



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

MŽE – 10100016_2 ř. km 40,50 – 44,00 (PV-6-2)



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

MŽE – 10100016_2 ř. km 40,50 – 44,00 (PV-6-2)

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:



hydrossoft
Veleslavín

HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.

U Sadu 13/62

Praha 6

162 00



DHI

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	6
2	Popis zájmového území	8
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů	11
3.1	Topologická data	11
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	11
3.1.2	Mapové podklady	11
3.1.3	Geodetické podklady	12
3.2	Hydrologická data	12
3.2.1	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	13
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	14
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	14
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	14
4	Popis koncepčního modelu	15
4.1	Schematizace řešeného problému	15
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP	15
5	Popis numerického modelu	16
5.1	Použité programové vybavení	16
5.2	Vstupní data numerického modelu	16
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	16
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	17
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	18
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	18
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	18
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}	21
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	21
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	21
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	21

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
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
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 ze „Studie záplavového území - Mže“, provedená v prosinci 2006 společností Hydrosoft Veleslavin s.r.o.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum. Požadavkem objednatele bylo použití výpočtové trati z původního modelu z roku 2006. V průběhu terénního průzkumu byl posouzen rozsah

geodetických prací z původní studie pro potřeby průtoku Q_{500} . Bylo rozhodnuto, že další doplňující geodetické zaměření nebude požadováno.

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 DMR5G.

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: Mže

ID úseku IDVT CEVT: 10100016_2

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-10-01-128

Úsek toku: ř. km: 40,50 – 44,00

Významná vodní díla:

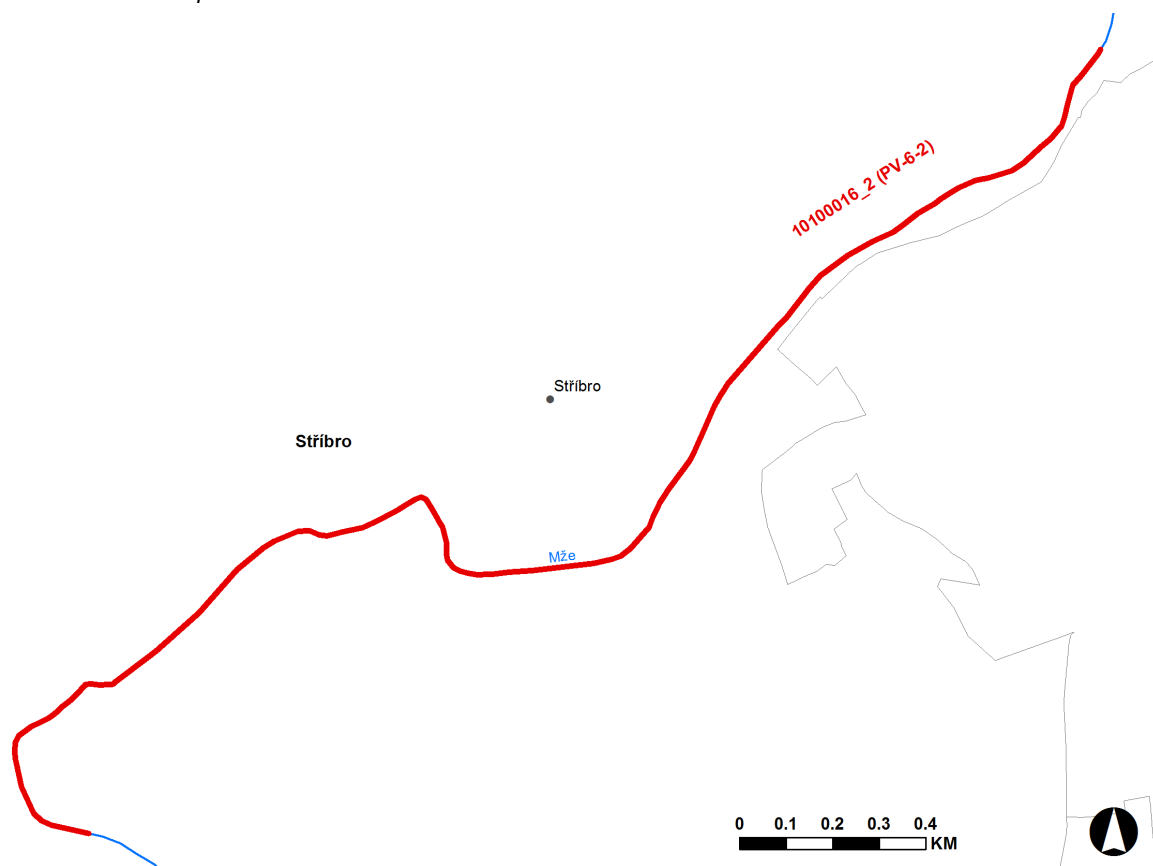
Významné přítoky: Úterský potok

Posuzovaný úsek Mže byl určen od ř. km 40,50 (štola Maria Heimsuchung) do ř. km 44,00 (za průmyslovou zónou) dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a přesně vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

začátek: x = -847720,00 y = -1064235,07

konec: x = -849901,12 y = -1065926,35

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

Mže pramení v nadmořské výšce 726 m n. m. na území Německa v Griebském lese asi 1 km od osady Asch severozápadně od Tachova. Na krátkém úseku tvoří státní hranici a po 3 km toku v nadmořské výšce 639,71 m n. m. vstupuje na území ČR. Dále pokračuje jihovýchodním až východním směrem a protéká městy Tachovem, Stříbrem, Plzní. V Plzni se Mže v nadmořské výšce 301 m n. m. spojuje s Radbúzou a od tohoto místa nese název Berounka, která se dále vlévá do Vltavy a Labe.

Nejvýznamnější vodní díla na Mži jsou VD Hracholusky ř. km 22,670 a VD Lučina ř. km 93,350. VD Hracholusky slouží jako rekreační nádrž a ke stejnému účelu je využívána většina délky Mže, tedy od VD Hracholusky až po ústí na soutoku s Hamernickým potokem. VD Lučina v údolí západně od Tachova zásobuje Tachovsko pitnou vodou. Obě VD mohou ovlivnit odtokové poměry, ale s ohledem na možné kombinace povodňových situací nebylo ovlivnění povodňových průtoků uvažováno. Kromě těchto vodních děl je v povodí Mže 198 vodních ploch větších než 1 ha.

Nad Tachovem je občasná zástavba kolem toku se zahradami zasahujícími až k toku, nebo loukami. V úseku pod VD Lučina je lesní úsek bez zástavby. Ve městě Tachov je souvislá zástavba a upravené koryto. Mezi Tachovem a Ústím se využití území mění a až do Ústí rekreační využití toku není. S výjimkou města Stříbra a několika obcí nad Stříbrem je vodní tok sevřený v úzkém údolí a inundace je zde široká 50 – 100 m, ale i méně. Někde je tok sevřen skalními břehy až přímo k vodě. Okolní svahy jsou zalesněné až k hraně inundace, nebo až přímo k toku. Není-li inundace zalesněna je většinou tvořena loukami, které jsou místy sečené a udržované, ale velmi často leží ladem, inundace je zcela zarostlá a zcela nepřístupná. Téměř v celém úseku jsou podél toku chatové osady, celá řada leží v záplavovém území i aktivní zóně.

Významnou úlohu při transformaci povodňové vlny má i vegetace v inundaci. Lesy opět až na lokální výjimky zlepšují odtokové poměry.

Charakterem území, kterým Mže protéká, jsou dány i její sklonové poměry. Absolutnímu spádu zájmového úseku odpovídá průměrný relativní sklon 0,30%. Sклон však není zcela vyrovnaný lze jej rozdělit na následující úseky s průměrným sklonem od 0,15% do 0,80%.

Úsek	sklon
Konec vzduť VD Hracholusky – Milíkov, Máchovo údolí	0,00180
Milíkov, Máchovo údolí – Černý mlýn	0,00210
Černý mlýn – Jez Pavlovice	0,00620
Jez Pavlovice – most Kočov	0,00150
Most Kočov – most Klíčov	0,00390

Most Klíčov – železniční most Tachov	0,00270
Železniční most Tachov – silniční most nad zámkem Tachov	0,0027
Silniční most nad zámkem Tachov – VD Lučina	0,0080

Odtokový režim Mže je průběžně sledován ve čtyřech hlásných profilech ČHMÚ kategorie A a B - pod VD Lučina, Kočov, Stříbro, pod VD Hracholusky.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na Mži proběhly v první polovině roku 2006 tři velké povodně, které po sobě zanechaly značné povodňové stopy. K termínu zpracování studie však nebyly k dispozici žádné zaměřené povodňové značky, ani hydrologické vyhodnocení povodně, které by významně pomohly ke kalibraci modelu. Povodňových stop tedy bylo využito pouze při návrhu záplavových čar a aktivní zóny.

Ze starších povodní bylo k dispozici několik povodňových značek z povodně 2002, které byly při kalibraci modelu zohledněny. Pro přesnou kalibraci modelu však bylo značek málo.

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 GEOPLAN s. r. o. v roce 2003
- Výsledky hydraulické výpočtu nerovnoměrným prouděním (program Hydrocheck)
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Plzeň
- 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
- Průvodní zpráva „Studie záplavového území - Mže“, Hydrosoft Veleslavín s.r.o., prosinec 2006
- 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. nebylo nutné provádět žádné nové geodetické zaměření. Výpočetní trať vychází z upravené původní výpočetní trati z roku 2006. Pro zpracování tohoto modelu bylo použito několik geodetických podkladů, které prováděly různé firmy v různém období a různou technologií. Zdroje dat byly tyto:

		rok měření	ř.km	Úsek toku
Geodis	DMT z fotogrametrie	2002	22,670 - 50,500	VD Hracholusky - Milíkov
Gefos	geodetické měření TPE	2005	50,500 - 87,000	Milíkov - Oldřichov + objekty ve Stříbře
Geoplan	geodetické měření TPE	2003	87,000 - 96,350	Oldřichov - VD Lučina

Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 4G a DMR 5G, která poskytlo Povodí Vltavy.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu: Mže LGS Stříbro

Datum pořízení: xx

Říční kilometr: ř. km 44,500

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400: II

Velikost plochy povodí k profilu: 1144,88 km²

Číslo hydrologického povodí: 1-10-01-128

N-leté průtoky: viz. tabulka č.3

Tabulka č.3 - N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Mže LGS Stříbro	xx	44,500	102	163	255	372	I.

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity základní hydrologické údaje ČHMÚ. V souladu s podmínkami zadání uplatnil řešitel tato data v hydraulických výpočtech vložím prvků se změnami hydrologických údajů do výpočtového modelu viz. tab. č. 3a. Implementovány do modelu byly prostřednictvím tzv. hodnot delta Q (dále jen dQ). Hodnoty dQ jsou rozdíly příslušných průtoků v jednotlivých uvedených profilech a reprezentují tedy úbytky průtoků v nich. Tyto změny průtoků jsou uvedeny v psaném podélném profilu a prvky pro jejich zadávání jsou součástí výpočtového modelu Hydrocheck.

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	Mže – Úterský potok	34,63 – 44,500			108		173		271	428
dQ _{S15}	Mže LGS Stříbro	44,500 – 47,156			102		163		255	372

Hydrologická data pro Úterský potok byla převzata z původní studie z roku 2006.

3.3 Místní šetření

Místní šetření probíhalo v říjnu 2012 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 se 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 konzumpčních 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 funkcí 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 záplavové čáry 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 výsledné 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

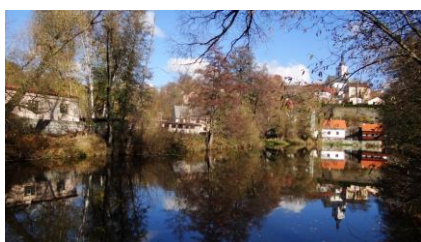
Úsek od vzduť VD Hracholusky k historickému mostu M41 - ř.km 45,490

První nemovitostí ohrožovanou povodní Q_{100} je budova na levém břehu v areálu ČOV. Celá technologie ČOV je ale mimo ohrožení touto povodní. Další a poslední nemovitostí na levém břehu ohroženou již při Q_{20} je budova nad ČOV. Na pravém břehu je přímo v prostoru historického mostu zahradnictví, které je celé v záplavě Q_{20} .



Mezi mosty M41 ř.km 45,490 a M40 ř.km 45,730

Na pravém břehu jsou pozemky zahradnictví a není zde žádná nemovitost v dosahu povodně Q_{100} ani Q_{500} . Na levém břehu je průmyslová i obytná zástavba v dosahu povodní Q_5 až Q_{20} . V prostoru průmyslového závodu je budována protipovodňová ochrana, která však nechrání všechny budovy levého břehu a jedná se o izolované řešení ochrany výrobního závodu.



Nad mostem M40 - ř.km 45,730

Na pravém břehu nejsou až do konce zájmového území žádné nemovitosti v dosahu počítaných povodňových průtoků. Na levém břehu probíhá záplavová čára Q_{100} prostorem ulice a nemovitosti za ní budou ohrožovány až povodní větší. Budovy mezi ulicí a řekou budou ohrožovány povodněmi Q_{20} a vyššími.

Profil PS09 - ř.km 46,420

V profilu jsou zbytky starého jezu a na levém břehu mlýn ve kterém probíhá rekonstrukce. Mlýn je v dosahu Q_{20} , ale obytné budovy jsou až na hranici záplavy Q_{100} . Po dokončení rekonstrukce nebude těžké celý objekt chránit na Q_{100} .



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 PX, ř. km 43,233. 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 lze je odečíst z výsledného výpočtového modelu.

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 PX, ř. km 43,233	43,233–44,500	108	173	271	428	

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 výše, pro kalibraci modelu nebyly k dispozici kvalitní podklady, tedy dostatek povodňových značek. Z extrémní povodně v roce 2002 byly ale všechny dostupné povodňové značky použity. Z těchto značek byl sestaven podélný profil obou povodní a výpočty byly na tento podélný profil kalibrovány.

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

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.]	
PX	43,233	351,96	354,51	354,26	356,43	108,0	357,17	173,0	357,89	271,0	358,71	428,0		
PS17	43,460	352,74	355,00	355,00	356,44	108,0	357,19	173,0	357,93	271,0	358,77	428,0		
J46d	43,795	353,13	356,59	357,54	356,53	108,0	357,29	173,0	358,05	271,0	358,93	428,0		
J46	43,800	353,72	356,59	357,54	356,53	108,0	357,29	173,0	358,05	271,0	358,93	428,0		Stříbro - jez
J46h	43,836	353,00	355,25	355,14	356,55	108,0	357,32	173,0	358,09	271,0	358,98	428,0		
PS16	44,111	353,26	355,46	355,07	356,77	108,0	357,56	173,0	358,39	271,0	359,36	428,0		
PS15	44,300	354,40	359,77	360,27	356,82	108,0	357,60	173,0	358,42	271,0	359,42	428,0		
L45	44,740	354,41	359,92	360,21	357,81	102,0	358,70	163,0	359,79	255,0	360,93	372,0	359,38	Stříbro - lávka u LGS
PS13d	44,993	354,34	357,07	356,53	358,03	102,0	358,96	163,0	360,09	255,0	361,24	372,0		
PS13	45,130	354,77	358,00	357,03	358,10	102,0	359,03	163,0	360,17	255,0	361,33	372,0		
J43d	45,435	354,89	359,38	357,67	358,38	102,0	359,27	163,0	360,37	255,0	361,51	372,0		
J43	45,440	357,46	359,38	357,67	358,78	102,0	359,37	163,0	360,37	255,0	361,51	372,0		Stříbro - jez u starýho mostu
J43h	45,445	356,71	359,38	357,67	358,78	102,0	359,37	163,0	360,37	255,0	361,51	372,0		
M41d	45,485	355,21	356,61	357,60	358,85	102,0	359,45	163,0	360,45	255,0	361,58	372,0		
M41	45,490	355,21	365,43	365,43	359,08	102,0	360,04	163,0	361,34	255,0	362,42	372,0	361,59	Stříbro – starý most
M41h	45,495	355,22	356,62	358,06	359,08	102,0	360,04	163,0	361,34	255,0	362,42	372,0		
M40d	45,722	356,13	359,27	359,62	359,52	102,0	360,31	163,0	361,47	255,0	362,51	372,0		
M40	45,730	356,14	365,82	365,74	359,52	102,0	360,32	163,0	361,50	255,0	362,57	372,0	363,51	Stříbro - silniční most
M40h	45,735	356,24	359,38	359,73	359,52	102,0	360,32	163,0	361,50	255,0	362,57	372,0		
J42d	45,775	357,00	358,74	358,69	359,60	102,0	360,39	163,0	361,54	255,0	362,59	372,0		
J42	45,780	358,58	359,71	359,56	359,92	102,0	360,47	163,0	361,54	255,0	362,59	372,0		Stříbro - jez u silničního mostu
J42h	45,788	357,87	359,67	359,63	359,92	102,0	360,47	163,0	361,54	255,0	362,59	372,0		
L39	45,970	357,34	361,94	361,93	360,23	102,0	360,73	163,0	361,70	255,0	362,70	372,0	361,18	Stříbro - Lávka nad mostem
PS09	46,420	357,27	359,70	359,58	360,79	102,0	361,35	163,0	362,25	255,0	363,19	372,0		
PS08	46,930	357,82	360,00	360,00	361,19	102,0	361,79	163,0	362,64	255,0	363,53	372,0		
PXXX	47,156	358,31	360,84	360,94	361,40	102,0	362,01	163,0	362,83	255,0	363,70	372,0		

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 nezdědka v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s nímž 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.