07	12,84	-3,77
1,20	1,44	4,39	1,64	0,20	1,09	-0,35	38,68	0,94	-0,49	9,07	14,01	-4,94
1,30	1,49	5,43	1,67	0,18	1,10	-0,39	40,09	-	-	9,07	15,18	-6,11
1,40	1,55	6,60	1,71	0,16	1,12	-0,43	41,37	-	-	9,07	16,34	-7,28
1,50	1,60	7,89	1,74	0,14	1,13	-0,47	42,55	-	-	9,07	17,51	-8,44
1,60	1,65	9,32	1,77	0,12	1,14	-0,51	43,64	-	-	9,07	18,68	-9,61
1,70	1,70	10,86	1,80	0,10	1,15	-0,54	44,65	-	-	9,07	19,85	-10,78
1,80	1,74	12,53	1,83	0,09	1,17	-0,58	45,59	-	-	9,07	21,01	-11,95
1,90	1,78	14,32	1,86	0,07	1,18	-0,61	46,47	-	-	9,07	22,18	-13,11
2,10	1,86	18,28	1,90	0,04	1,20	-0,67	48,04	-	-	9,07	24,52	-15,45

			Meyer-Peter (4.7)		V.N. Gončarov (4.6)		I.I. Levi, $10 < R/d_{60} < 40,$ (4.3.) $60 < R/d_{60}$ (4.4.)			Schoklitsch (4.8)	Obecný vztah (4.9)	
h [m]	v [m/s]	Q_c [m ³ /s]	v_v [m/s]	v - v_v [m/s]	v_v [m/s]	v - v_v [m/s]	R/d₆₀	v_v [m/s]	v - v_v [m/s]	τ_k [Pa]	τ [Pa]	τ_k - τ [Pa]
2,30	1,93	22,72	1,95	0,02	1,21	-0,72	49,43	-	-	9,07	26,85	-17,78
2,50	2,00	27,67	1,99	-0,01	1,23	-0,77	50,66	-	-	9,07	29,18	-20,12
2,70	2,06	33,13	2,03	-0,03	1,24	-0,81	51,75	-	-	9,07	31,52	-22,45
2,90	2,11	39,12	2,06	-0,05	1,26	-0,85	52,74	-	-	9,07	33,85	-24,79

Obdélníkový průřez kynety se jeví jako nejméně vhodný. Podle vzorce Meyer-Petera (4.7) dochází k vymílání až při velmi vysokých průtocích, oproti ostatním autorům, u kterých dochází k odplavení náplav při velmi nízkých průtocích. Uvažované betonové opevnění se jeví jako méně vhodné z pohledu začlenění do krajiny. Jedinou výhodou tohoto návrhu, vzhledem k jeho tvaru a opevnění, je zřejmě bezproblémové strojní čištění.

Varianta 2.A.

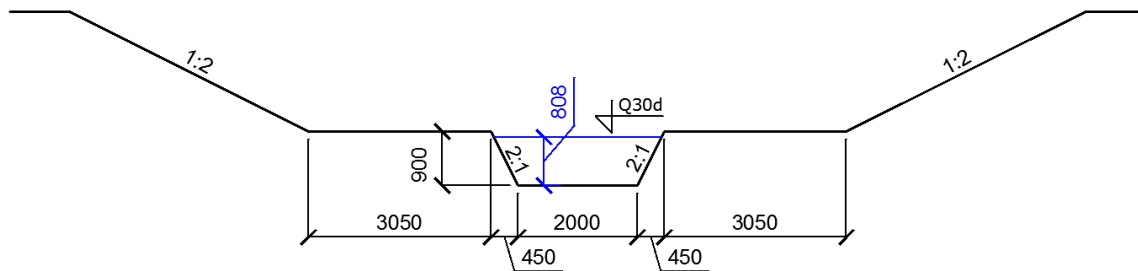


Obr. 6.26. Varianta 2.A. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 3 \text{ m}$

Tab. 6.4. Varianta 2.A. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 3 \text{ m}$

h [m]	v [m/s]	Q_c [m ³ /s]					I.I. Levi, $10 < R/d_{60} < 40$, (4.3.) $60 < R/d_{60}$ (4.4.)				Schoklitsch (4.8)	Obecný vztah (4.9)	$\tau_k - \tau$ [Pa]
			Meyer-Peter (4.7)	V.N. Gončarov (4.6)	R/d_{60}	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	τ_k [Pa]	τ [Pa]				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07		
0,10	0,36	0,11	0,98	0,62	0,60	0,24	6,71	-	-	9,07	1,17	7,90	
0,20	0,55	0,34	1,09	0,54	0,74	0,19	12,76	0,81	0,26	9,07	2,33	6,73	
0,25	0,63	0,49	1,13	0,50	0,78	0,15	15,57	0,83	0,20	9,07	2,92	6,15	
0,30	0,70	0,66	1,16	0,46	0,82	0,12	18,26	0,85	0,15	9,07	3,50	5,56	
0,35	0,76	0,85	1,18	0,42	0,85	0,08	20,84	0,87	0,11	9,07	4,09	4,98	
0,40	0,82	1,05	1,21	0,39	0,87	0,05	23,31	0,88	0,06	9,07	4,67	4,40	
0,45	0,88	1,27	1,23	0,35	0,90	0,02	25,69	0,89	0,02	9,07	5,25	3,81	
0,50	0,93	1,51	1,24	0,32	0,92	-0,01	27,99	0,90	-0,02	9,07	5,84	3,23	
0,55	0,98	1,76	1,26	0,28	0,93	-0,04	30,20	0,91	-0,06	9,07	6,42	2,65	
0,60	1,02	2,02	1,27	0,25	0,95	-0,07	32,34	0,92	-0,10	9,07	7,00	2,06	
0,70	1,11	2,59	1,30	0,19	0,98	-0,12	36,43	0,94	-0,17	9,07	8,17	0,90	
0,80	1,21	3,40	1,35	0,14	1,01	-0,20	40,41	-	-	9,07	9,34	-0,27	
0,90	1,31	4,40	1,40	0,09	1,03	-0,28	44,07	-	-	9,07	10,51	-1,44	
1,00	1,40	5,56	1,44	0,04	1,05	-0,35	47,44	-	-	9,07	11,67	-2,61	
1,10	1,49	6,87	1,48	0,00	1,07	-0,42	50,56	-	-	9,07	12,84	-3,77	
1,20	1,57	8,32	1,52	-0,05	1,09	-0,48	53,46	-	-	9,07	14,01	-4,94	
1,30	1,65	9,91	1,56	-0,09	1,10	-0,55	56,16	-	-	9,07	15,18	-6,11	
1,40	1,72	11,63	1,59	-0,13	1,12	-0,61	58,67	-	-	9,07	16,34	-7,28	

Varianta 2.B.



Obr. 6.27. Varianta 2.B. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 2\text{ m}$

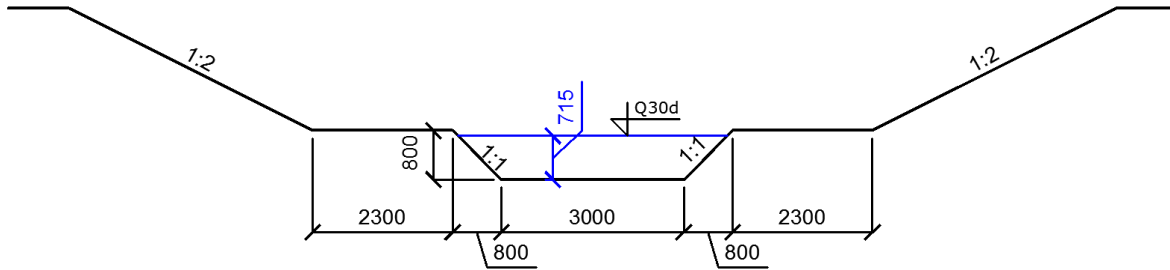
Tab. 6.5. Varianta 2.B. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 2\text{ m}$

h [m]	v [m/s]	Q_c [m ³ /s]	Meyer-Peter (4.7)				V.N. Gončarov (4.6)				I.I. Levi, $10 < R/d_{60} < 40$, (4.3.) $60 < R/d_{60}$ (4.4.)		Schoklitsch (4.8)		Obecný vztah (4.9)	
			v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	R/d_{60}	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	τ_k [Pa]	τ [Pa]	$\tau_k - \tau$ [Pa]				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07				
0,10	0,35	0,07	0,98	0,62	0,60	0,25	6,54	-	-	9,07	1,17	7,90				
0,20	0,53	0,22	1,08	0,55	0,74	0,20	12,17	0,80	0,27	9,07	2,33	6,73				
0,30	0,67	0,43	1,15	0,48	0,82	0,15	17,13	0,84	0,18	9,07	3,50	5,56				
0,40	0,78	0,69	1,19	0,41	0,87	0,09	21,56	0,87	0,09	9,07	4,67	4,40				
0,50	0,87	0,98	1,23	0,35	0,92	0,04	25,59	0,89	0,02	9,07	5,84	3,23				
0,60	0,96	1,32	1,25	0,30	0,95	-0,01	29,29	0,91	-0,05	9,07	7,00	2,06				
0,70	1,03	1,69	1,28	0,25	0,98	-0,05	32,72	0,92	-0,11	9,07	8,17	0,90				
0,75	1,06	1,90	1,29	0,22	0,99	-0,07	34,36	0,93	-0,13	9,07	8,76	0,31				
0,80	1,10	2,10	1,30	0,20	1,01	-0,09	35,94	0,94	-0,16	9,07	9,34	-0,27				
0,85	1,13	2,32	1,31	0,18	1,02	-0,11	37,48	0,94	-0,19	9,07	9,92	-0,86				
0,90	1,16	2,55	1,31	0,16	1,03	-0,13	38,97	0,95	-0,21	9,07	10,51	-1,44				
1,00	1,25	3,24	1,36	0,12	1,05	-0,20	42,01	-	-	9,07	11,67	-2,61				
1,10	1,33	4,12	1,41	0,08	1,07	-0,26	44,76	-	-	9,07	12,84	-3,77				
1,20	1,41	5,16	1,45	0,04	1,09	-0,32	47,28	-	-	9,07	14,01	-4,94				
1,30	1,48	6,34	1,49	0,01	1,10	-0,38	49,59	-	-	9,07	15,18	-6,11				
1,40	1,55	7,65	1,53	-0,02	1,12	-0,44	51,72	-	-	9,07	16,34	-7,28				
1,50	1,62	9,10	1,57	-0,05	1,13	-0,49	53,68	-	-	9,07	17,51	-8,44				
1,60	1,68	10,68	1,60	-0,08	1,14	-0,54	55,49	-	-	9,07	18,68	-9,61				

Lichoběžníkový průřez 2:1, opevněný kamenem, se jeví z hlediska nevymílacích rychlostí jako střed mezi dvěma zbylými variantami. Kamenné opevnění je náročné na

provedení, při dodržení vypočtených hydraulických parametrů. Při strojním čištění hrozí porušení opevnění.

Varianta 3.A.

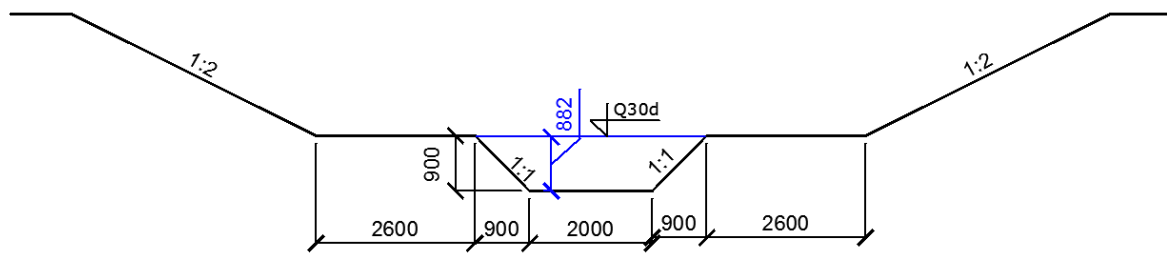


Obr. 6.28. Varianta 3.A. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 3 \text{ m}$

Tab. 6.6. Varianta 3.A. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 3 \text{ m}$

h [m]	v [m/s]	Q _c [m ³ /s]	Meyer-Peter (4.7)	v - v _v [m/s]	V.N. Gončarov (4.6)	v - v _v [m/s]	I.I. Levi, 10 < R/d ₆₀ < 40, (4.3.) 60 < R/d ₆₀ (4.4.)		v - v _v [m/s]	Schoklitsch (4.8)	τ [Pa]	τ _k - τ [Pa]
			v _v [m/s]		v _v [m/s]		R/d ₆₀	v _v [m/s]		τ _k [Pa]		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07
0,10	0,26	0,08	0,70	0,44	0,60	0,35	6,70	-	-	9,07	1,17	7,90
0,20	0,39	0,25	0,78	0,39	0,74	0,35	12,73	0,81	0,42	9,07	2,33	6,73
0,30	0,50	0,49	0,83	0,33	0,82	0,32	18,24	0,85	0,35	9,07	3,50	5,56
0,45	0,63	0,97	0,88	0,25	0,90	0,27	25,77	0,89	0,27	9,07	5,25	3,81
0,50	0,66	1,16	0,89	0,22	0,92	0,25	28,12	0,90	0,24	9,07	5,84	3,23
0,55	0,70	1,37	0,90	0,20	0,93	0,23	30,40	0,91	0,21	9,07	6,42	2,65
0,60	0,73	1,59	0,91	0,18	0,95	0,22	32,61	0,92	0,19	9,07	7,00	2,06
0,65	0,77	1,82	0,92	0,16	0,97	0,20	34,78	0,93	0,16	9,07	7,59	1,48
0,70	0,80	2,06	0,93	0,13	0,98	0,18	36,89	0,94	0,14	9,07	8,17	0,90
0,75	0,83	2,32	0,94	0,11	0,99	0,17	38,95	0,95	0,12	9,07	8,76	0,31
0,80	0,85	2,60	0,95	0,09	1,01	0,15	40,97	-	-	9,07	9,34	-0,27
0,90	0,94	3,38	0,99	0,05	1,03	0,09	45,44	-	-	9,07	10,51	-1,44
1,00	1,02	4,33	1,02	0,01	1,05	0,03	49,60	-	-	9,07	11,67	-2,61
1,10	1,09	5,43	1,06	-0,03	1,07	-0,02	53,47	-	-	9,07	12,84	-3,77
1,20	1,16	6,68	1,09	-0,07	1,09	-0,08	57,09	-	-	9,07	14,01	-4,94
1,30	1,23	8,05	1,13	-0,11	1,10	-0,13	60,47	1,10	-0,13	9,07	15,18	-6,11

Varianta 3.B.



Obr. 6.29. Varianta 3.B. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 2 \text{ m}$

Tab. 6.7. Varianta 3.B. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 2 \text{ m}$

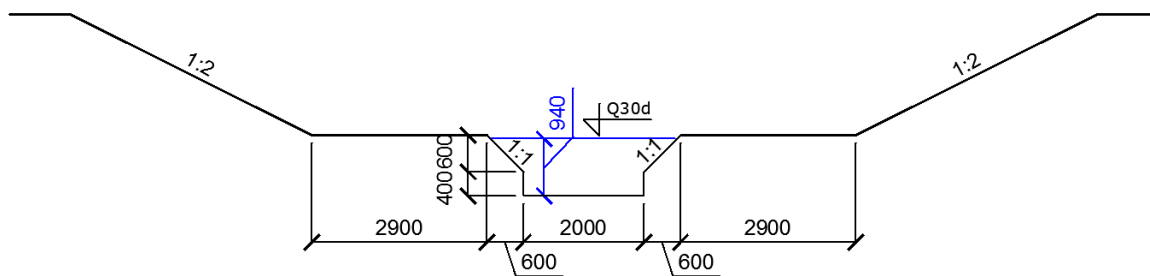
h [m]	v [m/s]	Q_c [m ³ /s]	Meyer-Peter (4.7)				V.N. Gončarov (4.6)			I.I. Levi, $10 < R/d_{60} < 40$, (4.3), $60 < R/d_{60}$ (4.4)		Schokitsch (4.8)	Obecný vztah (4.9)
			v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	R/d_{60}	v_v [m/s]	$v - v_v$ [m/s]	τ_k [Pa]	τ [Pa]	$\tau_k - \tau$ [Pa]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07	
0,10	0,25	0,05	0,70	0,45	0,60	0,35	6,52	-	-	9,07	1,17	7,90	
0,20	0,38	0,17	0,77	0,39	0,74	0,36	12,16	0,80	0,42	9,07	2,33	6,73	
0,30	0,48	0,33	0,82	0,34	0,82	0,34	17,18	0,84	0,37	9,07	3,50	5,56	
0,40	0,56	0,54	0,85	0,29	0,87	0,31	21,74	0,87	0,31	9,07	4,67	4,40	
0,50	0,63	0,79	0,88	0,25	0,92	0,29	25,97	0,90	0,26	9,07	5,84	3,23	
0,60	0,69	1,08	0,90	0,21	0,95	0,26	29,93	0,91	0,22	9,07	7,00	2,06	
0,70	0,75	1,42	0,92	0,17	0,98	0,23	33,68	0,93	0,18	9,07	8,17	0,90	
0,75	0,78	1,60	0,92	0,15	0,99	0,22	35,49	0,93	0,16	9,07	8,76	0,31	
0,80	0,80	1,80	0,93	0,13	1,01	0,21	37,27	0,94	0,14	9,07	9,34	-0,27	
0,85	0,83	2,00	0,94	0,11	1,02	0,19	39,01	0,95	0,12	9,07	9,92	-0,86	
0,90	0,85	2,22	0,95	0,09	1,03	0,18	40,72	-	-	9,07	10,51	-1,44	
1,00	0,93	2,89	0,99	0,06	1,05	0,12	44,69	-	-	9,07	11,67	-2,61	
1,10	1,01	3,75	1,03	0,02	1,07	0,06	48,33	-	-	9,07	12,84	-3,77	
1,20	1,08	4,75	1,06	-0,01	1,09	0,01	51,69	-	-	9,07	14,01	-4,94	
1,30	1,15	5,90	1,10	-0,05	1,10	-0,05	54,79	-	-	9,07	15,18	-6,11	
1,40	1,21	7,18	1,13	-0,08	1,12	-0,10	57,68	-	-	9,07	16,34	-7,28	
1,50	1,28	8,59	1,17	-0,11	1,13	-0,15	60,36	1,10	-0,18	9,07	17,51	-8,44	

Lichoběžník 1:1 opevněn zatravnňujícími dlaždicemi, dochází k přiblížení nevymílacích rychlostí k jednomu průtoku. Podmínky pro použití Leviho vzorců (4.2) a (4.3) neumožnily výpočet v oblastech, kde zřejmě dojde k vymílání. V tomto případě nebudou

vzorci Leviho uvažovány. Z hlediska strojního čištění není zatravnující dlažba zcela ideální, při neopatrném čištění hrozí její poškození.

Po provedení předchozích výpočtů se zdá být nejvhodnější návrh složeného tvaru kynety (Obr. 6.30.). Spodní část jako obdélník s betonovými břehy (šířka dna 2 m a výšky břehů 0,4 m). V případě obdélníkového průřezu opevněného betonem do výšky 0,4 m vyšly nejvhodnější hydraulické parametry pro odnos nánosů. Na obdélníkový průřez budou napojeny šikmé zatravněné břehy 1:1 stabilizované zatravnující dlažbou. Celková výška složené kynety je pak 1 m a šířka v koruně 3,2 m.

Složený průřez



Obr. 6.30. Složený průřez

Tab. 6.8. Složený průřez

h [m]	v [m/s]	Q _c [m ³ /s]	Meyer-Peter (4.7)		V.N. Gončarov (4.6)		I.I. Levi, 10 < R/d ₆₀ < 40, (4.3.) 60 < R/d ₆₀ (4.4.)			Schokitsch (4.8)	Obecný vztah (4.9)	τ _k - τ [Pa]
			v _v [m/s]	v - v _v [m/s]	v _v [m/s]	v - v _v [m/s]	R/d ₆₀	v _v [m/s]	v - v _v [m/s]	τ _k [Pa]	τ [Pa]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	9,07	0,00	9,07
0,10	0,41	1,15	1,15	0,74	0,60	0,19	6,45	-	-	9,07	1,17	7,90
0,20	0,61	1,27	1,27	0,65	0,74	0,12	11,82	0,80	0,18	9,07	2,33	6,73
0,30	0,76	1,34	1,34	0,57	0,82	0,05	16,37	0,84	0,07	9,07	3,50	5,56
0,40	0,88	1,39	1,39	0,51	0,87	-0,01	20,26	0,86	-0,02	9,07	4,67	4,40
0,50	0,90	1,32	1,32	0,42	0,92	0,01	23,24	0,88	-0,02	9,07	5,84	3,23
0,60	0,92	1,27	1,27	0,35	0,95	-0,18	26,13	0,90	-0,02	9,07	7,00	2,06
0,70	0,94	1,40	1,24	0,30	0,98	-0,42	28,96	0,91	-0,03	9,07	8,17	0,90
0,80	0,96	1,69	1,21	0,25	1,01	-0,68	31,75	0,92	-0,04	9,07	9,34	-0,27
0,90	0,98	2,02	1,19	0,20	1,03	-0,99	34,50	0,93	-0,05	9,07	10,51	-1,44
0,94	0,99	2,14	1,18	0,19	1,04	-1,10	35,47	0,93	-0,06	9,07	10,92	-1,85
1,00	1,01	2,38	1,17	0,16	1,05	-1,33	37,22	0,94	-0,07	9,07	11,67	-2,61
1,10	1,29	3,66	1,42	0,13	1,07	-0,22	41,67	-	-	9,07	12,84	-3,77
1,20	1,38	4,71	1,45	0,07	1,09	-0,30	45,76	-	-	9,07	14,01	-4,94
1,30	1,47	5,91	1,48	0,01	1,10	-0,37	49,53	-	-	9,07	15,18	-6,11
1,40	1,55	7,24	1,51	-0,04	1,12	-0,43	53,02	-	-	9,07	16,34	-7,28
1,50	1,62	8,70	1,53	-0,09	1,13	-0,49	56,25	-	-	9,07	17,51	-8,44
1,60	1,69	10,29	1,55	-0,13	1,14	-0,55	59,26	-	-	9,07	18,68	-9,61

Průměrné průřezové rychlosti by se měly pohybovat v intervalu 0,8 – 1,5 m/s (Tab. 6.8.). Při rychlostech ve zmíněném intervalu dochází k odnosu splaveninového materiálu podle zvolených autorů.

Z výsledných hodnot je zřejmé, že při běžném průtoku, kdy je v toku transportováno jen minimum splavenin, je rychlost dostatečná a bude docházet pouze k minimálnímu zanášení. Naopak při vyšších průtocích, kdy se dá předpokládat smyv splaveninového materiálu z okolí, bude zabezpečena dostatečná rychlost, aby nedocházelo k zanášení, ale naopak k určitému samočištění.

Při návrhovém průtoku kynety $Q_{30d} = 2,14 \text{ m}^3/\text{s}$ je docílená profilová rychlost 0,99 m/s. V následující kapitole bude změna rychlosti prezentována v celém řešeném úseku.

6.4.2. Návrh úpravy podélného sklonu

Při navrhování podélného sklonu dna řešeného úseku, byly veškeré výpočty a simulace provedeny v programu HEC – RAS.

Úprava podélného sklonu dna byla uvažována ve dvou variantách.

Varianta A - Konstantní sklon nivelety dna v celé délce řešeného úseku Luhy. Tato varianta je provedena vyrovnaním skutečného stavu dna toku podle nadmořské výšky dna prvního a posledního profilu, pak je hodnota sklonu $i = 1,19 ‰$.

Varianta B - Návrh dvou sklonů podélného sklonu dna. Sklon $i_1 = 0,95 ‰$ uvažovaný v úseku ř.km 0,035 – 2,587 (příčný profil těsně nad mostem), navazující úsek ř.km 2,587 – 2,868 o sklonu $i_2 = 3,40 ‰$ až do konce řešeného úseku. Návrh dvou sklonů vycházel z potřeby zkapacitnění příčných profilů pod mostními objekty, a tím bezpečnější převedení povodňových průtoků.

V oblasti mostu došlo ke snížení dna o přibližně 0,64 m. Toto snížení by nemělo negativně ovlivnit hladinu podzemní vody a také výrazně nenavýší finanční náklady pro výkopové práce v kynetě.

Při realizaci této varianty se doporučuje zadavateli zpracovat posudek stability mostních konstrukcí v řešeném úseku, zda nebude narušena jejich bezpečnost v případě realizace úpravy.

Obě varianty byly zpracovány pro složený tvar kynety (Obr. 6.8.), který vyšel jako nejvhodnější z hlediska nevymílacích rychlostí. Jednotlivé varianty byly posouzeny vzhledem k maximální rychlosti v kynetě při průtoku Q_{30d} . Varianty byly srovnány se současným stavem (Tab. 6.9.). Následně byly porovnány s hodnotami nevymílacích rychlostí pro návrhový tvar kynety (Tab. 6.8.), které se pohybují v intervalu 0,8 – 1,5 m/s dle použitého vzorce daného autora.

Varianty jsou zakresleny pro názornost do stávajícího stavu podélného profilu toku ve výkresové příloze C.2.

Tab. 6.9. Porovnání průřezových rychlostí v kynetě za průtoků Q_{30d} pro skutečný stav a dvě navržené varianty.

Současný stav			Varianta A	Varianta B	Současný stav			Varianta A	Varianta B
Staničení	v (Q_{30d})	v (Q_1)	v (Q_{30d})	v (Q_{30d})	Staničení	v (Q_{30d})	v (Q_1)	v (Q_{30d})	v (Q_{30d})
[ř.km]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[ř.km]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
2,868	0,45	1,18	0,99	1,44	1,588	Silniční most			
2,838	0,64	1,13	0,98	1,44	1,581	0,26	0,62	0,98	0,91
2,807	0,74	1,15	0,99	1,42	1,517	0,32	0,69	0,99	0,91
2,766	0,56	0,91	0,99	1,39	1,456	0,32	0,68	0,99	0,91
2,723	0,49	0,84	0,99	1,32	1,400	0,36	0,70	0,99	0,90
2,664	0,52	0,86	0,99	1,17	1,347	0,38	0,71	0,99	0,90
2,600	0,41	0,75	0,98	0,94	1,294	0,43	0,92	0,98	0,91
2,587	0,48	0,66	0,98	0,91	1,289	Silniční most			
2,582	Silniční most				1,283	0,44	0,93	0,99	0,91
2,576	0,51	0,66	0,98	0,91	1,238	0,58	0,93	0,99	0,91
2,563	0,55	0,78	0,99	0,91	1,168	0,88	1,15	0,99	0,90
2,512	0,43	0,76	0,99	0,91	1,125	1,25	1,31	0,99	0,90
2,451	0,36	0,71	0,98	0,91	1,065	0,61	0,91	0,99	0,91
2,395	0,33	0,67	0,99	0,91	1,011	0,83	0,92	0,98	0,92
2,330	0,37	0,69	0,99	0,91	0,963	0,72	1,04	0,99	0,91
2,272	0,31	0,64	0,99	0,91	0,903	0,80	1,15	0,99	0,91
2,209	0,33	0,68	0,98	0,91	0,840	0,80	1,22	0,99	0,91
2,142	0,37	0,73	0,98	0,91	0,756	0,64	1,12	0,99	0,91
2,093	0,36	0,71	1,00	0,91	0,702	0,76	1,14	1,00	0,91
2,036	0,38	0,75	0,99	0,91	0,700	Lávka pro pěší			
2,033	Cestní most				0,698	0,77	1,14	0,99	0,92
2,029	0,38	0,75	0,99	0,91	0,614	0,83	1,18	0,99	0,92
1,990	0,37	0,69	0,99	0,90	0,552	0,63	1,14	0,99	0,92
1,925	0,37	0,73	0,98	0,90	0,472	0,73	1,11	0,99	0,91
1,882	0,33	0,68	0,98	0,91	0,415	0,93	1,22	0,98	0,92
1,813	0,34	0,68	0,98	0,91	0,338	0,69	1,07	0,99	0,93
1,758	0,38	0,72	0,99	0,90	0,236	0,71	1,19	0,99	0,94
1,711	0,42	0,73	0,99	0,91	0,182	0,73	1,08	1,00	0,95
1,648	0,51	0,80	0,98	0,91	0,130	0,69	1,19	0,99	0,96
1,593	0,26	0,61	0,99	0,91	0,046	1,73	1,28	0,98	0,98
					0,035	1,62	0,52	0,99	0,99

V tabulce 6.9. je vidět navýšení průřezových rychlostí v kynetě u uvažovaných variant oproti současnému stavu. Pro představu o navýšení rychlostí v uvažovaných variantách je uvedena i rychlost při průtoku Q_1 v současném stavu. Při případné realizaci obou variant budou splněny minimální hodnoty nevymílací rychlosti.

Při realizaci varianty A budou vycházet průřezové rychlosti nepatrně vyšší než u varianty B. Varianta B má výhodu z hlediska zkapacitnění příčných profilů v oblasti mostů i v ostatních částech toku.

Průběhy hladin N-letých průtoků pro varianty A a B

V tabulce 6.10. jsou uvedeny nadmořské výšky hladin pro N-leté průtoky pro uvažované varianty A a B podélného sklonu. Při simulaci průběhu hladin v toku byla uvažována pouze úprava kynety a přilehlých berem, s ponecháním současného stavu ohrazování. Červeně označené hodnoty nadmořské výšky hladin v tabulce 6.10. jsou ty, které vyběží aspoň na jednom z břehů současné úpravy ohrazování.

Tab. 6.10. Průběhy hladin N-letých průtoků v toku při skutečném stavu a jednotlivých variantách uvažovaného podélného sklonu dna

Současný stav					Varianta A - 0,00119				Varianta B - 0,00095; 0,0034			
Staničení	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀
[ř.km]	[m n.m.]				[m n.m.]				[m n.m.]			
2,868	259,40	259,92	260,20	260,39	259,48	260,10	260,36	260,59	259,01	259,73	260,12	260,43
2,838	259,35	259,88	260,16	260,35	259,43	260,06	260,34	260,57	258,99	259,63	260,06	260,40
2,807	259,30	259,80	260,06	260,21	259,36	259,91	260,13	260,34	258,94	259,44	259,81	260,09
2,766	259,27	259,78	260,06	260,23	259,33	259,87	260,13	260,34	258,89	259,41	259,78	260,09
2,723	259,24	259,75	260,02	260,17	259,29	259,85	260,10	260,31	258,85	259,38	259,76	260,07
2,664	259,20	259,70	259,95	260,16	259,21	259,78	260,10	260,31	258,77	259,31	259,70	260,07
2,600	259,16	259,67	259,95	260,12	259,17	259,75	260,00	260,21	258,76	259,30	259,68	259,97
2,587	259,16	259,67	259,93	260,09	259,20	259,79	260,03	260,23	258,79	259,34	259,73	260,02
2,582	Silniční most											
2,576	259,15	259,64	259,86	259,97	259,18	259,76	259,97	260,12	258,77	259,32	259,71	259,97
2,563	259,13	259,61	259,82	259,93	259,10	259,69	259,84	260,00	258,70	259,24	259,63	259,84
2,512	259,10	259,58	259,78	259,94	259,04	259,64	259,79	260,00	258,67	259,20	259,59	259,80
2,451	259,07	259,54	259,74	259,91	258,96	259,58	259,70	259,92	258,61	259,15	259,53	259,73
2,395	259,04	259,52	259,70	259,84	258,92	259,56	259,66	259,88	258,58	259,12	259,51	259,74
2,330	259,01	259,48	259,68	259,81	258,87	259,52	259,67	259,86	258,56	259,10	259,49	259,72
2,272	258,99	259,45	259,68	259,81	258,82	259,49	259,68	259,88	258,52	259,06	259,45	259,73
2,209	258,96	259,41	259,62	259,76	258,76	259,45	259,55	259,82	258,47	259,01	259,40	259,61
2,142	258,92	259,37	259,54	259,74	258,70	259,40	259,44	259,79	258,43	258,96	259,35	259,52
2,093	258,89	259,34	259,55	259,73	258,67	259,38	259,41	259,73	258,41	258,94	259,34	259,50
2,036	258,85	259,28	259,43	259,56	258,61	259,32	259,29	259,48	258,37	258,89	259,26	259,39
2,033	Cestní most											
2,029	258,85	259,25	259,38	259,50	258,60	259,04	259,26	259,48	258,37	258,89	259,25	259,36
1,990	258,83	259,23	259,35	259,48	258,59	259,03	259,26	259,54	258,36	258,88	259,25	259,36
1,925	258,79	259,18	259,31	259,50	258,51	258,95	259,25	259,60	258,30	258,82	259,25	259,42
1,882	258,77	259,19	259,32	259,49	258,50	258,93	259,25	259,59	258,29	258,81	259,23	259,42
1,813	258,74	259,15	259,30	259,47	258,45	258,88	259,22	259,57	258,25	258,77	259,19	259,40

Současný stav				Varianta A - 0,00119				Varianta B - 0,00095; 0,0034				
Staničení	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀
[ř.km]	[m n.m.]			[m n.m.]			[m n.m.]					
1,758	258,70	259,09	259,29	259,46	258,41	258,84	259,22	259,57	258,22	258,73	259,16	259,40
1,711	258,67	259,08	259,28	259,45	258,38	258,80	259,20	259,56	258,20	258,72	259,16	259,39
1,648	258,62	259,02	259,19	259,34	258,34	258,74	259,08	259,44	258,17	258,67	259,06	259,26
1,593	258,60	258,98	259,13	259,24	258,33	258,73	259,02	259,34	258,16	258,66	259,02	259,20
1,588	Silniční most											
1,581	258,59	258,95	259,07	259,15	258,30	258,70	259,01	259,28	258,16	258,66	259,02	259,18
1,517	258,55	258,90	259,04	259,15	258,24	258,62	258,94	259,30	258,10	258,60	258,97	259,18
1,456	258,52	258,85	259,06	259,16	258,20	258,58	258,89	259,34	258,07	258,57	258,98	259,21
1,400	258,48	258,80	259,05	259,15	258,18	258,54	258,96	259,33	258,06	258,55	258,98	259,21
1,347	258,45	258,75	259,05	259,14	258,15	258,51	258,96	259,33	258,03	258,52	258,99	259,21
1,294	258,44	258,75	258,99	259,05	258,19	258,56	258,92	259,28	258,05	258,55	258,94	259,14
1,289	Silniční most											
1,283	258,44	258,74	258,97	259,03	258,19	258,56	258,90	259,23	258,05	258,54	258,94	259,12
1,238	258,36	258,62	258,81	258,77	258,05	258,33	258,65	258,93	257,91	258,35	258,73	258,84
1,168	258,20	258,52	258,78	258,51	257,93	258,15	258,60	258,30	257,79	258,14	258,54	258,22
1,125	257,99	258,20	258,40	258,52	257,81	258,09	258,58	258,30	257,70	258,14	258,54	258,22
1,065	258,00	258,17	258,32	258,49	257,76	258,10	258,58	258,25	257,65	258,15	258,40	258,28
1,011	257,96	258,13	258,29	258,46	257,72	258,10	258,15	258,25	257,62	258,02	258,15	258,25
0,963	257,93	258,10	258,27	258,44	257,65	258,05	258,14	258,26	257,56	258,02	258,11	258,25
0,903	257,92	258,08	258,25	258,43	257,54	258,06	258,13	258,26	257,46	258,03	258,11	258,26
0,840	257,90	258,05	258,23	258,41	257,44	258,04	258,11	258,25	257,38	258,02	258,10	258,24
0,756	257,88	258,03	258,21	258,39	257,36	258,04	258,10	258,24	257,30	258,01	258,10	258,23
0,702	257,78	257,99	258,17	258,36	257,30	258,02	258,07	258,21	257,25	257,99	258,07	258,20
0,700	Lávka pro pěší											
0,698	257,77	257,98	258,16	258,36	257,29	258,00	258,05	258,20	257,25	257,98	258,05	258,20
0,614	257,64	257,91	258,10	258,31	257,20	257,75	258,01	258,17	257,16	257,62	258,00	258,16
0,552	257,56	257,87	258,07	258,28	257,09	257,76	258,00	258,16	257,06	257,75	257,99	258,15
0,472	257,47	257,83	258,04	258,26	257,02	257,75	258,00	258,16	257,00	257,74	258,00	258,16
0,415	257,41	257,78	257,99	258,22	256,93	257,70	257,94	258,11	256,91	257,69	257,94	258,10
0,338	257,31	257,75	257,97	258,21	256,91	257,71	257,95	258,11	256,90	257,70	257,95	258,11
0,236	257,17	257,65	257,89	258,13	256,71	257,55	257,87	258,03	256,71	257,41	257,87	258,03
0,182	257,14	257,64	257,88	258,12	256,65	257,51	257,88	258,04	256,65	257,35	257,88	258,04
0,130	257,04	257,56	257,82	258,07	256,58	257,15	257,82	257,99	256,58	257,15	257,82	257,99
0,046	256,92	257,39	257,64	257,89	256,52	257,11	257,68	257,81	256,51	257,11	257,68	257,81
0,035	256,97	257,47	257,72	257,97	256,47	257,03	257,49	257,66	256,47	257,03	257,49	257,66

Z tab. 6.10. je zřejmé, že úprava kynety s přílehlými bermami a úprava podélného sklonu dna toku není dostatečná pro převedení návrhového povodňového průtoku Q₂₀ ani v jedné z uvažovaných variant. Je nutno provést celkovou úpravu toku včetně ohrazování.

Po srovnání jednotlivých variant podélných profilů toku (Tab. 6.10.) se jako vhodnější k realizaci jeví varianta B z důvodu větší kapacity v některých úsecích.

6.4.3. Zhodnocení návrhu kynety a podélného sklonu nivelety dna

Jako nejvhodnější se jeví navrhnout příčný profil kynety ve tvaru složeného lichoběžníku (Obr. 6.8.), který zajistí přibližně dvojnásobné zvýšení průřezových rychlostí (Tab. 6.9.) v kynetě toku. Tato úprava kynety na složený lichoběžníkový průřez si klade za cíl zmenšit usazování splaveninového materiálu v toku. Při vyšších průtocích, počínaje průtokem Q_1 , patrně dojde k odplavování již usazených sedimentů.

Podélný sklon toku se doporučuje zadavateli upravit do dvou sklonů nivelety dna (varianta B). Toto řešení sice znamená určité snížení průřezových rychlostí oproti variantě A, ale i tak dodržení minimálních rychlostí, viz. kapitola 6.4.1 (Tab. 6.8.). Tato úprava podélného sklonu dna zvýší kapacitu toku v kritických místech (mosty). Přesto ani tato úprava nepostačí k bezpečnému převedení návrhového povodňového průtoku Q_{20} .

Ohrazování bude navrženo na návrhový průtok Q_{20} s minimálním převýšením 0,3 m dle [20]. V úvahu bude bráno stávající situování zástavby v obci. Pokud možno bude upřednostněno navržení odsazených hrází, dle požadavků státního podniku Povodí Odry.

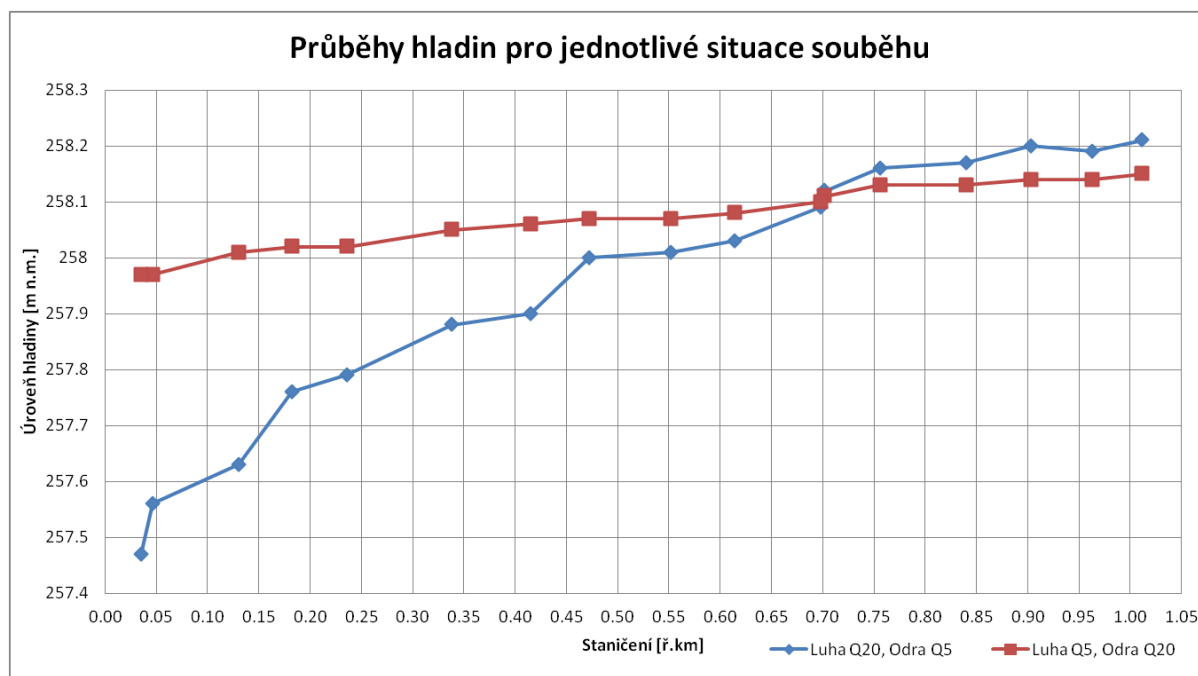
6.4.4. Souběh hladin Luhy a Odry

Před samotným návrhem celkové úpravy byla provedena simulace souběhu povodní na řece Luze a řece Odře. Tato simulace si klade za cíl určit nejvhodnější místo počátku úpravy toku. Vzhledem k tomu, že se spodní část toku (od posledního silničního mostu ř.km 1,289) nachází v CHKO Poodří, je snahou nezasahovat návrhem celkové úpravy v místě, kde není nutné. Jsou uvažovány dvě možné situace souběhu hladin:

1. Luha – průtok $Q_5 = 36,6 \text{ m}^3/\text{s}$, Odra – průtok Q_{20} (zadána úroveň hladiny v Odře pro daný průtok 257,92 m n. m.) [4],
2. Luha – průtok $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$, Odra – Q_5 (zadána úroveň hladiny v Odře pro daný průtok 257,47 m n. m.) [4].

Tab. 6.11. Průběhy hladin pro řešené situace souběhu Luhy s Odrou

Staničení	Luha Q ₂₀ , Odra Q ₅	Luha Q ₅ , Odra Q ₂₀
[ř.km]	[m n.m.]	[m n.m.]
1,011	258,21	258,15
0,963	258,19	258,14
0,903	258,20	258,14
0,840	258,17	258,13
0,756	258,16	258,13
0,702	258,12	258,11
0,700	Lávka pro pěší	
0,698	258,09	258,1
0,614	258,03	258,08
0,552	258,01	258,07
0,472	258,00	258,07
0,415	257,90	258,06
0,338	257,88	258,05
0,236	257,79	258,02
0,182	257,76	258,02
0,130	257,63	258,01
0,046	257,56	257,97
0,035	257,47	257,97



Graf. 6.1. Průběhy hladin pro jednotlivé situace souběhu Luhy s Odrou

Z grafu 6.1. je zřejmé, že se hladiny potkají v ř.km 0,700 v oblasti lávky pro pěší. Vytvořená obalová křivka potom určuje návrhovou úroveň hladiny. Od soutoku k ř.km 0,700

je hladina ovlivněna průtokem Q_{20} v Odře a následně v zmíněném ř.km 0,700 přechází do průběhu hladiny pro průtok Q_{20} v Luze.

V úseku ř.km 0,035 – 0,700 se jeví úprava současného průtočného tvaru jako zbytečná vzhledem k ovlivnění hladiny od řeky Odry. Taktéž je brána v úvahu CHKO Poodří a je snahou o nezasahování do chráněné krajinné oblasti.

6.5. Návrh úpravy toku Luhy

Na základě výše zmíněných úvah se navrhuje zadavateli k realizaci úpravu toku popsanou níže v této práci.

6.5.1. Úprava podélného sklonu dna Luhy

Vzhledem k ovlivnění zpětným vzduším od řeky Odry se jako počáteční bod úpravy jeví ř.km 0,700. Nicméně tento bod není zcela vhodným z hlediska výšky současného dna.

Počátek úpravy je navržen v ř.km 0,552. Tento profil byl navržen s ohledem výškovou úroveň dna v úseku ovlivněném zpětným vzduším od řeky Odry. Od tohoto profilu se navrhuje sklon $i = 0,95 \text{ ‰}$ až do ř.km 2,587, což je v těsné blízkosti nad silniční most v ř.km 2,582. Na tento úsek navazuje sklon dna $i = 3,4 \text{ ‰}$, který pokračuje až do konce úpravy toku a napojuje se do stávající kóty dna 257,12 m n.m. v ř.km 2,868.

Začátek i konec úpravy je vhodné stabilizovat ve dně stabilizačním prahem (Výkresová příloha D.2.) proti narušení změnou rychlosti proudění v příčném profilu. Tato stabilizace je nutná i v ř.km 2,587, kde dochází ke změně sklonu. V tomto profilu tuto funkci však plní opevnění profilu pod mostní konstrukcí, kterému je při úpravě doporučeno dát náležitou pozornost.

V ř.km 0,035 – 0,552 se doporučuje provést úpravu současného dna (prohrábkou) do návrhového sklonu $i = 0,95 \text{ ‰}$ a vyčištění průtočného profilu od významných překážek na toku.

Navrhovaný podélný sklon je zakreslen ve výkresové příloze C.3.

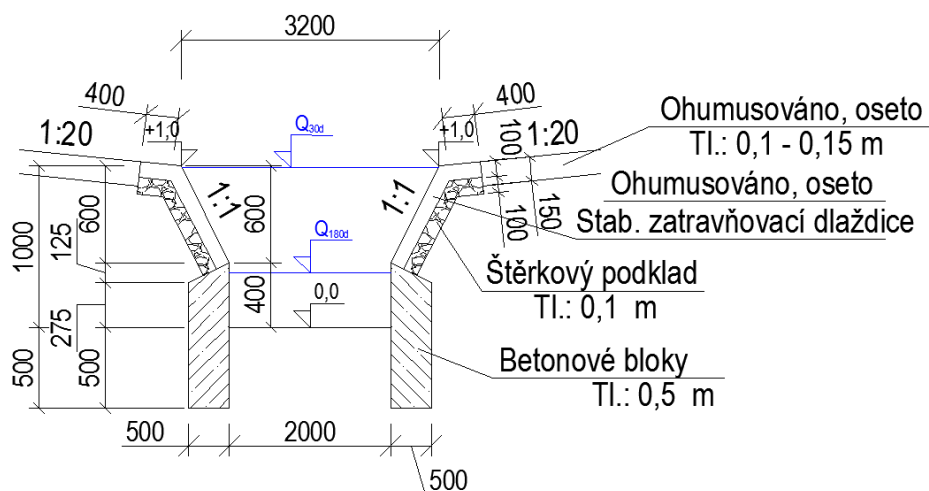
6.5.2. Úprava kynety

V celé délce navržené úpravy ř.km 0,552 – 2,868 je tvar kynety neměnný. Vzhledem k předchozím závěrům (Kapitola 6.4.1) se jedná o složený tvar koryta. Spodní část je obdélník šířky 2 m a výšky 0,4 m, břehy jsou opevněny betonovými bloky. Na obdélník jsou napojené šikmé zatravněné břehy ve sklonu 1:1, které jsou stabilizovány zatravnujícími dlaždicemi.

Tento stabilizační prvek bude vytažen až na bermu, a to 0,4 m, dle rozměru prefabrikátu. Celková výška složené kynety je pak 1 m a šířka v koruně 3,2 m (Obr. 6.31.).

Tento tvar si klade za cíl zlepšení průtočné rychlosti v profilu a tím unášecí schopnosti vodního proudu. Tím by mělo docházet k menšímu zanášení profilu splaveninami. Obdélníková část koryta je téměř zaplněna při Q_{180d} , celá kyneta potom při návrhovém průtoku kynety Q_{30d} .

Detail opevnění kynety 1:50 je zakreslen ve výkresové příloze D.2.



Obr. 6.31. Navržený tvar kynety včetně opevnění

6.5.3. Úprava berem

Na kynetu budou navazovat oboustranné bermy, mírně vysvahované ve sklonu 1:20 směrem ke kynetě. Důvodem svahování je zlepšení odvádění vody z povrchu bermy a zamezení jejich zamokření.

Bermy budou mít proměnlivou šířku 1 – 7 m, vzhledem k místním prostorovým možnostem. V úvahu byla brána strojní obslužnost správcem toku, proto vždy alespoň jedna berma má minimální šířku 3 m k průjezdu mechanizace. V situaci jsou zakresleny možná místa sjezdů na bermu (Výkresová příloha B.2. a B.3.).

V úseku od začátku úpravy ř.km 0,552 až po ř.km 1,168 má levá berma šířku minimálně 3 m a pravostranná berma min. 1m. V následujícím úseku, nad mostem ř.km 1,294, je navrženo postupné rozšíření levé bermy až na 6 m a pak se postupně zmenšuje na 5,5 m až k následujícímu silničnímu mostu v ř.km 1,593. V tomto úseku zůstává pravá berma o stejném rozměru, pouze dojde k jejímu srovnání a vysvahování. Nad tímto úsekem je navrženo rozšíření obou berem na 7 m až po ř.km 1,882, kde postupně končí rozšíření levé bermy. Rozšíření pravé bermy končí v ř.km 1,990. Nad cestním mostem, ř.km 2,036, je opět

rozšíření obou berem na 7 m. Levá berma se zužuje na původní rozměr v ř.km 2,272 a pravá berma v ř.km 2,330. Dále až do konce úpravy, ř.km 2,868, je zachována šířka berem a provedeno pouze vyrovnání a vysvahování berem.

Bermy budou zatravněny a v rozšířených místech osázeny vhodným vegetačním doprovodem (Kapitola 6.5.5.).

Výše uvedené rozměry berem v daných úsecích jsou zakresleny do situace (Výkresová příloha B.2. a B.3.). Vzorové příčné řezy jsou vykresleny ve výkresových přílohách D.1. a D.2..

6.5.4. Ohrázování a ochranné zdi

Dle současných právních předpisů [17] by mělo být ohrázování navrženo na průtok Q_{100} s požadovaným převýšením. Zadání diplomové práce požaduje návrh protipovodňové ochrany na průtok Q_{20} . Tato skutečnost by podle výše uvedených právních předpisů znamenala zajištění bezpečného přelévání ochranných hrází nebo určení místa bezpečného odvedení většího průtoku než Q_{20} . Tento problém bude dále rozebrán v kapitole 6.5.7.

Současný stav ohrázování toku není schopen ani po úpravě podélného sklonu a kynety bezpečně převést návrhový povodňový průtok Q_{20} , což bylo dokázáno v kapitole 6.3.1.

Při návrhu ohrázování se vycházelo z místních podmínek, které jsou v převážné většině řešeného úseku stísněné. Vzhledem k tomu byl navržen minimální rozměr hrázky dle [17] o šířce v koruně 2 m a sklonu svahů 1:2. Hrázky jsou navrženy na návrhový průtok Q_{20} s převýšením 0 – 50 cm dle [20]. Výška hrázky v celém řešeném úseku nepřesahuje 2 m, tím pádem není nutné navrhovat větší šířku koruny hrázky [15].

Oboustranné ohrázování začíná nad silničním mostem v ř.km 1,294 až po další most ř.km 1,593, kde na navržené bermy navazuje hrázka. V úseku nad silničním mostem ř.km 1,593 dochází k oboustrannému odsazení ochranných hrází. Levostranná hráz je rozšířena až k místní komunikaci. Odsazení končí v ř.km 1,882, kde na ni navazuje ochranná zídka, z důvodu těsné blízkosti obytných domů. Zídka končí až cestním mostem ř.km 2,036. V ř.km 1,990 končí odsazení pravostranné hrázky, která je podobně jako na levé straně zavázána do ochranné zídky. Zídky na obou stranách navyšují současnou betonovou opěrnou zeď. V dalším úseku toku, nad zmíněným silničním mostem, umožnily místní podmínky opět odsazení hrází na obou stranách. Odsazení pravé hráže končí v ř.km 2,209 a levé v ř.km 2,272. Od tohoto místa až po ř.km 2,766 jsou současné hrázky navyšeny a vysvahovány do sklonu 1:2. Obě hráže jsou v ř.km 2,766 zavázány do okolního terénu, aby bylo zajištěno svedení povodňových průtoků do navržené úpravy a nedocházelo k jejímu obtékání.

V oblasti odsazených hrází je terén mírně vysvahován k toku, z důvodu lepšího odtékání vody z těchto ploch.

Ochranné hráze jsou zakresleny do situace (Výkresová příloha B.2. a B.3.) a podélného profilu toku (Výkresová příloha C.3.)

6.5.5. Vegetační doprovod toku

Výsadba doprovodné vegetace byla navržena v profilech s rozšířenou bermou nad 3 m šířky. Vegetační doprovod bude v navržené úpravě plnit funkci estetickou, nikoli stabilizační. Složení vegetačního doprovodu by mělo brát ohled na krajinný reliéf.

Návrh vegetačního doprovodu byl hydraulicky posouzen (Tab. 6.12.). Při simulacích byla vegetace v každém uvažovaném profilu simulována 3 m širokým, neprůtočným pásem.

Vhodným místem k výsadbě bude zejména pata berem u svahu 1:2, kde je provedeno odsazené ohrazování (ř.km 2,272 – 2,039 a ř.km 1,925 – 1,648). Výsadbou v tomto místě nebude ohrožena protipovodňová ochrana a bude možná strojní údržba správce toku. Při možném vývratu nedojde k porušení ohrazování. U příčných profilů bez odsazených hrázek (ř.km 1,400 – 1,347), se jeví jako nejvhodnější osázení středu berem solitérní vegetací nevyšší než 3 m. V případě osázení středu berem je vhodné brát ohled na strojní obslužnost správce toku a volit ji tak, aby byla možná i po vzrůstu vegetace (Příloha A.1.). Výsadba stromů v patě hráze není vhodná, při vývratu by ji mohla poškodit.

Jako nejméně vhodné se jeví vysazení vegetace kolem hrany kynety. Zde by mohl vegetační doprovod časem vytvořit bariéru, která by bránila odtékání vody z berem do kynety.

Výsadba by měla být skupinková, nikoli alejová. Při výsadbě by měly být zohledněny prostorové potřeby dané rostliny a následný manipulační prostor (Příloha A.1.).

Dále je vhodné umístit vegetační doprovod mimo průtočný profil, kde je to možné, vzhledem k místním podmínkám a musí být brán ohled na to, aby nebyla ohrožena navržená úprava toku.

Návrh možného umístění vegetačního doprovodu je zakreslen do situace navržené úpravy (Výkresová příloha B.2. a B.3.) a do vzorových příčných řezů (Výkresová příloha D.1. a D.2.)

Tab. 6.12. Srovnání nadmořských výšek hladin při uvažované vegetaci a bez vegetace v průtočném profilu

Staničení	Q ₂₀ - bez vegetace	Q ₂₀ - s vegetací	Staničení	Q ₂₀ - bez vegetace	Q ₂₀ - s vegetací	Staničení	Q ₂₀ - bez vegetace	Q ₂₀ - s vegetací
[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]	[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]	[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]
2,868	260,38	260,39	2,029	259,14	259,15	1,065	258,31	258,31
2,838	260,34	260,35	1,990	259,13	259,14	1,011	258,31	258,31
2,807	260,02	260,03	1,925	259,16	259,17	0,963	258,30	258,30
2,766	259,96	259,98	1,882	259,16	259,17	0,903	258,31	258,31
2,723	259,96	259,97	1,813	259,15	259,16	0,840	258,29	258,29
2,664	259,85	259,87	1,758	259,14	259,15	0,756	258,28	258,28
2,600	259,86	259,88	1,711	259,14	259,15	0,702	258,25	258,25
2,587	259,9	259,89	1,648	259,07	259,07	0,700	Lávka pro pěší	
2,582	Silniční most		1,593	258,92	258,92	0,698	258,23	258,23
2,576	259,86	259,88	1,588	Silniční most		0,614	258,20	258,20
2,563	259,77	259,79	1,581	258,75	258,75	0,552	258,19	258,19
2,512	259,74	259,76	1,517	258,74	258,74	0,472	258,19	258,19
2,451	259,67	259,69	1,456	258,70	258,76	0,415	258,14	258,14
2,395	259,64	259,66	1,400	258,67	258,68	0,338	258,15	258,15
2,330	259,61	259,66	1,347	258,64	258,65	0,236	258,09	258,09
2,272	259,61	259,62	1,294	258,63	258,63	0,182	258,09	258,09
2,209	259,62	259,63	1,289	Silniční most		0,130	258,06	258,06
2,142	259,61	259,62	1,283	258,62	258,62	0,046	257,96	257,96
2,093	259,60	259,61	1,238	258,40	258,40	0,035	257,97	257,97
2,036	259,38	259,38	1,168	258,33	258,33			
2,033	Cestní most		1,125	258,32	258,32			

V tab. 6.12. jsou červeně označeny příčné profily s uvažovanou výsadbou doprovodné vegetace na rozšířených bermách. Z tabulky je zřejmé, že výsadba vegetace v profilech s rozšířenou bermou způsobí jen malé vzduť hladiny (v řádech jednotek centimetrů) v prostoru před vegetační překážkou i v oblasti výsadby vegetačního doprovodu.

V případě neudržování vegetace (tzn., její rozrůstání a rozpínání v příčném profilu) může však toto vzduť být mnohem větší. Z tohoto důvodu by měl být vegetační doprovod soustavně upravován správcem toku. Držen v navržených místech příčného profilu a v daných rozměrech.

Jedním z dalších problémů může být neprořezávání suchých větví, které mohou být při větších průtocích unášeny proudem. Tyto větve potom mohou při usazení (mosty, jiná vegetace, ...) vytvořit nemalou překážku proudění vody v toku. Stejný problém může nastat při větší přívalové srážce, kdy se v toku vyskytuje mnoho plavenin (větve, kmeny, ...). Poté se na uvažované vegetaci mohou usadit plaveniny vyskytující se v toku. V takových

případech může být ovlivnění hladiny zmiňovanou vegetací i větší než v řádech jednotek centimetrů.

6.5.6. Mostní objekty

V řešeném úseku se nachází čtyři mosty a jedna nová lávka pro pěší. Navržená úprava na průtok Q_{20} zajišťuje potřebnou protipovodňovou ochranu při zachování stávajících mostních objektů na toku. Jednotlivé mosty:

1. Silniční most ř.km 1,294
 - Kapacitní dle [17] při $Q_2 = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,85 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,06 m)
2. Silniční most ř.km 1,593
 - Kapacitní dle [17] při $Q_2 = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,78 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,26 m)
3. Cestní most ř.km 2,036
 - Kapacitní dle [17] při $Q_2 = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,94 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,38 m)
4. Silniční most ř.km 2,587
 - Kapacitní dle [17] při $Q_2 = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volná výška: 0,8 m)
 - Schopen převést bez vybřežení $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zahlčení: - 0,48 m)

Lávka pro pěší ř.km 0,700 nezasahuje do nové úpravy toku. Nachází se v rozšířeném inundačním území, a proto zřejmě při vyšších průtocích splňuje náležitosti normy [17]. Ponechává se beze změny.

Srovnání průtočnosti v oblasti mostů současného stavu a navržené úpravy

Tab. 6.13. Srovnání volné výšky hladiny v oblasti mostů současného stavu a navržené úpravy

Mostní profil	Průtok	Volná výška (+) / Zahlčení (-) v oblasti mostního profilu	
		Současný stav [m]	Navržená úprava [m]
ř,km 1,294	Q ₁	0,53	1,38
	Q ₂	0,2	0,85
	Q ₅	-0,12	0,39
	Q ₁₀	-0,37	0,20
	Q ₂₀	-0,46	-0,06
ř,km 1,593	Q ₁	0,51	1,29
	Q ₂	0,14	0,78
	Q ₅	-0,27	0,29
	Q ₁₀	-0,45	0,04
	Q ₂₀	-0,59	-0,26
ř,km 2,036	Q ₁	0,73	1,42
	Q ₂	0,31	0,94
	Q ₅	-0,14	0,40
	Q ₁₀	-0,33	0,13
	Q ₂₀	-0,49	-0,38
ř,km 2,587	Q ₁	0,79	1,24
	Q ₂	0,34	0,80
	Q ₅	-0,18	0,27
	Q ₁₀	-0,45	-0,04
	Q ₂₀	-0,64	-0,48

Z tabulky 6.13. je vidět, že navrženou úpravou bylo docíleno zlepšení kapacity v oblasti mostních konstrukcí. Ani jeden most však nesplňuje požadované podmínky stanovené normou ČSN 73 6201 na 0,5 m volné výšky nad návrhovou hladinu. Vzhledem k tomu se doporučuje vlastníkům provést jejich rekonstrukci.

6.5.7. Další opatření související s danou úpravou toku

Řízený rozliv

Jak už bylo zmíněno v kapitole 6.5.4. pokud je návrhový průtok nižší než Q_{100} je třeba zabezpečit hráze proti porušení při přelévání hrází vyšším průtokem než návrhovým. Hráze pak musí být pro tento účel náležitě opevněny, popř. je možno navrhnout místo bezpečného odlehčení [15].

V této práci bude proveden přibližný výpočet délky přepadové hrany pro bezpečné přelití průtoku Q_{100} . Dále bude teoreticky stanoveno možné umístění tohoto přelivu v navržené úpravě toku.

Pro samotný výpočet bočního přepadu bude použit vzorec pro dokonalý přepad přes širokou korunu bez bočního zúžení (6.1.). Použitím tohoto vzorce nastává určité zjednodušení výpočtu. Neuvažuje se postupné snižování hladiny po směru proudění, které na bočním přelivu nastává a jako průřez přelivu je uvažován obdélník.

Tento výpočet je však pouze informativní a má vytvořit určitou představu o nutném rozměru místa řízeného rozlivu. V této délce je třeba provést opevnění hrázky. V tomto případě není potřeba opevnění po celé délce dle [15].

Jako vhodné místo pro umístění řízeného přelévání se jeví místo mezi ř.km 2,600 – 2,700. Do tohoto místa je možné navýšení ochranných hrází na průtok Q_{100} . V případě levostranného přelévání by voda byla odváděna po místní komunikaci. Místo je schematicky zakresleno do situace (Výkresová příloha B.2. a B.3.)

Řešená úprava toku je navržena na $Q_{20} = 58,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Průtok $Q_{100} = 86,6 \text{ m}^3/\text{s}$ a přepadové množství, které je potřeba řízeně odvézt je tedy $Q_p = 28,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (rozdíl Q_{100} a Q_{20}). Úroveň hladiny v ř.km 2,664 pro Q_{20} je 259,87 m n.m. Z dodané měrné křivky (Tab. 3.4) zjistíme rozdíl hladin mezi Q_{20} a Q_{100} , který použijeme jako přepadovou výšku $h = 0,5 \text{ m}$.

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0^2}^{\frac{3}{2}} \quad (6.1.)$$

kde Q – přepadové množství, m – součinitel přepadu, h_0 – přepadová výška, b – šířka přepadové hrany

Po jednoduché úpravě vzorce (6.1.) a dosazení známých hodnot dostaneme přepadovou šířku, vzorec (6.2.). Za součinitel přepadu volíme: $m = 0,35$ (práh se zaoblenou vtokovou hranou [1]).

$$b = \frac{Q}{m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0^2}^{\frac{3}{2}}} \quad (6.2.)$$

Šířka přelivu tímto zjednodušeným výpočtem vyjde na necelých 52 m. Tento přibližný odhad tedy znamená, že ekonomičtější je navrhnout přepadové místo než opevňovat veškeré hráze proti přelití.

Pro přesný návrh by měla být zpracována samostatná detailní studie umístění a rozměrů daného přelivu, toto však není součástí této práce.

Vnitřní vody (Zahrázové vody)

Do navržené úpravy ústí 41 kusů potrubí. Potrubí musí být v budoucnu opatřeno zpětnými klapkami proti vnikání vody při vyšších průtocích v korytě, a tím zabránit zatopení prostoru za hrázemi vodou z toku.

Za navrženými hrázemi, při uzavřených zpětných klapkách a souběžně probíhajících srážkách, budou přitékat a hromadit se vody spadlé na přilehlé povodí. Množství těchto vod je třeba stanovit výpočtem.

Tento problém je však rozsáhlý a měla by na něj být vypracovaná samostatná studie. Studie by se měla vzít úvahu charakter povodí, intenzitu a periodicitu srážky a další podmínky v daném povodí. Na základě takovéto studie bude možné navrhnout způsob nakládání s vnitřními vodami tak, aby byly bezpečně převedeny zpět do průtočného profilu.

Tento problém však nebyl vzhledem k rozsáhlosti úlohy v rámci této práce řešen a doporučuje se zadavateli ke zpracování. V práci je proveden pouze koncepční návrh optimálního prostoru pro akumulaci vnitřních vod (Výkresová příloha B.2. a B.3.). Z těchto prostorů lze například v průběhu povodně vody čerpat zpět do toku.

6.6. Hydraulické posouzení uceleného návrhu úpravy

6.6.1. Posouzení rychlostí v kynetě

Navrženou úpravou kynety bylo docíleno zvýšení průřezových rychlostí proudění vody (Tab 6.13.). Toto zvýšení bylo docíleno úpravou kynety na navržený tvar složeného profilu (Kapitola 6.4.1). Je zřejmé, že bylo v některých úsecích docíleno až dvojnásobného zvýšení rychlosti proti původnímu stavu. Zvýšení rychlosti by mělo snížit usazování splavenin v kynetě toku.

Návrh kynety je uvažován i včetně použitých materiálů. Při volbě jiného složení materiálního provedení kynety doporučuji zhotoviteli provést nové hydraulické posouzení. Jiné provedení ovlivní celkovou drsnost, změní se odpor proudící vodě a může tak nastat snížení rychlosti s opětovným zanášením toku.

Tab. 6.13. Porovnání průřezových rychlostí proudění vody v Luze pro současný stav a navržený stav včetně uvažované vegetace

Staničení	Současný stav			Navržená úprava		
	v (Q _{180d})	v (Q _{30d})	v (Q ₁)	v (Q _{180d})	v (Q _{30d})	v (Q ₁)
[ř.km]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
2,868	0,13	0,46	1,20	0,88	1,50	2,83
2,838	0,31	0,68	1,16	0,89	1,51	2,78
2,807	0,71	1,05	1,17	0,88	1,49	2,64
2,766	0,38	0,58	0,92	0,90	1,47	2,55
2,723	0,27	0,49	0,85	0,85	1,39	2,30
2,664	0,33	0,53	0,87	0,96	1,21	2,23
2,600	0,20	0,42	0,76	0,61	0,96	1,72
2,587	0,35	0,49	0,66	0,56	0,92	1,29
2,582	Silniční most					
2,576	0,48	0,52	0,67	0,58	0,94	1,32
2,563	0,43	0,57	0,79	0,58	0,94	1,70
2,512	0,28	0,43	0,77	0,58	0,94	1,66
2,451	0,20	0,37	0,72	0,58	0,94	1,77
2,395	0,18	0,34	0,68	0,58	0,94	1,72
2,330	0,22	0,37	0,70	0,59	0,94	1,63
2,272	0,14	0,31	0,65	0,58	0,93	1,67
2,209	0,15	0,33	0,69	0,58	0,93	1,48
2,142	0,17	0,37	0,74	0,58	0,93	1,45
2,093	0,18	0,37	0,72	0,57	0,93	1,43
2,036	0,25	0,39	0,76	0,57	0,93	1,60
2,033	Cestní most					
2,029	0,26	0,39	0,76	0,58	0,94	1,61
1,990	0,26	0,38	0,70	0,58	0,93	1,55
1,925	0,18	0,37	0,75	0,58	0,93	1,63
1,882	0,14	0,33	0,69	0,57	0,93	1,53
1,813	0,15	0,34	0,69	0,59	0,94	1,38
1,758	0,19	0,38	0,74	0,57	0,92	1,34
1,711	0,27	0,43	0,75	0,57	0,93	1,32
1,648	0,52	0,53	0,82	0,57	0,92	1,38
1,593	0,15	0,26	0,63	0,56	0,92	1,36
1,588	Silniční most					
1,581	0,15	0,26	0,63	0,58	0,94	1,37
1,517	0,15	0,31	0,71	0,59	0,94	1,36
1,456	0,15	0,32	0,71	0,58	0,93	1,34
1,400	0,21	0,35	0,72	0,57	0,92	1,48
1,347	0,27	0,38	0,74	0,56	0,91	1,48
1,294	0,27	0,43	0,47	0,56	0,92	1,04
1,289	Silniční most					
1,283	0,27	0,43	0,47	0,58	0,93	1,04

Staničení	Současný stav			Navržená úprava		
	v (Q _{180d})	v (Q _{30d})	v (Q ₁)	v (Q _{180d})	v (Q _{30d})	v (Q ₁)
[ř.km]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
1,238	0,37	0,57	0,94	0,58	0,93	1,58
1,168	0,51	0,81	1,16	0,56	0,91	1,53
1,125	1,23	1,61	1,33	0,55	0,91	1,51
1,065	0,30	0,62	0,91	0,55	0,91	1,56
1,011	0,69	0,83	1,03	0,54	0,91	1,49
0,963	0,40	0,72	1,03	0,52	0,90	1,61
0,903	0,58	0,80	1,15	0,49	0,88	1,59
0,840	0,42	0,80	1,22	0,45	0,87	1,57
0,756	0,32	0,63	1,12	0,40	0,84	1,49
0,702	0,53	0,75	1,14	0,37	0,83	1,49
0,700	Lávka pro pěší					
0,698	0,56	0,76	1,14	0,37	0,83	1,50
0,614	0,53	0,84	1,18	0,33	0,79	1,36
0,552	0,30	0,64	1,14	0,30	0,76	1,44
0,472	0,39	0,74	1,11	0,49	0,98	1,46
0,415	0,66	0,96	1,22	0,96	1,52	1,55
0,338	0,43	0,69	1,07	0,65	0,95	1,29
0,236	0,35	0,72	1,18	0,42	0,92	1,35
0,182	0,33	0,74	1,07	0,39	0,92	1,29
0,130	0,28	0,69	1,19	0,32	0,83	1,25
0,046	1,08	1,79	1,28	1,09	1,80	1,25
0,035	1,02	1,62	0,52	0,54	0,98	1,06

6.6.2. Průběh hladin v navržené úpravě toku Luhy

Při novém návrhu byla zajištěna protipovodňová ochrana Jeseníku nad Odrou na Q₂₀. Jakým způsobem ovlivnila navržená úprava průběhy hladin nejen povodňového průtoku je zřejmé z tab. 6.14.. Pro větší názornost byly hladiny současného a navrženého stavu pro průtoky Q₂₀ a Q_{180d} vykresleny do podélného profilu toku (Výkresová příloha C.4.).

Zásadní vliv zřejmě mělo místo za silničním mostem ř.km 1,289, kde se navrženou úpravou podařilo snížit hladinu malých i velkých průtoků v toku. Toto místo je v současnosti velmi kritické a zdá se být zásadním problémem stávajícího stavu.

Tab. 6.14. Porovnání nadmořských výšek hladin v Luze pro současný stav a navržený stav včetně uvažované vegetace

Staničení	Současný stav				Navržená úprava			
	Q _{180d}	Q _{30d}	Q ₅	Q ₂₀	Q _{180d}	Q _{30d}	Q ₅	Q ₂₀
[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]
2,868	257,75	258,01	259,92	260,39	257,34	257,80	259,70	260,39
2,838	257,74	257,96	259,88	260,35	257,24	257,69	259,46	260,35
2,807	257,61	257,80	259,80	260,21	257,13	257,59	259,35	260,03
2,766	257,40	257,69	259,78	260,23	256,99	257,46	259,30	259,98
2,723	257,33	257,64	259,75	260,17	256,85	257,34	259,27	259,97
2,664	257,25	257,58	259,70	260,16	256,62	257,22	259,16	259,87
2,600	257,21	257,53	259,67	260,12	256,51	257,16	259,16	259,88
2,587	257,19	257,51	259,67	260,09	256,50	257,15	259,20	259,89
2,582	Silniční most							
2,576	257,15	257,49	259,64	259,97	256,48	257,12	259,17	259,88
2,563	257,12	257,47	259,61	259,93	256,47	257,11	259,09	259,79
2,512	257,06	257,42	259,58	259,94	256,42	257,06	259,06	259,76
2,451	257,02	257,39	259,54	259,91	256,36	257,01	258,98	259,69
2,395	257,00	257,37	259,52	259,84	256,31	256,95	258,95	259,66
2,330	256,97	257,35	259,48	259,81	256,25	256,89	258,92	259,66
2,272	256,95	257,33	259,45	259,81	256,19	256,84	258,87	259,62
2,209	256,94	257,31	259,41	259,76	256,14	256,78	258,84	259,63
2,142	256,93	257,28	259,37	259,74	256,07	256,72	258,80	259,62
2,093	256,91	257,26	259,34	259,73	256,03	256,67	258,75	259,61
2,036	256,88	257,23	259,28	259,56	255,98	256,62	258,66	259,38
2,033	Cestní most							
2,029	256,88	257,23	259,25	259,50	255,96	256,61	258,65	259,15
1,990	256,84	257,21	259,23	259,48	255,93	256,57	258,63	259,14
1,925	256,80	257,18	259,18	259,50	255,87	256,51	258,56	259,17
1,882	256,80	257,17	259,19	259,49	255,83	256,47	258,56	259,17
1,813	256,78	257,14	259,15	259,47	255,76	256,41	258,52	259,16
1,758	256,77	257,12	259,09	259,46	255,71	256,36	258,49	259,15
1,711	256,74	257,09	259,08	259,45	255,67	256,31	258,49	259,15
1,648	256,60	257,03	259,02	259,34	255,61	256,26	258,43	259,07
1,593	256,57	257,02	258,98	259,24	255,56	256,21	258,37	258,92
1,588	Silniční most							
1,581	256,57	257,02	258,95	259,15	255,54	256,19	258,35	258,75
1,517	256,56	257,00	258,90	259,15	255,48	256,13	258,34	258,74
1,456	256,55	256,99	258,85	259,16	255,42	256,07	258,31	258,76
1,400	256,53	256,97	258,80	259,15	255,37	256,02	258,24	258,68
1,347	256,50	256,95	258,75	259,14	255,32	255,97	258,20	258,65
1,294	256,47	256,92	258,75	259,05	255,28	255,93	258,23	258,63
1,289	Silniční most							
1,283	256,46	256,92	258,74	259,03	255,26	255,91	258,22	258,62

Staničení	Současný stav				Navržená úprava			
	Q _{180d}	Q _{30d}	Q ₅	Q ₂₀	Q _{180d}	Q _{30d}	Q ₅	Q ₂₀
[ř.km]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]
1,238	256,43	256,88	258,62	258,77	255,22	255,87	258,10	258,40
1,168	256,33	256,73	258,52	258,51	255,15	255,80	258,05	258,33
1,125	255,99	256,37	258,20	258,52	255,12	255,77	258,01	258,32
1,065	255,70	256,31	258,17	258,49	255,07	255,71	258,01	258,31
1,011	255,62	256,22	258,13	258,46	255,03	255,67	258,01	258,31
0,963	255,54	256,15	258,10	258,44	254,99	255,63	258,00	258,30
0,903	255,43	256,06	258,08	258,43	254,96	255,58	258,00	258,31
0,840	255,33	255,96	258,05	258,41	254,93	255,53	257,98	258,29
0,756	255,27	255,87	258,03	258,39	254,90	255,47	257,98	258,28
0,702	255,20	255,80	257,99	258,36	254,88	255,44	257,84	258,25
0,700	Lávka pro pěší							
0,698	255,19	255,80	257,98	258,36	254,88	255,44	257,77	258,23
0,614	254,99	255,65	257,91	258,31	254,86	255,39	257,72	258,20
0,552	254,95	255,59	257,87	258,28	254,85	255,36	257,72	258,19
0,472	254,90	255,49	257,83	258,26	254,82	255,28	257,71	258,19
0,415	254,80	255,37	257,78	258,22	254,71	255,11	257,67	258,15
0,338	254,64	255,25	257,75	258,21	254,54	255,04	257,67	258,15
0,236	254,56	255,13	257,65	258,13	254,48	254,95	257,55	258,09
0,182	254,53	255,06	257,64	258,12	254,46	254,91	257,55	258,09
0,130	254,50	255,00	257,56	258,07	254,45	254,87	257,52	258,06
0,046	254,35	254,60	257,50	258,00	254,35	254,59	257,47	257,97
0,035	253,95	254,18	257,47	257,97	254,05	254,44	257,47	257,97

7. Závěr:

Cílem diplomové práce bylo navrhnout taková opatření a úpravu parametrů koryta Luhy v ř.km 0,000 – 2,850, která budou mít za následek snížení usazování splaveninového materiálu a převedení nízkých průtoků výhradně do kynety s kapacitou do Q_{30d} . Návrhovým průtokem pro řešení protipovodňové ochrany je Q_{20} .

Současný stav toku byl hydraulicky posouzen za použití programu HEC – RAS. Simulace byly provedeny pro N-leté a m-denní průtoky. Z výsledných průběhů nadmořských výšek hladin pro jednotlivé průtoky bylo zjištěno, že dosavadní úprava není schopna převést návrhový průtok Q_{20} . V některých úsecích toku dokonce ani průtok Q_5 .

Počátek úpravy je navržen v ř.km 0,552. Tento profil byl navržen s ohledem výškovou úroveň dna v úseku ovlivněném zpětným vzduťím od řeky Odry. Od tohoto profilu se navrhuje sklon $i = 0,95 \text{ ‰}$ až do ř.km 2,587, což je bezprostředně nad silničním mostem v ř.km 2,582. Na tento úsek navazuje sklon dna $i = 3,4 \text{ ‰}$, který pokračuje až do konce úpravy toku a napojuje se do stávající kóty dna 257,12 m n.m. V ř.km 0,035 – 0,552 se doporučuje provést úpravu současného dna prohrábkou do návrhového sklonu $i = 0,95 \text{ ‰}$ a vyčištění průtočného profilu od významných překážek na toku.

V celé délce navržené úpravy je tvar kynety neměnný. Návrhovým průtokem kynety je Q_{30d} . Byl navržen složený tvar kynety, u které byly nejlépe splněny hodnotící kritéria (nevymílací rychlosti a tečné napětí) vzhledem k usazování splavenin v příčném profilu (Kapitola 6.4.1). Spodní část je obdélník šířky 2 m a výšky 0,4 m, břehy jsou opevněny betonovými bloky. Na obdélník jsou napojené šikmé zatravněné břehy ve sklonu 1:1, které jsou stabilizovány zatravnujícími dlaždicemi. Tento stabilizační prvek bude vytažen až na bermu. Celková výška složené kynety je pak 1 m a šířka v koruně 3,2 m.

Na kynetu budou navazovat oboustranné bermy mírně vysvahované ve sklonu 1:20 směrem ke kynetě. Důvodem svahování je zlepšení odvádění vody z povrchu bermy a zamezení jejich zamokření. Bermy budou mít proměnlivou šířku 1 – 7 m vzhledem k místním prostorovým možnostem. V úvahu byla brána strojní obslužnost správcem toku, proto vždy alespoň jedna berma má minimální šířku 3 m k průjezdu mechanizace.

Při návrhu ohrazování se vycházelo z místních podmínek, které jsou v převážné většině řešeného úseku stísněné. Vzhledem k tomu byl navržen minimální rozměr hrázky dle [17] o šířce v koruně 2 m a sklonu svahů 1:2. Hrázky jsou navrženy na zadaný návrhový průtok Q_{20} s převýšením 0 – 50 cm dle [20]. Dle současných právních předpisů [17] by mělo

být ohrazování navrženo na průtok Q_{100} s požadovaným převýšením. Tento problém je rozebrán v kapitole 6.5.7.

V profilech s rozšířenou bermou více než 3 m byla navržena výsadba doprovodné vegetace. Vegetační doprovod bude v navržené úpravě plnit funkci estetickou, nikoli stabilizační. Návrh vegetačního doprovodu byl hydraulicky posouzen (Tab. 6.12.). Vegetace neovlivní zásadním způsobem průtokové poměry v toku. Způsobí vzduť hladiny v řádech jednotek centimetrů. Vegetační doprovod by měl být soustavně upravován správcem toku. Držen v navržených místech příčného profilu a v daných rozměrech.

Vhodným místem k výsadbě bude zejména pata berem u svahu 1:2, kde je provedeno odsazené ohrazování. Výsadba pak bude provedena střídavě vždy na jedné bermě. Jako nejméně vhodné se jeví vysazení vegetace kolem hrany kynety. Zde by mohl vegetační doprovod časem vytvořit bariéru, která by bránila odtékání vody z berem do kynety.

Navržená úprava splňuje zadané cíle. Navržený tvar kynety na průtok Q_{30d} zvýšil průřezovou rychlost v profilu. Předpokladem zvýšení průřezové rychlosti je snížení usazování splavenin v toku. Při vyšších průtocích se předpokládá samovolné čištění kynety od usazenin, je však uvažováno i strojní čištění správce toku. Celková úprava toku plní protipovodňovou ochranu na průtok Q_{20} . Součástí návrhu je umístění osázení doprovodnou vegetací.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] RAPLÍK, Milan; VÝBORA, Pavel; MAREŠ, Karel. *Úprava tokov.* Bratislava : Alfa, 1989. 639 s.
- [2] JANDORA, Jan; UHMANOVA, Hana. *Proudění v systémech říčních koryt : Modul 01.* Brno : [s.n.], 2006. 119 s
- [3] CHOW, Ven Te. *Open-channel hydraulics.* New York : McGraw- Hill Book Co., 1959. 680 s.
- [4] Podklady poskytnuté podnikem Povodí Odry s.p. (Situace, podélný profil, příčné profily, údolnicové profily, hydrologické data, splaveninový průzkum, Zásady pro návrh břehových a doprovodných porostů podél úpravy koryta vodního toku).
- [5] *HEC - RAS River Analysis System : Hydraulic Reference Manual.* Version 4.1. Davis, CA 95616 : Institute For Water Resources, 2010. 417 s. Dostupné z WWW: <www.hec.usace.army.mil>.
- [6] *HEC - RAS River Analysis System : Hydraulic Users Manual.* Version 4.1. Davis, CA 95616 : Institute For Water Resources, 2010. 790 s. Dostupné z WWW: <www.hec.usace.army.mil>.
- [7] BARNES, H.H.,Jr. *USGS : SURFACE-WATER FIELD TECHNIQUES* [online]. 2008 [cit. 2011-03-17]. [Wwwcamnl.wr.usgs.gov](http://www.camnl.wr.usgs.gov). Dostupné z WWW: <<http://www.camnl.wr.usgs.gov/sws/fieldmethods/Indirects/nvalues/index.htm>>.
- [8] ŠLEZINGR, Miloslav a Luboš ÚŘEDNÍČEK. *Vegetační doprovod vodních toků a a nádrží.* Vysoké učení technické v Brně, Listopad 2002. Druhé vydání. Skripta. VUT v Brně.
- [9] ČSN EN ISO 14688-1. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemín: Část 1: Pojmenování a popis, třídí zeminy do jednotlivých 14 kategorií podle velikosti zrn.*
- [10] BOGÁRDI, J. *Sediment transport in alluvial streams,* Budapest: Akademiai Kiadó, 1974. 826 s.
- [11] BOOR, B., KUNŠTÁTSKÝ, J., PATOČKA, C. *Hydraulika provodohospodářské stavby.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1968. 516 s.
- [12] ESRI. *Esri: Understanding our world* [online]. [cit. 2012-10-04]. Dostupné z: <http://www.esri.com/>
- [13] *US Army Corps of Engineers* [online]. [cit. 2011-05-23]. The Hydrologic Engineering Center. Dostupné z WWW: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.
- [14] GARCÍA, M. H. *Sedimentation engineering : processes, measurements,*

modeling, and practice. Reston, Va. : American Society of Civil Engineers, 2008. 1132 s. ISBN 978-078-4408-148.

[15] TNV 75 2103. *Úpravy řek*. Praha: Hydroprojekt, prosinec 1998.

[16] ČSN 75 2130. *Křížení a souběhy vodních toků s dráhami, pozemními komunikacemi a vedeními*. Český normalizační institut, březen 2000.

[17] ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Český normalizační institut, říjen 2008.

[18] ČSN 01 3469. *Výkresy hydrotechnických a hydroenergetických staveb: Stavební část*. Český normalizační institut, 1989.

[19] ČSN 75 2101. *Ekologizace úprav vodních toků*. Brno: Aquatis, a. s., září 1993.

[20] ČSN 75 2106. *Hrazení bystřin a strží*. Český normalizační institut, květen 1998.

[21] Místní šetření Jeseník nad Odrou, řeka Luha. Dne 28.9.2012.

[22] TKÁČ, Matěj. *Rešeršní hodnocení aplikace koeficientů drsnosti při proudění v tocích*. Brno, 2011. 58 s. , 11 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodních staveb. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

[23] ROHÁČOVÁ, Denisa. *Stanovení počátku pohybu splavenin: bakalářská práce*. Brno, 2011. 53 str. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodních staveb. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

Seznam symbolů a značek:

C	$[m^{0.5} \cdot s^{-1}]$	rychlostní součinitel
C_T	[-]	tvarový součinitel zrn
d_e	[m]	efektivní zrno
d_{si}	[m]	aritmetický průměr velikosti zrn i-té frakce
$d_{50\%}$	[m]	50% průměrná velikost zrna ve splaveninové směsi je menší než zrno d_{50}
$d_{90\%}$	[m]	90% průměrná velikost zrna ve splaveninové směsi je menší než zrno d_{90}
F_L	[N]	vztlaková síla
g	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení
i	[%]	podélný sklon
n	[-]	součinitel drsnosti
p_i	[%]	procentuální podíl dané frakce
Q	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	průtok
R	[m]	hydraulický poloměr
v_v	$[m \cdot s^{-1}]$	nevymílací průřezová rychlost
v_{dv}	$[m \cdot s^{-1}]$	nevymílací dnová rychlost
v_{vs}	$[m \cdot s^{-1}]$	nevymílací svislicová rychlost
ρ	$[kg \cdot m^{-3}]$	měrná hmotnost
ρ_s	$[kg \cdot m^{-3}]$	měrná hmotnost splavenin
τ	[Pa]	tečné napětí
τ_k	[Pa]	kritické tečné napětí

Seznam obrázků

Obr. 3.1. Zájmové území.....	10
Obr. 4.1. Schéma rozdělení složeného profilu na kynetu a bermy.....	15
Obr. 4.2. Schéma přiřazování drsnosti omočenému obvodu.....	15
Obr. 4.3. Rozmístění břehové vegetace [8].....	17
Obr. 6.1. Konec úpravy, ř.km 2,850 [21].....	18
Obr. 6.2. Ochranné hráze [21].....	19
Obr. 6.3. Zamokření berem [21].....	19
Obr. 6.4. Obnažené opevnění kynety [21].....	20
Obr. 6.5. Silniční most v ř.km 2,587 (P44) [21].....	20
Obr. 6.6. Ohrazování je v těsné blízkosti obytných domů [21].....	21
Obr. 6.7. Potrubí zaústěna do koryta Luhy [21].....	22
Obr. 6.8. Ocelový cestní most ř.km 2,036 (P34) [21].....	22
Obr. 6.9. Obdélníkový tvar koryta za cestním mostem v ř.km 2,036 [21].....	23
Obr. 6.10. Betonový silniční most v ř.km 1,593 (P26) [21].....	24
Obr. 6.11. Poškozené opevnění pod mostem ř.km 1,593 [21].....	24
Obr. 6.12. Zanesené koryto pod mostem [21].....	25
Obr. 6.13. Betonový silniční most v ř.km 1,294 (P21) [21].....	25
Obr. 6.14. Potrubní vedení, ř.km 1,065 [21].....	26
Obr. 6.15. Lávka pro pěší, ř.km 0,702 [21].....	26
Obr. 6.16. Zaústění rybníka, ř.km 0,510 [21].....	27
Obr. 6.17. Soutok Luhy s Odrou, ř.km 0,000 [21].....	28
Obr. 6.18. CHKO Poodří.....	28
Obr. 6.19. Situace řešeného území v ArcGIS.....	29
Obr. 6.20. Vytvořený geometrický model, prostředí HEC - RAS.....	30
Obr. 6.21. Dolní okrajová podmínka.....	31
Obr. 6.22. Rozložení rychlosti v profilu Luhy při průtoku Q_{30d} v HEC - RAS.....	34
Obr. 6.23. Podélný profil dna Luhy a průběh hladiny při Q_{30d} v HEC - RAS.....	34
Obr. 6.24. Varianta 1.A. betonový obdélníkový průřez, $b = 3$ m.....	37
Obr. 6.25. Varianta 1.B. betonový obdélníkový průřez, $b = 2$ m.....	38
Obr. 6.26. Varianta 2.A. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 3$ m.....	40
Obr. 6.27. Varianta 2.B. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 2$ m.....	41
Obr. 6.28. Varianta 3.A. lichoběžníkový průřez – zatravnující dlaždice, $b = 3$ m.....	42

Obr. 6.29. Varianta 3.B. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 2$ m.....	43
Obr. 6.30. Složený průřez.....	44
Obr. 6.31. Navržený tvar kynety včetně opevnění	53
Obr. A.1. Doporučené tvary výsadby stromů.....	74

Seznam tabulek

Tab. 3.1. Hodnoty N-letých průtoků v Luze v profilu silničního mostu v ř.km 1,586 v $[m^3/s]$ [4].	11
Tab. 3.2. Hodnoty m-denních průtoků v Luze v profilu silničního mostu v ř.km 1,586 v $[m^3/s]$ [4].	11
Tab. 3.3. Zrnitostní složení materiálu dna Luhy v profilu Jeseník n/O:.....	11
Tab. 3.4. Psaná konzumpční křivka v profilu P1, v řkm 0,035.....	12
Tab. 4.1. Použité vztahy pro výpočet nevymílací průřezové rychlosti [1].....	14
Tab. 6.1. Průběhy hladin N-letých průtoků v toku.....	32
Tab. 6.2. Varianta 1.A. betonový obdélníkový průřez, $b = 3$ m.....	37
Tab. 6.3. Varianta 1.B. betonový obdélníkový průřez, $b = 2$ m.....	38
Tab. 6.4. Varianta 2.A. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 3$ m.....	40
Tab. 6.5. Varianta 2.B. lichoběžníkový průřez - kámen, $b = 2$ m.....	41
Tab. 6.6. Varianta 3.A. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 3$ m.....	42
Tab. 6.7. Varianta 3.B. lichoběžníkový průřez – zatravnňující dlaždice, $b = 2$ m.....	43
Tab. 6.8. Složený průřez.....	45
Tab. 6.9. Porovnání průřezových rychlostí v kynetě za průtoků Q_{30d} pro skutečný stav a dvě navržené varianty.	47
Tab. 6.10. Průběhy hladin N-letých průtoků v toku při skutečném stavu a jednotlivých variantách uvažovaného podélného sklonu dna	48
Tab. 6.11. Průběhy hladin pro řešené situace souběhu Luhy s Odrou	51
Tab. 6.12. Srovnání nadmořských výšek hladin při uvažované vegetaci a bez vegetace v průtočném profilu.....	56
Tab. 6.13. Srovnání volné výšky hladiny v oblasti mostů současného stavu a navržené úpravy.....	58
Tab. 6.13. Porovnání průřezových rychlostí proudění vody v Luze pro současný stav a navržený stav včetně uvažované vegetace	61

Tab. 6.14. Porovnání nadmořských výšek hladin v Luze pro současný stav a navržený stav včetně uvažované vegetace	63
Tab. A.1. Tabulka početního zastoupení porostů v navržených útvarech.....	74
Tab. A.2. Nevymílací rychlosti pro přirozené koryto [11].....	75
Tab. A.3. Velikost zrn frakcí [9]	76

Seznam grafů

Graf. 6.1. Průběhy hladin pro jednotlivé situace souběhu Luhy s Odrou	51
---	----

Seznam příloh

Příloha A.1. Zásady pro návrh břehových a doprovodných porostů [4]	73
Příloha A.2. Nevymílací rychlosti pro přirozené koryto [11]	75
Příloha A.3. Velikost zrn frakcí [9].....	76

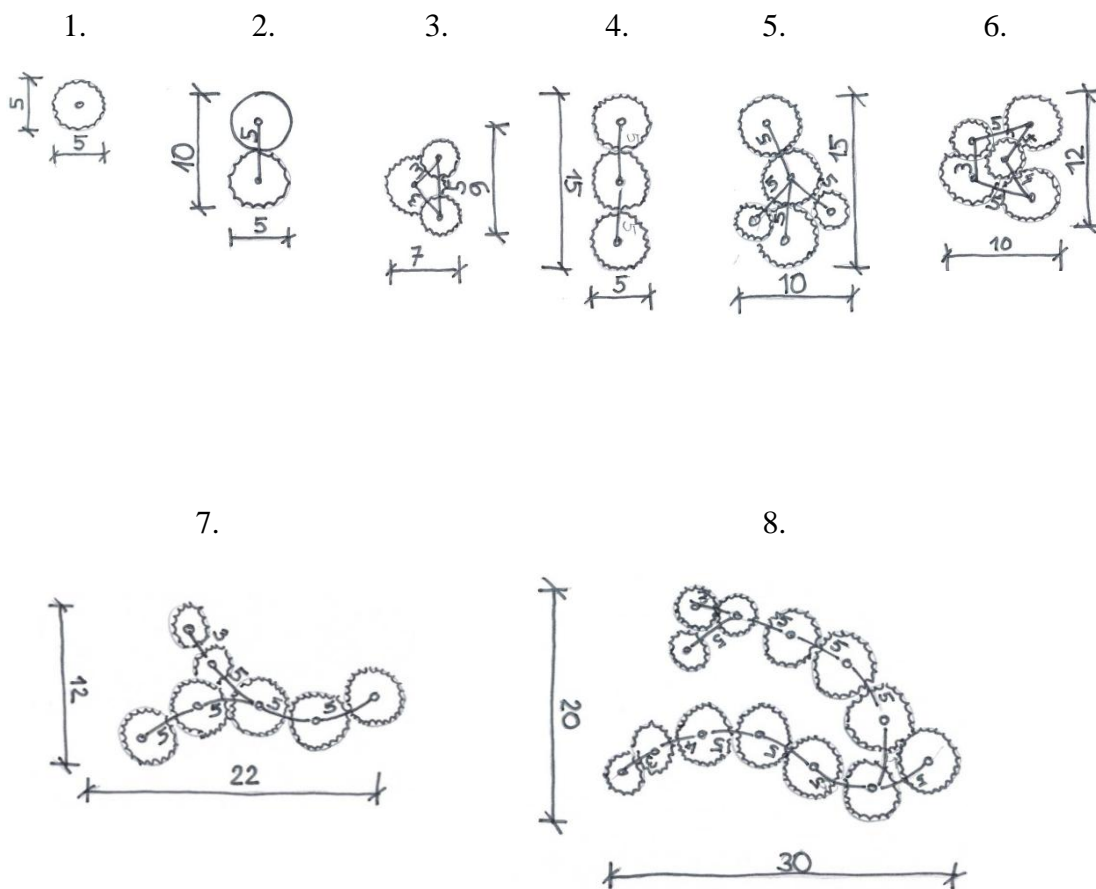
Seznam výkresových příloh

B.1. Přehledná situace řešeného území, M: 1:50000
B.2. Situace navržených úprav – katastrální, M: 1:2500
B.3. Situace navržených úprav – ortofoto, M: 1:2500
C.1. Podélný profil současného stavu, M: 1:5000/100
C.2. Podélný profil současného stavu – řešené varianty, M: 1:5000/100
C.3. Podélný profil návrhu úpravy, M: 1:5000/100
C.4. Podélný profil současné a navržené úpravy, M: 1:5000/100
D.1. Vzorové příčné řezy, M: 1:100/500
D.2. Vzorové příčné řezy, M: 1:100/500

Příloha A.1. Zásady pro návrh břehových a doprovodných porostů [4]

- Výsadba se navrhuje nepravidelně od samostatných (soliterních) stromů a keřů přes skupinky až po větší formace.
- Návrh respektuje trasu navržených hrází, kynety toku, obslužnost toku, mosty, inženýrské sítě a zejména hydrauliku říčních koryt včetně návrhové hladiny, kdy hydraulický výpočet s porosty implicitně počítal.
- V situaci je znázorněn obrys korun vzrostlých stromů, prostor pro průjezd obslužných mechanismů správce toku však bude výrazně větší, neboť překážkou budou pouze kmeny, nikoliv koruny. Průjezd bude zajištěn díky navrhovanému vyvětlováním kmenů stromů a tvarování keřů (viz níže) vysázených zejména na bermách v blízkosti kynety toku.
- Pokud se v zájmovém území v současné době již nachází kvalitní vzrostlé stromové porosty, které nekolidují s navrženou úpravou, doporučujeme jejich zachování.
- Zohlední se rovněž následná péče o výsadbu na dalších pět let v nákladech této rozpočtové položky.
- Stromy ve skupinkách a útvech budou vysázeny ve sponu (respektive vzdálenosti) 3-5 m. Budou vysázeny kultivary o výšce 2-3 m (dospělejší stromy).
- Keře ve skupinkách a útvech budou vysázeny ve sponu (respektive vzdálenosti) 1-3m. Budou vysázeny kultivary o výšce kolem 1 m (dospělejší keře).
- V rámci údržby je nutno počítat s pravidelným vyžínáním trávy 2 x ročně po dobu pěti let a se záhlavkou v době sucha. U keřů bude v rámci údržby prováděno jejich tvarování, u stromů vyvětlování nad úroveň návrhové hladiny (v předhrázi do výšky zhruba 1 m, na svahu a v bermě do 2 m).
- Jako doporučenou druhovou skladbu břehových a doprovodných porostů u koryt v nížinných a podhorských oblastech je možno uvažovat s tímto procentním zastoupením:
 - pro stromy: olše lepkavá (*Alnus glutinosa*)- 30%, jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) - 20%, jilm polní (*Ulmus minor*)- 10%, topol černý (*Populus nigra*) - 10%, dub letní (*Quercus robur*) - 5%, javor babyka (*Acer campestre*) - 5%, střemcha hroznovitá (*Padus avium*) - 5%, třešeň ptačí (*Cerasus avium*) - 5%, lípa srdčitá (*Tilia cordata*) - 5%, vrba červenavá (*Salix rubens*) - 5%
 - pro keře: vrba košíkářská (*Salix viminalis*), brslen evropský (*euonymus europaea*), svída krvavá (*Swida sanguinea*), kalina obecná (*Viburnum opulus*), líska obecná (*Corylus avellana*) řešetlák počistivý (*Rhamnus catharticus*)

- Výsadbu stromů se doporučuje navrhovat s použitím těchto osmi následujících útvarů:



Obr. A.1. Doporučené tvary výsadby stromů

- Keře jsou navrženy ve shodných útvarech, počet jednotlivých kusů na útvar je však dvojnásobný (bude menší spon a celkové rozměry zarostlé plochy).

Tab. A.1. Tabulka početního zastoupení porostů v navržených útvarech

označení útvarů stromy	počet stromů v útvaru	označení útvarů keře	počet keřů v útvaru	celkem keřů
1	1	I.	1	4
2	2	II.	4	44
3	3	III.	6	12
4	3	IV.	6	72
5	5	V.	10	10
6	5	VI.	10	10
7	7	VII.	14	14
8	9	VIII.	18	0

Příloha A.2. Nevymílací rychlosti pro přirozené koryto [11]

Tab. A.2. Nevymílací rychlosti pro přirozené koryto [11]

MATERIÁL DNA KORYTA		HLOUBKA VODY (m)		
Popis	dm (mm)	0,4	1,0	2,0
		Nevymílací rychlost v_v (m/s)		
Střední až hrubý písek	1	0,50	0,60	0,70
Střední písek až drobný štěrk	2,5	0,65	0,75	0,80
Drobný štěrk	2,5 – 5	0,80	0,85	1,00
Drobný štěrk	5 - 10	0,90	1,05	1,15
Střední štěrk	10 – 15	1,10	1,20	1,35
Střední štěrk	15 – 25	1,25	1,45	1,65
Střední štěrk	25 – 40	1,50	1,85	2,10
Hrubý štěrk	40 – 75	2,00	2,40	2,75
Hrubý štěrk	75 – 100	2,45	2,80	3,20
Hrubý štěrk	100 – 150	3,00	3,55	3,75
Štěrk s valouny	150 – 200	3,50	3,80	4,30
Valouny	200 – 300	3,85	4,35	4,70
Velké valouny	300 – 400	-	4,75	4,95
Balvany	400 - 500	-	5,50	-

Příloha A.3. Velikost zrn frakcí [9]

Tab. A.3. Velikost zrn frakcí [9]

Skupiny zemin	Frakce	Značka	Velikost zrn d [mm]
velmi hrubozrnná zemina	velký balvan	LBo	od 630
	balvan	Bo	od 200 do 630 včetně
	valoun	Co	od 63 do 200 včetně
hrubozrnná zemina	štěrk	Gr	od 2,0 do 63 včetně
	hrubozrnný štěrka	CGr	od 20 do 63 včetně
	střednězrnný štěrka	MGr	od 6,3 do 20 včetně
	jemnozrnný štěrka	FGGr	od 2,0 do 6,3 včetně
	písek	Sa	od 0,063 do 2,0 včetně
	hrubozrnný písek střednězrnný písek jemnozrnný písek	CSa MSa FSa	od 0,63 do 2,0 včetně od 0,2 do 0,63 včetně od 0,063 do 0,2 včetně
jemnozrnná zemina	prach	Si	od 0,002 do 0,063 včetně
	hrubozrnný prach	CSi	od 0,02 do 0,063 včetně
	střednězrnný prach	MSi	od 0,0063 do 0,02 včetně
	jemnozrnný prach	FSi	od 0,002 do 0,0063 včetně
	jíl	Cl	do 0,002 včetně