

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra biotechnických úprav krajiny**



## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Studie rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec**

**Vypracovala:** Bc. Magdaléna Vytisková

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Pavel Kovář, DrSc.

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vytisková Magdaléna

Voda v krajině

Název práce

**Studie rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec**

Anglický název

**Study on extending the Vltava river bed in the section Žalov - Husinec**

---

### Cíle práce

Na základě zadání vypracuje diplomant projekt rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec v km 35,1 – 36,0 o délce 0,9 km. Cílem práce bude seznámení se se zájmovým územím, návrh projektu rozšíření koryta, podrobné posouzení se stávající situací. Na závěr bude studie porovnávat návrh projektu s odlišnou návrhovou situací zpracovanou pro tento úsek. Konečně vyhodnocení obou řešení bude zaměřené na úsek ř. km 35,1 - 35,5, z nichž bude vybrán projekt vhodnější k realizaci.

### Metodika

Průvodní zpráva - Popis prvního a druhého návrhu rozšíření koryta Vltavy v úseku 35,1 - 35,5 km, vzájemně posouzení a vybrání optimálního řešení pro realizaci. Grafické práce - Původní a návrhová situace řešeného území, podélný profil, příčné řezy – ve dvou návrzích, vzorový příčný řez, fotodokumentace

### Harmonogram zpracování

- 1) III. - VIII. Získání a zpracování podkladů z terénu, excerptce z literatury a její utřídění
- 2) IX. - XI. Koncept DP včetně výpočtu a hodnocení jednotlivých návrhů
- 3) XII. - II. Čistopis DP
- 4) IV/2014 - odevzdání DP

### **Rozsah textové části**

100 stran včetně grafické a tabulkové přílohy

### **Klíčová slova**

rozšíření koryta, úprava vodního toku, opevnění vodního toku

---

### **Doporučené zdroje informací**

- JUSTT, 2009: Renaturace a revitalizace vodních toků. Agricultural Research Council, s.r.o., Praha,
- JUSTT, 2010: Přírodě blízké úpravy vodních toků. Ochrana přírody
- MAREŠ, K., 1997: Úpravy toků, ČVUT, Praha
- NOVÁK L., IBLOVÁ M., ŠKOPEK V., 1986: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Nakladatelství technické literatury, Praha, 243 s.
- Povodí Vltavy, státní podnik, 2003: Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002. Praha,
- Povodí Vltavy, státní podnik, 2009: Plán oblasti povodí Horní Vltavy.
- KOVÁŘ, P., 1988: Úpravy toků, skriptum VŠZ Praha
- Podklady Povodí Vltavy
- Předpisy, normy, směrnice, zákony

---

### **Vedoucí práce**

Kovář Pavel, prof. Ing., DrSc.

### **Konzultant práce**

Ing. Jana Čemohorská, Povodí Vltavy

---

Elektronicky schváleno dne 22.4.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 23.4.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

### **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Pavla Kováře, DrSc., a že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.“

V Praze dne 23.4. 2014

.....



## **Poděkování**

Tímto děkuji panu prof. Ing. Pavlovu Kovářovi, DrSc. za odborné vedení a rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Františkovi Křovákovi, CSc. za pomoc při práci v programu HEC –RAS a povodí Vltavy, především pak panu Ing. Janu Pretlovi, MBA a paní Ing. Janě Černohorské za spolupráci a data poskytnuté pro vypracování této práce.

Abstrakt:

Diplomová práce řeší problematiku kritické oblasti zúžení koryta toku Vltavy v obci Husinec. Návrh a jeho posouzení byl zpracován v jedno-dimenzionálním programu HEC-RAS. Výsledek vedl k zjištění výšek hladin povodňových průtoků  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . Rozšíření toku povede ke zlepšení povodňové situace v tomto úseku. První část diplomové práce obsahuje informace o legislativě v České republice a úpravě toků. Stěžejní část se zabývá podrobnějším popisem zájmové lokality, přírodními charakteristikami, návazností na územní plán a vlastním návrhem. Na závěr došlo k posouzení výsledků dvou variant úprav. Technické výkresy byly vykresleny v programu AutoCad a jeho nadstavbové části programu AutoPen.

Klíčová slova: rozšíření koryta, úprava vodního toku, opevnění vodního toku

Abstact:

The thesis follows up issues in critical area of Vltava's narrowed section at Husinec municipality. Suggestion and judgement was developed in one-dimensional application HEC-RAS. The result led to fining the heights of flood flows  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . Extension of the flow will enhance flood situation in this area. First part of thesis includes information about Czech Republic legistaion and water course adjustment. Main part includes more detailed description of the locality, natural characteristics, master plan continuity and own suggestion. In conclusion two variant were judged. Technical drawings were created with AutoCad including program AutoPen add-on.

Keywords: extending of water course, stream modification, river bank reinforcement

# Obsah

<b>1. Úvod</b>	10
<b>2. Cíl práce</b>	11
<b>3. Metodika práce</b>	12
<b>4. Úprava vodních toků</b>	13
4.1.Revitalizace vodních toků	14
4.1.1. Renaturace vodních toků	15
4.2.Ochrana před povodněmi na vodních tocích	16
4.2.1. Druhy povodní	17
4.3.Zlepšení plavebních podmínek na toku	19
<b>5. Legislativa</b>	21
5.1.Rámcová směrnice o vodách	21
5.2.Státní správa vodního hospodářství a vodní právo v České Republice	21
5.2.1. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (tzv. Vodní zákon)	23
5.3.Program revitalizace říčních systémů	23
5.4. Plavba na Vltavě	24
5.4.1. Zákon č. 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě	25
5.4.2. Vyhláška MD č. 222/1995 o vodních cestách	26
<b>6. Specifikace toku</b>	28
6.1.Historický vývoj plavby toku	29
6.2.Současný stav	30
6.3.Plánovaný stav	31
<b>7. Průvodní zpráva</b>	32
7.1.Vymezení zájmového území	32
7.2.Vodní dílo Klecany	34
7.3.Přírodní charakteristiky území	36
7.3.1. Klimatické poměry	36
7.3.2. Hydrologické poměry	37
7.3.3. Geologické, pedologické a hydrogeologické poměry	39
7.3.4. Geotechnické poměry a vytěžitelnost zemin	41
7.4.Územní plán obce Husinec	43
7.4.1. ÚSES	44
7.5.Povodňový plán obce Husinec	46

7.6.Povodňové situace v zájmovém území	48
7.7.Vlastnické poměry a popis pozemků	49
<b>8. Úprava toku v úseku Žalov – Husinec</b>	<b>50</b>
8.1. Druhy povodní na území Husince	50
8.2.Popis úpravy koryta - rozšíření užitím ostrovů	51
8.2.1. Opevnění břehů	52
8.3.Popis úpravy – úplné rozšíření	55
8.4.Použití programů společnosti Autodesk	56
<b>9. Stanovení záplavových čar</b>	<b>57</b>
9.1.Matematické modely	57
9.2.Proudění kapalin	58
9.2.1. Druhy proudění	58
9.2.2. Výpočet proudění v otevřených korytech	62
9.3.Stanovení záplavy s využitím mapových nástrojů GIS	64
9.3.1. Práce s programem Arc Map	64
9.3.2. Mapový výstup	65
9.4.Stanovení záplavy s použitím programu HEC – RAS	67
9.4.1. Program HEC – RAS	67
9.4.2. Modelování v programu HEC – RAS	68
9.4.3. Interpretace výsledků HEC – RAS	71
<b>10. Posouzení úprav</b>	<b>73</b>
10.1. Porovnání obou úprav	73
10.2. Porovnání návrhů v úseku říčního km 35,1 – 35,5	74
<b>11. Diskuze</b>	<b>79</b>
<b>12. Závěr</b>	<b>80</b>
<b>13. Literatura</b>	<b>81</b>
<b>14. Přílohy</b>	

14.1.	Příloha modelování v programu HEC – RAS .....	85
14.2.	Fotodokumentace .....	95
14.3.	Výkresová příloha	
	1. Současná situace řešeného území (1:2500)	
	2. Návrhová situace řešeného území (1:2500)	
	3. Podélný profil korytem Vltavy (1:1000/1:100)	
	4. Příčné řezy – současné situace (1:1000/1:100)	
	5. Příčné řezy – návrhové situace (1:1000/1:100)	
	6. Vzorový příčný řez (1:100)	
	7. Vzorový příčný řez ostrovy (1:100)	

## 1. Úvod

Problematika rizikových úseků na řekách v České republice, je stále aktuálnější téma s ohledem na povodně v posledních desetiletích. Vliv člověka na krajinu a vodní režim se neustále zvyšuje. Jeho dopady mají jak pozitivní tak negativní efekt. Během posledních let převažovaly negativní tendence.

Samotný vodní tok je prostorově, funkčně i časově propojen s ostatními složkami přírody. Došlo ke zhoršení retenční schopnosti krajiny, čímž dochází k stále většímu povrchovému odtoku. V současnosti vzrůstá snaha o nápravu škod napáchaných v dobách minulých. Z mapového prohlížeče WISE (Water information system for Europe) vyplývá, že Česká republika patří mezi státy s vysokým procentem upravených nebo umělých vodních útvarů. Celkem je upraveno 21 000 kilometrů vodních toků, což prezentuje téměř 29 % celkové délky toků v ČR. Dlouho opomíjený ekologický stav vodních toků by již neměl být nadále zhoršován. Naopak se zvyšuje všeobecné povědomí o dané problematice, které by mělo vést ke zlepšení stávajícího stavu.

Největší škody na trasách toků a jejich inundací byly zapříčiněny snahou zvětšit plochu okolních zemědělských polí zkrácením trasy koryta a zmenšením jejich přirozeného okolí. Došlo k masivnímu odvodňování pozemků, vykácení břehových porostů a napřímení trasy toků.

Tato práce se zabývá rozšířením koryta toku a jeho zapojení do okolní krajiny, tak aby byl vytvořen prostor splňující požadované podmínky. Jedná se o náhlé zúžení toku, které vede při povodňových stavech k rychlému vyběžení koryta. Toto zúžení patří k jednomu z mnoha úseků označených Povodím Vltavy za rizikový. Nejdůležitějším parametrem úpravy je snížení povodňových rizik toku a zhodnocení splavnosti toku. Rozšíření toku by mělo vést k snadnějšímu průchodu povodňových vln. Ředitelství vodních cest má výhledově plány na odstranění krizových úseků na Vltavě.

## **2. Cíl práce**

Jedná se o zpracování studie k rozšíření koryta toku Vltavy v oblasti pod Klecanským jezem, jejímž cílem je snížení povodňového rizika a zlepšení hydraulických poměrů v oblasti Husinec. Stanovení záplavových čar je provedeno pomocí modelu Hec-Ras. Návrh úprav se nachází na říčním kilometru 35,1 – 36,0. Samotné posouzení úpravy bude zaměřeno na úsek říčního kilometru 35,1 – 35,5 o délce 0,4 m. Ten bude následně porovnán s druhou variantou návrhu, který byl zpracován Bc. Miroslavou Jansovou. Interpretované výsledky mohou pomoci s budoucí realizací projektu na tomto úseku.

### 3. Metodika

Zadání této diplomové práce vychází z potřeby zpracování návrhu rozšíření koryta úseku Žalov – Husinec. Toto zadání bylo navrženo Povodím Vltavy, které se v nejbližší budoucnosti chystá tímto problematickým úsekem zabývat. Byly určeny základní požadavky, jež by výsledná úprava měla splňovat. Měla by se zabývat snížením povodňových rizik a vhodným začleněním úpravy do okolí. V úseku probíhá i lodní doprava, tudíž na ní bude muset být brán zřetel. Samotné povodí poskytlo podklady pro vyřešení vhodného návrhu. Rešerše, která byla seprána v rámci této práce, obsahuje podrobnější informace o samotné úpravě, legislativě spojené s úpravou toků a všeobecné informace spojené s touto problematikou.

Podklady poskytnuté Povodím Vltavy:

- Studie srážkoodtokových poměrů Vltavy v úseku Klecany – Mělník
- Inženýrskogeologický průzkum v úseku Žalov – Husinec
- Geodetické podklady koryta Vltavy získané parníkem Valentýnem II.
- Projekt Rozšíření koryta Vltavy pod Modřanským jezem

Pro návrh, byla potřeba získání dalších podkladů, kvůli kterým byla nutnost kontaktování samotných institucí. Některé byly veřejně vyvěšeny na stránkách obce Husinec:

- Hydrologické údaje od ČHMÚ
- Geodetické podklady od ČÚZK
- Plán širších vztahů obce Husinec
- Územní plán obce Husinec
- Historické podklady z archivu města Klecany

Podstatný byl průzkum terénu přímo na místě a jeho fotodokumentace (vytvořena svépomocí).

Důležitou částí práce je výkresová příloha a modely v programu HEC-RAS, které podrobně dokumentují celou úpravu. Konkrétně obsahují:

- Současné a návrhové situace řešeného území
- Podélný profil korytem Vltavy
- Příčné řezy současného a návrhového profilu
- Vzorové příčné řezy
- Současné a návrhové průtokové poměry v programu HEC – RAS



## 4. Úprava vodních toků

Vodní toky výrazně ovlivňující odtokové poměry v krajině a jsou rozhodujícím zdrojem povrchové vody v naší republice. Upravují se jejich parametry – podélný a příčný profil, opevnění koryta, jeho trasa aj. [3] [18]

Úpravou se sledují hlavní účely: umožnění odběru vody, ochrana území před povodněmi, stabilizace koryt, zajištění ekologické funkce, energetické využití, odvodnění území, splavnění toku a vodní rekreace. Hlavním důvodem pro jejich vytváření je v současné době snížení a zpomalení povrchového odtoku, zlepšení hydrologického pohledu na zlepšení vsakování srážek do půdy, omezení vodní eroze a zabránění degradaci půdy. Souvislé a místní úpravy potoků ovlivňují hydrologický režim povodí, průtokový a splaveninový režim potoka a ekologickou stabilitu krajiny, proto je nutnost vytvořit jako součást návrh posouzení hydrologického a ekologického důsledku. [10] [18] [15]

Na malých tocích je snaha o revitalizaci a renaturaci, jelikož jich mnoho bylo poškozeno nešetrnými zásahy v 80. letech 20. století. Toky byly upravovány hlavně za účelem zvýšení ochrany sídel a majetku před povodněmi, pro efektivnější využití v zemědělství či dopravě i v důsledku intenzivní urbanizace a industrializace krajiny. Meliorační úpravy toky napřimovaly, zatrubňovaly a nakonec docházelo k nevhodnému opevnění např. polovegetačními tvárnici. Nevhodné úpravy tohoto druhu jsou v dnešní době odstraňovány. Při jejich realizacích je brán ohled na obnovení přirozeného vodního biotopu, začlenění do krajiny a vhodné užití rostlinného doprovodu. Snažíme se o komplexní úpravu vodního toku, kdy jsou upravovány nejen přítoky, ale i celé povodí. Tím dojde k zlepšení vodohospodářských poměrů v celé oblasti povodí. [15] [10]

Úpravou vodních toků se zabývá norma TNV 75 2102, ve které lze nalézt všechny potřebné informace a zásady týkající se návrhu opevnění koryta, objektech na toku, návrhu trasy, spádových objektů na toku, zaústění přítoku, vegetačním doprovodem aj. [65]

V České Republice se dále u větších toků provádějí úpravy pro zlepšení plavebních podmínek.

## 4.1. Revitalizace

Vodohospodářské revitalizace v České Republice vycházejí z platného zákona č. 254/2001 Sb. o vodách. Paragrafy věnující se této problematice kladou důraz na ochranu vod, jelikož je neustálá potřeba zlepšovat či udržovat jejich kvalitu. Revitalizace by neměly být vnímány jen jako znovuoživení toku, ale jako komplexní řešení stavěné na přírodních a krajinných hodnotách a vodohospodářské funkci vodního prostředí. Předloha pro revitalizace vychází z přirozených úseků vodních toků. Koryto po revitalizaci by mělo mít přiměřenou kapacitu, mírný podélný sklon, meandrující se trasu a členitý profil. Dobře revitalizovaný tok se postupně dostane do přirozené rovnováhy a nemusí docházet k jeho další údržbě. [50] [18]

Samotný návrh by měl se provádět se znalostí procesů probíhajících v povodí a s ohledem na konkrétní podmínky vodního toku a jeho terestrického okolí. Způsob a rozsah revitalizačního zásahu ovlivňuje biotické a abiotické podmínky biotopu. Dochází ke změně nejen fyzikálně-chemických ukazatelů (rychlost proudění, sedimentace, teplota vody, koncentrace kyslíku, atd.), ale také k průběhu dekompozičních a samočisticích procesů, a tedy i celkové funkci ekosystému. [12] [16]

Důvody či úkoly revitalizace jsou:

- zvýšení druhové nebo stanovištní biodiverzity
- vybudování rybích přechodů
- zadržování vody v krajině
- obnova či tvorba mokřadů
- obnova rybníků v nivě
- opětovné napojení odstavených ramen a meandrů, obnova úseků řek či jejich nové vytvoření
- navození samovolné renaturace
- ekologická protipovodňová úprava koryt břehů, dna nebo nivy

Samotný návrh revitalizace toku se skládá z návrhu trasy toku, ten je ovlivňován mnoha faktory. Nejprve se zkoumají historické snímky toku, kdy byl charakter toku stabilní a relativně přirozený. Dále dochází k vytyčení koridoru, který sestává

z přímých úseků a oblouků. Kapacita navrhovaného koryta nesmí být předimenzovaná, pak dochází k malé výšce hladiny (při malých průtocích), což vede k utlumení ekologických a hydrologických funkcí. Dále brání vybřežení, čímž se snižují retenční potenciál údolní nivy. Návrh příčného profilu je ovlivněn především zkapacitněním koryta v návaznosti na ostatní parametry. Důležitá je snaha o přirozený charakter koryta (proměnlivost), pokud by došlo k přílišné homogenizaci, mohlo by dojít ke ztrátě ekologické a estetické hodnoty. Navržený podélný sklon musí splňovat podmínku stabilního koryta s relativně vyrovnaným splaveninovým režimem. [13] [18]

Břehové a doprovodné porosty jsou tvořeny stromy, keři a bylinami. Ty koryto stabilizují a plní krajinnotvornou funkci. Při jejich řešení se klade důraz na ekologické hledisko. Dále se vychází z horizontálního a vertikálního členění porostů. K revitalizacím neodmyslitelně patří obnova mokřadů a vodních nádrží. I u nich musíme řešit vhodný doprovodný porost. Opevnění koryta je z pohledu revitalizací nejvhodnější bez opevnění, ale tento způsob není vždy realizovatelný. Jako k první variantě řešení se přistupuje k opevnění vegetačnímu pouze tam, kde není možné, se navrhuje nevegetační opevnění. [14] [11]

#### **4.1.1. Renaturace vodních toků**

Renaturace spočívá v převážně samovolné obnově přirozených tvarů, funkci vodních toků a jejich niv. Procesy, při kterých dochází k ztrátě funkčnosti či rozpadu opevnění, mohou být povodňové nebo pozvolné. Rozpadem opevnění, vymíláním, zanášením a zarůstáním koryta se stav vodního toku přibližuje přírodě. Dochází k obnovení členitosti koryta a k zmenšení průtočné kapacity koryta.

Renaturační procesy mohou být podporovány dílčími revitalizačními opatřeními, vhodně orientovanou správou a údržbou vodních toků. Výhodou renaturací, je jejich malá nákladnost a trvalý, celoplošný průběh. Samovolná renaturace se nejvíce uplatní v korytech, která v minulosti prošla technickou úpravou. V České republice naráží jejich využití na nedořešené vodoprávní souvislosti. Například pokud není technická úprava vodního toku úředně zrušena, měl by ji správce neustále udržovat. Tím pádem dochází k tomu, že jsou správci udržovány již nepotřebné či nevhodné technické úpravy. [12] [11]

## 4.2. Ochrana před povodněmi na vodních tocích

Všeobecně ochrana před povodněmi vychází z dokumentu Strategie ochrany před povodněmi na území České republiky, který byl schválen vládním usnesením č.382 ze dne 19. dubna 2000. Řízení ochrany před povodněmi zabezpečují povodňové orgány řídící se povodňovými plány. Povodňovými orgány jsou povodňové komise, které spolupracují se složkami Integrovaného záchranného systému (Hasičský záchranný sbor České republiky, záchranná služba, policie České republiky aj.). [50]

Dle zákona č. 254/2001 sb. o vodách se povodní rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodního toku či jiných povrchových vod, při kterém hrozí vylití vody z koryta nebo voda již zaplavuje území a může dojít ke škodám. K povodním dochází i za stavu, kdy voda z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo odtok vody nedostačuje. Povodeň může být způsobena přirozenými jevy nebo umělými vlivy. [50]

Tři základní druhy protipovodňových opatření:

- Organizační opatření
  - Určení záplavových území
  - Stupeň ochrany území
  - Povodňové plány
- Komplexní opatření řešící odtokové poměry
  - Zlepšení hydraulických charakteristik povrchu inundací
  - Odstranění kritických profilů v korytě
  - Revitalizace
- Trvalé prvky protipovodňové ochrany
  - Ochranné zemní hráze
  - Zvýšení koruny stávajících nábřežních zdí
  - Vybudování trvalých betonových zdí [26]

Samotný tvar povodňové vlny je ovlivněn geomorfologií okolní krajiny, tvarem říční sítě a členitostí. Dalším důležitým faktorem je zasakovací schopnost inundace. Voda se filtruje, takže dochází k zachycení látek, které by byly jinak odneseny povodní. V současné době se objevuje snaha o obnovu povodňového rozlivu v úsecích mimo zastavěná území a tím zpomalení průběhu povodňové vlny.

### 4.2.1. Druhy povodní

#### Povodeň přirozená

Povodeň přirozenou způsobují přírodní jevy. To znamená, že dochází k zaplavení území či situaci označené za předpovědní povodňovou službou nebo povodňovými orgány při:

- déletrvajících vydatných dešťových srážkách popř. prognóze nebezpečí intenzivních dešťových srážek, očekávaném náhlém tání, nebezpečném chodu ledů nebo při vzniku nebezpečných ledových zácp a nápěchů;
- dosažení směrodatného limitu vodního stavu nebo průtoku ve vodním toku a jeho stoupající tendenci;

Hlavní typy přirozených povodní:

- zimní a jarní povodně vznikají táním sněhové pokrývky, popřípadě v kombinaci s dešťovými srážkami. Tento druh se vyskytuje nejvíce na podhorských tocích a postupuje dále do nížinných úseků větších toků. K velkým historickým povodním došlo v letech 1845, 1940 a 2006.
- ledové povodně způsobuje zámrz v řece, kdy dochází k zmenšení průtočného koryta. V době oblevy jsou ledové kry odnášeny a mohou vytvářet bariéry, za kterými voda vzdouvá a zaplavuje. Riziková místa na tocích jsou kolem oblastí jezů, mělčin apod. U nás se jedná spíše o lokální zaplavení.
- letní povodně způsobené několikadenními regionálními dešti nasytí půdu natolik, že již není schopna zadržovat vodu. Vyskytují se zpravidla na všech tocích v zasaženém území. Důsledky jsou však nejcitelnější na středních a velkých tocích. Velké letní povodně známe z nedávné historie z let 1997, 2002 a 2010.
- letní přívalové povodně způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity (i přes 100 mm za několik málo hodin) zasahujícími poměrně malá území. Jejich výskyt je možný kdekoli a nelze se proti nim prakticky bránit, jelikož jejich průběh je velice rychlý. [7]

Přirozená povodeň může být ovlivněna mimořádnými příčinami. Kdy by mohlo dojít k problémům s ucpáním profilů propustků či nahromadění plavenin na mostní pilíře. Kritickými místy jsou mosty a lávky, jelikož by nedošlo jen k vzduť vody, ale i k jejich poškození.

### **Zvláštní povodně**

Povodeň je způsobena umělými vlivy, a to především protržením vodního díla či komplikacím při jeho stavbě. Jedná se zejména o vodní díla vzdouvající vodu.

Příčiny k protržení hráze můžou mít několik důvodů:

- technická příčina havárie díla,
- silné zemětřesení – téměř nepravděpodobné
- letecká katastrofa - téměř nepravděpodobné
- válečný konflikt - téměř nepravděpodobné
- teroristický útok - téměř nepravděpodobné

Vodní díla mohou ovlivnit povodňovou situaci. Vlastníci nebo správci vodních děl mají povinnost zjišťovat technickobezpečnostní stav na vodních dílech. Účelem je průběžné zjišťování technického stavu díla z hlediska jeho stability, bezpečnosti, možných příčin poruch a navrhování opatření k nápravě. Pro účely technickobezpečnostního dohledu jsou vodní díla zařazena do I. až IV. kategorie podle výše škod v území pod vodním dílem, pokud by nastala havárie. [7] [63]

- IV. kategorie provádí (může provádět) vlastník (uživatel) nebo správce technickobezpečnostní dohled sám.
- kategorie III 6 – 10 dalších odborných organizací
- kategorie I,II pouze odborná organizace Vodní díla TDB, a.s.

Bezpečnost vodních děl řeší prováděcí vyhláška k zákonu č. 254/2001 Sb., číslo 471/2001Sb., o odborném technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly. [50] [56]

### 4.3. Zlepšení plavebních podmínek na toku

Plavba je všude na světě vnímána jako nejekologičtější způsob dopravy. Výhody vodní dopravy se nejvíce uplatňují v segmentu zahraničních přeprav, především na dlouhých trasách a v kombinaci s námořní dopravou. Součástí transevropské dopravní sítě je i 315 km vodních cest v ČR. Podrobnější informace o parametrech plavebních cest udává vyhláška Ministerstva Dopravy č. 222/1995 o vodních cestách, plavebním provozu, přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí.

Důležitými projekty v rámci splavnění vodních cesty ČR jsou:

- Zlepšení splavnosti Labe v úseku Střekov
  - vybudování plavebního stupně Děčín
- Splavnění Labe do Pardubic
- Zabezpečení podjezdových výšek na labské vodní cestě
- Odstranění úzkých míst na Vltavě
- Zvyšování spolehlivosti vodních cest TEN-T
- Protipovodňová ochrana plavidel

V roce 2011 Ředitelství vodních cest ČR oznámilo úspěšné dokončení projektů, které významně přispěly k vyšší bezpečnosti provozu na Labi a Vltavě. Projekty „Kilometráž a značení labské vodní cesty“ a „Vysílač korekčních signálů DGPS v rámci RIS“ spolufinancovala Evropská unie z Evropského fondu pro regionální rozvoj prostřednictvím Operačního programu Doprava.

Součástí zavedení říčních informačních služeb (RIS) dle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/44/ES došlo k vytvoření podmínek pro aktivní využívání palubních navigačních systémů Inland ECDIS a AIS.

Využitím DGPS (diferenciální GPS) se významně zlepšila bezpečnost plavby a zjednodušila operativní rozhodování vůdce plavidla o jeho optimálním vedení. V kombinaci s radarem se při snížené viditelnosti podstatně zvýšila přehlednost radarového obrazu a významně omezila navigační chyby. Příjem korekčního signálu je bezplatný pro všechny uživatele. [26] [27]

## Využívané vodní cesty:

### 1. vodní tok Labe

1. od říčního km 973,5 (Kunědice) po říční km 951,2 (nadjezí zdymadla Přelouč)
2. od říčního km 949,1 (2,080 km od osy jezu Přelouč) po říční km 726,6 (státní hranice se Spolkovou republikou Německo), včetně plavební dráhy vymezené na vodní ploše Velké Žernoseky plavebními znaky,

### 2. vodní tok Vltavy

1. od říčního km 91,5 (Třebenice) po soutok s vodním tokem Labe, včetně výústní části vodního toku Berounky po přístav Radotín,
2. od říčního km 239,6 (České Budějovice) po říční km 91,5 (Třebenice) jen pro plavidla o nosnosti do 300 tun,

### 3. vodní tok Moravy od ústí vodního toku Bečvy po soutok s vodním tokem Dyje, včetně průplavu Otrokovice - Rohatec. [42] [46]



## **5. Legislativa**

Voda z území České republiky je odváděna třemi úmořímí, kdy největší množství odvádí Labe do Severního moře cca 63% z téměř celého území Čech. Dále Morava do Černého moře cca 28% a Odra do Baltského moře cca 9%. K nejvyšším průtokům dochází především v jarních měsících (březen, duben) a k nejnižším od srpna až do zimních měsíců. Vysoké průtoky nastávají také během prudkých a dlouho trvajícím dešťů v létě.

### **5.1. Rámcová směrnice o vodách**

Rámcová směrnice vodní politiky (2000/60/ES) Evropské unie představuje nejvýznamnější právní úpravu pro oblast vody. K jejímu vydání došlo 23. října 2000. Momentálně je RSV doplněna a provázána s dalšími směrnicemi např. Směrnicí o zvládnutí povodňových rizik (2007/60/ES). Vztahuje se na veškeré vodstvo (vnitrozemské povrchové vody, podzemní, barické a pobřežní vody). Hlavním cílem rámcové směrnice je zabránit zhoršení stavu vodních útvarů, udržovat a chránit vodní ekosystémy a přilehlé mokřady. Do roku 2015 by mělo být dosaženo dobrého stavu u všech toků v rámci EU, kdy se u podzemních vod sleduje také stav kvantitativní a chemický. [35]

Naplnění RSV vyžaduje zavedení nového komplexního režimu správy vody a vodních zdrojů. K tomu je potřeba mezinárodní spolupráce v mezinárodních povodích.

### **5.2. Státní správa vodního hospodářství a vodní právo v České republice**

Státní správa ve vodním hospodářství je organizována jako třístupňová - obecní (obecní úřady a obecní úřady obcí s rozšířenou působností), krajská (krajské úřady) a ústřední (ministerstva). Při činnosti vodoprávních úřadů jsou především zohledňovány požadavky na ochranu povrchové i podzemní vody, hospodárné využívání vodních zdrojů, dohled nad bezpečností vodních děl, ochrana vodních ekosystémů a snižování nepříznivých účinků sucha a povodní.

Vodní toky se dělí na významné a drobné vodní toky. Správa významných vodních toků je zajištěna právníckými osobami určenými dle zvláštního zákona. Správu drobných vodních toků nebo jejich ucelených úseků vykonávají obce, kde

drobné vodní toky protékají. Dále ji zajišťují fyzické nebo právnické osoby, kterými jsou v rámci jejich činnosti drobné vodní toky využívány na základě určení Ministerstvem zemědělství.

V České republice je v nyní aktuální vodní zákon č. 254/2001 Sb., který byl schválen 28. 6. 2001 a nabyt účinnosti 1. 1. 2002. Tento zákon byl novelizován ve Sbírce zákonů dne 21. 5. 2010 pod číslem 150 a účinnosti nabyla 1. 8. 2010. Dále existuje mnoho podzákoných předpisů a metodických pokynů, které vydává Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství, ve kterých jsou upřesněna paragrafovaná ustanovení zákonů týkající se vod. [6]

Příklady právních norem:

- vyhláška MZe č. 333/2003 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků
- vyhláška MZe č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly
- vyhláška MZe č. 390/2004 Sb., o oblastech povodí;
- Metodický pokyn MŽP k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby

Další právními předpisy o vodním hospodářství:

- zákon č. 305/2000 Sb., o povodích;
- zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění zákona č.358/1999;
- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon);
- zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů;
- povodňový plán ČR – základní dokument pro ústřední řízení povodňové ochrany v ČR zpracováváný MŽP na základě zákona č. 254/2001 Sb., o vodách;

### **5.2.1. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (tzv. Vodní zákon)**

Tento zákon definuje jednotlivé pojmy, má za účel chránit povrchové a podzemní vody, stanovit vhodné podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Dále zákon upravuje právní vztahy fyzických a právnických osob o využívání povrchových i podzemních vod. Bere se zde v úvahu i zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby včetně nákladů na ochranu životního prostředí, v souladu se zásadou, že producent znečištění platí. [50]

Obsahuje informace týkající se plavby na vnitrozemských vodních cestách. U vodního zákona dochází k průběžné novelizaci. Nejaktuálnější novelizace byla obsažena ve sbírce zákonů č.150/2010 Sb., s účinností od 1. 8. 2010. Často se vodní zákon střetává se stavebním zákonem č 183/2006 Sb., kdy dle § 15 vodního zákona, v platném znění je k provedení změn, změn užívání či odstranění např. vodního díla nutné povolení vodoprávního úřadu. Avšak vodoprávní úřady vykonávají působnost speciálního stavebního úřadu a mohou vydat povolení jen se souhlasem obecného stavebního úřadu příslušného k vydání územního rozhodnutí. [50]

#### **Novela vodního zákona č.150/2010 Sb.**

V roce 2010 byla provedena novela vodního zákona č. 150. Obsahuje změny, které vycházejí z praxe či reagují na požadavky evropské legislativy. Konečné změny se dotýkají všech částí vodního zákona. Dochází k zpřesnění problematických pojmů, zjednodušení řízení a zrušení některých nadbytečných povinností. Novela vyvolala nutnost dodržet závazky plynoucí z členství České republiky v Evropské unii a obsahuje 200 novelizačních úprav. [6]

### **5.3. Program revitalizace říčních systémů**

Program revitalizace říčních systémů byl započat již v roce 1992, a to na základě usnesení vlády České republiky. Jeho hlavním cílem je náprava vodního režimu krajiny, jenž patří k nejvýznamnějším složkám krajiny. Člověk užívá povrchové i podpovrchové zdroje. Tím narušuje koloběh vody, a tak více či méně negativně ovlivňuje vodní režim. Dochází ke zhoršení kvality povrchových i podzemních vod. Právě program pro revitalizaci říčních systémů nabízí možnosti

opatření, která povedou k udržení a zvyšování biologické rozmanitosti, zlepšení vodních poměrů a zajistí ochranu přírodních hodnot. [46]

Finanční prostředky lze využít na realizaci revitalizačních opatření:

- revitalizace přirozené funkce vodních toků
- zakládání a revitalizace prvků systému ekologické stability vázaných na vodní režim
- odstraňování příčných překážek na vodních tocích
- zvýšení retenční schopnosti krajiny
- odbahňování rybníků a rekonstrukce technických prvků
- výstavba a obnova čistíren odpadních vod a kanalizace
- revitalizace přirozené funkce vodních toků s revitalizací retenční schopnosti krajiny

#### **5.4. Plavba na Vltavě**

Plavba v České republice spadá pod mnoho zákonů a vyhlášek, které upravují užívání vodního toku a určují podmínky jeho splavnění. Mezi nejdůležitější patří:

- Zákon č. 254/2001 sb. vodní zákon
- Zákon č. 114/1995 sb. o vnitrozemské plavbě
- Vyhláška č.223/1995 Sb., o způsobilosti plavidel k provozu na vnitrozemských vodních cestách
- Vyhláška č.224/1995 Sb., o způsobilosti osob k vedení a obsluze plavidel
- Vyhláška č.84/2000 Sb., o způsobilosti osob k provozování vnitrozemské vodní dopravy pro cizí potřeby
- Vyhláška č.222/1995 Sb., o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí

Dozor nad záležitostmi vnitrozemské správy vykonává Státní plavební správa. Ta zabezpečuje rozvoj a plynulý provoz. Při úpravách a údržbě vodních toků kontroluje, zdali není jednáno proti zájmům plavby, provozuje přístavy a vydává souhlasy ke stavbám na vodních cestách. Dále má pravomoc vydávat a odjímat lodní listiny, dozorovat způsobilosti plavidel a provádět jejich cejchování. [47]

#### 5.4.1. Zákon č. 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě

Tento zákon definuje vnitrozemské vodní cesty a vymezuje jejich dělení:

- Sledované vodní cesty
  - Vodní cesty dopravně významné
    - Vodní cesty využívané
      - Labe
      - Vltava
      - Morava
    - Vodní cesty využitelné
  - Vodní cesty účelové
- Ostatní vodní cesty

Rozměry vodních cest dopravně významných, jejich klasifikaci do tříd a plavebně provozní podmínky umístění mostů a jiných zařízení, která je křížují nad nejvyšší plavební hladinou nebo pod dnem těchto cest, stanoví prováděcí předpis. Vodní cesty účelové jsou vodní cesty, na kterých je provozována pouze rekreační plavba a vodní doprava místního významu.

Správu vodních cest určuje:

- Vodní cestu spravuje její vlastník nebo správce
- Správce vodní cesty je povinen spravovat sledované vodní cesty tak, aby bylo zajištěno bezpečné provozování plavby, a řádně je značit plavebními znaky.

Pojem vodní cesty neobsahuje jen samotný vodní tok, ale jeho součástí jsou i plavební mosty, opevnění břehu, plavební tunely, plavební znaky, kilometráž vodních cest, uzavírací objekty na plavebních kanálech, zařízení pro regulaci stavu vody, jezy, plavební komory, zařízení přístavišť, velíny aj., které jsou v tomto zákonu definované. [47] [42]

#### 5.4.2. Vyhláška MD č. 222/1995 o vodních cestách

Vyhláška kategorizuje vodní cesty, dle třídy stanoví, pro jaké největší plavidlo jsou kladeny podmínky na vodní cestě k jeho bezpečnému a plynulému provozu. Stanovuje základní parametry plavební dráhy:

Rozměry plavební dráhy jsou

a) nejmenší šířka přímé plavební dráhy v hloubce odpovídající ponoru návrhového plavidla

1. v řece

pro klasifikační tř. 0. ....10 m,

pro klasifikační tř. I. ....20 m,

pro klasifikační tř. IV., Va., Vb. .... 50 m,

2. v průplavu

pro klasifikační tř. 0. .... 6 m,

pro klasifikační tř. IV., Va., Vb. ....40 m,

b) nejmenší plavební hloubka, kterou tvoří součet přípustného ponoru plavidla a bezpečnostní vzdálenosti plavidla nade dnem vodní cesty. U nových a nově upravovaných vodních cest kalkulace činí 1,20 m + bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty pro klasifikační tř. 0., 2,20 m + bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty pro klasifikační tř. I. a 2,80 m + bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty pro klasifikační tř. IV., Va., Vb.

Bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty činí:

1. v řece

nejméně 0,30 m, u nových a nově upravovaných vodních cest také nejméně 0,30 m pro klasifikační tř. 0. a nejméně 0,50 m pro klasifikační tř. I., IV., Va., Vb.,

2. v průplavu

nejméně 0,30 m pro klasifikační tř. 0.,

nejméně 1,00 m pro klasifikační tř. IV., Va., Vb.,".

c) nejmenší poloměr zakřivení plavební dráhy

pro klasifikační tř. I. .... 400 m,

pro klasifikační tř. IV., Va. .... 650 m,

Vb. .... 800 m. [53]

## 6. Specifikace toku

Vltava se svou 430 km délkou řadí na první místo v délce řek v České republice. Rozloha jejího povodí je cca 28 tisíc km<sup>2</sup>, z čehož víc jak 27 tisíc patří na území českého státu. Skládá se ze dvou pramenných větví. Jedna pramení na Šumavě nedaleko Kvildy v nadmořské výšce 1172 m.n.m. a je označována jako Teplá Vltava. Ta je považována za hlavní pramen. Na pár počátečních kilometrech se nazývá Černý potok, kde se nachází chráněné území Pramen Vltavy, avšak v obci Borová Lada se přejmenovává na Teplá Vltava. Druhá větev nese jméno Studená Vltava, ta pramení v Bavorsku nedaleko státních hranic. Po soutoku obou větví, již nese název Vltava až do Mělníka, kde dochází k jejímu soutoku s Labem. I přes svou délku a větší vodnost, nese dále název Labe. Po průtoku Německem se vlévá do Severního moře. Za svou cestu protéká městy, jako jsou Český Krumlov, České Budějovice, Praha a Mělník. [42]

Na Vltavě je zbudována tzv. Vltavská kaskáda. Ta se skládá z následných vodních děl:

**Tabulka 1:** Vodí díla Vltavské kaskády

říční km	vodní dílo	výstavba	nadmořská výška [m]	rozloha [km <sup>2</sup> ]	maximální hloubka [m]	objem [mil m <sup>3</sup> ]
329,540	Lipno I	1952–1959	725,6	48,70	21,5	306
319,120	Lipno II		563,4	0,33	11,5	1, 685
210,390	Hněvkovice	1986–1992	370,1	2,68	27,0	21,1
200,405	Kořensko	1986–1991	353,6	X	X	X
144,700	Orlík	1954–1966	353,6	27,30	74,0	720
134,730	Kamýk	1956–1962	284,6	1,95	17,0	12,8
91,694	Slapy	1951–1954	270,6	13,92	58,0	270
84,440	Štěchovice	1937–1945	219,4	1,14	22,5	11,2
71,325	Vrané	1930–1936	200,1	2,51	9,7	11,1

X – vodní dílo Kořensko je jezové těleso, které tvoří tzv. ponorný válec. K zadržování vody dochází pouze v případě, pokud nádrž Orlík nedosahuje maximální hladiny, proto její podrobné údaje nejsou zjištěny.

*zdroj: Povodí Vltavy*



Nejvýznamnějšími přítoky Vltavy jsou:

**Tabulka 2:** Přítoky Vltavy

řeka	říční km
Malše	240,00
Lužnice	202,20
Otava	169,10
Sázava	78,30
Berounka	63,40

*zdroj: Povodí Vltavy*

## 6.1. Historický vývoj plavby toku

První skutečně dochované záznamy o splavnění Vltavy pochází ze 14. století. Podle některých historických pramenů však k němu došlo již ve století sedmém. Již Karel IV. si zahrával s myšlenou propojení Vltavy s Dunajem, a tak pozvednout Prahu jako středisko evropského obchodu. V té době se Vltava využívala na voroplavbu a plavbu. Voroplavba se užívala hojně, jelikož dřevo se užívalo jako zdroj tepla a stavební materiál. Jednalo se především o dopravu zboží např. soli, šterku a sklářských výrobků. V roce 1777, za vlády Marie Terezie, byl vydán tzv. Český navigační zákon a předpisy říční policie. [31] [42]

V Praze na Vltavě se poprvé parníky objevily na začátku 2. poloviny 19. Století. Roku 1865 byla založena Pražská paroplavební společnost. S tím nastal velký rozvoj plavby parníků, kdy se osobní lodní doprava stala oblíbenou, což mělo za důsledek její velký rozvoj. Začaly se vyrábět i velkokapacitní parníky až pro 800 osob. Vltava čím dál méně vyhovovala nárokům plavby, tak byla v roce 1896 stanovena „Komise pro kanalisování Vltavy a Labe v Čechách.“ Ta se postarala o vybudování 11 zdymadel mezi Prahou a říšskou hranicí zaručujících po většinu roku plavební hloubku 2,10 m a umožňujících plavbu lodí o nosnosti 1000 t. [31]

První ucelený projekt se datuje do roku 1894, týkal se splavnění Vltavy z Českých Budějovic do Mělníka a vypracovala jej firma Lanna - Vering. Projekt řešil splavnění toku 33 nízkými stupni - jezy o výšce 2 až 4 m s plavebními komorami pro lodí nosnosti 600 až 700 tun. Roku 1901 byl vydán „Vodocestní zákon“, který vedl k zesílení lodní dopravy. Dále následovalo mnoho studií řešících splavnění Vltavy, některé přihlížely i k využití vodní energie. Velice zajímavý projekt byl vytvořen

v roce 1911 Ing. Rudouše, který navrhl dvě vysoké přehrady u Slap a Orlíka. Návrh však nebyl brán vážně, neboť z dnešního pohledu předběhl svou dobu.

K velkému obratu v oblasti vodního hospodářství došlo po první světové válce. Nastává zájem o energetický význam vodní energie. Až třicet let po vydání Vodocestného zákona roku 1930 se začala stavět první větší středovltavská stavba. Jednalo se o zdymadlo Vraného nad Vltavou. Roku 1938 došlo k výstavbě Štěchovic, tedy těsně před válkou. Stavba byla dokončena až v roce 1945. Na konci války přichází nová vlna úprav na střední Vltavě. Je potřeba vybudovat přehrady pro akumulaci vody na Vltavě a dolním Labi. Následovala výstavba vodního díla Slapy, Lipna I a Lipna II, přehrady Orlík a jejího vyrovnávacího stupně Kamýk nad Vltavou. Nejpozději byly vybudovány Hněvkovice a Kořensko. Podrobnější informace k přehradám viz Tabulka 6. [42]

## **6.2. Současný stav**

Vodní doprava v České Republice nedisponuje rozsáhlou sítí dopravních toků. Oproti jiným evropským státům (Belgie, Nizozemí aj.) jsme v tomto ohledu pozadu. Labsko-vltavská vodní cesta je nejdůležitější vodní cestou v České Republice. Vzhledem k tomu, že lodní doprava nabízí nízké přepravní tarify, dochází k velkému zájmu o maximální využití pro obchod. Samotný rozvoj infrastruktury vodní dopravy zajišťuje svým působením Ředitelství vodních cest jako investorský orgán. Roli nadřazeného orgánu hraje Ministerstvo dopravy a spojů ČR. Avšak některé investice jsou zajišťovány přímo správci vodní cesty, tj. podniky Povodí.

Existuje mnoho kritických úseků pro plynulé fungování vltavsko-labské vodní cesty, zejména zúžení čtyřiceti kilometrového úseku Labe od Ústí nad Labem po státní hranici se SRN. Vyjma tohoto kritického úseku provoz cesty od Slapské přehrady po Ústí nad Labem, který je tvořen 31 plavebními stupni, je plně splavný. Bohužel nevyřešená situace ohledně nedostatečné plavební infrastruktury a zhoršení jejich podmínek, vedla k přesunutí plavidel na zahraniční vodní cesty. [27]

V roce 2012 se na čerpání dotací podílely především stavby k zajištění splavnosti řeky Vltavy. Jednalo se o úsek Týn nad Vltavou po České Budějovice. Dále byla v roce 2012 zbudována nová plavební komora i s plavební dráhou v Hluboké nad Vltavou. Momentálně se dostavují pouze přístaviště, jinak lze úpravu považovat za hotovou.

Pozornost upoutává i problematika protipovodňových opatření. Po povodni roku 2002, se velká pozornost soustředí na zvýšení retenční schopnosti Vltavské kaskády. V období 2007 – 2013 došlo k uskutečnění dotačního Programu podpory prevence před povodněmi. Cílem bylo snížení úrovně ohrožení v záplavových zónách vodních toků.

Povodí Vltavy vypracovává momentálně nejrůznější studie. Ty se zabývají srážkoodtokovými poměry v příslušných povodích, zmonitorování kapacit jednotlivých koryt a definování míst, kde dochází k omezování průtočnosti. Následuje konkretizace rozsahu záplavových území, posouzení povodňových rizik a definování kritických míst. Analyzují se potenciální škody za jednotlivých průtoků Q5, Q20, Q100. Na závěr se stanoví zásady a limity pro přípravu a realizaci protipovodňových opatření. [27]

### **6.3. Plánovaný stav**

Co se týče plánování stavu do budoucnosti v oblasti povodí Vltavy, zabývá se jím Plán oblastí povodí. Ten obsahuje časový rozpis a program prací pro zpracování jednotlivých plánů oblasti povodí, jejichž pořizovatelem je Povodí Vltavy. Konkrétně se jedná o oblasti povodí Horní Vltavy, Dolní Vltavy a Berounky. Plány jsou zpracovávány za účasti dotčených Krajských úřadů, s Magistrátem hlavního města Prahy a vodoprávními úřady. Návrh Plánu oblasti povodí Vltavy je sestaven pro období od léta 2010 až 2015.

Plány obsahují mnoho kapitol. První z nich se týká informacemi popisující oblastí povodí, vymezení útvarů podzemních a povrchových vod, které jsou zde později kategorizovány. Následující kapitola identifikuje antropogenní vlivy a posuzuje zabezpečení užívání vod k horizontu 2015, ta pokud není zajištěna, dochází k návrhu příslušných opatření. Další část zhodnocuje úroveň ochrany před extrémními hydrologickými situacemi (povodně, sucha) a případně navrhuje příslušná opatření. Dále obsahuje kapitolu o dopadu navržených opatření na stav vod a hodnotí úspěšnost navržených opatření. Poslední část se zabývá ekonomickou analýzou celého plánu a možné způsoby financování.

Konkrétně v oblasti Dolní Vltavy došlo k vymezení priority v úseku Štěchovice – Mělník. Byla zde vypracována koncepční studie protipovodňových opatření a bylo vymezeno zastavěné území chráněné a nedostatečně chráněné před povodněmi. V oblasti Dolní Vltavy počet ohrožených obyvatel dosahuje hodnoty

26 400 na 51 lokalitách, které jsou nechráněné, nebo je jejich ochrana nedostačující. Program opatření je i nadále v průběhu projednávání, stále tak dochází k různým změnám. [26] [27]

## 7. Průvodní zpráva

### 7.1. Vymezení zájmového území

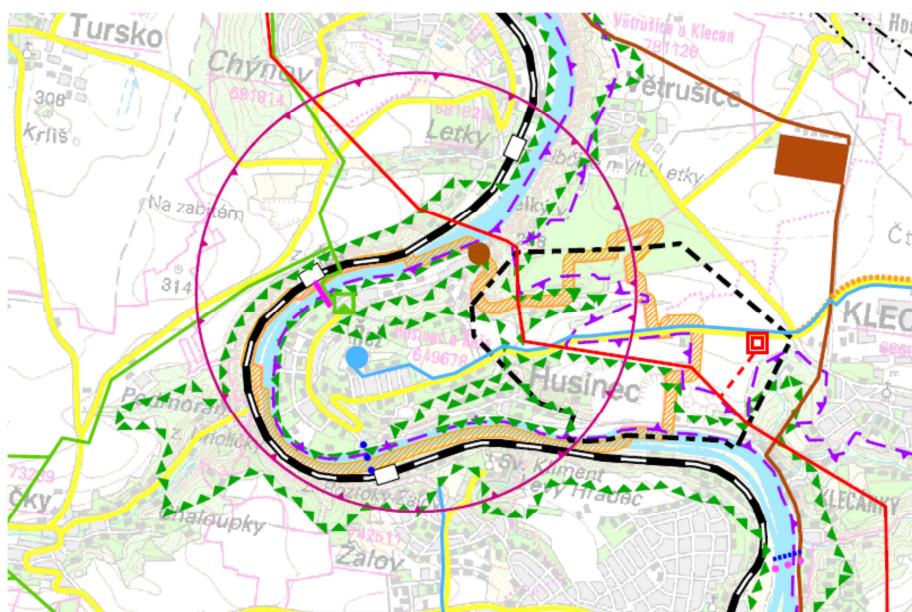
Obcí Husinec protéká řeka Vltava. Obec se rozprostírá v dolním toku Vltavy mezi Mělníkem a Klecanami, kde převládá kulturní krajina zemědělského půdního fondu. Úroveň dna se pohybuje od 152 do 170 m.n.m, Průměrný spád toku mezi obcemi je 0,45 ‰. Na levé straně řeky sousedí s obcí Roztoky u Prahy. Katastrální plocha obce je 2,98 km<sup>2</sup>. Obec se skládá z dvou místních částí Husinec a Řež, které dohromady vytvářejí katastrální území Husinec u Řeže. Většina zástavby a obecní úřad tohoto katastrální územní je na území Řeže. Dochází k postupnému srůstání jednotlivých sídel ovlivněné masivní výstavbou v okolí Prahy. Obec má vypracován vlastní územní plán, povodňový plán obce s protipovodňovými opatřeními a strategický plán obce. [40]

Území Žalov – Husinec spadá do Studie odtokových poměrů Mělník – Klecany. Studie pojednává o posouzení povodňových rizik, informacích o aktivitách v záplavovém území a zhodnocení jejich vlivu na odtokové poměry Vltavy. Závěr analýzy zahrnuje popis protipovodňových opatření navržených územním plánem.

V zájmovém území se nevyskytují žádné významné retenční objemy. Většina úseku koryta je rovná s neměnicím se korytem. Mezi Klecanami a Kralupami nad Vltavou se rozprostírají malá inundační území s velmi malou retenční schopností. Až v Mělnické kotlině se rozlivy mohou pohybovat až do úrovně několika kilometrů. Proto lze území považovat za retenčně významné. Dále zde nastává soutok Vltavy s Labem a vzniká poměrně rozsáhlá přirozená retenční nádrž. [4] [39]

Řešené území se nachází na pravobřežní části nivy cca 1 km pod Klecanským jezem. Úprava navazuje bezprostředně na plavební komoru, která je viditelná v příčném profilu číslo 10. K největšímu zúžení dochází v příčném profilu číslo 7 na 63 m. Předcházející a navazující úsek toku má 90 m šířky. Příčný profil má převážně pravidelný miskovitý tvar.

**Obr. 1:** Výkres širších vztahů obce Husinec



stav	návrh	rezerva					
			hranice řešeného území				vodní plochy
			dálnice				přívaz
			silnice I. třídy				most
			silnice II. třídy				vedení VVN, transformovna
			silnice III. třídy				plynovod VTL, regulační stanice
			železnice se stanicí, zastávkou				ropovod a produktovod
			vysokorychlostní železniční trať				vodovodní přívaděč, vodojem
			letišťe				čistírna odpadních vod
			ochranná pásma letišťe				odpadové hospodářství
			letišťe - izofona 60 dB				nadregionální biocentrum (NRBC) - schematický zakres
			regionální biocentrum (RBC)				nadregionální biokoridor (NRBK)
			regionální biokoridor (RBK)				přírodní park Dolní Povltaví
			ochranné pásma reaktoru				chráněné ložiskové území

Zdroj: <http://www.husinec-rez.cz>

## 7.2. Vodní dílo Klecany

Účel stavby Klecanského jezu byl zajištění plavebních podmínek, stabilizace minimální hladiny a spádových poměrů, využití hydroenergetického potenciálu a zajištění povolených či smluvních poměrů dle povolení nakládání s vodami. Vytvořenou jezovou zdrž lze využívat i rekreačně. Nalézá se na 37,080 říčního kilometru.

Samotný jez o užité délce 147m se skládá z tří hradících polí o max. výšce 3,3m. Klapky jsou duté, ocelové konstrukce podpírané dvěma hydraulickými válci. Maximální síla hydraulického válce je 3000 kN při maximálním tlaku 16MPa. Ve sklopené poloze vytváří klapka a pevný práh v příčném směru, práh s minimálním vzduťm při průchodu velkých vod. Zaoblení o  $r = 6975$  mm je dáno válcovou plochou klapky. Zatopená plocha jezové zdrže dosahuje až 88ha, kdy průměrná hloubka je 3m a šířka toku 160m. Kapacita jezu je  $650 \text{ m}^3$ . Vzduťá hladina Klecanského jezu se pohybuje do nominálního průtoku  $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na kótě 175,00 m.n.m., pokud dojde k překročení průtoku kóta dosahuje 174,70 m.n.m. s tolerancí +20 cm, -10 cm. K vybřežení vody dochází již při průtocích 700 – 800  $\text{m}^3/\text{s}$ , ta však nepůsobí značné škody. Nebezpečný průtok nastává od  $Q_5$ , kdy průtok dosahuje cca 1600  $\text{m}^3/\text{s}$ . Přepadová energie se tlumí ve vývaru o délce 12,40 m a kótě dna 169,55 m.n.m. [4] [39]

Plavební kanál Zdymadla Klecany – Roztoky byl vystavěn při levém břehu a má délku 950 m. Jeho šířka ve dně dosahuje 20m a plavební hloubka 2,5m . Jsou na něm vybudovány dvě plavební komory na 36,080 říčního kilometru. Je jimi překoná výškový rozdíl 3,9 m. Zprvu byla první komora se svislými zdmi o šířce 11 metrů a délce 73 metrů, druhá se šikmými zdmi o vnitřní šířce ve dně 20 m a délce 132,40 metrů s vjezdovými vraty širokými 11 metrů. Koncem 80. let došlo k rekonstrukci. Komory byly vybaveny svislými stěnami z ocelových štetovnic a horní vzpěrná vrata byla nahrazena hydraulicky ovládanou klapkou. Tak došlo ke zkrácení užité délky malé komory na 58,50 metrů. Malá plavební komora má svislé stěny ze žlutých kvádrů a odlážděné dno. Velká komora byla vystavěna ze štetových stěn z larsen, které jsou zaberaněny do dna a v horní části zakotveny. Jejich stěny jsou opatřeny žebříky a na korunách mají vázací pacholata. Plněny a prázdněny jsou dlouhými obtokovými kanály s vyústěním ve štetové stěně nade dnem. Při povodňových

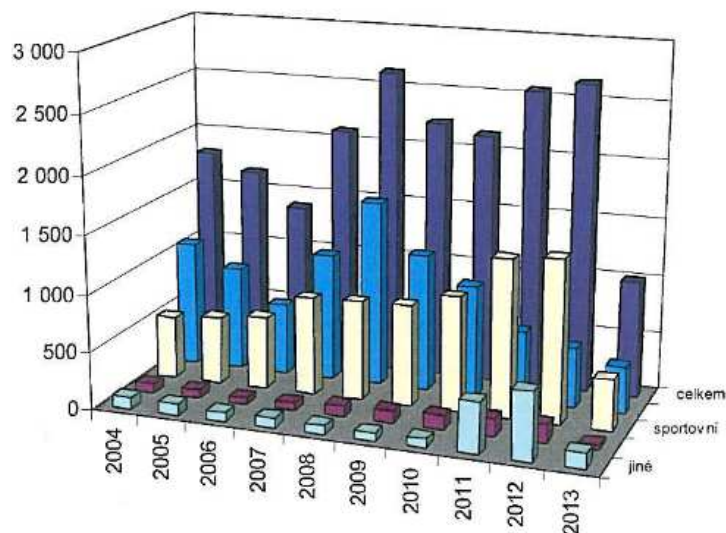
stavech mohou být využity k převodu velkých vod od  $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$ . Doba plnění celé plavební komory sahá téměř k 9 min, doba prázdnění k 8min. [4]

Byla zde vystavěna malá vodní elektrárna, která je osazena dvěma turbínami typu SemiKaplan HydrohromSSK o maximální hltnosti  $21 \text{ m}^3/\text{s}$  a maximálním instalovaným výkonu 482 kW. Průměr oběžného kola je 2300 mm a dosahuje 125 otáček/min. Tento typ turbíny se nejčastěji osazuje do malo-spádových vodních elektráren. [63]

Zmapování využití Klecanského vodního díla bylo odečteno v grafu poskytnutého Povodím Vltavy. Tento graf udává roční průjezdnost zájmovým územím od roku 2004 – 2013. Nejvíce tuto vodní cestu využívají nákladní lodě. Všeobecně od roku 2004 docházelo k postupnému vzestupu až do roku 2012. Nákladní doprava postupně klesala, ale sportovní plavba se rapidně zvyšovala. Rok 2013 zaznamenal značný úbytek lodní dopravy v zájmovém úseku. Počet lodí klesl víc jak o 50%. Přesné údaj obsahuje graf níže. [8] [63]

**Graf 1:** Graf počtu lodí proplouvající zájmovým územím

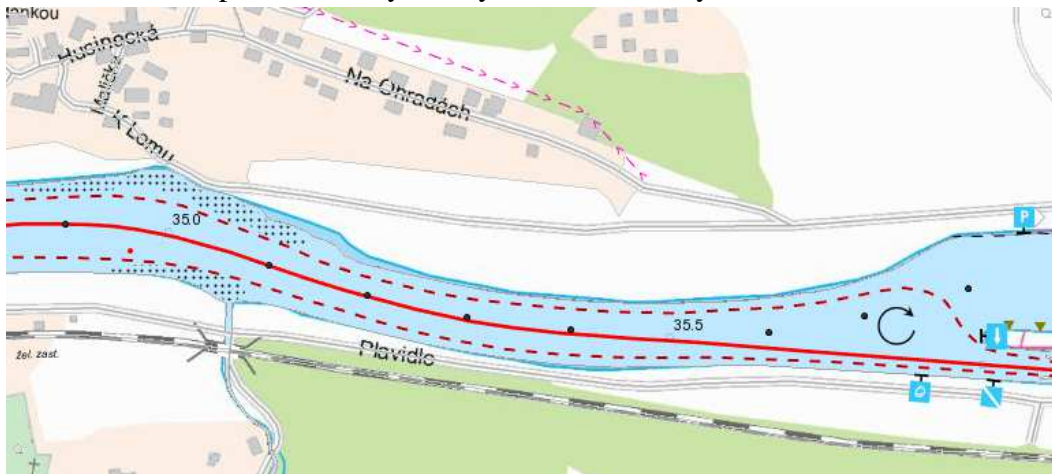
**PK Roztoky - počet proplavených lodí 2004-2013**



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
jiné	101	100	77	83	73	68	78	438	576	133
osobní	78	79	55	66	94	106	122	152	159	43
sportovní	543	582	630	845	861	873	992	1357	1401	437
nákladní	1086	902	614	1103	1604	1186	960	614	518	398
celkem	1808	1663	1376	2097	2632	2233	2152	2561	2654	1011

Zdroj: Povodí Vltavy

**Obr. 2:** Ukázka plavební cesty za zdymadlem Klecany



Zdroj: <http://mapy.spspraha.cz/public/>

### 7.3. Přírodní charakteristiky území

#### 7.3.1. Klimatické poměry

Zájmové území z klimatického hlediska leží podle Quitta v teplé klimatické oblasti T4. Ta je specifická svým velmi dlouhým létem, které je velmi teplé a velmi suché. Přechodné období je krátké, s teplým jarem a podzimem. Zima je krátká, mírně teplá a suchá až velmi suchá s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. [8]

**Tabulka 3:** Charakteristika klimatické oblasti podle Quitta

Charakteristiky klimatické oblasti	T 4
Počet letních dnů	60 - 70
Počet dnů s prům. tepl. 10 ° C a více	170 - 180
Počet mrazových dnů	100 - 110
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	- 2 až -3
Průměrná teplota v červenci	19 - 20
Průměrná teplota v dubnu	9 - 10
Průměrná teplota v říjnu	9 - 10
Prům. počet dnů se srážkami 1 mm a více	80 - 90
Srážkový úhrn ve vegetačním období	300 - 350
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50
Počet dnů zamračených	110 - 120
Počet dnů jasných	50 - 60

Zdroj: *Quitt: Klimatické oblasti Česko-slovenska, 1971*



### 7.3.2. Hydrologické poměry

Hydrologické poměry území závisí na klimatických poměrech, proto jsou roční maxima vodních toků, závislé na srážkové činnosti v době letních dešťů a tání sněhové pokrývky v jarních měsících.

Údaje o hydrologických poměrech byly získány od Českého hydrometeorologického ústavu, který poskytuje celou řadu pozorovaných i odvozených dat.

Každý úsek má číslo hydrologické pořadí. V České republice je systém hydrologické rajonizace stanoven vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí.

**Tabulka 4:** Hydrologické informace o zájmovém území

Vodní tok	V l t a v a		
Číslo hydrologického pořadí	1 - 12 - 02 - 0170		
Profil	jez Klecany – pod plavební komorou		
Plocha povodí A	27 288,03	km <sup>2</sup>	

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P <sub>a</sub>	660	mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q <sub>a</sub>	149	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	třída II.

*Zdroj: ČHMÚ*

N-leté průtoky (Q<sub>N</sub>) patří mezi základní standardní hydrologické údaje povrchových vod. N-letý průtok je takový, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru jednou za N-let.

M-denní průtoky patří dle normy ČSN 75 1400 „Hydrologické údaje povrchových vod“ mezi základní hydrologické údaje a pro libovolný profil říční sítě jsou poskytovány Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Hodnoty M-denních průtoků jsou dle zákona 254/2001 Sb. a související Vyhlášky MZe 432/2001 Sb. nutné jako doklad pro vydání povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami. [50] [1]

**Tabulka 5: M-denní a N-leté průtoky z vodočerné stanice Velká Chuchle**

M-denní průtoky $Q_{Md}$													$m^3 \cdot s^{-1}$	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	tř.	
335	232	180	147	122	103	87,4	73,9	61,9	50,7	40	40	40	II.	

N-leté průtoky $Q_N$							$m^3 \cdot s^{-1}$
1	2	5	10	20	50	100	třída
866	1230	1780	2250	2750	3470	4060	II.

Zdroj: ČHMU

### 7.3.3. Geologické, pedologické a hydrogeologické poměry

Zájmové území je součástí údolní nivy řeky Vltavy, kde předkvartérní podklad tvoří břidlice, prachovce a převažující droby kralupsko-zbraslavské skupiny hornin z období mladšího proterozoika. U naší lokality se vyskytuje činný lom Klecany. Směs těchto hornin je zde těžena a mechanicky drcena na kamenivo různých frakcí.

Bazální polohu kvartérního pokryvu tvoří fluviální náplavy Vltavy z pleistocenního období (starší část čtvrtohor). Je to převážně písčitoštěrkovitá zemina s nenapravitelnou malou příměsí jemnozrnných zemin. Písčité štěrky resp. štěrky s příměsí písků, jsou převážně špatně zrněné. Dosahují mocnosti > 4,50 m. [30] [34]

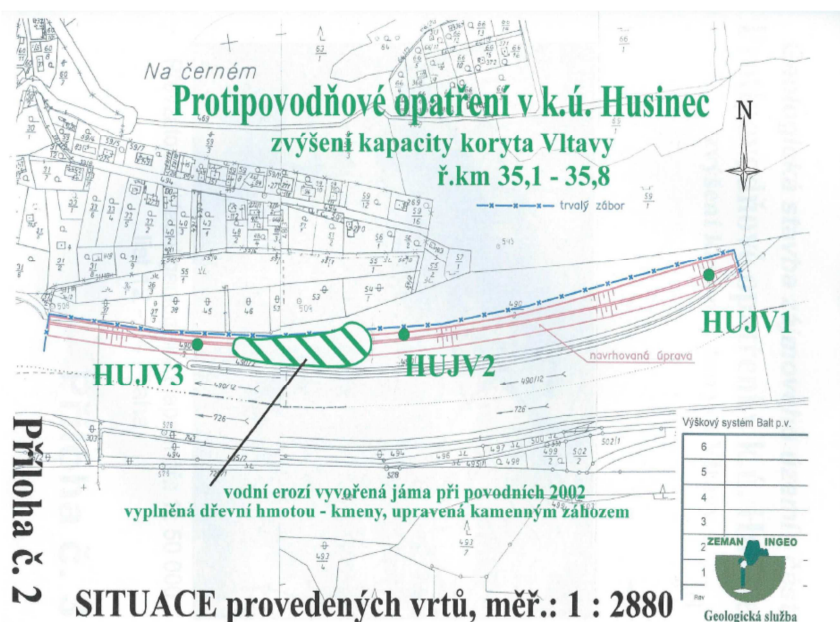
**Obr. 3:** Geologická mapa zájmového území



Zdroj: [www.geology.cz](http://www.geology.cz)

Vzhledem k plánu odstranění zúžení na pravé části břehu, zde byl proveden inženýrsko-geologický průzkum. Ten zjišťoval těžitelnost zeminy, stanovení zrnitosti zemin a posouzení možnosti druhotného využití těžných materiálů. Vyskytují se zde horniny, které jsou popsány výše a navíc materiál, který by navezen do prohlubně vzniklé při povodních v roce 2002. Délka prohlubně dosahovala cca 100 metrů a šířka 40 metrů. Hloubka vymletí dosahovala od 1,5 – 2,5 metrů.

**Obr. 4:** Rozmístění navážek



*Zdroj: Závěrečná zpráva – Inženýrsko-geologického průzkumu protipovodňového opatření v Husinci*

Navážky jsou o mocnostech 1,85 m (HUJV 3) až 3,20 m (HUJV 1). Tvoří je netříděný lomovým kámen, který sem byl navezen v roce 2002, dále různě přemístěné povodňové náplavy o charakteru hlinitých jemných až středních písků s hojnou organickou příměsí a cca 6 – 7000 m<sup>3</sup> kmenů stromů. Jimi také byla zavezena prohlubeň, která vznikla během vodní eroze řeky při nadlimitních průtocích vody. Tato prohlubeň (dle místních) se vyskytuje někde mezi vrty HUJV 2 a 3.

Pod tímto nánosem zemin a organické hmoty jsou holocenní povodňové hlíny (silty) v mocnosti 0,4 m (HUJV 3) až 0,7 m (HUJV 2). Při poslední povodni byly místy tyto hlíny odplaveny a následně nahrazeny navážkami.

Zvodeň podzemní vody je vázána na průlinové prostředí pleistocenních písčitých štěrků. Zvodeň má volnou hladinu, která přímo koresponduje se stavem

vody v řece. Při průzkumu byla zjištěna hladina v hloubce 2 m (HUJV 2) až 3 m (HUJV 1).

#### **7.3.4. Geotechnické poměry a vytěžitelnost zemin**

Z průzkumných vrtů byly zjištěny jednotlivé druhy zemin, které byly posouzeny a zařazeny do tříd dle ČSN 73 1001. Dále byly zeminy zatříděny dle ČSN 73 3050, podle které se zjišťují poměry těžitelnosti zemin.

Ze vzorového řezu pro tvar odtěženého svahu pravého břehu plyne:

- stávající povrch území je v rozmezí kót 173,5 – 174,0 m.n.m.
- dno řečiště je projektováno na kótě 168,3 m.n.m., což znamená 5,2 až 5,7 m pod stávajícím povrchem území

Z provedených vrtů plyne:

- kde neproběhlo smytí povodňových hlín, je průměrná mocnost navážek 2,00m
- navážky jsou tvořeny převážně netříděným lomovým kamenem a podřadně z hlinitých materiálů
- pod navážkami jsou povodňové hlíny v mocnosti 0,40 m (HUJV 3) až 0,7 (HUJV 2)
- pod povodňovými hlínami jsou fluvialní písčité štěrky a štěrky s příměsí písku a místy i s jemnozrnnými zeminami s číslem nestejnorodosti  $C_u$  v rozmezí 23 – 50
- štěrky mají velikost do 10 cm, ojediněle i větší (do 30 cm)
- štěrkovité zeminy jsou převážně ulehle ( $I_d > 0,7$ )
- v území vrtů HUJV 1 a 2 budou v hloubce  $\geq 5$  m těženy sutě tmavých drob s častějšími kameny o velikosti  $> 10$  cm

## **Těžitelnost zemin**

Při odtěžování navážky a povodňové hlíny z pravého břehu se doporučuje odtěžit cca 0,1 m nad hladinu podzemní vody.

Při první etáži nánosů lze předpokládat:

- Odtěžení dřevní hmoty v ceně nakládky
- Odtěžení kamenitých navážek a hlín v průměrné mocnosti 2,30 m

Z 85 %	ve třídě	3	dle ČSN 73 3050
Z 15 %	ve třídě	5	dle ČSN 73 3050
- Odtěžení povodňových hlín v průměrné mocnosti 0,5 m ve třídě 2.

Při druhé etáži lze předpokládat, že skladba těženého materiálu bude tvořena z písčitých šterků a šterků (těženo z vody) do hloubky cca 5 m (od stávajícího povrchu území), hlouběji pak těžba sutí.

## **Využitelnost zemin**

1). Zeminy z I. etáže:

- Při těžbě na jeden záběr dojde k promísení zemin. Materiál lze využít do násypů aktivní zóny a zpevněných ploch, zásypů podzemních vedení i násypů, které budou tvořit základovou půdu drobných objektů (musí být zhutněna)
- Povodňové hlíny selektivně odtěžené nelze využít. Pokud bude smíšena s kamenitou zeminou, dojde k jejímu znehodnocení
- Dřevní hmota (bude-li očištěna) bude využitelná pouze podrcením na štěp do spaloven

2). Zeminy z 2. etáže

- Jsou využitelné v plném rozsahu do betonových směsí (po ošetření), konstrukcí vozovek, zpevněných ploch, pod podlahami i jako sanační zeminy [30]

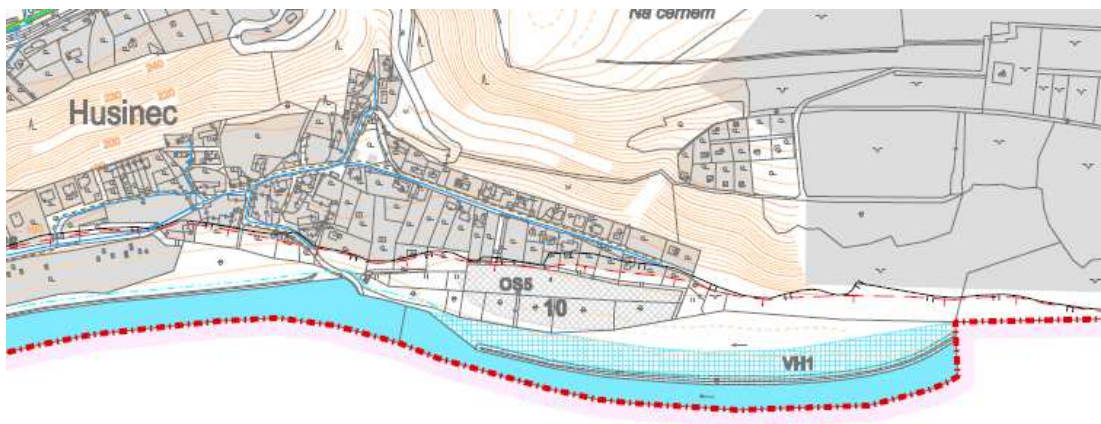
## 7.4. Územní plán obce Husinec

Dne 1.7.2010 došlo k nabytí účinnosti aktuálního Územního plánu. Dle tohoto dokumentu je již plně počítáno s rozšířením koryta, které by mělo ovlivnit snížení povodňových rizik. Jsou zde vyznačeny plochy vyjádřené druhem ploch s rozdílným využitím jako vodní a vodohospodářské plochy VH. Úsek koryta Vltavy, který je v této diplomové práci řešen, je zapsán jako plocha VH1 viz Obr 4 Tento úsek nekřížují žádné inženýrské sítě.

V řešeném území již došlo k vymezení záplavového území, a to na Q100, Q20 a Q5. Plochy nacházející se v záplavovém území budou využívány pouze pro stavby, které nebudou bránit odtoku v případě záplavy. V této zóně neproběhne výstavba budov. Jsou zde přípustné rozvojové lokality v podobě ukončení přívozu, plochy pro sport, zahrady, koncová plocha pro obnovu přívozu aj.

Dále je zde evidována zóna zasažení v případě vzniku mimořádných událostí, které mohou být způsobeny protržením hráze vodního díla Orlick. Její rozsah však není znám. Vzhledem k lokalizaci obce v případě zvláštní povodně je její zasáhnutí zcela nevyhnutelné. Nejbližší vodočetnou stanicí je Praha – Malá Chuchle, podle které se vyhlášují povodňové stupně. V případě ohrožení má obec zpracován evakuační plán. V řešené lokalitě se nachází nadregionální USES, ten je z hlediska územního plánu brán v potaz jako jeden z limitů využití území. Jedná se o nadregionální biocentrum s označením NRBC 2001 Údolí Vltavy. Jeho hranice bude vzhledem ke změnám v územním plánu zmenšena. [40]

**Obr. 5:** Zobrazení plochy VH1 v Územním plánu obce Husinec



Zdroj: <http://www.husinec-rez.cz>



Ochrana vod, vodních zdrojů a toků vyplývá ze zákona o vodách zákon č. 254/2001. Důležitá je potřeba umožnit péči o koryta vodních toků. Ta je zachovávána formou nezastavěného území v bezprostředním okolí vodního toku tzv. manipulační pásma. Dle odstavce § 49 vodního zákona mohou správci toků při výkonu správy vodního toku, pokud je to nezbytně nutné a po předchozím projednání s vlastníky pozemků užívat pozemků sousedících a to

- a) u vodních toků, které jsou vodními cestami dopravně významnými, nejvýše v šířce do 10 m od břehové čáry,
- b) u ostatních významných vodních toků jiných než pod písmenem a) nejvýše v šířce do 8 m od břehové čáry,
- c) u drobných vodních toků nejvýše v šířce do 6 m od břehové čáry.  
(citace zákon)“

Pro Vltavu byl vymezen prostor pro údržbu 10 m. Dále je stanoveno že:

Správci vodních toků jsou oprávněni:

- a) při výkonu svých práv a povinností vstupovat a vjíždět v nezbytném rozsahu na cizí pozemky a stavby, pokud k tomu není třeba povolení podle zvláštních právních předpisů. [50]

#### **7.4.1. ÚSES**

Dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny § 2 ochranu přírody a krajiny poskytuje územní systém ekologické stability. Tento zákon jej definuje v § 3 odstavci

- a) územní systém ekologické stability krajiny (dále jen "systém ekologické stability") je vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. [46]

Zajištění pozemků k tvorbě ÚSES definuje § 59 .

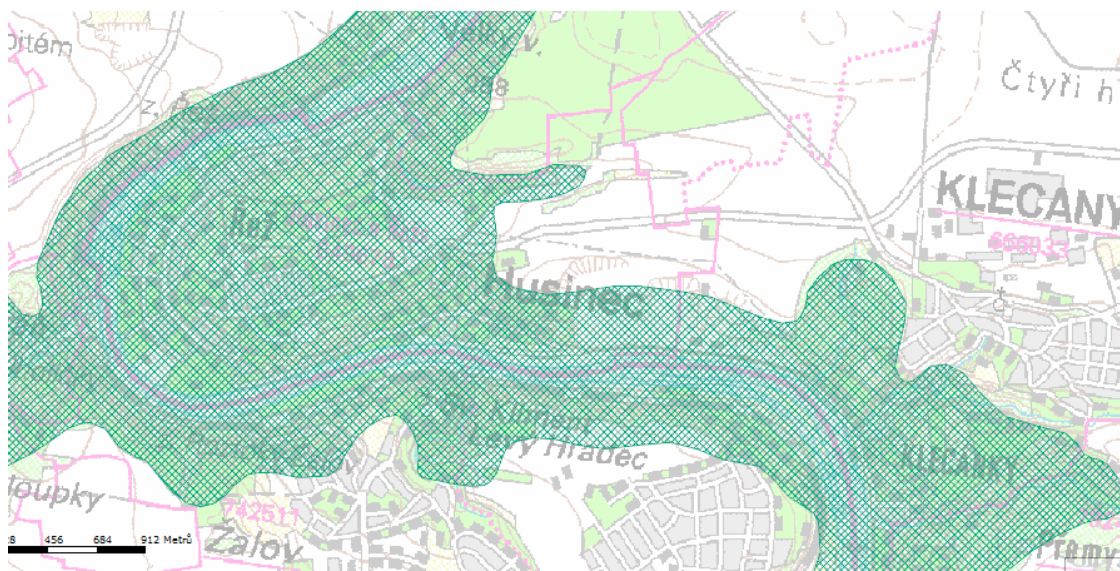
(2) Vyžaduje-li vytváření systému ekologické stability změnu v užívání pozemku, se kterou jeho vlastník nesouhlasí, nabídne mu pozemkový úřad výměnu jeho pozemku za jiný ve vlastnictví státu v přiměřené výměře a kvalitě jako je



původní pozemek, a to pokud možno v téže obci, ve které se nachází převážná část pozemku původního. [49]

Hlavními cíli ÚSES je zachování přirozeného geofondu krajiny, udržení a podpora biodiverzity a vytvoření ekologicky stabilních území. Oblast nastávající úpravy koryta toku Vltavy se nalézá v nadregionálním biocentru NRCB 2001 Údolí Vltavy viz obr 5. Jedná se o významné krajinné celky s minimální plochou 1000 ha. Důležité je zde podporovat přirozenou sukcesi a chránit ho před turistickou devastací. Dále se v katastrálním území nachází krátký úsek lokálního biokoridoru LBK 10 V Lobči a lokální biocentrum LBC 13 V Lobči. [40]

**Obr.6:** Nadregionální ÚSES Údolí Vltavy



Zdroj: [www.ochranaprirody.cz](http://www.ochranaprirody.cz)

## 7.5. Povodňový plán obce Husinec

Povodňový plán řeší a určuje organizační a technická opatření potřebná pro včasný a ověřený přenos informací o možnosti povodňového nebezpečí. Snaží se o odvrácení či zmírnění škod na majetku při povodni, včasné provedení evakuace (a tím zabránění zejména ztrát na lidských životech). Vychází ze zkušeností z dřívějších povodní, charakteristiky území, hydrometeorologických, vodních a záplavových poměrů v oblasti umístění budov, skladů a dalších zařízení.

Obec Husinec je poměrně značně ohrožena, jelikož se rozprostírá hned vedle Vltavy, která páchá 99,5% veškerých povodňových škod. Částečné ohrožení 0,5% plyne z bezejmenných drobných vodotečí ve správě obce Husinec – Řež.

Hodnoty průtoku hladin velkých vod jsou stanoveny o velikostech  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ . Povodeň v roce 2002 byla pro sledovaný profil hodnocena jako povodeň  $Q_{500}$ , která je považována za největší povodeň v novodobé historii. Obec je také ohrožena tzv. zvláštními povodněmi, při kterých by mohlo dojít k technickým závadám na vodních dílech (Orlík, Slapy a vodního díla Švihov). Pro protipovodňovou ochranu je nezanedbatelný vliv Vltavské kaskády, která má značný vliv na transformaci povodňové vlny. Je nutné při tom ovšem upozornit, že tento ochranný vliv se projevuje při povodni do hodnoty maximálně cca  $Q_{10}$ , a to pouze na Vltavě. [39] [25]

Opatření prováděných při řízení ochrany před povodněmi se řídí vývojem povodňové situace a vyjadřuje se třemi stupni povodňové aktivity. Ty jsou definovány v zákoně č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů v § 70 takto:

### Stupně povodňové aktivity

a) první stupeň (stav bdělosti) nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí; tento stav nastává rovněž vydáním výstražné informace předpovědní povodňové služby; vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí, zahajuje činnost hlásná a hlídková služba; na vodních dílech nastává tento stav při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností, jež by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně,

b) druhý stupeň (stav pohotovosti) se vyhláší, když nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň, ale nedochází k větším rozlivům a škodám mimo

koryto; vyhláší se také při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti; aktivizují se povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu,

c) třetí stupeň (stav ohrožení) se vyhláší při bezprostředním nebezpečí nebo vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém území; vyhláší se také při dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti současně se zahájením nouzových opatření; provádějí se povodňové zabezpečovací práce podle povodňových plánů a podle potřeby záchranné práce nebo evakuace. [6]

Dne 18. 3. 2014 proběhla povodňová prohlídka břehu v katastrálním území Husinec u Řeže. Při povodni roku 2013 byly nalezeny nepřesnosti v záplavovém územní Q<sub>100</sub>, kdy došlo k zaplavení většího území obytných domů, než s ním bylo počítáno v povodňovém plánu. Příčinou může být chybné zaměření profilu území, z toho důvodu byly nové podklady předány Povodí Vltavy. Zástupci PVL přislíbili připravení nových podkladů, které by měly nesrovnalosti vyřešit. Přichází nutná potřeba aktualizace Povodňového plánu obce.

Při kontrole břehu na území Husinec u Řeže bylo nalezeno několik nedostatků. Na břehu se nachází několik hromad obsahující zbytky povodňových nánosů, zejména dřevo a kořeny. Tyto kořeny a dřeva obec po poslední povodni za pomoci armády ČR soustředila na několika místech a páčila. Úklidové práce byly prováděny na pozemcích, se kterými hospodaří Povodí Vltavy. Bylo tedy domluveno, že PVL odpad zlikviduje (odveze či na místě spálí). [39]

## 7.6. Povodňové situace v zájmovém území

K rozlivu vody dochází již při průtocích 700 – 800 m<sup>3</sup>/s. Tento průtok ale nepůsobí značné škody. Nebezpečný průtok nastává od Q<sub>5</sub>, kdy průtok dosahuje cca 1600 m<sup>3</sup>/s.

V záplavovém území se nachází 46 domů, 20 chat a 90 trvale žijících obyvatel. V období sezóny, kdy přijíždějí chataři, se počet zvýší cca 110 -150 obyvatel. Byla vyčíslena kvantifikace možných škod při průtocích Q<sub>5</sub> Q<sub>20</sub> Q<sub>100</sub> a Q<sub>2002</sub>. Vyčíslení škody bylo provedeno v korunách na jednotku zaplavené plochy. Jako podklad posloužily záznamy ze škod při povodni roku 2002. Škoda při jednotlivých průtocích je 120 Kč/m<sup>2</sup>. Nakonec došlo k výpočtu počtu ohrožených osob při jednotlivých průtocích. Tato kalkulace vychází z údajů z roku 2001 o počtu obyvatel od českého statistického úřadu, kdy v obci bydlelo 852 obyvatel. [39]

**Tabulka 6:** Škody způsobené povodněmi v obci katastrálním území Husinec u Řeže

	Škoda [mil/Kč]	zaplavená zastavěná plocha [m <sup>2</sup> ]	Počet osob ohrožených při průtoku
Q <sub>5</sub>	4.11	34100	30
Q <sub>20</sub>	7.21	59900	53
Q <sub>100</sub>	12.7	100200	89
Q <sub>2002</sub>	41	340500	90

*Zdroj: Povodí Vltavy*

## 7.7. Vlastnické poměry a popis pozemků

Všechny pozemky, kterých se stavba buď přímo dotkne, či s ní budou jen sousedit, se vyskytují v aktivní záplavové zóně. Převažují zde ostatní plochy se způsobem využitím neplodných půd a dobývacího prostoru. Jak již bylo zmíněno v kapitole geologických poměrů, v oblasti Husinec se nalézají ložiska stavebního kamene č. B 3 021600 Klecany-Husinec se stanovenými dobývacími prostory DP 700075, DP 700663 a chráněným ložiskovým územím č. 02160000 Husinec. Kamenolom v námi dotčeném území s číslem DP 700075 ve správě Lom Klecany s.r.o. je využíván k těžbě drceného kameniva.

**Tabulka 7:** Pozemky sousedící a dotčené stavbou, jejich druh a způsob využití

Pozemky	č.p.	druh pozemku	způsob využití
dotčené: k.ú. Husinec u Řeže	490/2 490/3 490/12	ostatní plocha vodní plocha vodní plocha	neplodná půda koryto vodního toku přirozené nebo upravené koryto vodního toku přirozené nebo upravené
sousedící: k.ú. Husinec u Řeže	59/1 57/1 55/2 54/2 54/1 53 46 45 38 37/3 37/1 59/2	ostatní plocha ostatní plocha trvalý travní porost ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha ostatní plocha	dobývací prostor dobývací prostor  neplodná půda neplodná půda neplodná půda neplodná půda neplodná půda manipulační plocha neplodná půda neplodná půda dobývací prostor

*Zdroj: Katastrální úřad*

Všechny přímo dotčené pozemky jsou dle katastru nemovitostí majetek České Republiky se správou Povodí Vltavy. Převážnou část pozemků sousedících má ve vlastnictví obec Husinec a Lom Klecany s.r.o. Zbylé menší sousední pozemky patří soukromým osobám.

## 8. Úprava toku v úseku Žalov – Husinec

Úprava toku v úseku Žalov – Husinec oblastně spadá pod studii odtokových poměrů Mělník – Klecany. Ta byla zpracována z důvodu vylepšení protipovodňových opatření. Z této studie se vychází při všech řešení této problematiky v území, kterým se zabývá. Základní informace o této studii byly popsány v kapitole 6.1. Vymezení zájmového území. [4]

### 8.1. Druhy povodní na území Husince

V územní působnosti obce Husinec (Vltava) lze předpokládat z hlediska škod a důležitosti pro povodňový plán typy povodně v pořadí:

1. letní povodně způsobené dlouhotrvající dešti
2. zimní a jarní povodně
3. letní povodně způsobené krátkodobými dešti
4. zimní povodně, způsobené ledovými jevy

Přirozená povodeň ovlivněna mimořádnými příčinami se, zde může vyskytnout pouze v případě:

- ucpáním koryta Vltavy ledem při výrazném ledochodu ze Sázavy a z Berounky a jejím vylitím z koryta. Tato možnost je velmi nepravděpodobná.
- ucpání komunikační lávky přes Vltavu do zastávky ČD Řež

V území obce Husinec je možný výskyt zvláštních povodní:

- narušení vzdouvacího tělesa vodního díla
- poruše hradících konstrukcí výpustných zařízení vodních děl
- selhání řídicích systémů hradících konstrukcí [39]

### 8.2. Popis úpravy koryta - rozšíření užitím ostrovů

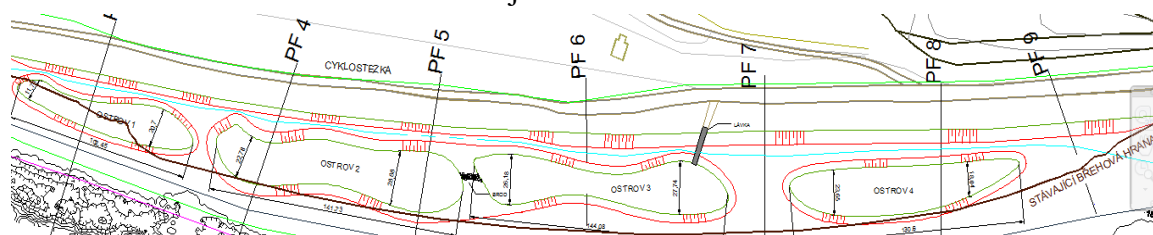
Úprava se bude probíhat na říčním kilometru 35.1 - 35.9, kdy se týká pouze pravostranného úseku koryta. Byl zohledněn geomorfologický vývoj koryta a ekosystémové funkce. Jedná se o odtěžení úseku zužujícího příčný profil koryta. Podélný profil koryta zůstane nepozměněn, jelikož veškeré úpravy budou napojeny na stávající koryto již před osou toku. V úseku stavby neprocházejí žádné inženýrské sítě a ani nedochází k jejich křížení s tokem. Co se týče dopravy na

stavbu, kolem toku prochází asfaltová cyklostezka, která by mohla být využita jako přístupová komunikace. Dále se vedle zájmového území nachází kamenolom, ke kterému také vede silniční komunikace.

Úprava spočívá v posunutí břehové hrany v nejdelším úseku PF 5 od osy koryta o cca 55 m na šířku koryta 119 m. K tak výraznému posunutí břehové hrany došlo v důsledku zasazení 4 ostrovů do úpravy. Ty jsou navrženy tak, aby nenarušovaly splavnost toku a nedocházelo k jejich přesahu za původní břehovou hranu. K tomuto jevu dochází jen v případě ostrova 1, který sice původní břehovou hranu přesahuje, ale nikterak nepřekáží ve splavnosti. Ostrovy jsou navrženy, tak aby při průchodu vyšších povodňových průtoků došlo k jejich případnému zaplavení a tak napomohly protipovodňové situaci. Čelo ostrova 4 bude muset být opevněno vyšším kamenným záhozem, jelikož při bude nejvíce ohrožen povodňovými vodami. Terén na území úpravy bude odtěžen nebo snížen. Jejich nadmořská výška byla navržena na 171 m.n.m. Při běžném průtoku hladina vody dosahuje hodnot kolem 170 m.n.m, ostrovy budou tedy vyčnívat nad hladinu vody.

Ostrov 1 a 4 jsou odděleny od ostatních a nejsou plně přístupné. Ty budou využity jako stanoviště pro vodní ptactvo např. kachny divoké, lysky černé, racka chechtavého, labuť velkou aj. Na ostrov 3 bude zavedená přístupná pěší lávka a přes brod s mělčinou bude možno dojít i na ostrov 2. Lávka bude zbudována z voděodolného materiálu, aby nedocházelo k jejímu poškození např. přepjaté betonové panely. Bude opatřena zábradlím. Její mostovka bude uložena na betonových pilířích a nosnost dimenzována na užití lehkým nákladním automobilem (2,5t), kdy může být využita i pro příjezdy drobné údržbové techniky. Linie ostrovů bude oddělovat boční koryto od hlavního toku. Jeho šířka 4-5 m a hloubka +/- 1 m bude zajišťovat diverzitu pro vznik různých biotopů. Boční rameno a ostrovy jsou rozmístěny tak, aby za běžných průtoků docházelo k natékání a umožněno protékání vody. Detailní řešení návrhu v kapitole 14. Přílohy – Výkresová část.

**Obr 7.** Ukázka návrhu ostrovu se stávající břehovou čarou.



Zdroj: Výkresová část této diplomové práce

### **8.2.1. Opevnění břehů**

#### **Nevegetační část opevnění**

Kamenný zához patří k nejčastěji používaným opevněním pat svahů břehů. Dělá se z lomového kamene či prefabrikovaných prvků. Vytvoří se z něj těleso zapuštěné nebo částečně vystupující ze břehu nebo dna koryta. V případě větších toků, kdy hladina průměrných vod sahá relativně vysoko nad dno, se používá pod vodou, kde nelze svahy vegetačně opevnit. Výhodou je, že při vhodném návrhu velikosti zrn chrání svah při zdeformování tvaru.

Stabilizace úpravy je zajištěna právě opevněním pomocí kamenného záhozu. Hlavní koryto bude opevněno záhozem z lomového kamene s urovnaným povrchem a záhozovou patkou na rozhraní ostrovů a hlavního koryta. Paty svahu bočního koryta budou také opevněny kamenným záhozem menších rozměrů, jelikož zde nedochází k takové rychlosti proudu vody. Kamenné záhozy budou provedeny z větších kamenů tak, aby mezery mezi kameny tvořili krytové záležitosti pro vodní živočichy. [19] [41]

#### **Vegetační část opevnění**

Vzrostlá vegetace dokáže svým kořenovým systémem zajistit větší odolnost proti unášecí síle vodního proudu. Zároveň nadzemní orgány zvyšují drsnost a tím snižují rychlost na březích. Dále vegetace zakrývá neestetický vzhled nevegetačních prvků konstrukce a přispívá k zapojení do okolního prostředí.

Celkový charakter ozelenění je navržen tak, aby měl prostor charakter parkové úpravy. Dále bylo opevnění navrženo tak, aby funkčně a architektonicky doplnilo celou úpravu. [14]

#### **Vrbové řízky**

Konec kamenného záhozu je oživen vrbovými řízký. Při opevňování břehů se užívají pouze řízky z keřovitě rostoucích druhů vrb. Samotná výroba řízků se provádí z kvalitních prutů. Řezou se kolmo na osu prutu, kdy horní řez je veden těsně nad pupenem a umístění dolního řezu není závislé na postavení pupenu. Osázení břehů vrbovými řízký patří mezi nejjednodušší avšak pracné zakládání ochranných porostů. Jsou vysazovány v řadách 30 – 50 cm ve sponu 30 cm. Řízek je nutno vložit do otvoru ve směru růstu. Pokud jsou půdy suché, zapouští se až po horní konec nad



terén jen na jedno očko. V ostatních půdách se nechávají vyčnívat 5 – 10cm nad terén. [22] [14]

### **Travní porost osetím**

Travní směsi svahu zpevňují půdní povrch a zabraňují vzniku či rozvoje půdní eroze. Při zakládání travního porostu je nutné si uvědomit, že vytrvalost celkového zapojení a životaschopnost závisí na počtu vyvinutých jedinců v prvních 2 -3 měsících po samotném výsevu. Před výsevem je důležité provést dostatečné uložení vrstvy humusu a následně svah zkypřit. Vrstva humusu, by měla být dostatečná pro zpracování osiva 5 -15cm. Následný osev pak probíhá ručně či za pomoci jiných technologických postupů. Nejvhodnější část roku pro provádění osevu je jarní období, ale je možné trávy vysazovat až do srpna. Dále jsou semena do půdy zapraveny zaválením. Ošetření v první fázi probíhá závlahou (v menších dávkách, aby nešlo k splachu semen), hnojením a ochranou před poškozením. Velice žádoucí je provést v roce výsevu jednu až dvě odplevelovací seče, kdy dochází k příznivému rozvoji porostů. Ty jsou vykonávány v období 8 až 12 týdnů při výšce porostu 10 -15 cm. [22] [29]

Travní porost je schopen odolávat v krátké době rychlosti až do 4,0 ms<sup>-1</sup> a kritickým tečným napětím do 100 Pa. K souvislému zatopení během vegetačního období by nemělo dojít po dobu delší než 14 až 21 dnů. [41]

Travní porosty napomáhají útlumu kinetické energie dešťových kapek, zachycují podíl srážkové vody svým aktivním povrchem a zvyšují zasakovací schopnost půdy. Důležitou vlastností kořenů je pevnost v tahu, díky které dochází k celkovému zpevnění svahu. Dále má čistící a bio-filtrační schopnosti. Při správném zapojení travního porostu omezuje smývání nežádoucích látek do vodních toků např. hnojiv.

K osetí travním porostem dojde na kamenných záhozech nad výškou průměrné hladiny vody. Dále budou osety vzniklé ostrovy, jejichž svah v sublitorálním pásmu bude doplněn vegetací rákosin. [22]

### **Kritéria návrhu pro travní směsi :**

1. produkce dostatečného množství nadzemní hmoty v co nejkratším čase
2. trvalá produkce nadzemní hmoty by neměla překročit 180 g/m<sup>2</sup>
3. odolnost proti chorobám a škůdcům
4. odolnost proti klimatickým výkyvům v našich zeměpisných šířkách
5. odolnost proti zatopení
6. schopnost vytvářet hustý kořenový systém
7. odolnost proti namáhání proudící vodou v říčním korytě

### **Příklady složení travních směsí :**

Travní směsi pro eulitorální pásmo v zóně měkkých dřevin:

Lipnice luční	31 kg/ha	25%
Lipnice úrodná	19 kg/ha	10%
Jílek italský	5 kg/ha	2 %
Chrastice rákosovitá	50 kg/ha	55%
Psárka luční	17 kg/ha	8%

### **Rákosiny**

V sublitorálním pásmu ostrovů na straně bočního koryta jsou navrženy rákosiny. Tvoří velmi významný biotop, který se podílí na zadržení vody v krajině. Tyto rostliny koření v půdě zatopené vodou, nad vodu vyčnívá jejich ústrojí přizpůsobené životu na vzduchu. Rostliny se pasivně přizpůsobují kolísání vody svou rezistencí podzemních částí. Ta také stabilizuje svahy břehů. Jejich další úlohou je vytváření hnízdišť pro vodní ptactvo.

V návrhu byla zvolena jako dominantní rostlina rákos obecný, ostřice štíhlá a chrastice rákosovitá. Rákos obecný je hojně využíván jako biologická ochrana břehů u nížinných řek, kanálů a jezer. Zpevňuje svahy břehů pod vodou i nad ní. Nemá velké nároky na kvalitu půdy. Ostřice štíhlá má velice pozitivní vliv na ochranu břehů. Je schopna rychle zakořenit a přežít i v oblasti s kolísáním vody. Má velmi malé nároky na stanoviště. Chrastice rákosovitá je vhodná pro užití jako předěl mezi travním osemem a rostlinami v sublitorálním pásmu. Má velkou regenerační schopnost a po zasazení vytváří rychle souvislý porost. Nebrání přístupu k vodě, jelikož její listy nejsou tvrdé. [22] [37]

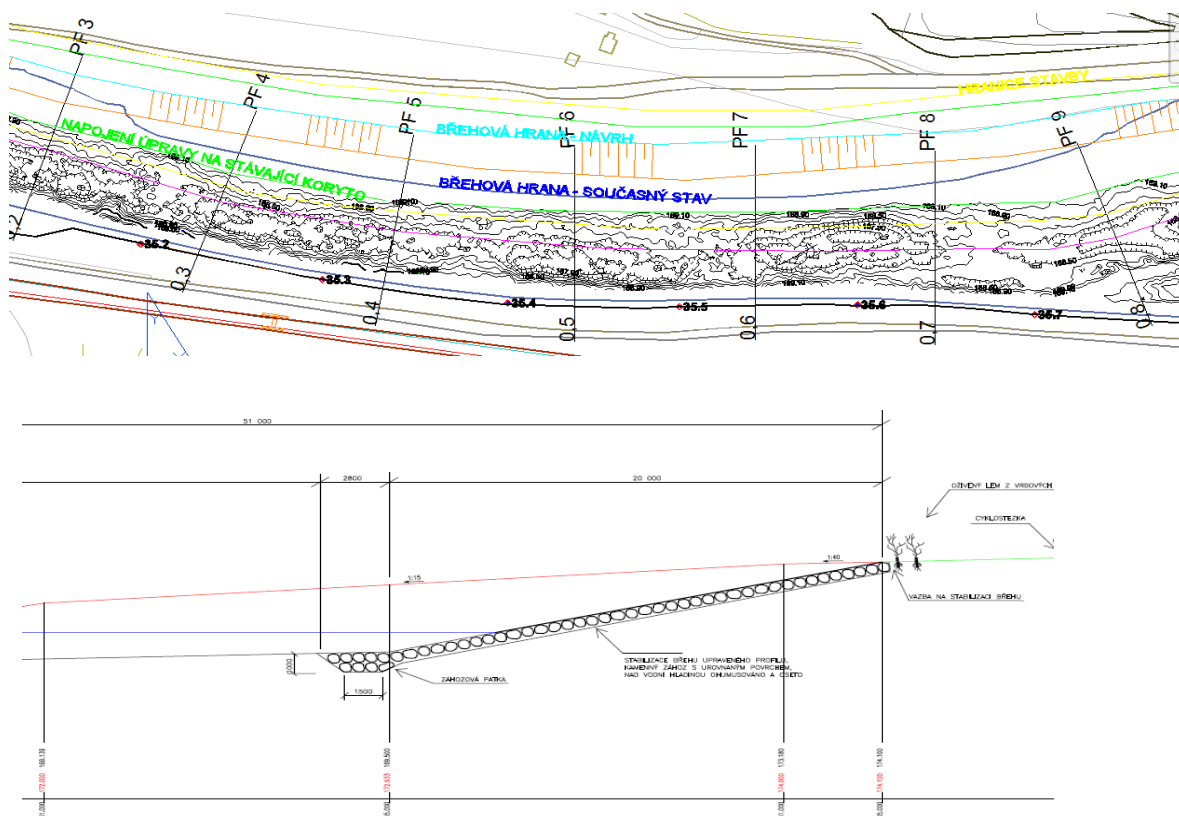
### 8.3. Popis úpravy

Popis úpravy a podklady s ním spojené byl získán od Bc. Miroslavy Jansové, která zpracovává Diplomovou práci na stejném úseku, ale s jiným řešením. Jedná se také o pravostrannou úpravu, avšak dochází k úplnému rozšíření bez zapojení jakýchkoli ostrovních útvarů.

Při tomto návrhu jde o plynulý přechod do stávajícího koryta. To má na začátku úpravy šířku cca 90, tudíž i úsek koryta by po odstranění zeminy měl těchto hodnot dosahovat. Šířka toku byla navržena v úseku horní úpravy profilu PF 6 - PF 10 na 100 m. V místě profilu PF6 docházelo k přeplnění koryta. Dolní úsek od PF 1 – PF 6 se pomalu zužuje na šířku 90 metrů. Svahy břehu mají sklon 1:4 – 1:8 a dosahují až 20 m. Návaznost na původní koryto u dna vzniká na kótě 169.5 m. n. m. K napojení svahů na stávající terén dochází na kótě 172 – 174.5 m. n. m.

Pro stabilizaci břehu upraveného profilu bude použit kamenný zához se záhozovou patkou na patě svahu. Kamenný zához bude oset nad hladinou průměrného průtoku. Na jeho vrcholu v návaznosti na stávající terén budou zasazeny vrbové řízky. Tato stabilizace svahu je pro oba návrhy stejná. [9]

**Obr. 8 a 9** Ukázka návrhu celkového odstranění zúžení a vorového příčného řezu



Zdroj: Návrh situace a vzorový příčný řez z diplomové práce Bc. Miroslavy Jansové

## 8.4. Použití programů společnosti Autodesk

AutoCAD byl původně koncipován jako 2D program pro projektování a konstruování, modernější verze nabízejí i možnosti výběru 3D návrhu. Byl vyvinut společností Autodesk. Je hojně užíván v oborech strojírenské konstrukce, stavební projekce a architektury, mapování a terénních úprav. Jeho součástí je široká paleta nástrojů, která se běžně využívá pro technické kreslení. Uživatelské rozhraní je přehledné a v rámci možností upravitelné dle potřeb uživatele. Program obsahuje mnoho funkcí, které usnadňují a značně urychlují práci při tvorbě výkresů. Mezi základní funkce patří tvorba kót, šrafy, sada značek elektronických součástek aj.

Tato práce byla vytvořena ve studentské verzi AutoCAD Civil 3D. Jedná se o verzi rozšířenou o výkonné integrované aplikace pro modelování a efektivnější projektování v oblastech: doprava a liniové stavby, projekty obytných a obchodních zón, práce s krajinou, potrubí, kanály a dalších druhy inženýrských projektů.

V této studii byl program užit pro vytvoření situace a doladění příčných a podélných profilů. Pro situaci byly využity podklady od ČÚZK a povodí Vltavy. Data o terénu nad hladinou poskytl ČÚZK a pod hladinou Povodí Vltavy.

Pro vytvoření podélného a příčných profilů byla použita nadstavba AutoCadu Autopen. AutoPen se dělí na mnoho jednotlivých podkategorií. Každá má svůj specifický účel a možnosti. Mimo kategorie užití v této studii se dále jedná o výpočet kubatur odstraněné zeminy, návrh vodovodní či kanalizační sítě aj.

Jeho jednoduchost v tvorbě profilů spočívá v tom, že do tabulky „trasa“ jsou jen zadány parametry koryta, které je následně programem vykresleno. Lze využít i vkládání křížení s inženýrskými sítěmi a mnoho dalších funkcí.

## 9. Stanovení záplavových čar

### 9.1. Matematické modely

Všeobecně jsou modely považovány za zjednodušení skutečné reality. Nejobecnější modely proudění se zakládají na Navier-Stokesových rovnicích, které popisují proudění nestlačitelné vazké tekutiny. Ty jsou rozepsány do tří rovnic pro jednotlivé složky vektoru rychlosti proudění. Čím komplikovanější model, tím je užito více parametru, které mohou vést k neurčitosti výsledku. Pro zjednodušení Navier-Stokesových rovnic při modelování říčního proudění v jedné dimenzi se užívají tzv. Saint-Venantovy rovnice (1), reprezentující zákon zachování hmotnosti a momentovou bilanci. Pokud počítáme s ustáleným prouděním, Saint-Venantovy rovnice (1) se redukuje na nelineární diferenciální rovnici a tím dochází k jejich zjednodušení. Jednorozměrné modely umožňují provést výpočet podélného profilu při zadání okrajových podmínek a popsání řady parametrů pro fyzikálně geometrické vlastnosti např. sklon, hydraulickou drsnost apod. Dále vypočítají údaje o úrovni hladiny a průměrné rychlosti proudění v jednotlivých příčných profilech a rozliv v zájmovém území. Výhodou těchto modelů jsou malé nároky na vstupní data, jednoduchost a snadno se aplikují i na delší úseky toků. [5] [23] [37]

Podmínky pro zjednodušení modelu:

- Jedná se o nestlačitelné vazké kapaliny
- Rychlost je pouze horizontální a konstantně prochází přes celou plochu příčného řezu
- Malý sklon dna

Saint-Venantovy rovnice lze psát ve tvaru (1):

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(UQ)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) + gAS_f = 0 \quad (1)$$

kde  $Q$  je průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$A$  je průtočná plocha příčného řezu [ $\text{m}^2$ ],

$U=Q/A$  je střední průřezová rychlost [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$h$  je hloubka vody [ $\text{m}$ ],

$S_0$  je sklon dna [-],

$S_f$  je sklon čáry energie [-]

$g$  je gravitační zrychlení [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ] [21]

## 9.2. Proudění kapalin

Pohyb kapalin je ve srovnání s pohybem pevných těles daleko složitější, jelikož částice kapaliny lehce mění svou vzájemnou polohu. Pokud převažuje pohyb v jednom směru, nastává proudění kapalin.

Říční proudění probíhá v otevřených korytech, kde základními charakteristikami koryt je průtočná plocha, omočený obvod a hydraulický poloměr. Při návrhu tvaru koryt je potřeba vycházet z průtoku, střední průřezové rychlosti a podélného sklonu. Trendem dnešních dob je vytváření koryt, které svým tvarem napodobují přírodní koryto.

### 9.2.1. Druhy proudění

V otevřených korytech dochází k několika druhům proudění.

- **Ustálené x neustálené**

V závislosti na čase se jedná o proudění ustálené a neustálené. Během ustáleného proudění je průtok v daném profilu v čase konstantní. Ustálené proudění se dělí na rovnoměrné a nerovnoměrné. Pokud dochází k rovnoměrnému pohybu, je konstantní nejen průtok, ale i ostatní charakteristiky proudění koryta např. tvar, drsnost, sklon, rychlost proudění. Hladina prochází rovnoběžně se dnem (zanedbání místních ztrát), tudíž sklony dna a hladiny jsou totožné. Střední rychlost ve všech průřezech dosahuje stejné hodnoty, bude i čára energie rovnoběžná se dnem. S tímto typem proudění se téměř nelze setkat. Dochází k němu pouze v případě dlouhých koryt s konstantní

drsností – umělých kanálů. Nerovnoměrné proudění charakterizuje plynule se měnící střední rychlost, kdy se v prizmatickém korytě mění hloubka či spád. Vznikne vzduť či snížení, které závisí na tření kapaliny o dno a stěny koryta. [17] [24]

Neustálené proudění nastává, pokud průtok, rychlost, průtočná plocha a hloubka jsou závislé na čase a poloze. Pro popis tohoto proudění se užívají dvě diferenciální rovnice, které reprezentují rovnici kontinuity a hybnosti. Toto proudění nemá analytické řešení a dochází k výpočtu numericky. [18]

**Tabulka 8.:** Druhy proudění v závislosti na čase

Proudění	Neustálené	Ustálené	
		Nerovnoměrné	Rovnoměrné
<b>Průtok</b>	$Q = f(t, x)$	$Q = \text{konst.}$	$Q = \text{konst.}$
<b>Průřezová rychlost</b>	$v = f(t, x)$	$v = f(x)$	$v = \text{konst.}$
<b>Poznámka</b>	vlny v korytě	neprizmatické koryto	prizmatické koryto

$Q$  – objemový průtok korytem [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$v$  – střední průřezová rychlost v příčném profilu koryta [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$t$  – čas [s]

$x$  – vzdálenost podél délky koryta [m]

- **Laminární x turbulentní**

Během laminárního proudění se proudnice neprotínají a jsou téměř rovnoběžné. Dochází ke vzniku vírů, kdy kromě posuvného pohybu dochází i k pohybu rotačnímu. Příčinou rotace je viskozita kapalin, kdy dochází k brzdícímu elementu částic. Převládá zde však pohyb posuvný. Pokud dojde k překročení kritické hodnoty střední rychlosti proudění, nastává proplétání proudnic. Proudění laminární se změní v proudění turbulentní. Při něm dochází k rozvoji vírů a dochází k promíchání kapaliny. K určení režimu proudění slouží bezrozměrná veličina Reynoldsovo číslo (2). Horní hranice pro laminární proudění je přibližně  $Re \approx 530$  a pro turbulentní proudění lze uvažovat dolní hranici  $Re = 3450$ , oblast mezi oběma hranicemi se nazývá přechodová. [1] [17]

### Reynoldsovo číslo pro otevřená koryta se počítá:

$$Re = \frac{v_s h_s}{\nu} \quad (2)$$

$v_s$  – střední průřezová rychlost [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]

$h_s$  – střední hloubka [m]

$\nu$  – kinematická viskozita

- **Říční x kritické x bystřinné**

Z hlediska energie se v otevřených korytech můžeme setkat s různými režimy proudění. Ty se odlišují svými vlastnostmi. V obecném průtočném průřezu s volnou hladinou se určí energetická výška průřezu (3) ke srovnávací rovině v nejnižším místě průřezu:

$$E_d = y + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} = y + \frac{\alpha \cdot Q^2}{2gS^2} \quad (3)$$

kdy:

$E_d$  – energetická výška průřezu (měrná energie)

$E_d = f(y)$  při  $Q = \text{konst.}$

$g$  – gravitační zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]

$\alpha$  – Coriolisovo číslo

$Q$  – průtok [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

$A$  – průtočná plocha [ $m^2$ ]

Energetická výška průřezu znamená že, množství energie příslušející jednotce tíhy průtoku a je vztažena k nejnižšímu místu průřezu. Křivka se nalézá mezi dvěma asymptotami s vrcholem, který určuje tzv. kritický pohyb. Pro určitý průtok  $Q$  je v korytě stálého tvaru kritický pohyb jednoznačně určen: nastává za kritické hloubky a kritické rychlosti. Kritická hloubka rozděluje křivku na režim říční či bystřinný. Pokud je hloubka nižší než kritická, dochází k proudění bystřinnému. Pro to je charakteristická malá hloubka, ale větší rychlost. U proudění říčního dochází k opaku, tedy hloubka dosahuje vyšších hodnot, ale rychlost vody je nižší než kritická. Během kritického pohybu protéká průřezem průtok  $Q$  s vynaložením nejmenší energie. Přechod z pohybu bystřinného do pohybu říčního nastává náhle



přes kritickou hloubku.

Za předpokladu zvětšení hloubky a snížení rychlosti, vytvoří se na hladině vlna, která přechází v rotující válec. Tento jev nazýváme vodní skok. Skládá se ze dvou částí - celistvý proud, který se směrem pohybu rozšiřuje a část silně promísená se vzduchem, v níž jsou částice ve vířivém pohybu. Doprovází ho ztráta energie. K vodnímu skoku nejčastěji dochází pod přelivy jezů či výtoků pod stavidly. Z tohoto důvodu dochází k stavbě vývarů za těmito objekty. [24] [41]

Froudovo číslo (4) je bezrozměrné a slouží k indikaci gravitace na pohyb tekutiny. Lze s tím určit typ proudění.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gl}} \quad (4)$$

kde:

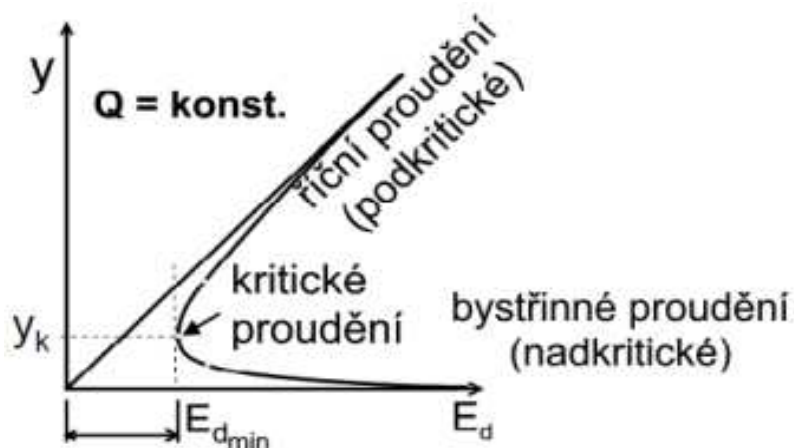
$v$  - střední průřezová rychlost [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$l$  - charakteristická délka [m]

pokud:

$Fr = 1$  kritickým prouděním,  $Fr > 1$  bystřinné proudění,  $Fr < 1$  říční proudění

**Ob 10:** Křivka říčního, kritického a bystřinného proudění



Zdroj: [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke\\_stazeni/Vodni\\_toky.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Vodni_toky.pdf)

### 9.2.2. Výpočet proudění v otevřených korytech

Proudění v otevřených korytech (proudění o volné hladině) vzniká, pokud omočený obvod netvoří uzavřenou křivku. Během proudění o volné hladině není tečné napětí podél omočeného obvodu stejnoměrné. Jejich rozdílem vznikají druhotná proudění v jednotlivých profilech, čímž se zvyšují ztráty při proudění. Proudění u vodní hladiny je ovlivněno prouděním vzduchu, to se většinou zanedbává. Oblast maximální rychlosti nastává pod hladinou, jelikož dochází k brzdění na hladině a ztrátě třením o dno a stěny koryta. Při řešení musí být splněn základní princip kontinuity, zachování energie a hybnosti. [17] [41]

Pro zjednodušení se používá předpoklad ustáleného rovnoměrného proudění, ačkoliv se v přírodních korytech nevyskytuje. Nenalezneme zde identický příčný řez korytem, nerovnosti dna a břehů – každý profil je jedinečný. Výpočet ustáleného rovnoměrného proudění vychází z rovnice kontinuity, která reprezentuje zákon zachování hmotnosti (5).

$$Q = S \cdot v = \text{konst.} \quad (5)$$

kde:

Q – průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

S – plocha průtočného průřezu [ $\text{m}^2$ ]

v – střední rychlost v průtočném průřezu [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

Průtok je v jednotlivých profilech konstantní. Dochází k nepřímé úměrnosti mezi rychlostí a plochou průřezu koryta. Při výpočtu střední rychlosti aplikujeme Chézyho rovnici (6).

$$v = c\sqrt{RI} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

kde:

v - rychlost proudění (střední profilová) [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

C - Chézyho součinitel

R - hydraulický poloměr [m]

I - podélný sklon dna

Pro výpočet rychlosti, se musí stanovit Chézyho rychlostní součinitel, který byl odvozen celou řadou autorů.

Výpočet Chézyho součinitele „c“ dle Manninga (7). Tento vztah patří je nejpoužívanějším pro svou jednoduchost. Není však nejpřesnější.

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (7)$$

R - hydraulický poloměr [m]

n - drsnost dna a břehů

Mezi nejlepší experimentální vzorec pro výpočet Chézyho rychlostního součinitele je vzorec Pavlovského (8) :

$$c = \frac{1}{n} R^y \quad (8)$$

kde:  $y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,11)$

n - drsnost dna a břehů

R - hydraulický poloměr [m] [24]

Hydraulická poloměr (9) se stanoví vzorcem:

$$R = \frac{S}{O} \quad [\text{m}] \quad (9)$$

Stupeň drsnosti koryta n udává drsnost dna či svahů. Při výpočtu můžeme vycházet z granulometrické zrnitosti, kde po zpracování vzorků, vyneseme křivku zrnitosti pro sledovaný profil. Pro jednotlivé profily tok vychází odlišné křivky zrnitosti. Celkové zrnitostní složení dna udává granulometrická křivka, která zastupuje procentuální zastoupení jednotlivých frakcí. Pro stanovení drsnosti používáme i doporučené tabulkové hodnoty dle různých autorů. Dle Ven Te Choda u velkých toků dochází k drsnostem: [15]

Velké toky

(se šířkou hladiny při maximálním průtoku přes 30 m)

Upravený profil bez kamenů a křovin	0,025 až 0,060
Neupravený profil nepravidelného tvaru	0,035 až 0,100 [1]

### 9.3. Stanovení záplavy s využitím mapových nástrojů GIS

GIS (Geografický informační systém) zachycuje správu, analýzu a zobrazení všech forem geografických informací a prostorových dat. Je jednou z disciplín geoinformatiky. Poskytuje nástroje pro analýzu a grafickou prezentaci výsledných prostorových modelů zájmového území. Vstupní data jsou ukládány do prostorové databáze, která umožňuje aplikaci prostorových dotazů, případně provádění složitých analýz. Výstup může reprezentovat mapa, trojrozměrný model území, případně dynamická animace konkrétního jevu. Není pouze program na vytváření map, ale hlavně nástroj pro analýzu dat GIS netvoří pouze software, ale také hardware a uživatelé.

Studie povodňových čar v našem zájmovém území byla zpracována v programu ArcGis. Tento program byl vytvořen ERSI a je určený pro využití dat, tvorbu dat nových a jejich editaci. Nástroje ArcMap, ArcCatalog a ArcToolBox oddělují jednotlivé části tohoto programu.

ArcMap je centrální aplikace v ArcGIS Deskt. Umožňuje vytváření map, zobrazení dat, provádění jednotlivých analýz, vytváření mapových kompozic a tisk výsledných map.

ArcCatalog data napomáhá organizovat a spravovat. V tomto prohlížeči se vkládají k souborům metadata, vytváří data nová a zároveň se definují jejich základní vlastnosti.

ArcToolbox obsahuje sborník samotných aplikací pro analýzy map. Jsou zde nástroje pro konverzi dat, transformaci mezi souřadnicovými systémy a pro prostorovou analýzu (geoprocessing). [10] [33] [44]

### 9.3.1. Práce s programem Arc Map

Při práci s programem ArcGis se nesmí zapomínat na nastavení relativních cest. Dále byla do programu nahrána data digitálního modelu terénu, která byla poskytnuta od ČÚZK. Data modelu terénu měla formátovou koncovku xyz. Dále byl použit nástroj ze sady *3D Analyst tools/conversion /from feature class /feature class Z to ASCII*. V tabulce Feature Class Z to ASCII, byl zadán do políčka *Output Feature Class Type: POINT*. Vznikl rastr, který byl tvořen jako body bez souřadnice Z. Souřadnice Z byla vytvořena pomocí nástroje: *3D analyst tools/3D Features /Add Z information*. Došlo ke vzniku dat, pomocí kterých byl vytvořen DTM model: *3D analyst tools/raster interpolation/IDW (souřadnice Z - Z)*. [10]

Dále byl model DMT potáhnut mapou územní, aby došlo k přehlednější situaci a orientaci v mapě.

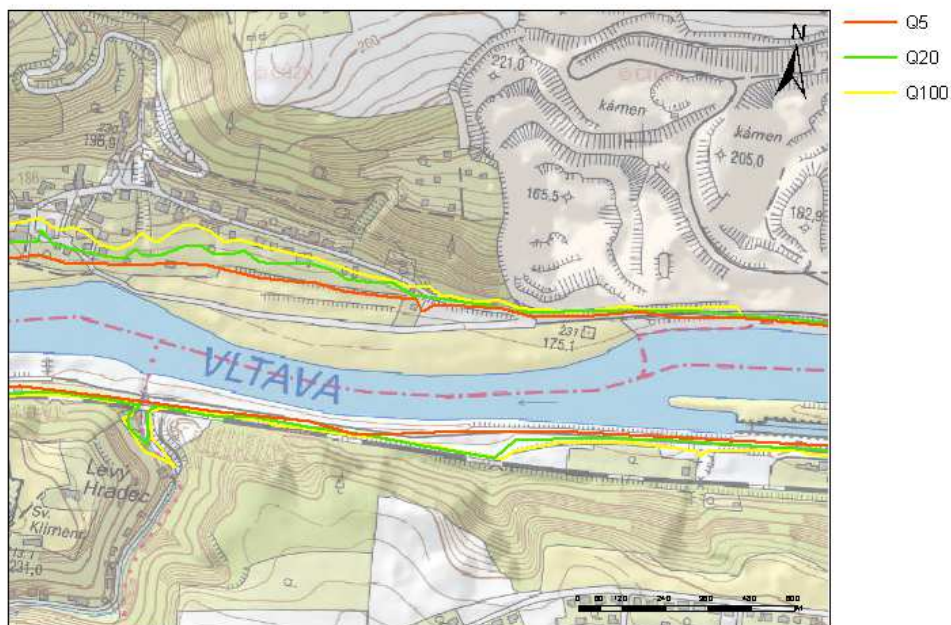
Poté bylo potřeba vynést samotné výšky hladin jednotlivých průtoků  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . K vykreslení došlo přes nástroj: *Spatial Analyst Tools/Math/Logical/Equal To*. Vznikly rastrové vrstvy s jednotlivými průtoky, které bylo potřeba převést do vektorového formátu zakreslením čar přímo do mapy. [10]

### 9.3.2. Mapový výstup

Mapa prezentuje zatopení území při jednotlivých kulminačních průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . Jsou zde zobrazeny pouze výšky hladin před úpravou, vzhledem k průměrnému snížení hladin o 15 cm. Rozdíl hladin by na mapě nebyl téměř patrný. Podrobné informace o poklesu hladin lze nalézt v kapitole 10. Posouzení. Na pravém břehu již při rozlivu  $Q_5$  dochází k zatopení celého zúženého úseku a voda zaplavuje i některé objekty. Stoletý průtok zaplavuje většinu spodní části obce Husinec. V území nejbližší řece jsou chatařské kolonie a neobydlené budovy, které převážně chátrají. Většina z nich byla poškozena při povodni v roce 2002 a prozatím nedošlo k jejich plné opravě. V centrální části obce dochází k zaplavení rodinných domů a pozemních komunikací.

Levý břeh není tolik ohrožen, dochází zde k prudkému stoupání způsobenému železničním násypem. Z tohoto důvodu nenastávají velké odlišnosti v rozlivech mezi jednotlivými průtoky.

**Obr. 11:** Vykreslení zátopových čar v programu ArcMap



*Zdroj: Vytvořeno v ArcMap*

## 9.4. Stanovení záplavy v programu HEC – RAS

Od Českého hydrometeorologického ústavu byly získány data povodňových průtoků  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ . Vykreslení a výpočet jejich výšek v původní situaci a po úpravě proběhlo v 1D modelovacím programu HEC – RAS. Pro jednotlivé příčné profily PF1 –PF10 byly vykresleny čáry výšek průtoků. Tyto informace byly začleněny do tabulky, která je součástí kapitoly 10. Posouzení. Kompletní grafické výstupy jednotlivých profilů jsou v příloze 14.1.Příloha modelování v programu HEC-RAS. U každého profilu jsou 3 obrázky – jeden původního koryta, upraveného koryta a upraveného koryta se zapojením ostrovů. Posouzení úprav obou návrhů se věnuje kapitola 10. Posouzení. Tato část se bude zabývat, jen interpretací výsledků mezi původním korytem a návrhem se začleněnými ostrovy.

### 9.4.1. Program HEC – RAS

#### HEC

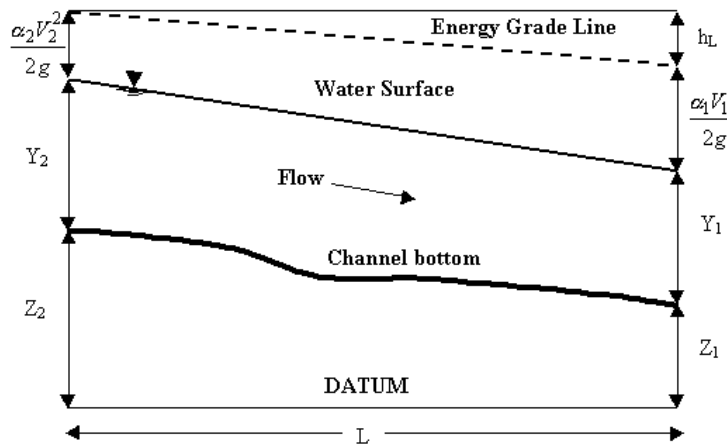
US Army Corps of Engineers ( USACE ) Hydrologické Engineering Center (CEIWR - HEC) je společnost, která byla založena v roce 1964, aby zcelovala technické znalosti v hydrologickém inženýrství. Nejranější softwarové balíčky byly HEC - 1 (povodí hydrologie) , HEC - 2 (hydraulika řek) , HEC - 3 (analýza nádrží). Hydrologické inženýrství je organizováno do tří hlavních oddělení: Hydrologie a hydraulika, systém vodních zdrojů a systém pro správu vod. Nová generace zástupců je např. HEC-HMS pro výpočet srážkoodtokových poměrů a HEC-RAS, se kterým zde bude dále pracovat. [33]

#### HEC RAS

HEC RAS (River Analysis System) patří k softwarům, které umožňují vytváření jednodimenzionálních hydraulických výpočtů ustáleného a neustáleného proudění pro umělé kanály i přirozená koryta.. Obsahuje 4 druhy říční analýzy: 1) ustálené proudění 2) neustálené proudění 3) pohyb sedimentů a 4) analýzu kvality vody. Základním společným elementem těchto částí jsou geometrická data toku a hydraulické výpočty. V modelu je možno řešit jak stromovou tak okružní síť koryt. Dále obsahuje nabídku objektů na toku např. mosty, které mohou být do projektu vkládány. Základní výpočetní postup je založen na řešení energetické rovnice  $H = Z + Y + \frac{\alpha V^2}{2g}$  (10), která říká, že celková energie ( H ) v daném místě podél potoka

je součet potenciální energie (  $Z + Y$  ) a kinetická energie (  $\alpha V^2/2g$  ). Změna v oblasti energie mezi dvěma průřezy se nazývá tlaková ztráta (  $h$  ) . [33] [2]

**Obr.12:** Schéma základního výpočetního postupu v programu HEC-RAS

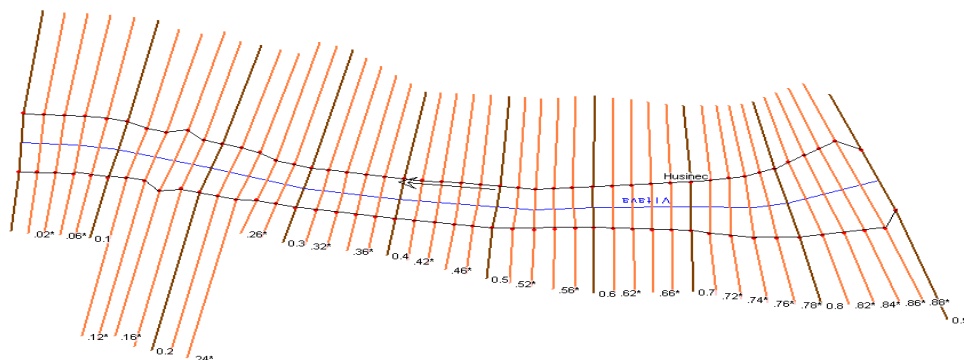


Zdroj: <http://www.ce.utexas.edu/>

#### 9.4.2. Modelování v programu HEC – RAS

Sestavování modelu proběhlo v softwaru HEC RAS verze 4.1.0. Prvním krokem bylo přenastavení počítače. Týkalo se změny oddělovače desetinných míst u čárky na tečku a změny formátu roku, měsíce a dne. Nejprve byl vytvořen projekt Husinec.prj v hlavním panelu, kde také byly přenastaveny jednotky na metrický systém. Dalším krokem byla přes funkci *Geometric Data* vykreslena osa toku, pro kterou byl jako podklad užít výkres od Povodí Vltavy. Z tohoto výkresu byly v Auto Cad Civil3D 2013 byly odečteny souřadnice jednotlivých příčných profilů, které byly následovně aplikovány při samotné tvorbě příčných profilů v záložce *Cross Section*.

**Obr. 12:** Osa toku s příčnými profily před úpravou toku

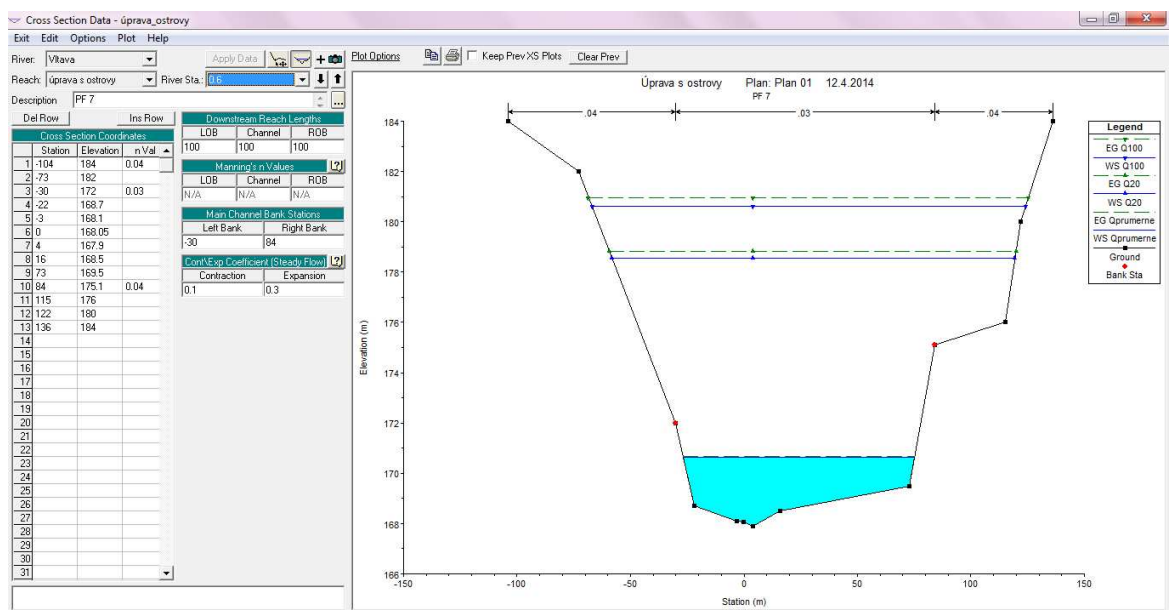


Zdroj: Vytvořeno programem HEC-RAS



V tabulce *Cross section Coordinates* byly jednotlivé profily pojmenovány a staničeny. Jejich vzájemná vzdálenost v ose koryta dosahuje 100 m a jsou pojmenovány PF 1 -10. Každému byly dány souřadnice v podobě vzdálenosti od osy koryta a nadmořská výška. Pro hydraulický výpočet byl přidán k jednotlivým souřadnicím sloupeček s drsností dle Manninga pro inundační území a samotné koryto *Horizontal Variation in n Value*. Pro inundační území byla použita drsnost 0.04. Ačkoli průměrná drsnost pro pastviny bez keřů s vysokou travou je 0.035, byla zde použita hodnota vyšší s důvodu zvýšení počtu vyskytujících se překážek v podobě křoví aj. Drsnost koryta toku byla zařazena do kategorie pro velké vodní toky bez balvaů a keřů, proto byla její hodnota stanovena na 0.03. Do políček *Downstream reach length* byly vyplněny vzdálenosti osy koryta, levého a pravého břehu od nejbližšího profilu s nižším staničením. Tyto vzdálenosti byly opět měřeny z mapy trasy Vltavy od Povodí Vltavy v programu Auto Cad Civil3D 2013. Posledním parametrem byly vyplněny vzdálenosti břehů od osy toku, která byla zvolena na nulové kótě v záložce *Main channel bank stations*. Pro vytvoření dalších příčných profilů byl využit nástroj *XS Interpolation*, kde byly nastaveny vzdálenosti jednotlivých příčných profilů po 20 m pro lepší interpretaci výsledků.

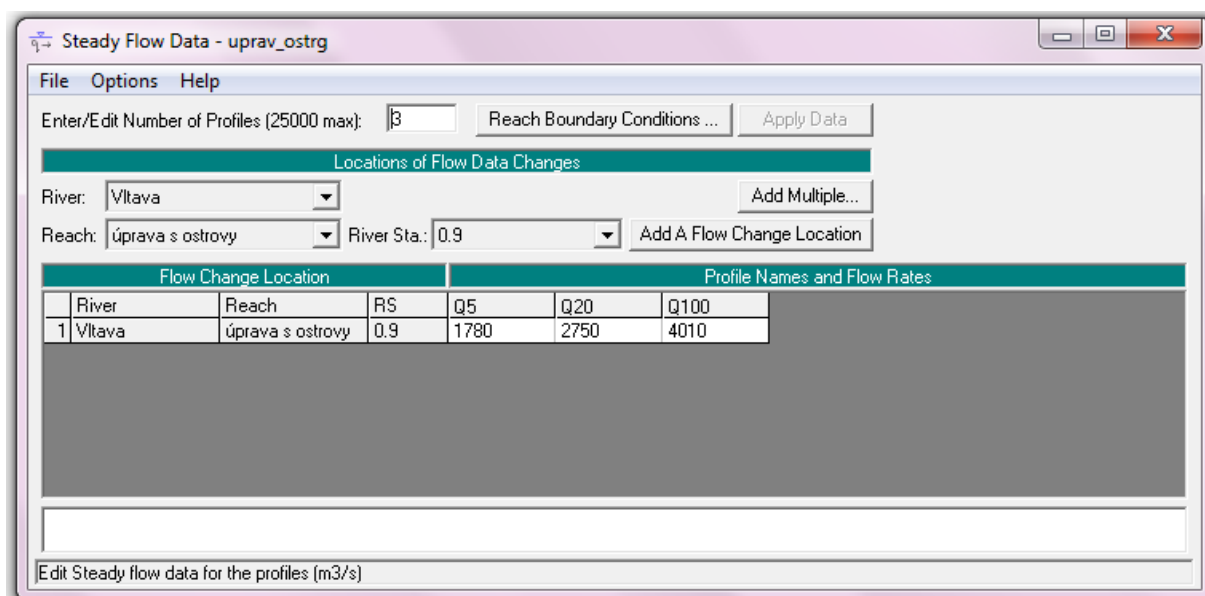
**Obr. 13:** Editor Cross Section



Zdroj: Vytvořeno programem HEC-RAS

Průtoky byly do programu vloženy jako horní okrajová podmínka v nástroji *Enter/Edit steady flow data*. Dále musela být vložena dolní okrajová podmínka v záložce *Reach boundary conditions*. Otevře se okno, ve kterém je na výběr více druhů zadání okrajové podmínky např. konsumpční křivka, kritická hloubka aj. V případě došlo k výběru podmínky *Normal depth*, určující sklon dna. Hodnota sklonu byla odečtena z podélného profilu. Průměrný sklon dna v upravovaném úseku je 3%.

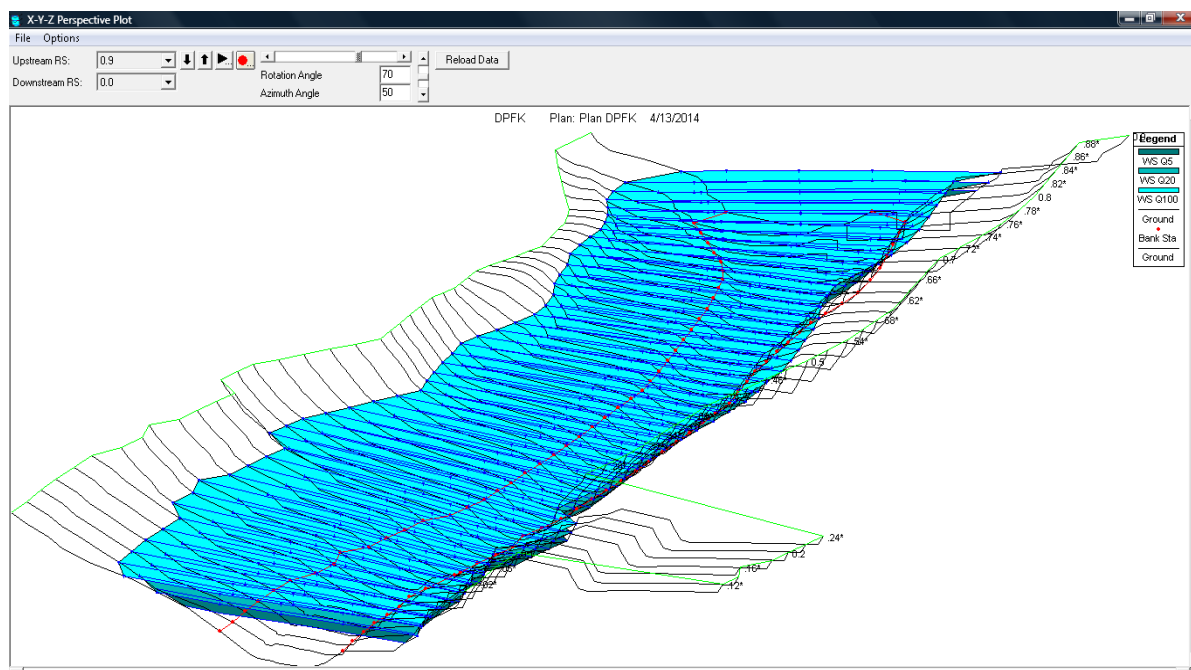
**Obr. 14.:** Editor okrajových podmínek



*Zdroj: Vytvořeno programem HEC-RAS*

Samotný výpočet pro ustálené proudění se spouští pomocí funkce *Perform a steady flow simulation*, která vyvolá okno *Steady flow analysis*. Nastaví se zvolený charakter proudění *Flow regime*, určující zdali se jedná o proudění *subcritical*, *supercritical* či *mixed*. Naše proudění je říční, proto byla zvolena volba *subcritical*. Po nastavení veškerých potřebných parametrů byl spuštěn výpočet. Výsledky proudění hladin lze interpretovat nejrůznějšími způsoby např. konsumpční křivka, zatopení v příčných profilech, podélný profil či 3D model.

**Obr. 15** Interpretace výsledků programu HEC –RAS jako 3D model



*Zdroj: Vytvořeno programem HEC-RAS*

### 9.4.3. Interpretace výsledků HEC – RAS

V programu byly vymodelovány dva odlišné projekty. Jeden mapoval stávající situaci, druhý po návrhu rozšíření se začleněnými ostrovy. Úpravou se začleněnými ostrovy dochází k poklesu i zvýšení hladin. Záleží na profilu a průtoku vody viz tabulka 9. Jsou zde popsány stavy hladiny vody při povodňových průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  a  $Q_{\text{průměrné}}$  v každém profilu zvlášť. Hodnoty se záporným znamínkem ukazují na pokles hladiny, zatímco hodnoty kladné na zvýšení hladin.

**Tabulka 9:** Porovnání výsledků v programu HEC RAS, před a po úpravě

		PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10
Původní situace	Qprůměrné	169.77	169.86	170.06	170.23	170.40	170.58	170.67	170.73	170.80	170.83
	Q5	176.23	176.23	176.24	176.30	176.24	176.52	176.50	176.82	177.01	177.08
	Q20	178.16	178.19	178.19	178.26	178.15	178.44	178.37	178.71	178.90	178.98
	Q100	180.42	180.47	180.47	180.56	180.42	180.73	180.62	180.93	181.15	181.24
Situace po úpravě - se začleněnými ostrovy	Qprůměrné	169.82	169.83	169.99	170.23	170.40	170.58	170.63	170.65	170.71	170.73
	Q5	176.27	176.29	176.30	176.36	176.40	176.50	176.56	176.58	176.68	176.73
	Q20	178.25	178.30	178.30	178.38	178.38	178.49	178.54	178.57	178.67	178.73
	Q100	180.32	180.40	180.40	180.47	180.44	180.58	180.60	180.63	180.76	180.83
Rozdíl hladin původní a úpravě - s začleněnými ostrovy	Qprůměrné	0.05	-0.03	-0.07	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.08	-0.09	-0.10
	Q5	0.04	0.06	0.06	0.06	0.16	-0.02	0.06	-0.24	-0.33	-0.35
	Q20	0.09	0.11	0.11	0.12	0.23	0.05	0.17	-0.14	-0.23	-0.25
	Q100	-0.10	-0.07	-0.07	-0.09	0.02	-0.15	-0.02	-0.30	-0.39	-0.41

Staničení PVL	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36
PF	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10
Staničení	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

## 10. Posouzení úprav

Jak bylo popsáno již v cílech práce. Výsledky úpravy nebudou posouzeny jen s původní situací, nýbrž i s druhým projektem Bc. Miroslavy Jansové. Tato část se tedy zabývá jejich vzájemným posouzením. Z důvodu snadnější interpretace výsledků, byly příčné profily v obou návrzích zvoleny na stejných místech.

Hlavním parametrem jsou výsledky z programu HEC-RAS mapující výšky povodňových hladin při jednotlivých průtocích.

Dalšími parametry jsou:

- Splavnost toku
- Ekologie
- Estetika
- Finance

### 10.1. Porovnání obou úprav

Základní popis obou situací s ilustračními obrázky byl již popsán v kapitole číslo 8. Úprava toku. Tudíž již došlo k seznámení se základním rozdílem úprav.

Nejvýraznější rozdíl je v samotném řešení, kdy jeden návrh počítá s odstraněním veškerého zúžení a druhý jej využívá pro vytvoření ostrovů, které by vedly k oživení toku. Pro zjednodušení pochopitelnosti textu budou užívány zkratky pro jednotlivé úpravy ÚR (úplné rozšíření) a ÚO (úprava ostrovy).

Úplné rozšíření v jednotlivých příčných profilech reprezentuje Tabulka 10. Dle ní lze zhodnotit, že ÚO zasahuje více do původního území než ÚR a tak se více přibližuje kolem procházející cyklostezce. Od PF1 – PF4 a PF7 – PF10 nedochází k markantnímu rozdílu mezi navrženými šířkami koryta. Od PF5 – PF7 byla ÚO rozšířena průměrně o 14m více než ÚR.

Posunutí břehové čáry od osy koryta toku je zaznamenáno v Tabulce 11. Tyto informace byly odečteny z podélných profilů. K největšímu posunu v ÚR dochází v PF 8 o 42m na šířku 135m. Ve variantě ÚO se největšího posun dosahuje PF5 o 55m na šířku 119 m.

Informace o průtocích jsou zaznamenány v Tabulce 12. U obou návrhů model vypočítal výšky hladin při záplavových průtocích  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . Pokud by bylo zohledněno pouze toto hledisko, ÚR je vhodnějším řešením protipovodňového rizika.

V některých profilech úroveň hladiny zůstává na stejné kótě. Již při průchodu  $Q_5$  se hladina průměrně sníží o +/- 15 cm. U  $Q_{100}$  dochází k průměrnému snížení o +/- 27cm. Hladina ÚO při  $Q_5$  hladina průměrně klesá o +/- 10 cm a při  $Q_{100}$  o +/- 20cm.

## 10.2. Porovnání návrhových situací v úseku říčního km 35,1 – 35,5

Úsek, kterým se tato práce konkrétněji zabývá, má délku 400 m a jeho staničení je 35,1 – 35,5 říčních kilometrů. Začíná PF1 a končí PF5.

Oba návrhy vychází z PF 1, kde nedochází k žádným změnám. Zde koryto navazuje na původní tok. Ve zbylých profilech se návrhy již rozcházejí.

- PF2
  - ÚO - stejné jako původní koryto tzn. šířka koryta zůstává 91 m a nedochází k žádným změnám
  - ÚR – dochází k velmi malým změnám příčného profilu. Jedná se o snížení koryta dna až o 0,5 m oproti původnímu korytu a posunutí břehové hrany o 4 m. Svah bude v nejdelší části skloněn v poměru 1:6. Úprava navazuje na původní břeh ve výšce 172.30 m.n.m a vzdálenosti 55 m od osy toku.
- PF3
  - ÚO - profil prochází prvním ostrovem. Ostrov 1 má délku 102,5 m a jeho šířka dosahuje 20,7 m a 11,7 m viz Obr 7. Jeho nadmořská výška je navržena na 171 m.n.m. Šířka koryta se zde zvětšuje na 93 m, dochází tedy k rozšíření o 22 metrů. Na původní terén navazuje na kótě 174 m.n.m. Nejhlubší bod vedlejšího koryta a tudíž i paty svahu je na kótě 169,50 m.n.m. Zahloubení zde bude až o téměř 4 m oproti původnímu terénu.
  - ÚR - koryto se také rozšiřuje na 93 m a navazuje na původní terén na kótě 174 m.n.m. Snížení dna koryta bude v nejdelším úseku probíhat v poměru 1:8 a o hloubce 1,5 m.

- PF4
  - ÚO – Profil prochází přes navržený ostrov 2. Ten bude přístupný pro rekreaci, vzhledem k možnosti přejít brod z ostrova 3, na který bude zavedena lávka. Jeho délka dosahuje 141,7 m a šířka kolem 29 – 23 m Obr.7. K rozšíření zde dochází o 33 m na šířku 97 m. Zahloubení bočního koryta bude o 3,4 m na kótu dna 169,55. Břehová hrana bude navazovat na původní terén na kótě 173 m.n.m.
  - ÚR - koryto se rozšiřuje o 30m na šířku 94m. Tímto profilem začíná rozdílnost v posunutí břehové čáry mezi jednotlivými návrhy. Úprava navazuje na stávající terén na kótě 173 m.n.m. Zahloubení koryta proběhne o max. hloubce 2,70 m.
- PF5
  - ÚO – Profil prochází také ostrovem 2. K rozšíření koryta zde dochází o 55 m na šířku 119m. Je to bod s největším posunutím břehové čáry v navrhované úpravě. Boční koryto bude mít hloubku dna na kótě 169,60 m.n.m. Břehová hrana bude navazovat na původní terén na kótě 175 m.n.m.
  - ÚR - dochází k téměř stejnému rozšíření jako v profilu předešlém o 33 m na šířku koryta 97 m. Největšímu zahloubení dosahuje hodnoty 3,2 m. Navazuje na původní terén v kótě terénu 174,5 mn.m.

Dlouhé svahy s mírným sklonem jsou velkou výhodou návrhu úplného rozšíření. Jejich stabilita a odolnost proti povodňovým průtokům je větší než u návrhu s ostrovy. Ten při běžném průtoku až do kóty 171 m.n.m. má také relativně mírné svahy, ale při větším zaplavení je nutno se spoléhat na pravý břeh bočního koryta, kde jsou navrhnuty sklony větší. U úpravy s ostrovy dále hrozí větší zanášení a potřeba častější údržby např. prohrábky bočního koryta.

Orientační průtoky jsou popsány výše v kapitole. 10.1. Tuto interpretaci je však nutno lehce pozměnit, jelikož k největším snížením průtoků vzniká v úseku PF6 – PF10. Pro úsek říčního km 35,1 – 35,5 dle výsledků z programu HEC-RAS nedochází k podstatným snížením výšky hladiny toku. Na vybraných úsecích a průtocích dochází k snížení kolem 10 cm. Největší snížení se koná v PF 3 při úplném odstranění rozšíření koryta

Z hlediska splavnosti toku, oba návrhy splňují podmínku danou vyhláškou MD č. 222/1995 (kapitola 5.2.4.), kdy je minimální šířka koryta hodnota 50 m. Nejmenší plavební hloubka se odvíjí od přípustného ponoru plavidla. Vzhledem k nevýrazným změnám výšky hladiny při průměrných průtocích, nedojde k žádným změnám od stávající situace.

Z pohledu estetiky a ekologie je úprava s ostrovy přijatelnější. U obou návrhů bude opevnění břehu probíhat kamenným záhozem s osetím. V místě napojení opevnění na původní terén budou osázeny vrbové řízky. Návrh s ostrovy počítá s osázením rákosin do levého břehu bočního koryta. Tím vzniknou vhodnější místa pro zahnízdění vodního ptactva a podporu nejrůznějších biotopů. Ostrovy zvyšují estetičnost daného místa, co v kombinaci s přilehlou cyklostezkou může vést k silnému rekreačnímu potenciálu.

Finanční stránka musí obsahovat veškeré práce, aby bylo možno jejího objektivního zhodnocení. Největším výdajem budou zemní práce spojené s využitím štětové stěny. V úpravě s úplným rozšířením budou tyto výdaje vyšší než u druhé úpravy. Vytěžené zeminy budou dále sekundárně využity (viz kapitola 7.3.4. část o vytěžení zemin). Zřízení opevnění a doprovodných porostů bude dražší v úpravě s ostrovy. Zde se počítá i s vybudováním pěší lávky a její napojení na cyklostezku, které také musí být zahrnuto ve výdajích. Levněji by měla vyjít úprava s ostrovy, jelikož největším finančním náročnost spadá pod zemní práce, kterých bude více potřeba u návrhu s úplným rozšířením.



**Tabulka 10:** Šířky koryta v jednotlivých PF

	Staničení PVL	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36
	PF	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10
	Staničení	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
šířka koryta [m]	původní situace	92	91	75	64	64	65	65	75	110	100
	úprava	92	95	93	94	97	99	98	117	135	100
	úprava s ostrovy	92	91	93	97	119	114	114	117	133	100

**Tabulka 11:** Vzdálenosti břehové čáry od osy toku

	Staničení PVL	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36
	PF	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10
	Staničení	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
vzdálenost pravé břeh. čáry od osy koryta [m]	původní situace	50	51	33	32	30	30	32	41	59	59
	úprava	50	55	55	62	63	65	68	83	84	59
	úprava s ostrovy	50	51	55	65	85	80	84	83	82	59
rozdíl posunu břeh. čáry mezi původní a novou situací [m]	úprava	0	4	22	30	33	35	36	42	25	0
	úprava s ostrovy	0	0	22	33	55	50	52	42	23	0

**Tabulka 12:** Výšky hladin při povodňových průtocích

\* kladné hodnoty znamenají nárůst vodní hladiny, zatímco záporné její pokles

		PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10
Původní situace	Qprůměrné	169.77	169.86	170.06	170.23	170.40	170.58	170.67	170.73	170.80	170.83
	Q5	176.23	176.23	176.24	176.30	176.24	176.52	176.50	176.82	177.01	177.08
	Q20	178.16	178.19	178.19	178.26	178.15	178.44	178.37	178.71	178.90	178.98
	Q100	180.42	180.47	180.47	180.56	180.42	180.73	180.62	180.93	181.15	181.24
Situace po úpravě - úplné rozšíření	Qprůměrné	169.76	169.76	169.92	170.14	170.27	170.41	170.47	170.53	170.58	170.61
	Q5	176.22	176.23	176.23	176.35	176.35	176.43	176.47	176.59	176.71	176.74
	Q20	178.21	178.24	178.24	178.35	178.31	178.41	178.43	178.57	178.70	178.74
	Q100	180.25	180.30	180.30	180.42	180.34	180.48	180.46	180.62	180.77	180.82
Rozdíl hladin původní a úpravě - úplné rozšíření *	Qprůměrné	-0.01	-0.10	-0.14	-0.09	-0.13	-0.17	-0.20	-0.20	-0.22	-0.22
	Q5	-0.01	0.00	-0.01	0.05	0.11	-0.09	-0.03	-0.23	-0.30	-0.34
	Q20	0.05	0.05	0.05	0.09	0.16	-0.03	0.06	-0.14	-0.20	-0.24
	Q100	-0.17	-0.17	-0.17	-0.14	-0.08	-0.25	-0.16	-0.31	-0.38	-0.42
Situace po úpravě - se začleněnými ostrovy	Qprůměrné	169.82	169.83	169.99	170.23	170.40	170.58	170.63	170.65	170.71	170.73
	Q5	176.27	176.29	176.30	176.36	176.40	176.50	176.56	176.58	176.68	176.73
	Q20	178.25	178.30	178.30	178.38	178.38	178.49	178.54	178.57	178.67	178.73
	Q100	180.32	180.40	180.40	180.47	180.44	180.58	180.60	180.63	180.76	180.83
Rozdíl hladin původní a úpravě - s začleněnými ostrovy *	Qprůměrné	0.05	-0.03	-0.07	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.08	-0.09	-0.10
	Q5	0.04	0.06	0.06	0.06	0.16	-0.02	0.06	-0.24	-0.33	-0.35
	Q20	0.09	0.11	0.11	0.12	0.23	0.05	0.17	-0.14	-0.23	-0.25
	Q100	-0.10	-0.07	-0.07	-0.09	0.02	-0.15	-0.02	-0.30	-0.39	-0.41

## 11. Diskuze

Práce se zabývala rozšířením koryta toku Vltavy v úseku Žalov - Husinec. Jedná se o rizikový úsek z pohledu povodňových průtoků. Výsledkem této práce je vypracování jednoho návrhu a porovnání s druhým, který vypracovala Bc. Miroslava Jansová. Při řešení zadaného problému byly jednotlivými zpracovateli aplikovány odlišné přístupy. V diskuzi dojde k zhodnocení úpravy celého úseku.

Nejdůležitější hledisko porovnání úprav je možnost napomáhat průchodu povodňových průtoků a tím minimalizovat ohrožení obce Husinec. Ačkoli u úpravy s ostrovy dochází k většímu posunutí břehové hrany, tělesa ostrovů brání v plném zkapacitnění koryta. Úprava, která rozšiřuje tok zcela, dokáže lépe odvést i průtoky s menší výškou hladiny vody. Největší rozdíl hladin v porovnání se stávající situací byl kalkulován téměř pod plavební komorou na 36 říčním kilometru. Z tohoto důvodu je pro nás výhodnější úprava plně rozšířena výhodnější.

Při velkých vodách dochází k zanášení koryt a vymílání. Tímto jevem je více ohrožen návrh s ostrovy, jelikož v úpravě je navrženo boční koryto. I samotné ostrovy mohou být přímo ohroženy vymíláním a jejich zanášením. Dále může dojít k poškození samotného opevnění. V obou případech byl navrhnut kamenný zához, který patří k nejodolnějším typům opevnění vůbec. I přes tento poznatek je úprava s ostrovy rizikovější, jelikož pravý svah bočního koryta je více svažité. Kamenný zához je oset travní směsí a jeho část, která navazuje na původní terén, je osázena vrbovými řízkami.

Plavba by pro oba návrhy neměla být problém, jelikož je splněna podmínka daná zákony České Republiky.

Velkou výhodou návrhu s ostrovy je podstatně menší náročnost na zemní práce, které tvoří jednu z největších položek rozpočtu. Z hlediska financí pozdější údržby naopak vede úprava úplného rozšíření, jelikož v protinávru bude nutnost starat se o zanášení bočního koryta a o ostrovy.

Ostrovy vytvoří prostředí, které bude možno užívat k rekreaci a dále budou podporovat rozvoj místního biotopu.

## 12. Závěr

Cílem práce je navrhnout řešení zúžení koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec. K tomu došlo posunutím břehové čáry a na místě zúžení vytvořením ostrovů, které mají menší nadmořskou výšku než původní terén. Tím pádem při vyšších průtocích dochází k jejich zatopení a koryto je schopné odvést více vody. Ostrovy při běžném průtoku vyčnívají nad hladinou vody a je možno jejich využívat k rekreaci. Návrh se zabýval i ekologickou stránkou úpravy. Z toho důvodu bylo navrženo řešení k oživení břehů vrbovými řízkami a v místě sublitorálního pásma rákosinami.

Dále došlo k vypracování výkresů dle metodiky, které byly podkladem pro posouzení stávajícího a navrhovaného stavu. Dalším cílem práce bylo posouzení a zhodnocení výhodnějších variant návrhu s projektem vypracovaným Bc. Miroslavou Jansovou. Toto posouzení se týkalo úseku říčního km 35,1 – 35,5. Této problematice se věnuje kapitola posouzení, tudíž došlo k splnění všech cílů této práce.

Jelikož námět tématu této diplomové práce byl získán od Povodí Vltavy jako aktuální problém, který by se měl v budoucnosti řešit, může být tato studie v budoucnosti využita. Buď může být přímo použita jako šablona pro samotnou realizaci nebo z ní lze vyčíst některé poznatky, které v ní byly dosaženy.

Samotnému autorovi tato práce přinesla komplexnější pohled na problematiku kritických úseků na vodních tocích. Při jejím zpracování byl využíván program HEC-RAS, s kterým se autor velmi rád blíže seznámil a naučil se v něm pracovat.

## 13. Literatura

1. **Boor, B., 1968:** Hydraulika pro vodohospodářské stavby. Praha
2. **Brunner, G. W., 2010:** HEC RAS River Analysis System User's Manual. US
3. **Cílek, V., Kender, J., 2004.:** Voda v krajině: kniha o krajinnotvorných programech. Consult, Praha
4. **DHI Hydroinform, 2005:** Studie odtokových poměrů Vltavy v úseku Klecany – Mělník. Praha
5. **Ford, D., Pingel, N., Devires, J. J., 2008:** Hydrologic Modeling System
6. **Horáček, Z., 2013:** Vodní zákon: s podrobným komentářem po velké novele stavebního zákona k 1.1:2013. Soudy, Praha.
7. **Hrádek, F., Kuřík, P., 2008:** Hydrologie. Skripta ČZU, Praha
8. **Hydroprojekt, 2005:** Riziková analýza v úseku Klecany – Mělník. Praha
9. **Jansová, M., 2014:** Diplomová práce – Studie rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec. ČZU, Praha
10. **Jedlička, J., Štych, P., 2007:** Hydrologické modelování v programu ArcGIS, Praha
11. **Just, T., 2005:** Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. ZO ČSOP, Hořovicko
12. **Just, T., 2009:** Renaturace a revitalizace vodních toků. Agricultural Research Council, Praha
13. **Just, T., 2010:** Přírodě blízké úpravy vodních toků. Ochrana přírody, Praha
14. **Just, T., 2012:** K ekologicky orientované správě vodních toků: Samovolné denaturace technicky upravených koryt a jejich využití. Vodní hospodářství, Ročník. 62/4, str. 142 – 146
15. **Kolář, V., 1966:** Hydraulika, Praha
16. **Kovář, P., 1988:** Úpravy toků, skriptum VŠZ, Praha
17. **Kunštátský, J., Patočka, C., 1971:** Základy hydrauliky a hydrologie pro inženýrské konstrukce a dopravní stavby, Praha
18. **Mareš, K., 1997:** Úpravy toků, ČVUT, Praha
19. **Mareš, K., 1985:** Úpravy toků: Navrhování koryt. Ediční středisko ČVÚT, Praha
20. **Milerski, R., 2005:** Vodohospodářské stavby. Akademické nakladatelství CERM, Brno

- 21. Mujamar, P., 2001:** Flood Wave Propagation. The Saint Venant Equations. Department of civil Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore
- 22. Novák, L., Iblová, M., Škopek, V., 1986:** Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Nakladatelství technické literatury, Praha
- 23. Oršulák, T., 2010:** 3D Modelování a virtuální realita, Ústí nad Labem
- 24. Pech, P., Roub, R., 2003.:** Hydraulika, příklady. ČZÚ v Praze, LF, Praha
- 25. Povodí Vltavy, státní podnik, 2003:** Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002, Praha
- 26. Povodí Vltavy, státní podnik, 2009:** Plán oblasti povodí Dolní Vltavy, Praha
- 27. Povodí Vltavy, státní podnik, 2009:** Plán oblasti povodí Horní Vltavy, Praha
- 28. Šlezinger, M., 2010:** Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků. VUTIUM, Brno
- 29. Šlezinger, M., 2011:** Břehová abraze – možnosti stabilizace břehů. Mendelova univerzita, Brno
- 30. Zeman-Ingeo, Praha, 2008:** Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu pro protipovodňové opatření – zvýšení kapacity koryta Vltavy ř. km 35,1 – 35,8 pro obec Husinec. Praha
- 31. Anonym, 2013:** Historie splavnění Vltavy: Online: <http://budejovicepraha.cz>, citováno 10.4.2013
- 32. ArcData Praha, 2012:** Co je GIS?: Online: <http://www.arcdata.cz>, citováno 10.2.2013
- 33. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2013:** Hec-Ras info, Online: <http://www.hec.usace.army.mil>, citováno 20.12.2013
- 34. Česká geologická služba, 2013:** Online: <http://www.geology.cz>, citováno 1.2.2014
- 35. Evropská komise, 2002: Rámcová směrnice o vodách. Online:** <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/wfd/cs.pdf>, citováno 20.3.2014
- 36. Jeníček, M., 2010:** Modelování hydrologických procesů. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha. Online: [hydro.natur.cuni.cz](http://hydro.natur.cuni.cz), citováno 4.4.2014
- 37. Jeníček, M., 2011:** Přehled srážko-odtokových modelů. UK, Praha  
Online: [hydro.natur.cuni.cz](http://hydro.natur.cuni.cz), citováno 4.4.2014

- 38. Ministerstvo zemědělství, 2014:** Online:  
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/>, citováno 1.3.2014
- 39. Oficiální stránky obce Husinec, 2014:** Povodňový plán obce. Online:  
<http://www.husinec-rez.cz/obec-727b/povodnovy-plan-obce-husinec/>,  
citováno 15.3.2014
- 40. Oficiální stránky obce Husinec, 2014:** Územní plán obce. Online:  
<http://www.husinec-rez.cz/obec-727b/uzemni-plan-obce/>, citováno 15.3.2014
- 41. Havlík, A., 2014: Vodní toky.**  
Online:[http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke\\_stazeni/Vodni\\_toky.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Vodni_toky.pdf), citován  
20.3.2014
- 42. Oficiální stránky povodí Vltavy, 2014.** Online: <http://www.pvl.cz>, citován  
21.2.2014
- 43. On-line tourist guide, 2014:** Historie vodní dopravy. Online:  
<http://www.visitvltava.cz/cz/historie-vodni-dopravy-na-vltave/>, citováno  
5.4.2014
- 44. Rapant, P., 2002:** Úvod do geografických informačních systémů, Ostrava.  
Online: <http://gis.vsb.cz/publikace/ugis>, citováno 29.12.2013
- 45. zákon č. 100/2001 Sb.,** o posuzování vlivů na životní prostředí,  
**46. zákon č. 114/1992 Sb.,** o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších  
předpisů,  
**47. zákon č. 114/1995 Sb.,** o vnitrozemské plavbě, ve znění zákona č.358/1999,  
**48. zákon č. 17/1992 Sb.,** o životním prostředí,  
**49. zákon č. 183/2006 Sb.,** o územním plánování a stavebním řádu (stavební  
zákon),  
**50. zákon č. 254/2001 Sb.,** o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon),  
**51. zákon č. 305/2000 Sb.,** o povodích,  
**52. vyhláška č. 24/2011 Sb.,** o plánech povodí a plánech pro zvládnutí  
povodňových rizik  
**53. vyhláška č. 222/1995 Sb.,** o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech,  
společné havárii a dopravě nebezpečných věcí,  
**54. vyhláška č. 236/2002 Sb.,** o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a  
stanovování záplavových území,

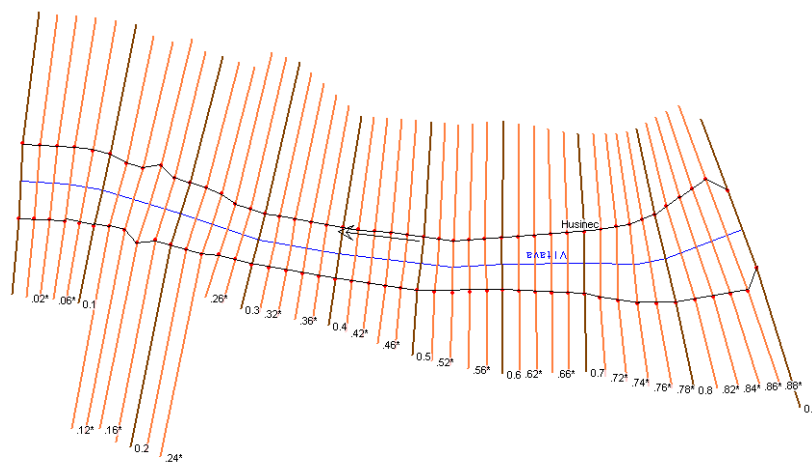
- 55.** vyhláška č. 333/2003 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků
- 56.** vyhláška č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly
- 57.** povodňový plán ČR – základní dokument pro ústřední řízení povodňové ochrany v ČR zpracováváný MŽP na základě zákona č. 254/2001 Sb., o vodách;
- 58.** Rámcová směrnice Rady EU č. 2000/60/ES
- 59.** ČSN 75 0110 Vodní hospodářství. Terminologie hydrologie a hydrogeologie
- 60.** ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod
- 61.** ČSN 75 2101 Ekologizace úprav vodních toků
- 62.** ČSN 01 3469 Výkresy hydrotech. a hydroenerg. staveb – stavební část (Normy, 2012)
- 63.** TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích
- 64.** TNV 75 2103 Úpravy řek
- 65.** TNV 75 2102 Úpravy toků



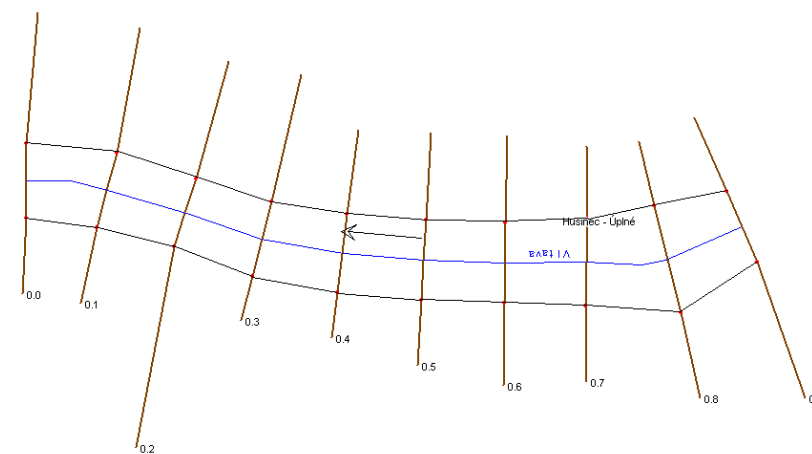
## 14. Přílohy

### 14.1. Příloha modelování v programu HEC – RAS

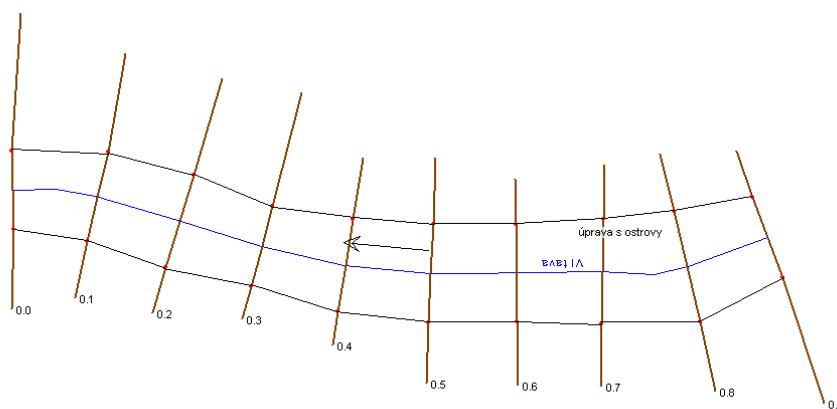
#### 14.1.1. Porovnání situace před úpravou a po úpravě:



*Situace před úpravou*

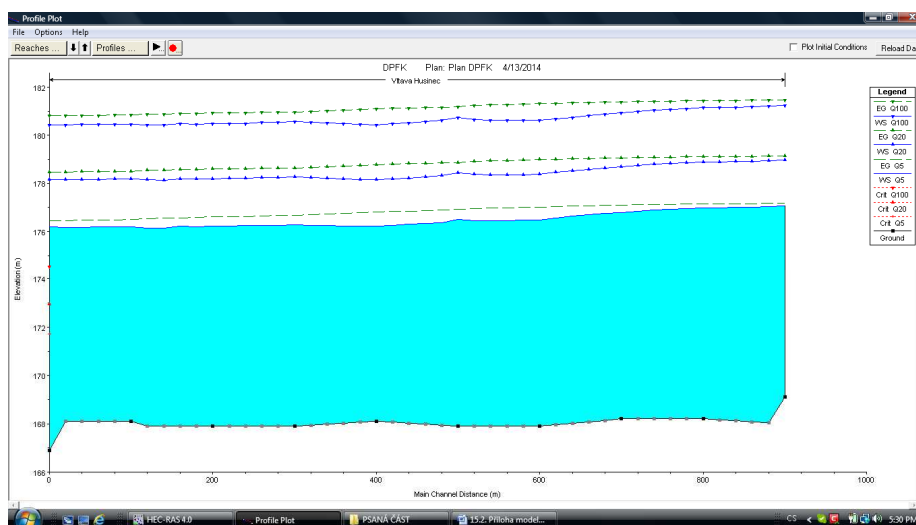


*Situace po úpravě – úplné rozšíření*

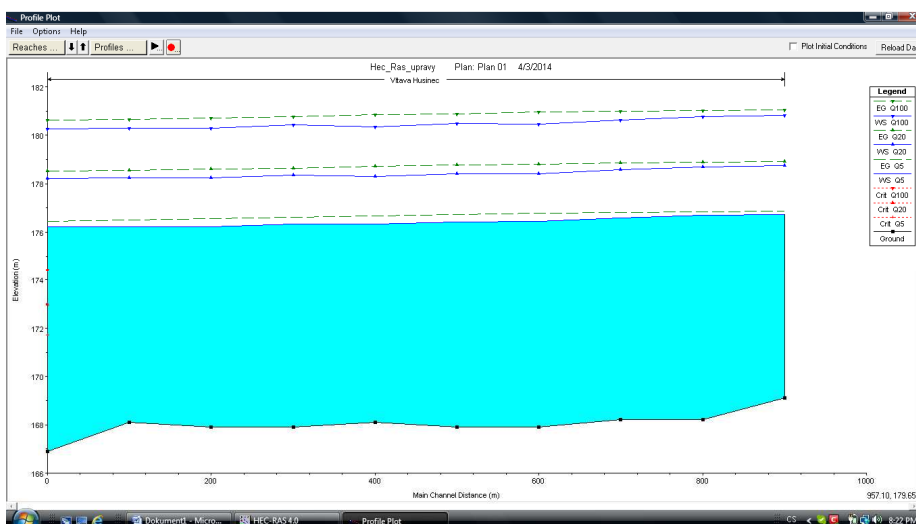


*Situace po úpravě – se začleněnými ostrovy*

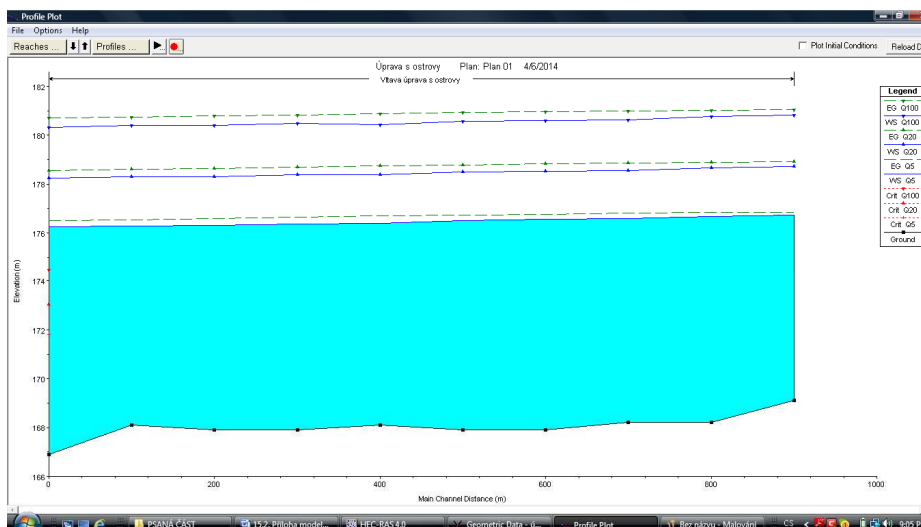
## 14.1.2. Porovnání podélných profilů před a po úpravě:



*Podélný profil před úpravou*

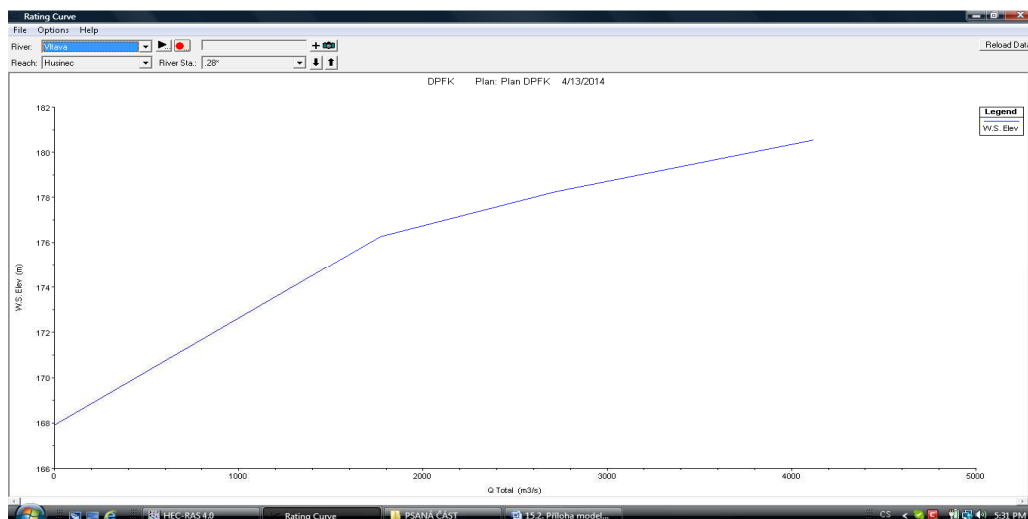


*Podélný profil po úpravě – úplné rozšíření*

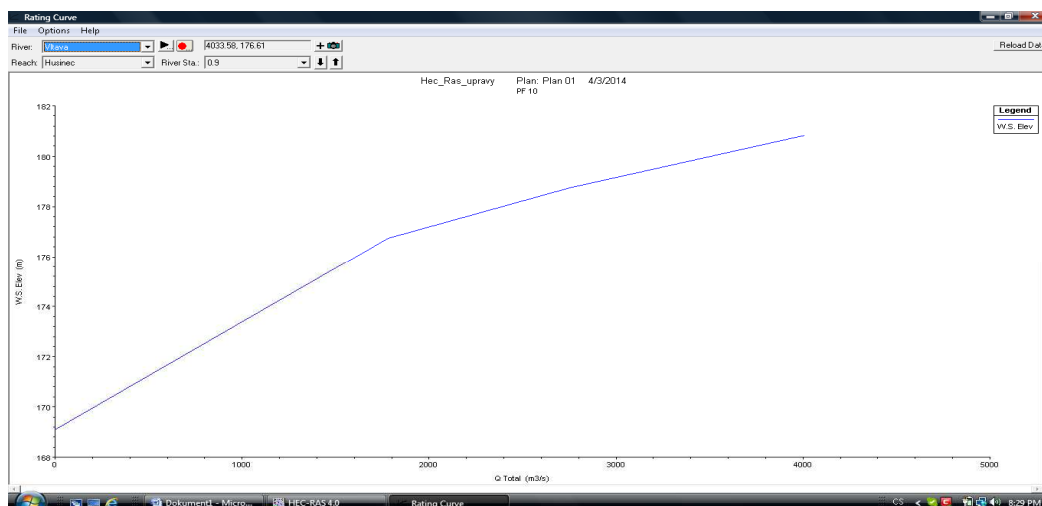


*Podélný profil po úpravě – se začleněnými ostrovy*

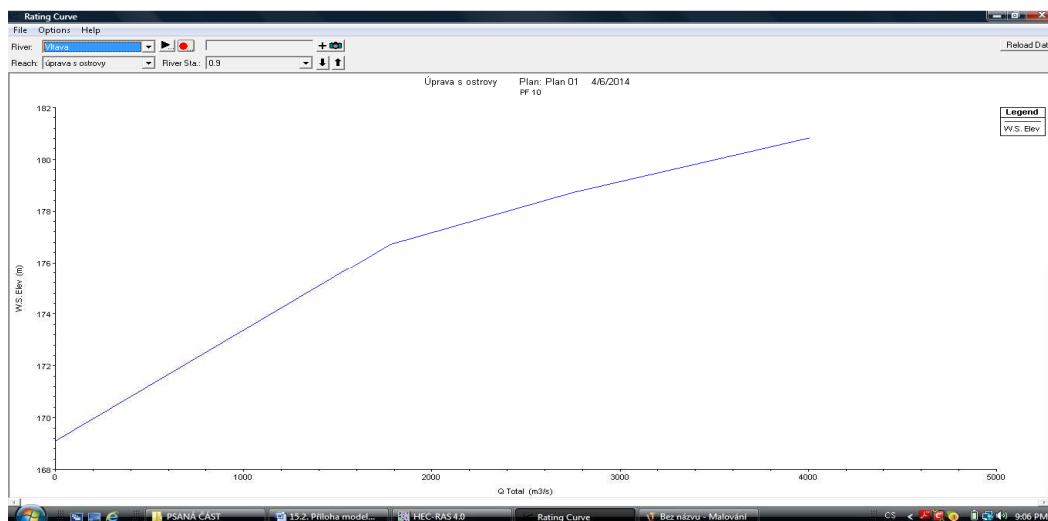
### 14.1.3. Graf porovnání konsumpčních křivek před a po úpravě:



*Graf konsumpční křivky před úpravou*

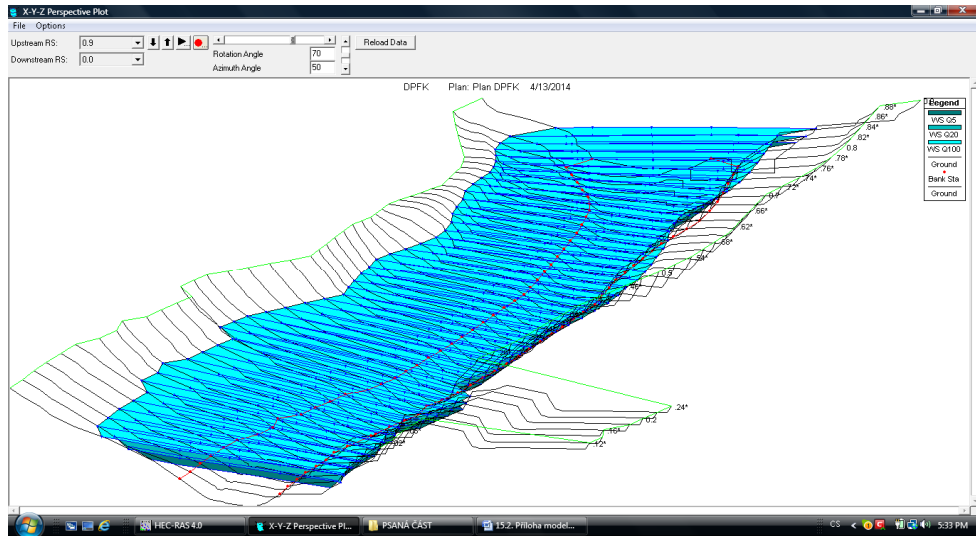


*Graf konsumpční křivky po úpravě – úplné rozšíření*

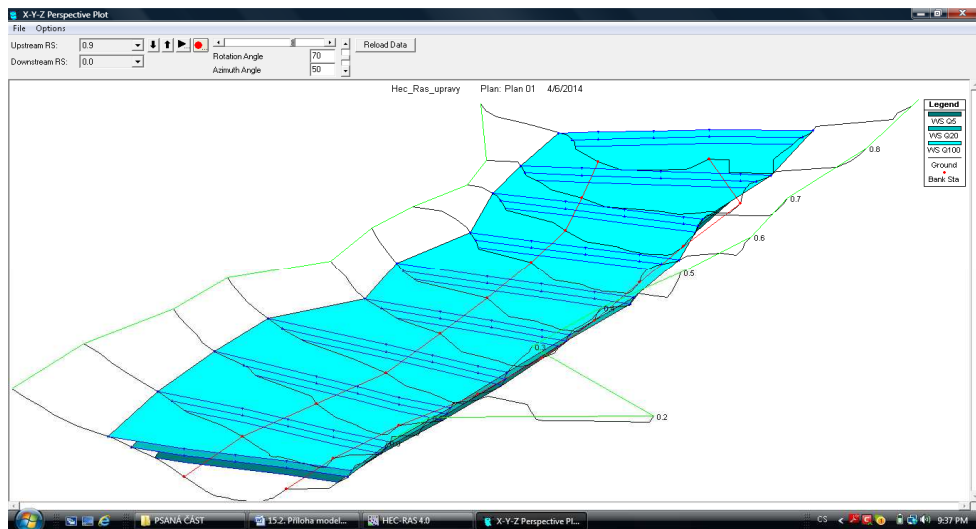


*Graf konsumpční křivky po úpravě – se začleněnými ostrovy*

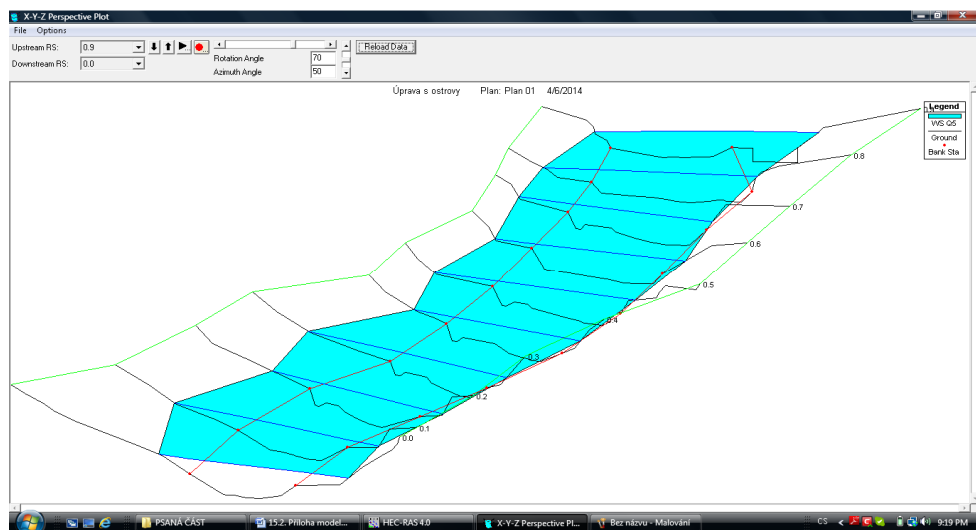
### 14.1.4. Porovnání profilů v XYZ perspektivě



*Situace před úpravou*



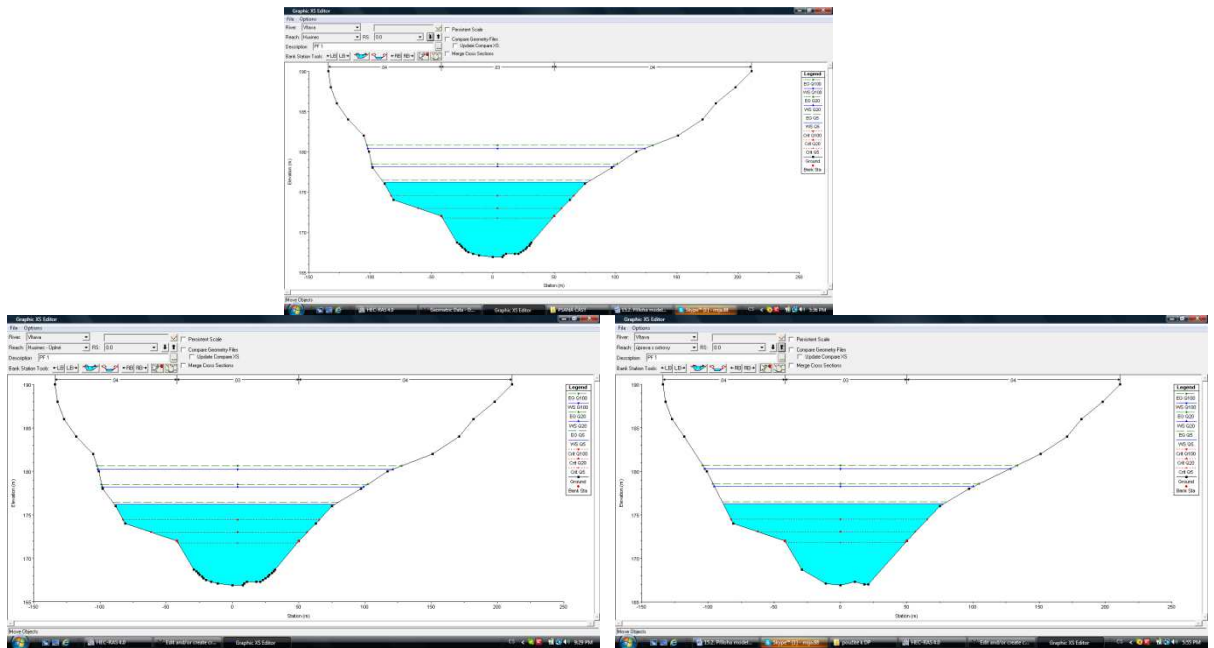
*Situace po úpravě – úplné rozšíření*



*Situace po úpravě – se začleněnými ostrovy*

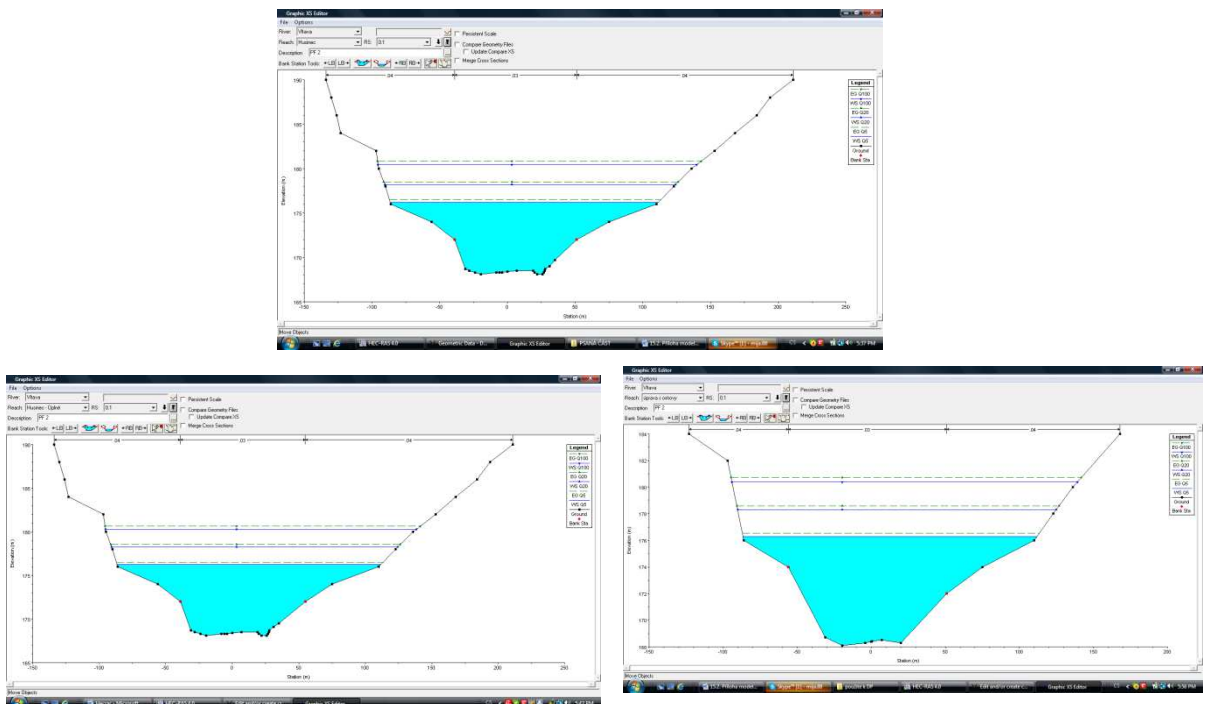
### 14.1.5. Porovnání příčných profilů před úpravou a po úpravě:

PF1 km 0.000



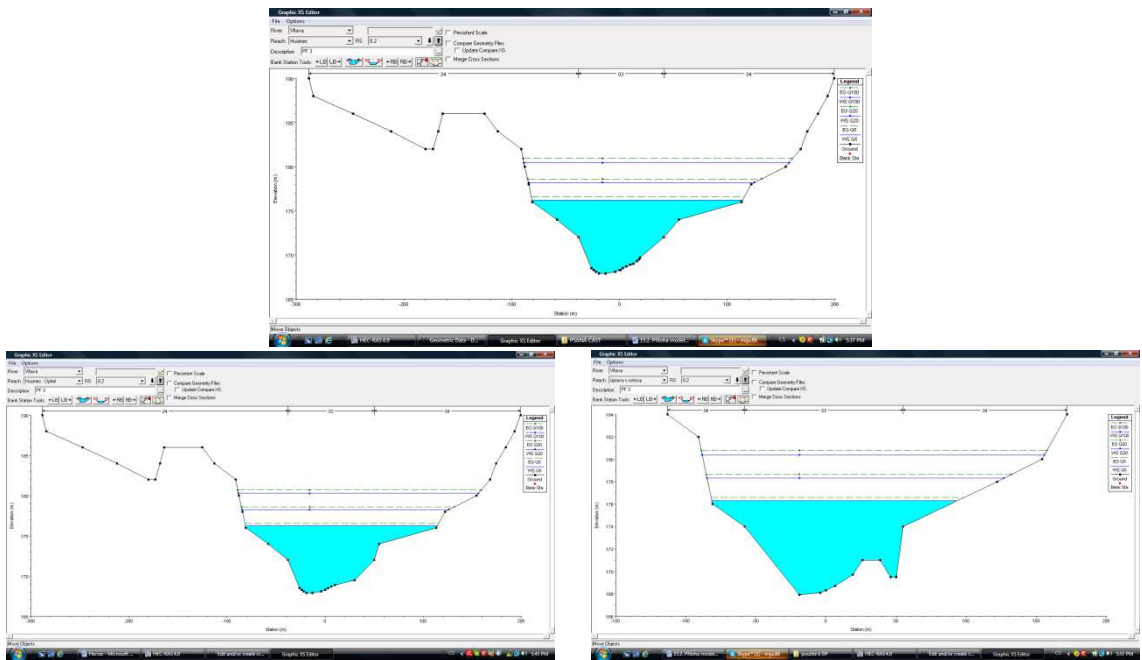
*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

PF 2 km 0.100



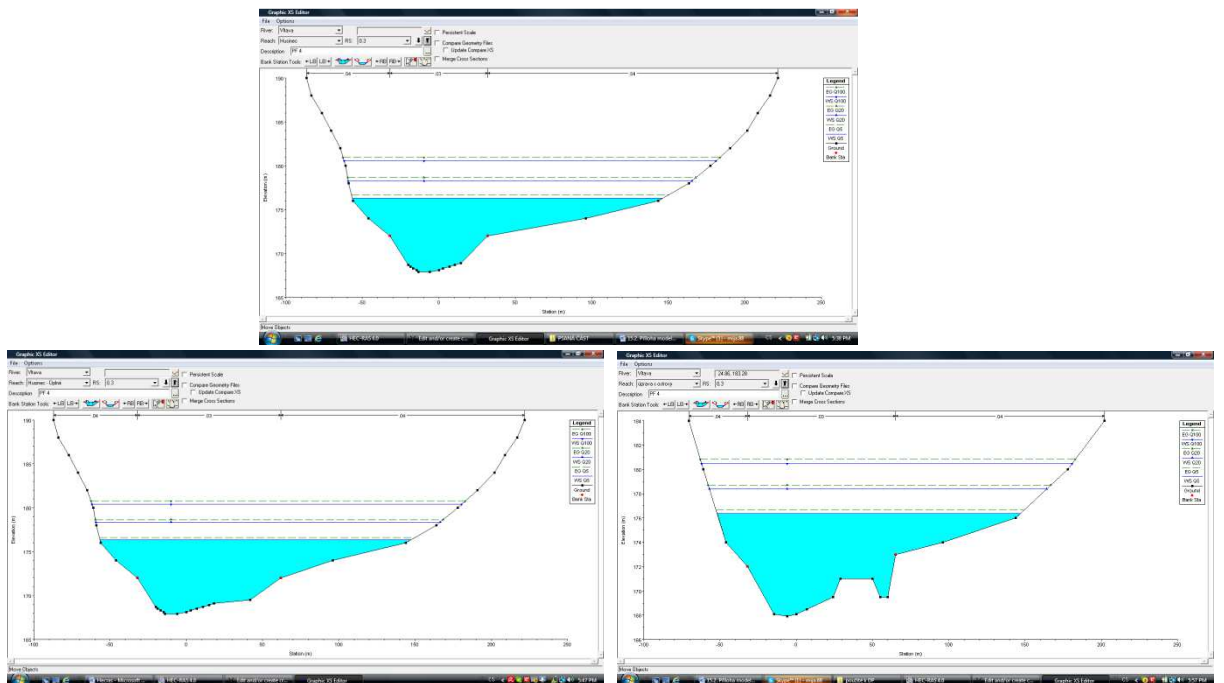
*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

### PF 3 km 0.200



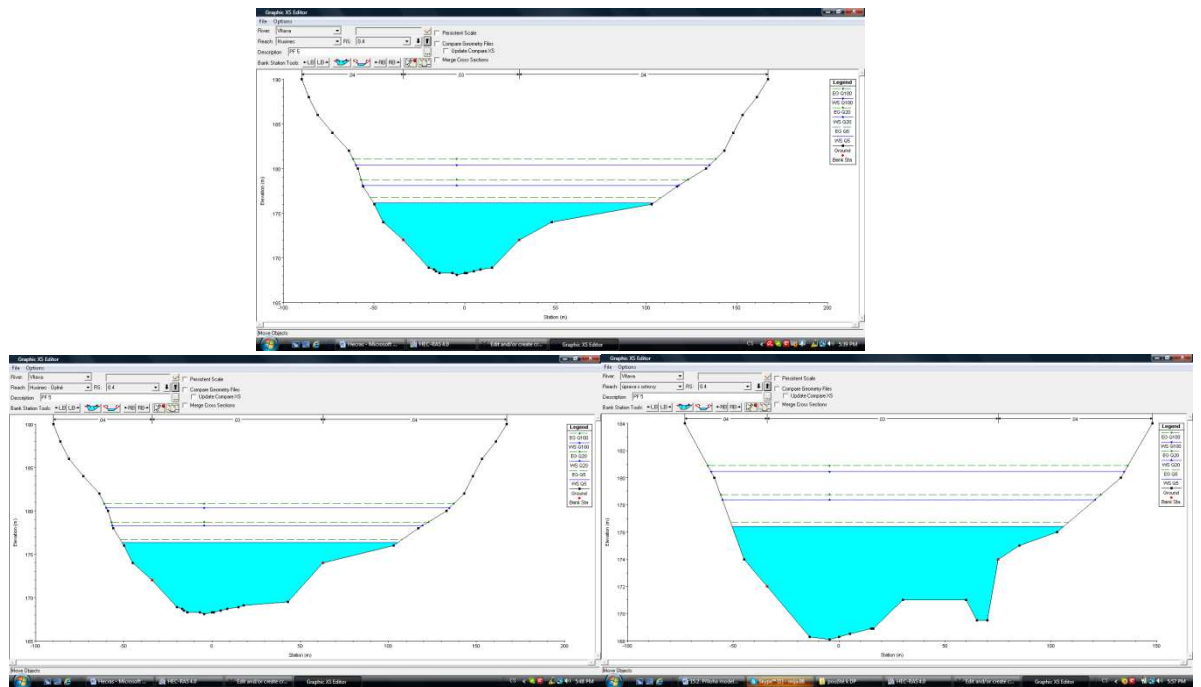
*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

### PF 4 km 0.300



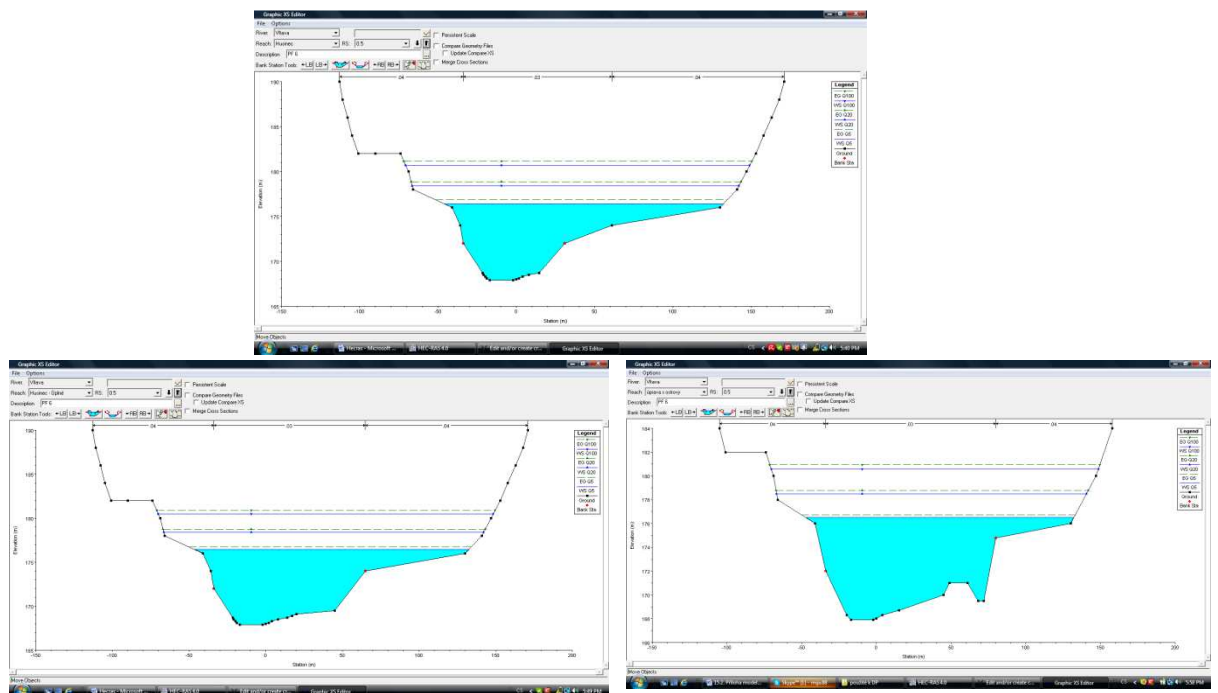
*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

## PF 5 km 0.400



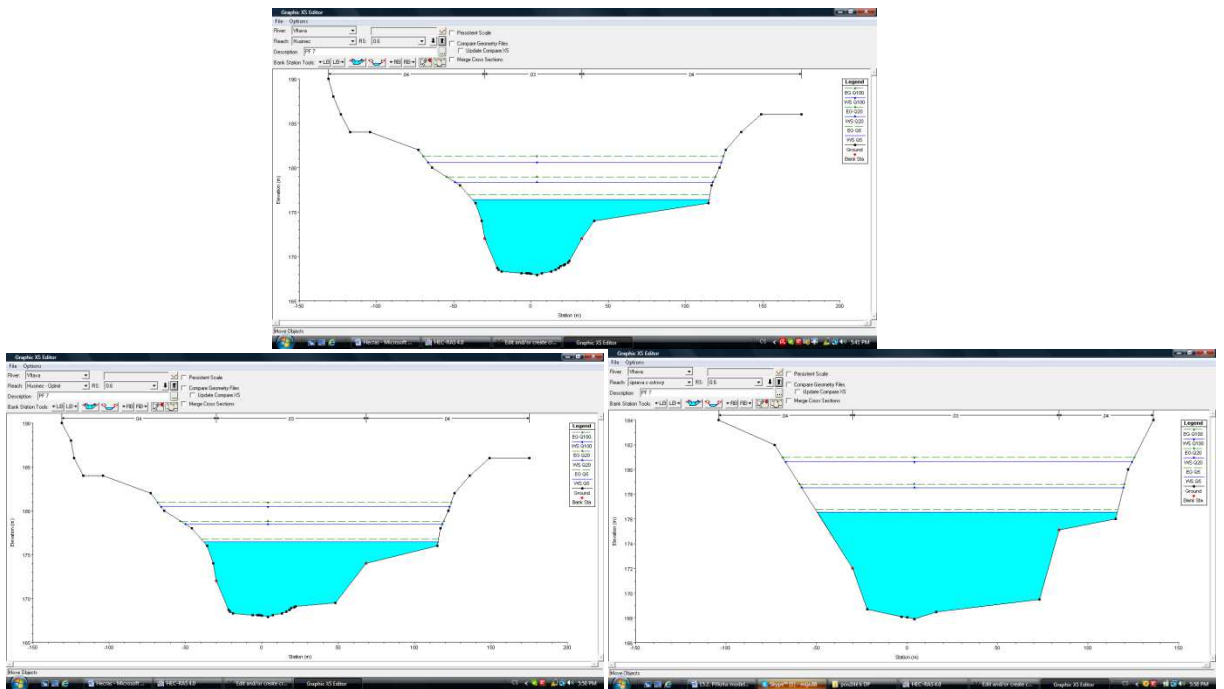
*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

## PF6 km 0.500



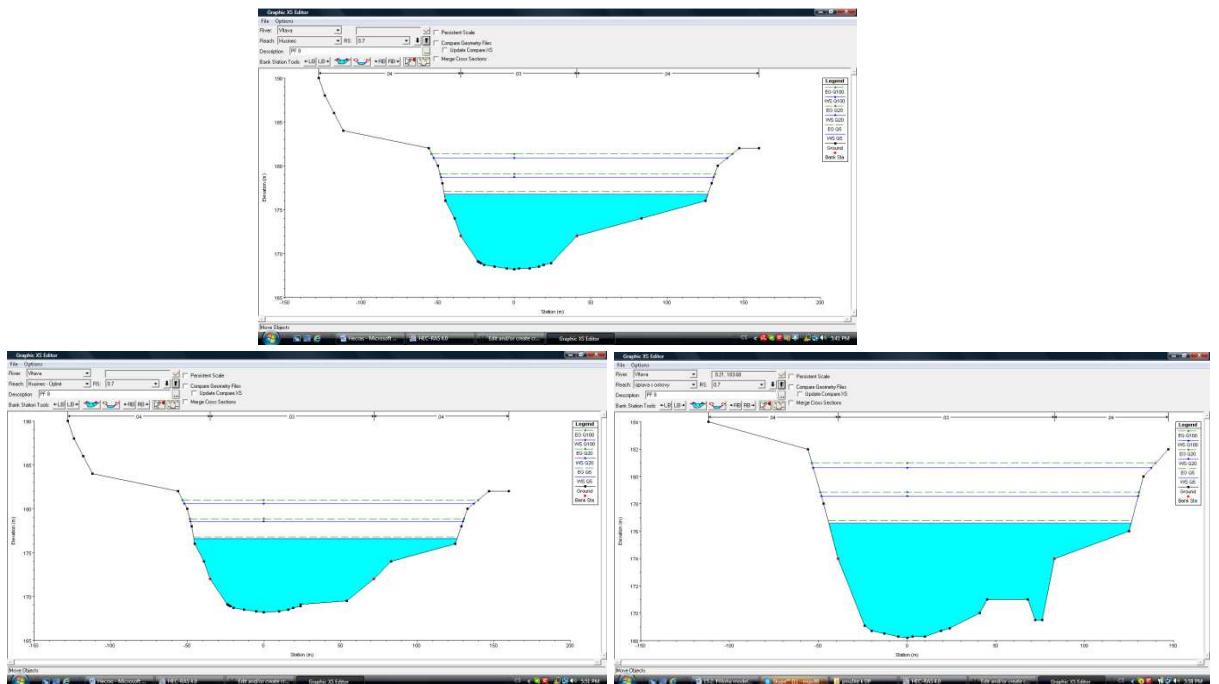
*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

## PF7 km 0.600



*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

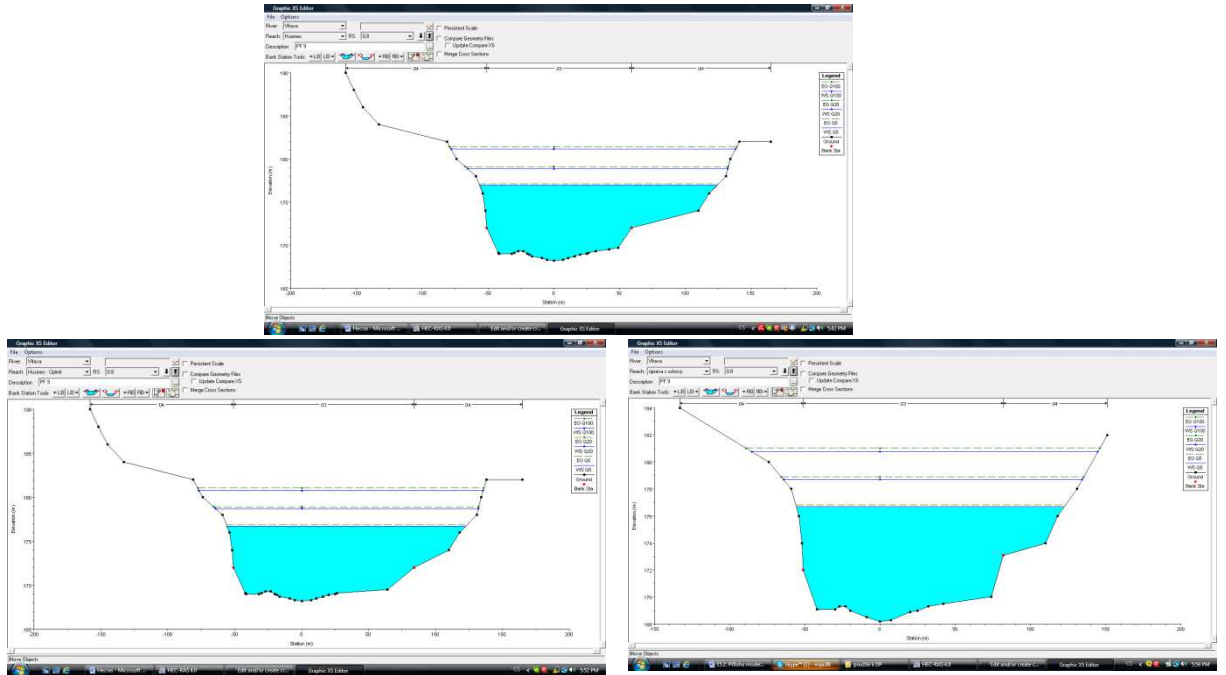
## PF8 km 0.700



*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

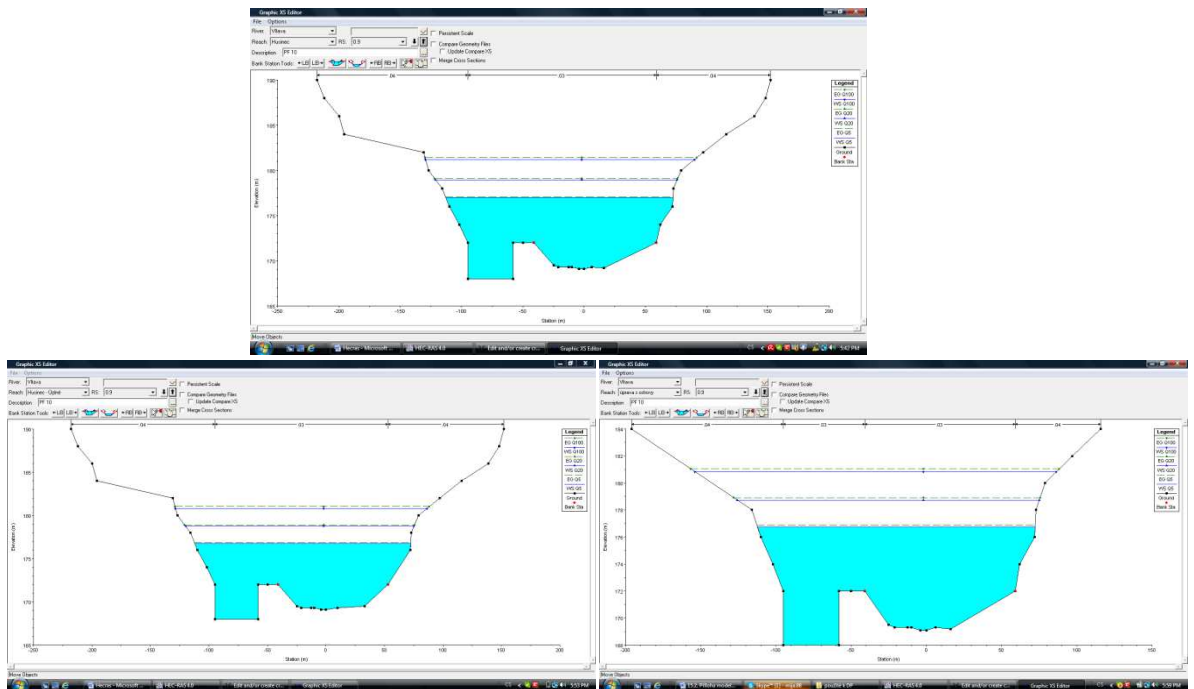


## PF9 km 0.800



*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

## PF10 km 0.900



*Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (vlevo) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (vpravo)*

14.2.6. Tabulka průtoků všech variant vymezených programem HEC-RAS

Původní situace	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10	Pokles hladiny na úseku	
	Qprůměrné	169,77	169,86	170,06	170,23	170,40	170,58	170,67	170,73	170,80		170,83
Q5	176,23	176,23	176,24	176,30	176,24	176,52	176,50	176,82	177,01	177,08	0,85	
Q20	178,16	178,19	178,19	178,26	178,15	178,44	178,37	178,71	178,90	178,98	0,82	
Q100	180,42	180,47	180,47	180,56	180,42	180,73	180,62	180,93	181,15	181,24	0,82	
Situace po úpravě - úplné rozšíření	Qprůměrné	169,76	169,76	169,92	170,14	170,27	170,41	170,47	170,53	170,58	170,61	0,85
	Q5	176,22	176,23	176,23	176,35	176,35	176,43	176,47	176,59	176,71	176,74	0,52
	Q20	178,21	178,24	178,24	178,35	178,31	178,41	178,43	178,57	178,70	178,74	0,53
Situace po úpravě - se začleněnými ostrovy	Q100	180,25	180,30	180,30	180,42	180,34	180,48	180,46	180,62	180,77	180,82	0,57
	Qprůměrné	169,82	169,83	169,99	170,23	170,40	170,58	170,63	170,65	170,71	170,73	0,91
	Q5	176,27	176,29	176,30	176,36	176,40	176,50	176,56	176,58	176,68	176,73	0,46
	Q20	178,25	178,30	178,30	178,38	178,38	178,49	178,54	178,57	178,67	178,73	0,48
	Q100	180,32	180,40	180,40	180,47	180,44	180,58	180,60	180,63	180,76	180,83	0,51

Ríční kilometr	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36
PF	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10
Stanění	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

## 14.2. Fotodokumentace

Fotografie č.1: Zúžení koryta toku po pravé straně, foceno cca v místě PF 10 na pravém břehu



Fotografie č.2: Detail navážky v zúženém profilu, která byla navezena po povodních





Fotografie č.3: Navážka navezená na vymletý břeh po povodni, cca v místě PF8



Fotografie č.4: Upravovaný břeh a cyklostezka, vodní tok je po pravé straně, cca u PF3





Fotografie č.5: Zúžený profil z pravého břehu, přibližně v místě PF 9 u kamenolomu



Fotografie č.6: Upravovaný břeh je v současné době zarostlý vysokou trávou, v místech PF 4





Fotografie č.7: Nejužší místo zúžení, foceno z pravého břehu přibližně u PF 7



Fotografie č.8: pohled z pravého břehu na obec Husinec a kamenolom, v místech PF5





Fotografie č. 9: Pohled na druhý břeh a železniční násyp, přibližně v PF 6



Fotografie č.10: Po povodních na pravém břehu zůstávají poničené objekty, v pozadí je vidět trafostanici, kterou místní používají k odečítání povodňových průtoků



Fotografie č.11: Pohled z pravého břehu na plavební komoru Klecany a velín, přibližně u PF 9



Fotografie č. 12: Pohled do kamenolomu Klecany, přibližně v místech PF 9





Fotografie č.13: Letecký pohled na obec Husinec – Řež a kamenolom Klecany z roku 2011



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.14: Letecký pohled na plavební úžinu Husinec z roku 2011



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*



Fotografie č.15: Plavební úžina Husinec, Žalov na opačném břehu a železniční násyp



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.16: Plavební úžina Husinec, obec Husinec - Řež



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.17: Plavební úžina Husinec focena z opačného břehu



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.18: Povodeň z roku 2013, Husinecký mlýn cca 60 m od toku



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*



Fotografie č.19: Povodeň z roku 2013, ulice K Lomu u Husinecké úžiny, přibližně u PF 1



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.20: Povodeň z roku 2013, zahrádky v Husinci u plavební úžiny



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*



Fotografie č.21: Povodeň z roku 2013, ulice K Lomu a Maličká, přibližně v místech PF1 cca 70 m od toku



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.22: Povodně v roce 2002 v Husinci



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*



Fotografie č.23: Povodně v roce 2002, Řež



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.24: Povodně v roce 2002, Řež



*Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*