



TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLASTI POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VOLYŇKA – 10100077_1 ř.km 0,00 – 2,00 (PV-17-1)



05.2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLASTI POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VOLYŇKA – 10100077_1 ř.km 0,00 – 2,00 (PV-17-1)

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 8
Praha 5
150 24

Zhotovitel: „DHI + HDP“



DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
Praha 10
100 00



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.

U Sadu 13/62

Praha 6

162 00



DHI a.s.

Na Vrších 1490/5

Praha 10

100 00

V Praze, 05 2013

Obsah:

1	Základní údaje	6
1.1	Seznam zkratk a symbolů	6
1.2	Cíle prací	6
1.3	Předmět práce	6
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	8
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	9
3	Přehled podkladů	10
3.1	Topologická data	10
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	10
3.1.2	Mapové podklady	10
3.1.3	Geodetické podklady	11
3.2	Hydrologická data	11
3.2.1	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	12
3.3	Místní šetření	12
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	12
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	12
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného problému	14
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	14
4.3	Způsob zadávání OP a PP	14
5	Popis numerického modelu	15
5.1	Použité programové vybavení	15
5.2	Vstupní data numerického modelu	15
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	15
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	16
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	17
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	17
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	17
5.3	Popis kalibrace modelu	18
6	Výstupy z modelu	19
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	22

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

V následující tabulce č.1 jsou abecedně seřazeny všechny zkratky a symboly použité při zpracování části B, Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí.

Tabulka č. 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
CDS	Centrální datový sklad
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR4G	Digitální model reliéfu České republiky 4. generace
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
DPI	Rozlišení dané počtem bodů na jeden palec (2,5cm)
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku v Centrální evidenci vodních toků
LGS	Limnigrafická stanice
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SOP	Studie odtokových poměrů
TPE	Technicko provozní evidence
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM10	Základní mapa 1:10 000
ZÚ	Záplavová území
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí na základě stanovení těchto charakteristik průběhu povodně:

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- Popis postupů souvisejících se zajištěním vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.)
- Sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace
- Zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Výchozím podkladem pro zpracování studie byla data z „Otava – Studie odtokových poměrů“, provedená v listopadu 2005 společností Hydrossoft Veleslavín s.r.o. a projektová dokumentace skutečného provedení stavby Protipovodňová ochrana města Strakonice zpracovaná společností Sweco (Hydroprojekt) v roce 2012.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum. Požadavkem objednatele bylo využití zaměření (resp. výpočetní trati) ze stávající studie z roku 2005, která v době svého vzniku vycházela z aktuálního geodetického zaměření. V úseku nad železničním mostem až ke zbrojovce byla vybudována PPO a výpočetní trať zde byla upravena dle projektu skutečného provedení stavby.

S ohledem na 5- letou platnost hydrologických dat bylo nutné v zájmovém profilu hydrologická data (průtoky n- letých vod) vydávaných ČHMÚ nechat znovu ověřit.

Výpočty byly prováděny programem Hydrocheck jako ustálené nerovnoměrné proudění. Po sestavení výpočetní trati z geodetických podkladů z TPE byla celá výpočetní trať zkontrolována tak, aby mohly být provedeny výpočty Q_{500} . Z tohoto důvodu bylo v několika případech potřeba rozšířit údolní profily nad úroveň geodetického zaměření. K tomuto účelu byl použit výškový model terénu vytvořený v programu Atlas - DMT na datech z DMR 5G.

Hydraulické výpočty byly provedeny pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} a výsledky těchto výpočtů byly zpracovány v programu Atlas - DMT. Výsledkem byla hrubá mapa hloubek, která sloužila jako jeden z podkladů pro vynášení záplavových čar. Dalšími podklady byly výsledky programu Hydrocheck (průběh hladin v příčných profilech) mapový podklad, fotodokumentace a především znalost zájmového území.

Po správném vynesení záplavových čar byla hrubá mapa hloubek oříznuta těmito polygony a vznikla již čistá mapa hloubek a mapa hladin ve formátu předávaném do CDS.

Výsledky jsou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí v kapitole 6.

2 Popis zájmového území

Název toku: Volyňka

ID úseku IDVT CEVT: 10100077_1

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-08-02-045

Úsek toku: ř. km 0,00 – 2,00

Významná vodní díla:

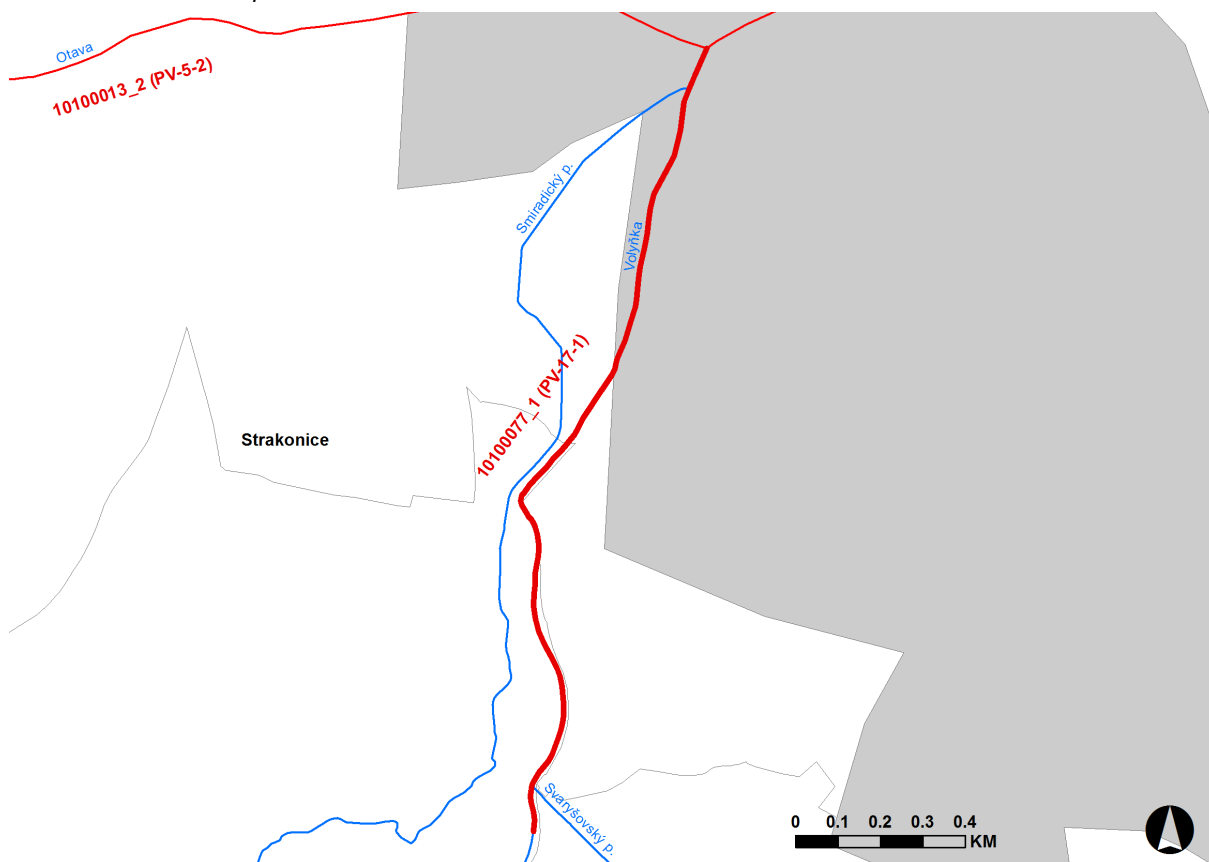
Významné přítoky: Smiradický p., Svaryšovský p.

Posuzovaný úsek Otavy byl určen od ř. km 0,00 (od ústí do Otavy) do ř. km 2,00 (nad most u Mutěnic) dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a přesně vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

začátek: x = -792 629,89 y = -1 129 071,30

konec: x = -793 046,19 y = -1 130 916,62

Obr. 1 – Přehledná mapa řešeného území



Podklady:

Název toku - zdroj VÚV TGM

ID úseku IDVT CEVT - zdroj Ministerstvo zemědělství

Číslo hydrologického pořadí toku - zdroj ČHMÚ

Úsek toku - zdroj Povodí Vltavy s.p.

Významná vodní díla - zdroj ZM10

Významné přítoky - zdroj ZM10

2.1 Všeobecné údaje

Řeka Volyňka pramení na východním svahu Světlé hory na Šumavě. Protéká šumavským podhůřím a ústí ve Strakonicih zprava do řeky Otavy. Od pramene k soutoku měří 46km. V horním toku má Volyňka velký spád a úzké koryto s balvanitým dnem a četnými stupni.

Sklon zájmového úseku je rovnoměrný. Celkový průměrný sklon krátkého zájmového úseku je 0,32%.

Rychlost vody odpovídá sklonům a pohybuje se v dolním úseku toku mezi 1,5 až 2,6 m/s, Režim proudění je v celém zájmovém úseku toku říční.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Pro zpracování studie v roce 2005 byly k dispozici od PVL (Ing. Marhana) povodňové značky, a to jednak pevné, litinové, tak pracovní zdokumentované těsně po povodni. Vše v digitální podobě na CD. Pro výpočty byl tak k dispozici unikátní soubor dat z povodně 08/2002 – značky kulminačních hladin této povodně na významných objektech na toku i v záplavovém území Volyňky a to ve velmi přijatelné hustotě.

Ucelené soubory kulminačních hladin extrémních povodní jsou velmi potřebnými daty pro kalibrace a následné verifikace vytvořených modelových systémů povodňového proudění. A právě dobře kalibrované a verifikované modely bývají kvalitativně mnohem výše, t. j. lépe vystihují skutečné poměry proudění i za vodních stavů a průtoků odlišných od kalibračních, než modely nekalibrované. Tato možnost (kalibrovat a verifikovat model Volyňky) byla v studii z roku 2005 využita.

Hladina na Otavě má při povodni na Volyňku značný vliv. Při povodni 2002 ovlivňovalo zahrádky nad železničním mostem vzdutí vody z kulminace na Otavě víc, než kulminace Volyňky samotná. Tato skutečnost se mohla projevit jako 2 vlny povodně s odstupem cca 10 hodin, kdy druhá vlna byla horší než první. Dosah tohoto vlivu může být až k jezu ř.km 1,480.

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 236/2002 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

- Základní mapy 1 : 10 000 – digitální, rastrové – ZAGAGED, poskytl Povodí Vltavy, s.p.
- Výškopisná data DMR 4G, copyright ČZÚK, a.s., 2011-2012
- Výškopisná data DMR 5G, copyright ČZÚK, a.s., 2011-2012
- Geodetické zaměření – příčné profily, podélný profil, provedla firma GEFOS a.s. v listopadu 2011
- Výsledky hydraulické výpočtu nerovnoměrným prouděním (program Hydrocheck)
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ České Budějovice
- Hydrologické poměry ČSSR III. díl, HMÚ Praha 1970
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v říjnu 2012 zaměřený na zmapování stavu koryta a břehů se zřetelem na místní překážky a další relevantní faktory
- Závěrečná zpráva „Otava – Studie odtokových poměrů“, Hydrosoft Veleslavín s.r.o., listopad 2005
- Zákon č. 257/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 236/2002 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- Geomorfologie Českých zemí, Jaromír Demek a kol., AC 1965
- Vyšší geomorfologické jednotky České republiky, Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha 1996
- Metadata poskytnutá Zeměměřickým ústavem k aktuální verzi ZM 10
- Atlas podnebí ČSSR, ČHMÚ
- Wikipedie

3.1 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem, který je potřebný pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí nich je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu byl sestaven z Digitálního modelu reliéfu České Republiky 5. Generace (DMR 5G). V místech kde nebyl DMR 5G dostupný, byl použit DMR 4G od ČÚZK. Dno toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. K tomuto kroku byl použit software DMT ATLAS. Sestavení DMT včetně generování map hladin a map hloubek proběhlo též v softwaru DMT ATLAS. Výstupy byly vygenerovány jako ASCII GRID pixelu 2m x 2m. Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla vybrána Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Zeměměřickým úřadem v roce 2011. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů.

Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť. Předměty obsahu mapy jsou znázorněny pouze na území České republiky. Míra generalizace polohopisu je na takové úrovni, že nedochází k rozsáhlejšímu spojování jednotlivých staveb do bloků a ke zjednodušování tvarů. Mapa tak poskytuje velmi podrobnou představu o zobrazovaném území.

Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2009 a dříve byly odvozovány z vektorových výstupů, které vznikaly v průběhu tvorby vizualizací ZABAGED®. Jejich rasterizací a následnou transformací do souřadnicového systému S-JTSK vznikl obraz státního území, který byl strukturovaný po listech ZM 10. Dalším zpracováním byla pořízena barevná bezešvá rastrová mapa s barevnou hloubkou 4 bit, jednotnou barevnou paletou a hustotou 400 dpi. Z důvodu nižší kvality rozlišení těchto výstupů bylo v roce 2011 přistoupeno k nahrazení těchto souborů novými rastry, které vznikly přímým odvozením z tiskových podkladů ZM 10. Tyto rastry mají barevnou hloubku 24 bit a rozlišení 800 dpi. Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2010 a později jsou odvozovány přímo z postscriptových souborů nové technologické linky. Tyto soubory jsou službou aplikačního serveru rastrovány s rozlišením 800 dpi, barevnou hloubkou 8 bit a jednotnou barevnou paletou. Do doby pokrytí celého území ČR soubory z nové technologické linky budou uživatelům poskytovány vždy obě datové sady. Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bezešvé mapy – čtvercích 2x2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK.. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixlu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 3149x3149 (72DPI).

3.1.3 Geodetické podklady

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.4. výpočetní trať vycházela z původní studie z roku 2005, která měla v této době aktuální geodetické zaměření. Toto zaměření prováděla firma MajerGeo též v roce 2005. Dále byla ve studii použita projektová dokumentace skutečného provedení stavby Protipovodňová ochrana města Strakonice zpracovaná společností Sweco (Hydroprojekt) v roce 2012.

Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 5G, která poskytlo Povodí Vltavy.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu: ústí

Datum pořízení: 2012

Říční kilometr: ř. km 0,00

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400: 2012

Velikost plochy povodí k profilu: 427,2km²

Číslo hydrologického povodí: 1-08-02-045

N-leté průtoky: viz. tabulka č.3

Tabulka č.3 - N-leté průtoky (Q_N) v m³.s⁻¹

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Ústí do Otavy	2012	0,00	80	144	256	413	

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity základní hydrologické údaje ČHMÚ.

Tabulka č.3a - Rekapitulace rozdělení hydrologických dat ve výpočtovém modelu

zdroj	Profil	od - do	N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$							
		ř.km	1	2	5	10	20	50	100	500
DOP	Ústí do Otavy	0,00 – 2,00			80		144		256	413

3.3 Místní šetření

Místní šetření probíhalo v lednu 2013 a byla zpracována podrobná fotodokumentace. Každá fotografie je časově a prostorově lokalizovaná. Součástí fotodokumentace jsou i fotky ze starších studií. Lokalizace starší fotodokumentace nebyla dodatečně prováděna, v některých případech ale byly i starší fotky lokalizované.

Cílem místního šetření bylo:

- posouzení nutnosti doplňujícího geodetického zaměření. V případech rekonstrukcí objektů či vlastního koryta či jakékoliv změně v korytě či inundačním území bylo posuzováno, zadali je, nebo není potřeba provést nové zaměření. Výsledek šetření je popsán v kapitole 3.1.3 Geodetické podklady.
- posouzení drsnostních charakteristik. Cílem průzkumu bylo mimo jiné i posouzení drsnostních charakteristik, zejména v inundaci, kde se odtokové parametry mohly změnit novou výstavbou. Dále bylo potřeba určit drsnostní charakteristiky v území potenciálně zaplaveném povodní Q_{500} .
- posouzení morfologie terénu z pohledu průtoků Q_{500} . Bylo nutné rozhodnout, zdali bude nutné rozšiřovat profily původního modelu, či nikoliv. Ne vždy se celá inundace podílí na průtoku. Na základě průzkumu byly některé profily v době sestavování modelu, proti původní studii rozšiřovány z výškopisu DMR 4G či DMR 5G.
- posouzení objektů z pohledu průtoků Q_{500} . Původní modely nepočítaly s tak velkým průtokem. Bylo tedy nutné posoudit průtokové parametry objektů i při této extrémní povodni. U některých objektů byly na základě pořízené fotodokumentace upraveny průtokové koeficienty či další parametry objektu, například rozsah zasahování mostovky do průtočného profilu.
- posouzení ohrožení zaplavovaného území povodní. Tato část průzkumu měla za úkol pořídit fotodokumentaci ohrožených objektů v inundaci tak, aby později bylo možné rozhodovat, zda a v jakém rozsahu bude nemovitost ohrožena. Jedná se zde ale o doplňkovou informaci pro analýzy v GIS a v žádném případě se nejedná o evidenci a podrobnou dokumentaci jednotlivých objektů zasažených vodou.

Při stavbě modelu pak byla pořízená fotodokumentace významným nástrojem pro rozhodování kde a jak model upravovat.

3.4 Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

V průběhu zpracování nebyly poskytnuty žádné další podklady.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování studie byly v souladu s níže uvedenými dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [4] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).

- [5] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [6] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [7] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [8] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté podklady plně pokryly zájmové území. Geodeticky zaměřené příčné profily musely být místy rozšířeny, aby provedly extrémní průtok Q_{500} . Pro rozšíření profilů bylo použito podkladu DMR 5G, jehož přesnost je pro potřeby modelu v okrajových částech inundace dostatečná.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění. Pro tento typ výpočtů je vhodný program HYDROCHECK verze 5.X, který používáme.

Jedná se o programový prostředek vyvinutý společností Hydrossoft Veleslavín s.r.o. v devadesátých letech ve spolupráci s Podniky povodí. Řeší ustálené nerovnoměrné proudění v otevřených neprizmatických korytech v režimových oblastech říčních i bystřinných. Základem řešení nerovnoměrného proudění je obecná metoda po úsecích. Významné objekty byly počítány funkcemi programu Hydrocheck jako objekty.

Program Hydrocheck je mimo jiné vhodným nástrojem pro posuzování aktivní zóny, či hodnocení map rizik, neboť umožňuje vyhodnocování svislicových rychlostí v příčném řezu. Díky tomu je možné vyhodnocovat rychlosti v inundaci a vytvářet mapu rychlostí jako plošnou informaci, nikoliv jen bodovou.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schéma modelu je poměrně jednoduché. Koryto prochází prakticky v celém zájmovém úseku údolnicí a inundace není široká. Nebylo tedy nutné zpracovávat dílčí úseky toku jako okružovou síť. Vzdálenosti příčných profilů v intravilánu jsou cca 50m, v extravilánu cca 200 až 250 metrů, v místech, kde to bylo potřeba hustěji.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity je ve výpočtech zanedbán. Studie je zpracována metodou stacionárního nerovnoměrného proudění, což je v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Jelikož se jedná o výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění v říčním korytě, zadává se okrajová podmínka v dolním výpočtovém profilu v podobě hladiny a průtoku. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoku. Jiné okrajové ani počáteční podmínky výpočtu se nezadávají.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Vlastní výpočty byly prováděny metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v programu HYDROCHECK 5.X, který se osvědčil při výpočtech obdobných studií. Základní výhodou tohoto programu je možnost rozdělení příčného profilu na libovolné segmenty podle charakteru proudění v jednotlivých částech příčného profilu. Program zobrazuje i podrobné rozdělení rychlostí v příčném profilu a rozdělení aktivní zóny v příčném profilu.

Pro výpočty konsumpčních křivek významných objektů byl použit nástroj - výpočty objektů, který je přímou součástí programu HYDROCHECK 5.X.

Kromě metody nerovnoměrného proudění bývá užíváno i nástrojů rovnoměrného proudění pro stanovení konzumpční křivky dolní okrajové podmínky.

Pro vynášení záplavových čar z vypočtených úrovní hladin do mapového podkladu je využíváno funkce Hydrochecku, který generuje vypočtené průřezy hladin v profilech do mapy.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Základem prací na studii je podrobný terénní průzkum. Na základě terénního průzkumu a kvalitní fotodokumentace jsou určeny drsnostní charakteristiky a později vynášeny záplavové čáry a aktivní zóna.

Podkladem pro práci bylo podrobné geodetické zaměření v rozsahu potřebném pro jednorozměrný matematický model, tedy příčné a údolní profily a veškeré objekty. Kromě toho byly pro vynášení záplavových čar a aktivní zóny použity všechny měřené body v rámci TPE.

Základním prvkem zadání je příčný profil - jeho geometrický tvar a rozměry, včetně součinitele drsnosti omočeného profilu.

Průtočný profil je možno rozdělit pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu.

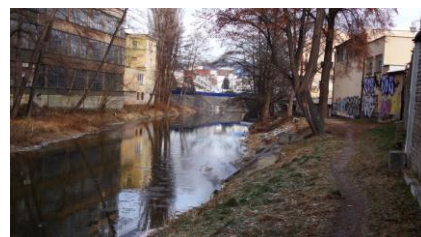
Na základě fotodokumentace a poznámek získaných při rekognoskaci terénu byly voleny hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro jednotlivé části omočeného profilu.

Kromě vytvoření geometrického modelu říční sítě včetně objektů je pro simulace nerovnoměrného proudění nutné zadat okrajové podmínky. Jedná se především o průtok a označení počátečního (popřípadě koncového) profilu, ve kterém má být průběh proudění řešen. Dále se zadává hladina v počátečním profilu, pokud není zvolen režim jejího automatického výpočtu z konzumpční křivky.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Úsek pod železničním mostem Z06 - ř.km 0,410

Na obou březích pod železničním mostem jsou průmyslové závody, které mají zajištěnou vlastní PPO a ani při Q_{100} nebudou obtékány. Teprve při povodni Q_{500} dojde k jejich částečnému zaplavení.



Úsek pod silničním mostem v Mutěnicích M21- ř.km 1,880

V roce 2012 byla dokončena výstavba PPO Strakonice na Q_{100} . Součástí této ochrany bylo vybudování ochranné pravobřežní hráze a dalších objektů na pravém břehu mezi železničním mostem a zbrojovkou.



Mezi železničním mostem a Mutěnicemi jsou tedy při povodních ohroženy pouze chatky a to na obou březích.



Mutěnice

Část obytné zástavby kolem mostu v Mutěnicích je v záplavovém území Q_{100} . Nad mostem je na pravém břehu v záplavovém území Q_{20} chatová osada. Obec Radošovice je však již na Q_{100} dostatečně chráněna.



5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Vzhledem k tomu, že nová verze programu Hydrocheck umožňuje zadávání drsností nepřímo pomocí kódů, byl změněn způsob práce s drsnostmi. Dříve bylo jen velmi těžké měnit bodové drsnosti v profilech z tohoto důvodu byly vyplňovány bodové drsnosti pouze mimo koryto a v korytě byla používána globální drsnost, kterou bylo možné v celém úseku trati snadno změnit.

Nyní byly vyplňovány všechny drsnosti v celém příčném profilu a snadná možnost korigovat drsnosti během výpočtu zůstává zachována.

Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
Beton v dobrém stavu	0,020

Beton starý	0,035
dlažba	0,025 - 0,045
tráva	0,035 - 0,045
keře	0,060 - 0,090

Použité drsnosti dle Manninga v inundaci

Popis	n
silnice chodníky - asfalt, beton	0,020 - 0,025
cesta	0,035 - 0,040
louky, pole	0,035 - 0,045
stromy, keře	0,060 - 0,120
hustý porost	0,120 - 0,160
zahrady s ploty, zástavba	0,160 - 0,200 nebo vypuštěné z výpočtu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Dolní okrajová podmínka byla stanovena v počátečním profilu řešeného úseku – profil P01, ř. km 0,09. Pro řešený úsek jsou k dispozici průtoky pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Jejich hodnoty jsou v následující tabulce č.5. Hladiny k nim byly určeny z výsledků původní studie a jsou uvedeny v tabulce č.5a.

Tabulka č.5 - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

profil DOP/N- leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
profil P01, ř. km 0,09	0,09 – 2,00	80	144	256	413	

Tabulka č.5a – Hladiny z původní studie

profil DOP/H – výška hladiny	ř.km	H_5	H_{20}	H_{100}	H_{500}	Poznámka
profil P01	0,09	390,26	390,81	391,62	392,57	

Pro celý řešený úsek jsou změny průtoků uvedeny v kap. 3.2.1. tab. 3a.

Dolní okrajová podmínka

Ve studii je pro Q_{100} na Volyňce předpokládán průtok na Otavě Q_{20} . Povodňová situace v roce 2002 tomuto stavu částečně odpovídala, přestože na Otavě byla kulminace větší než Q_{100} a na Volyňce menší než Q_{100} , nedošlo k souběhu kulminací a časový posun mezi nimi byl cca 15 hodin. Lze předpokládat, že se tato situace bude opakovat, tedy plošná srážková činnost na Šumavě přivede Volyňku ke kulminaci o něco dříve než Otavu.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Jak již bylo řečeno dříve, počáteční podmínky se v případě ustáleného nerovnoměrného proudění nezadávají.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Vstupní data byla pro zpracování studie dostatečná.

5.3 Popis kalibrace modelu

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2, pro kalibraci modelu byly k dispozici kvalitní podklady, tedy dostatek povodňových značek z extrémní povodně v roce 2002. Z těchto značek byl sestaven podélný profil povodně a výpočty byly na tento podélný profil kalibrovány.

V následující tabulce (tab. č.6) jsou kalibrační hodnoty pro úsek Strakonice.

Tabulka č.6 – Kalibrace modelu

Název značky	Název profilu	ř. km	Kalibrační průtok (m ³ /s)	Kóta značky (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)	N-letos
VOL_P_024	P05	0,390	245	393,50	393,57	0,07	Q ₂₀ - Q ₁₀₀
VOL_P_023	P09_PPO	0,540	245	393,88	394,18	0,30	Q ₂₀ - Q ₁₀₀
VOL_P_022	M21h	1,883	245	399,13	398,63	-0,50	Q ₂₀ - Q ₁₀₀

6 Výstupy z modelu

Hlavním výstupem z matematického modelu je psaný podélný profil, jež je zpracován pro všechny průtokové epizody a jež je hlavním nástrojem pro tvorbu záplavových čar. Psaný podélný profil kromě vypočtené úrovně hladiny obsahuje i informaci o výšce dna (nejhlubší dno), úroveň levého a pravého břehu (břehová hrana) a dále úroveň spodní hrany mostovky mostních objektů. Profil je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Psaný podélný profil je uveden na následující stránce.

Hladiny *n*-letých průtoků

Profil	ř.km objektů	Kóta dna	Levý břeh	Pravý břeh	Z5	Q5	Z20	Q20	Z100	Q100	Z500	Q500	Kóta mostovky	Popis objektu
	[km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	
P01	0,090	388,540	394,020	394,000	390,26	80,0	390,81	144,0	391,62	256,0	392,57	413,0	392,63	Silniční most - závěrový profil
J02d	0,105	388,600	394,080	394,060	390,27	80,0	390,82	144,0	391,64	256,0	392,59	413,0	392,69	Silniční most - závěrový profil
J02	0,110	389,490	394,020	393,980	390,46	80,0	390,92	144,0	391,69	256,0	392,64	413,0		Pevný jez - stupeň
J023h	0,113	388,900	389,890	390,090	390,46	80,0	390,92	144,0	391,69	256,0	392,64	413,0		
P03	0,133	388,970	389,960	390,160	390,63	80,0	391,19	144,0	391,99	256,0	392,90	413,0		
P04	0,270	388,930	391,900	390,090	391,41	80,0	392,15	144,0	393,01	256,0	393,93	413,0		
P05	0,390	389,270	392,880	391,790	391,86	80,0	392,69	144,0	393,65	256,0	394,65	413,0		
Z06	0,410	389,250	391,580	391,460	391,87	80,0	392,69	144,0	393,74	256,0	395,01	413,0	394,63	Železniční most
Z06h	0,413	389,250	391,830	393,950	391,87	80,0	392,69	144,0	393,74	256,0	395,01	413,0		
P07_PPO	0,440	389,240	391,820	393,940	391,98	80,0	392,82	144,0	393,87	256,0	395,11	413,0		
P08_PPO	0,520	389,500	392,270	393,250	392,24	80,0	393,12	144,0	394,25	256,0	395,50	413,0		
L09_PPO	0,540	389,400	394,740	394,740	392,28	80,0	393,16	144,0	394,28	256,0	395,53	413,0	394,37	Pěší lávka
P10_PPO	0,580	389,680	392,680	392,750	392,38	80,0	393,25	144,0	394,34	256,0	395,58	413,0		
P11_PPO	0,740	389,730	392,830	394,280	392,80	80,0	393,73	144,0	394,72	256,0	395,84	413,0		
J12dPPO	0,745	389,840	392,940	394,390	392,80	80,0	393,73	144,0	394,72	256,0	395,84	413,0		
J12_PPO	0,750	390,810	393,050	393,100	392,89	80,0	393,74	144,0	394,72	256,0	395,85	413,0		Pevný jez
J12h	0,753	389,840	392,890	393,770	392,89	80,0	393,74	144,0	394,72	256,0	395,85	413,0		
P13	0,790	389,920	392,970	393,850	393,02	80,0	393,88	144,0	394,87	256,0	395,98	413,0		
P14	0,910	390,290	394,100	393,640	393,37	80,0	394,27	144,0	395,26	256,0	396,37	413,0		
P15	1,160	391,940	395,680	393,680	394,23	80,0	395,06	144,0	396,17	256,0	397,09	413,0		
P16	1,430	392,700	394,860	395,230	395,08	80,0	395,64	144,0	396,67	256,0	397,50	413,0		
J17d	1,473	392,870	395,030	395,400	395,17	80,0	395,74	144,0	396,73	256,0	397,54	413,0		
J17	1,480	396,080	397,720	397,740	396,83	80,0	397,08	144,0	397,29	256,0	397,70	413,0		Pevný jez
J17h	1,483	394,300	396,480	397,680	396,83	80,0	397,08	144,0	397,29	256,0	397,70	413,0		
P18	1,570	394,300	396,480	397,680	397,04	80,0	397,50	144,0	398,16	256,0	398,83	413,0		
P19	1,700	394,370	396,930	397,930	397,26	80,0	397,81	144,0	398,49	256,0	399,14	413,0		
P20	1,870	395,550	397,420	397,290	397,69	80,0	398,22	144,0	398,67	256,0	399,24	413,0		
M21	1,880	395,530	400,160	400,130	397,74	80,0	398,31	144,0	398,67	256,0	399,24	413,0	398,90	Most
M21h	1,883	395,540	400,033	399,830	397,74	80,0	398,31	144,0	398,67	256,0	399,24	413,0		
P22	2,060	395,800	398,290	398,030	398,21	80,0	398,92	144,0	399,73	256,0	400,51	413,0		

Profil	ř.km objektů	Kóta dna	Levý břeh	Pravý břeh	Z5	Q5	Z20	Q20	Z100	Q100	Z500	Q500	Kóta mostovky	Popis objektu
	[km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	[m3/s]	[m n.m.]	
P23	2,270	396,690	399,170	400,310	399,01	80,0	399,56	144,0	400,20	256,0	400,84	413,0		Brod
P24	2,500	397,410	400,350	399,430	399,63	80,0	400,18	144,0	400,78	256,0	401,29	413,0		

6.1 Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Z vypočítaných úrovní hladiny v jednotlivých profilech byl interpretován průběh záplavové čáry. Z tohoto znázornění a z průběhu hladin v podélném profilu je patrný rozsah zatápných ploch a objektů. Dále se tímto způsobem zjistí překážky průtoku, které působí patrné vzdutí hladiny, jejichž odstraněním nebo rekonstrukcí je možno rozsah zátop redukovat.

Záplavové čáry jsou vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1 : 10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyliminoval nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

Při aplikaci výsledků výpočtu je nutno si uvědomit, že přírodní třírozměrný v čase proměnný děj je popisován stacionárním jednorozměrným matematickým výpočtem s použitím mnoha zjednodušujících předpokladů a odhadů. Přesnost výpočtu je limitována zejména hustotou příčných profilů použitých k výpočtu a odhadem drsnostního součinitele.

Hodnoty úrovně hladin získané interpolací mezi jednotlivými výpočtovými příčnými profily nemusí odpovídat skutečnosti.

Nejsou zde postiženy jevy běžně se vyskytující při povodních - hladina v inundaci nemusí být v jednom příčném profilu stejná jako v korytě, v obloucích dochází k příčnému převýšení hladiny, hladina je rozvlákněná, atd.

Výpočet je proveden pro ideální stav koryta. Není započítáno ucpání průtočného profilu plaveným materiálem, které hrozí zejména v mostních profilech. Vliv na proudění má i sezónní stav vegetačního pokryvu.

Výsledky tohoto výpočtu nejsou neměnné. Může dojít ke změnám vlivem zpřesnění topografických podkladů, změny hydrologických údajů, použitím přesnějších výpočetních modelů, nebo vlivem změn v průtočném profilu toku.

6.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Pro tvorbu mapy hloubek byl použit program Atlas - DMT s podkladem modelu terénu DMR 5G a vypočtenými hladinami v jednotlivých profilech. Průnikem obou modelů vznikly dva výstupy, mapa hladin a mapa hloubek. Jak již bylo popsáno výše, v prvním kroku vznikne hrubá mapa hloubek, která je jedním z podkladů pro určení průběhu záplavových čar. Skutečná záplava se ale od tohoto výstupu liší a slouží následně k jeho oříznutí. Oříznutím hrubé mapy hloubek polygonem záplavové čáry vzniká již čistá mapa hloubek i mapa hladin.

6.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Při výpočtu nerovnoměrného proudění byly z výpočetního programu Hydrocheck exportovány pro jednotlivé profily a jednotlivé průtokové epizody průměrné celoprofilové rychlosti. Takto získaná hodnota rychlosti pak byla v GIS přiřazena jako bodová informace průsečíku daného příčného řezu a osy toku. Pro každý profil a jednu průtokovou epizodu tak byla získána informace o rychlosti, celkem tedy pro každý profil 4 hodnoty rychlosti ($Q_5 - Q_{500}$).

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Jak bylo uvedeno výše, výpočetní model 1D je vždy schematizací skutečnosti. Hlavní míra nejistoty však neplyne ze špatného odhadu drsnostních charakteristik, nebo nedostatečně popsané topologie území a koryta, ale ze vstupních průtokových dat, jejichž přesnost je nezdědká v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s ním model nepočítá, je množství plavenin, které postupují tokem při povodni, ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu. Tyto plaveniny, pak zejména v prostoru objektů mohou způsobit naprosto převratné změny průtočného profilu (částečné nebo úplné ucpání), které pak mají na průběh hladiny zásadní vliv.

Pokud však odhlédneme od nejistot způsobených nepřesnými hydrologickými daty a budeme vztahovat rozsah záplavového území ke konkrétnímu průtoku (a nikoliv k deklarované četnosti povodně) a budeme postupovat v souladu s Metodikou stanovení SZÚ, tedy výpočet bez plavenin, můžeme konstatovat, že vypovídací schopnost modelu je značně vysoká. Největší ovlivnění hladin nastává v místech objektů, jejichž nesprávné posouzení, či špatně provedený výpočet ve vztahu k zatopení dolní vodou, má na úroveň hladiny zásadní vliv. Poměrně významné je i ovlivnění výpočtu chybně umístěnými dílčími profily v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byť v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.