

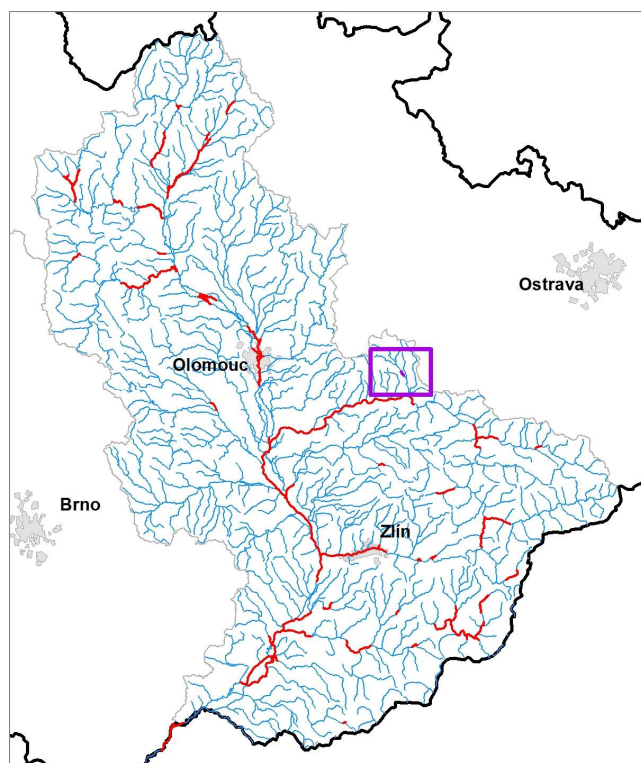


TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ MORAVY A V OBLASTI POVODÍ DYJE

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VELIČKA – 10100391_1 (PM-121) - Ř. KM 5,145 – 6,302



ČERVENEC 2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ MORAVY A V OBLASTI POVODÍ DYJE

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VELIČKA – 10100391_1 (PM-121) - Ř. KM 5,145 – 6,302

Pořizovatel:



Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 11
601 75 Brno

Zhotovitel:



Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Veverí 331/95
602 00 Brno

V BRNĚ, ČERVENEC 2013

Obsah:

1	Základní údaje	4
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
2	Popis zájmového území	5
2.1	Všeobecné údaje	5
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	6
3	Přehled podkladů	8
3.1	Topografická data	8
3.2	Hydrologická data	8
3.3	Místní šetření	8
3.4	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	9
3.5	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	9
3.6	Normy, zákony, vyhlášky, metodické pokyny	9
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	10
4	Popis koncepčního modelu	11
4.1	Schematizace řešeného problému	11
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	12
4.3	Způsob zadávání OP a PP	12
5	Popis numerického modelu	13
5.1	Použité programové vybavení	13
5.2	Vstupní data numerického modelu	13
5.3	Popis kalibrace modelu	14
6	Výstupy z modelu	16
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	16
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
6.4	Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	18

Přílohy

5.1 Posudek hydraulického výpočtu

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tab. č. 1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D / 2D	jednorozměrný / dvourozměrný
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMT	digitální model terénu
LG	limnigraf (vodočet)
PVPR	Předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
RZM	rastrová základní mapa
SOP	studie odtokových poměrů
TPE	Technicko - provozní evidence
ZÚ	záplavová území

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

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením
- Příprava podkladů pro případné geodetické zaměření a jeho zadání.
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu.
- Hydraulické výpočty toku včetně objektů a inundačního území. Výpočty se provádí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}
- Výsledky výpočtů budou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí.

Výchozím podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a následnou rizikovou analýzu jsou hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavového území zpracované na Povodí Moravy, s.p.

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na řece Veličce v km 5,269 - 6,431. *

Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100391_1	PM-121	Velička	5,269 - 6,431	4-11-02-041

*) Komentář k používané kilometrži toku

Kilometráž uvedená v názvu úseku se liší od kilometráže používané při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik. Kilometráž uvedená u názvů úseku vychází z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR) a bude v rámci projektu používána jen jako identifikátor jednotlivých úseků.

V celém projektu bude používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. Kilometráž Veličky, používaná při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik, vychází z geodetického zaměření koryta, které provedlo Povodí Moravy, s.p. útvar geodézie v roce 2009 a které bylo používáno ve studii [11]. V tabulce č. 3 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR a dle geodetického zaměření [5].

Tab. č. 3 Srovnání staničení Veličky

Staničení dle PVPR	Staničení používané v projektu
5,145 - 6,302	5,269 - 6,431

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku [10], tato slouží spíše jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

V povodí Veličky nejsou zbudována žádná významná vodní díla.

V zájmovém úseku řeky Veličky nejsou žádné významné přítoky. Cca 2 km nad zájmovým úsekem se do Veličky vlévá Bradelný potok a cca 1,3 km pod zájmovým úsekem se do Veličky vlévá Mraznice.

2.1 Všeobecné údaje

Velička je pravobřežní přítok Bečvy, do které zaústí v Hranicích v km 38,887. Pramení v nadmořské výšce 570,00 m n. m. na jižních svazích Oderských vrchů. V dolní části protéká zemědělskou krajinou, v horní části je tok sevřen strmými svahy. Koryto je v celé délce šterkovité. Souvislá úprava je jen v dolní části a to po km cca 5,30.

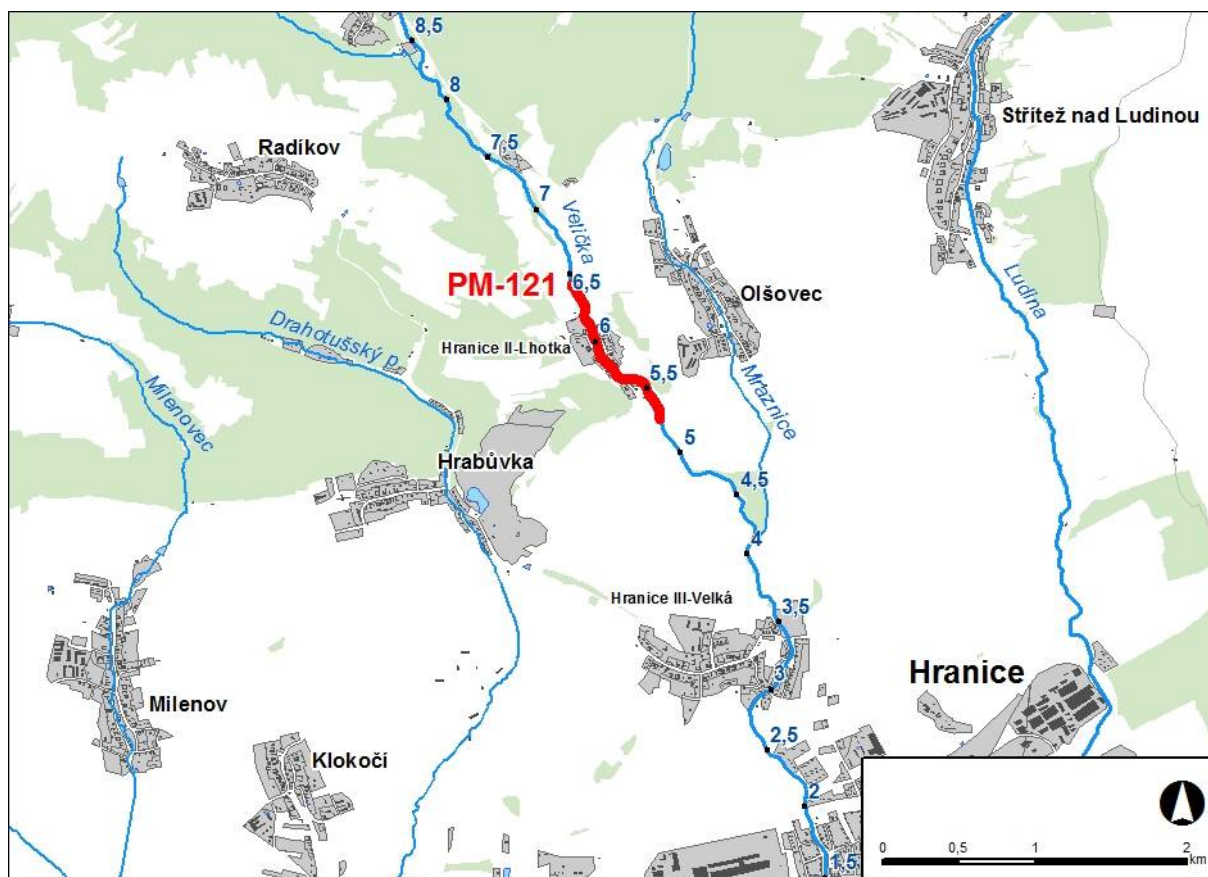
Tvar povodí je v horní části toku vějířovité, v dolní části toku pak protáhlé. Sklony svahů povodí Veličky i Ludiny jsou strmé a vzhledem k malé zalesněnosti a zemědělskému využití má povodí ideální podmínky pro vznik povodní z přívalových srážek. Plocha povodí Veličky činí 65,12 km². Celková délka toku je 17,50 km. Ve správě Povodí Moravy s.p. je úsek od zaústění do Bečvy až po km cca 15,00. Úsek v pramenné oblasti v délce 2,50 km je ve správě MNO ČR – Vojenských statků a lesů Lipník nad Bečvou.

Úsek 10100391_1 (PM-121), Velička

V řešeném úseku protéká Velička katastrálním územím Lhotka u Hranic a Olšovec. V zájmovém území jsou dva mosty a jedna lávka pro pěší. Tvar příčného profilu koryta se mění a to od obdélníka přes jednoduchý lichoběžník po neupravený profil. V obdélníkovém profilu jsou svislé zdi vyžděné z kamenů, břehy lichoběžníkového

a neupraveného profilu jsou porostlé keři a stromy, zejména jejich kořeny. Úsek Veličky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Obr. č. 1 Přehledná mapa řešeného území



2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Největší zaznamenaná povodeň v novodobé historii na řece Veličce v limnigrafické stanici Hranice (km 0,40), ve městě Hranice, je datována k červenci 1997. Příčinou povodně byly vydatné srážkové úhrny, které vyvolaly v horních a středních tocích mimořádné. Ke kulminaci došlo 7. 7. 1997 a ve městě Hranice bylo dosaženo průtoku kolem $25,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tj. průtok cca Q_{5-10} [16]. Limnigraf Hranice zaznamenal vodní stav 260 cm [16], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu 248 cm, tj. $59,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tj. průtok větší než Q_{50} , byla v červnu 2009.

K další významné povodni v novodobé historii došlo v květnu 2010 (vodní stav 143 cm), v březnu 2006 (vodní stav 136 cm) a v červnu 1995 (vodní stav 133 cm) [15].

Data z dávnější historie nebyla zaznamenaná.

Obr. č. 2 Povodeň 2009 – Lhotka u Hranic



Obr. č. 3 Povodeň 2009 – Lhotka u Hranic



Obr. č. 4 Povodeň 2009 – Lhotka u Hranic



Obr. č. 5 Povodeň 2009 – Lhotka u Hranic



3 Přehled podkladů

3.1 Topografická data

Topografická 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 topografické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

- [1] **DMT**, vytvořeno v ArcGIS Version 9.3, model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s přesahem, zpracováno z fotogrammetrického zaměření (GEODIS BRNO, spol. s r.o., 2000) a z výškopisu ZABAGED, formát GRID, velikost pixelu 10 m, přesnost výškových údajů do 0,5 m, polohopisný systém S-JTSK, výškopisný systém Balt po vyrovnání.
- V průběhu zpracovávání map povodňového nebezpečí byly zjištěny nepřesnosti v DMT oproti skutečnému stavu. Proto byl DMT zpracovatelem upraven. Na základě geodetického zaměření (příčných a údolních profilů) [5] bylo vymodelováno koryto posuzovaného toku i přítoků. V případě zjištění dalších nepřesností v DMT (liniové stavby, blízké okolí toku) byl tento DMT upraven dle zaměření a zjištění při pochůzce v terénu. Velikost pixelu výsledného rastru DMT je 5 m.

3.1.2 Mapové podklady

- [2] **Rastrová základní mapa 1 : 10 000** (RZM 10), z vektorového topografického modelu ZABAGED, ČÚZK, 2011, Měřítko 1 : 10 000, velikost pixelu 0,63 m
- [3] **Ortofotomapy**, formát JPG, velikost pixelu 0,25 m, ČÚZK, 2010
- [4] **ZABAGED**, digitální geografický model území, formát SHP, ČÚZK, 2011, měřítko 1 : 10 000

3.1.3 Geodetické podklady

- [5] **Geodetické zaměření**, v celém zájmovém území příčné profily koryta po cca 100 m a v místech změny příčného profilu koryta, údolní profily, technické objekty na toku (mosty, stupně), zpracovalo Povodí Moravy, s.p., útvár geodézie, 2009, polohopisný systém S-JTSK, výškopisný systém Balt po vyrovnání. Výkresová dokumentace je k dispozici u zhotovitele.

3.2 Hydrologická data

- [6] **N-leté průtoky**, ČHMÚ. V tab. č. 4 jsou uvedena data použitá pro stávající výpočet [8]. Hodnoty průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} jsou aktuální. Hodnota Q_{500} je z roku 2013.

Tab. č. 4 N-leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Pracovní číslo úseku	Hydrologický profil	Rok pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
PM-121	Velička - pod Bradelným potokem	2009	8,2	21,8	35,9	53,8	80	II.

Starší hydrologická data nejsou k dispozici.

3.3 Místní šetření

- [7] **Fotodokumentace** byla pořízena v rámci terénního průzkumu, který provedlo Pöyry Environment a.s. dne 4. 10. 2012. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního

území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Při terénním průzkumu byla prověřována aktuálnost geodetického zaměření, ověřovány hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundaci a zjišťován rozsah historických povodní u místních obyvatel.

V rámci terénní pochůzky byla zjištěna rekonstrukce betonového silničního mostu v km 6,015 z roku 2010, která však zásadně nezasahuje do geodetického zaměření a DMT použitých pro tvorbu modelu. Jiné zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku nebyly zjištěny. Fotodokumentace je přílohou této zprávy.

3.4 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

- [8] **Numerický 1D+ model Veličky** v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2011. Model sloužil pro zpracování Záplavové území Veličky [12]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [5], DMT [1] a hydrologická data [6]. V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl proveden pro neustálené nerovnoměrné proudění. Pro potřeby tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik bylo provedeno řešení vymezených úseků ustáleným nerovnoměrným prouděním s využitím okrajových podmínek z výše uvedeného celkového modelu. Model vymezeného úseku byl sestaven společností Pöyry Environment a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy s.p. v roce 2012. Hydrologická data v modelu byla aktualizována a doplněna o povodňový scénář Q_{500} . Případné rozdíly současného stavu (zjištěné z terénního průzkumu) a výchozího modelu byly zohledněny.
- [9] **Kalibrační data** - celkový model Veličky [8] byl kalibrován na údaje z měrné křivky na limnigrafu Hranice na Moravě v km 0,555 (0,550 dle TPE). Model zájmového úseku byl kalibrován na zaznamenaný maximální rozliv při povodni v červnu 2009

3.5 Doplnující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

- [10] Technicko provozní evidence toků – TPE Veličky, Povodí Moravy s.p., 2006
[11] Záplavové území Veličky (km 0,000 – 14,999) a Ludiny (km 0,000 – 8,433), Povodí Moravy, s.p., 07/2011
[12] Plán oblasti povodí Moravy; Pöyry Environment a.s.; Brno; 12/2009
[13] MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual, DHI, 2009
[14] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970
[15] Evidenční list hlásného profilu č. 329, tok Velička, lim. stanice Hranice. Aktualizace březen 2006.
[16] www.pmo.cz, Stavby a průtoky na vodních tocích, březen 2013

3.6 Normy, zákony, vyhlášky, metodické pokyny

- [17] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
[18] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
[19] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
[20] TNV 75 2103 Úpravy řek.
[21] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
[22] TNV 75 2415 Suché nádrže.
[23] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
[24] TNV 75 2931 Povodňové plány.
[25] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
[26] 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).
[27] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.

- [28] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [29] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [30] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., 03/2012
- [31] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011

U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT [1] vytvořené z fotogrammetrických náletů a z výškopisu ZABAGED pokrývá celé zájmové území v ploše předpokládaného rozlivu při Q_{500} s přesahem.

Mapové podklady (RZM 10 [2], ortofotomapy [3] a ZABAGED [4]) pokrývají celé zájmové území.

Pozemní geodetické zaměření [5] pokrývá celé zájmové území řešeného úseku toku. Příčné profily korytem jsou vedeny kolmo na směr proudění, s hustotou dle charakteru koryta. Zaměřeny jsou veškeré objekty na toku – stupně, jezy, mosty, lávky. V inundaci jsou dále zaměřeny liniové stavby podélné i příčné. Geodetické práce zpracovali geodeti státního podniku Povodí Moravy v roce 2009.

Hydrologická data [6] použitá ve stávajícím výpočtu jsou aktuální. U ČHMÚ bylo zažádáno o dodání hodnoty průtoku Q_{500} .

Terénní průzkum byl proveden 4. 10. 2012. Byla pořízena fotodokumentace [7] a prověřena aktuálnost geodetického zaměření.

Ostatní podklady (kalibrační data, TPE, studie a koncepční dokumenty) byly shromážděny a byly využity při hydraulických výpočtech.

Podkladem pro výpočet byl stávající numerický 1D+ model Veličky [8] zahrnující zájmový úsek v programu MIKE 11, který byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2011.

Podkladovými kalibračními daty [9] v řešeném úseku je maximální rozliv při povodni 06/2009. Kylibračními daty pro celý model Veličky [8] byly údaje z měrné křivky na limnigrafu Hranice na Moravě v km 0,555.

4 Popis koncepčního modelu

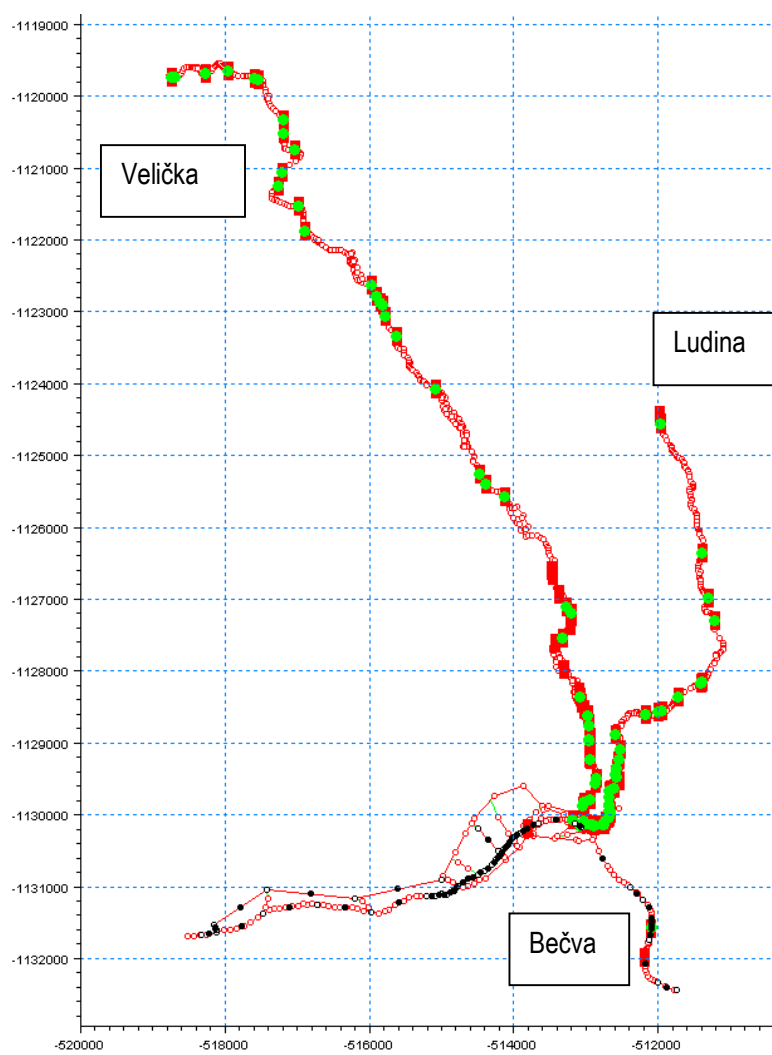
Řešený úsek toku byl schematizován 1D+ modelem. Výpočet průběhu hladin byl proveden výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu MIKE 11 (popis programu je uveden v kap. 5.1). Model vymezeného úseku byl sestaven společností Pöyry Environment a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy s.p. v roce 2012.

Numerickým modelem byl popsán průtok korytem řeky, souvisejících inundací a veškerých objektů na toku. Vytvořený model zahrnoval kromě řeky Veličky i její levostranný přítok Ludina, Račí potok a související úsek řeky Bečvy.

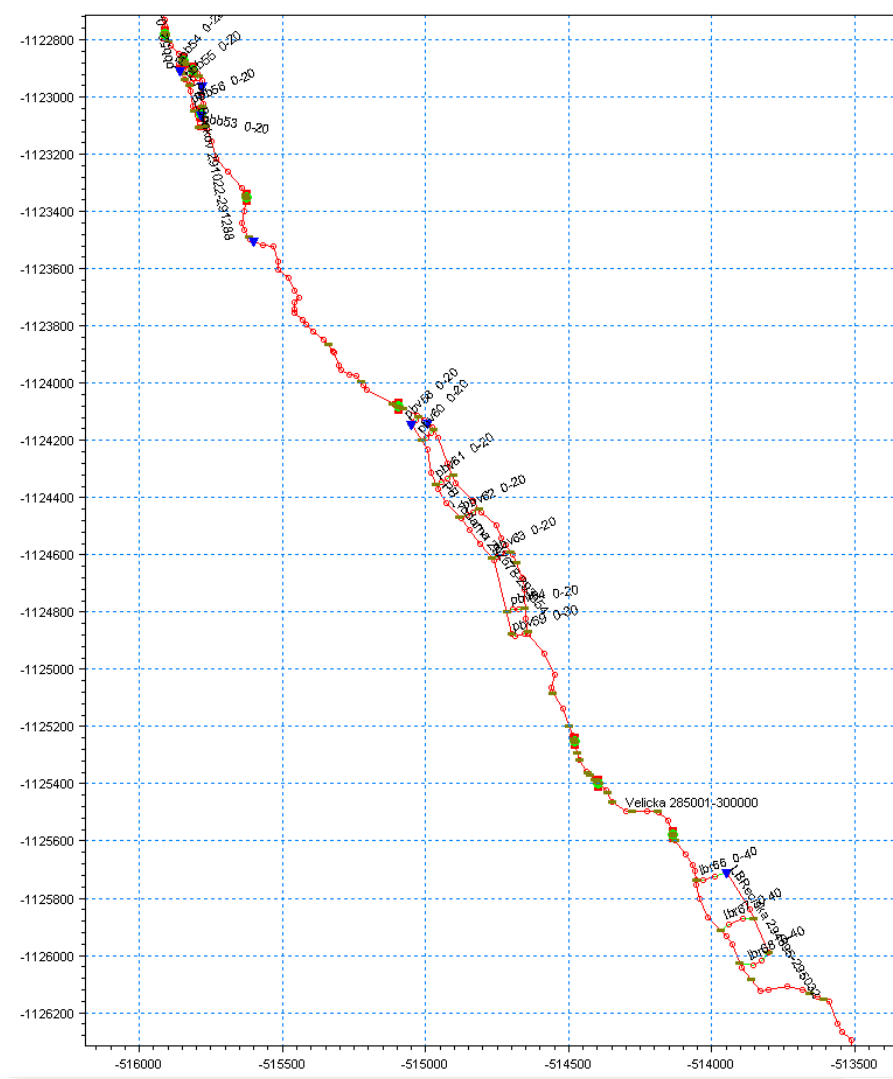
4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci numerického řešení byla provedena schematizace řešeného úseku toku. Příčné profily a technické objekty na toku jsou zadány dle geodetického zaměření. Použití 1D modelu bylo zvoleno vzhledem k faktu, že zájmový úsek Veličky je v korytě intravilánu, kde nedochází k výrazným rozlivům do inundace a použití 1D modelu je dostačující pro vystihnoutí proudění jak v korytě tak v inundaci.

Obr. č. 6 Schéma celého řešeného modelu [8]



Obr. č. 7 Schéma řešeného modelu pro úsek PM-121



4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výpočet hladin je proveden metodou ustáleného nerovnoměrného proudění a ve výpočtu jsou uvažovány konstantní hodnoty N-letých průtoků dodané ČHMÚ [6].

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Okrajové podmínky jsou zadány následovně.

Dolní okrajovou podmínkou byly úrovně hladiny Veličky v profilu pod řešeným úsekem převzaté z [11].

Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500} ve Veličce a Ludíně doplněné o přítoky do hodnoty příslušné Q_N . V Bečvě byl uvažován doplněk průtoku do příslušné N-letosti pod soutokem.

Pro výpočet ustáleného proudění se počáteční podmínky nezadávají.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet hladin je proveden výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu MIKE 11, vyvinutým Dánským hydraulickým institutem pro výpočet pseudo-dvourozměrného proudění. MIKE 11 je komplexní jednorozměrný matematický model pro simulaci proudění v otevřených korytech a inundačních územích a srážko-odtokových jevů. Výpočtové rovnice matematického modelu jsou uvedeny v manuálu [14], který je k dispozici u zhotovitele.

Numerickým modelem je popsán průtok vlastním korytem Veličky včetně souvisejících inundací a veškerých objektů na toku.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [5], které vstupují do modelu jako příčné profily. Tyto příčné profily jsou dle potřeby doplněny dle údajů z DMT. Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500} . Dolní okrajovou podmínkou byly úrovně hladiny Veličky v profilu pod řešeným úsekem. Pro stanovení stupně drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace [7] pořízená při terénním průzkumu.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového numerického modelu jsou zahrnuty veškeré objekty na toku. V zájmovém území bylo zaměřeno celkem 17 příčných profilů, které vystihují morfologii koryta, přilehlého inundačního území a veškeré důležité objekty na toku (viz tab. č. 5).

Tab. č. 5 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-121, Velička, km 5,269 – 6,431

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
5,489	lávka pro pěší	5,785	Lhotka u Hranic
5,842	most silniční	5,850	Lhotka u Hranic
6,015	most	6,150	Lhotka u Hranic

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnosti jednotlivých úseků Veličky a Ludiny, byly zadány na základě pochůzek v terénu a při nich pořízených fotodokumentací [7], [11].

Dnové drsnosti upravené v závislosti na kalibraci LG Hranice byly zadány v rozsahu 0,035 - 0,05 podle charakteru dna v jednotlivých úsecích a chodu sedimentů. Drsnosti na svazích byly zadány v rozsahu 0,04 - 0,12 podle typu povrchu. Místní ztráty na objektech jsou v modelu započteny ve ztrátách po délce. U upravených úseků byly zohledněny typy opevnění zdi a dlažby.

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Dolní okrajovou podmínkou byly úrovně hladiny Veličky v profilu č. 107 v km 4,616, převzaté ze studie Záplavové území Veličky [11].

Tab. č. 6 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu Veličky

DOP ₅ (m n.m.)	DOP ₂₀ (m n.m.)	DOP ₁₀₀ (m n.m.)	DOP ₅₀₀ (m n.m.)
287,52	287,62	287,72	287,87

Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500} ve Veličce v km 14,999 a v Ludině v km 8,433 doplněná o přítoky do hodnoty příslušné Q_N . V Bečvě byl uvažován doplněk průtoku do příslušné N-letosti pod soutokem.

Hydrologické údaje [6] použité pro zadání průtoku v zájmovém úseku jsou uvedeny v kap. 3.2.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Pro výpočet ustáleného proudění se počáteční podmínky nezadávají.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Zhodnocení vstupních dat z hlediska možných nejistot a úplnosti.

Nejistota může být v hustotě a přesnosti geodetických dat. Sestavený DMT dle fotogrammetrických náletů a z vrstevnic ze ZABAGEDU doplněný pozemním měřením může mít vliv na správné sestavení větvené sítě, místy může zkreslovat výsledky výpočtů. Je třeba dbát na to, že přesnost DMT z fotogrammetrických náletů je pouze do určitého stavu povrchu terénu. Ve volném terénu je udávána přesnost 0,5 m. Z toho důvodu je i nadále považováno pozemní geodetické zaměření za základ a věnuje se mu patřičná pozornost.

Schematizace modelu je provedena na základě pochůzek v terénu, pozemního geodetického měření a sestaveného DMT.

Popis drsností vychází z terénního průzkumu a zohledňuje tzv. letní stav, kdy je koryto a inundace výrazněji zarostlé.

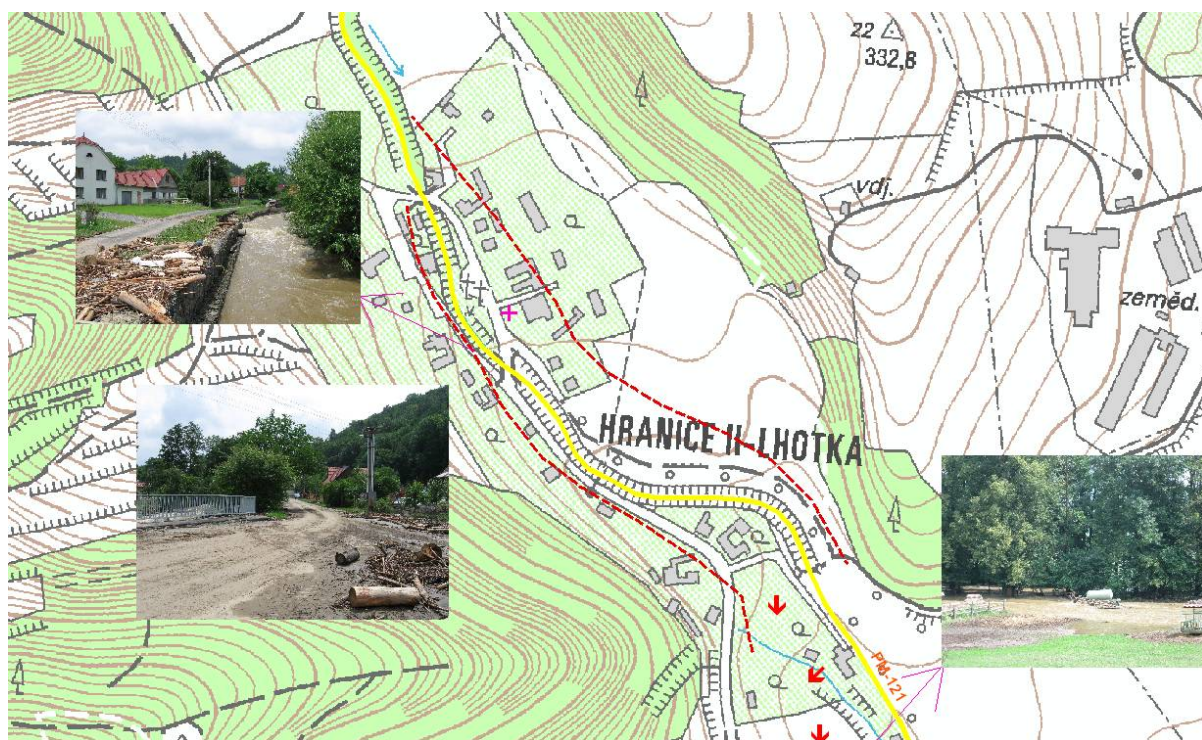
Další nejistotou může být aktuální stav koryta a inundace za povodně, množství nesených splavenin a tvoření zátaras z plovoucích předmětů. Ve výpočtu je uvažováno se stavem „čistého“ koryta, bez omezení průtočnosti. Kapacitu koryta dále ovlivňuje stav nánosů nebo naopak zahlubování koryta. Při větších povodních navíc dochází k porušení opevnění koryta, výmolům, břehovým nátržím, k porušení hrází nebo násypů a valů. Povodeň je rovněž značně ovlivněna aktuálním stavem inundace.

Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N-letých vodách nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou tedy posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady - tedy současné platné se porovnávají s historickými i „nedávno minulými“. Rozptyl hodnot N-letých údajů bývá někdy značný. Je nutno zhodnotit i třídu přesnosti poskytovaných hydrologických údajů.

5.3 Popis kalibrace modelu

Model řešeného úseku toku Veličky byl kalibrován na známý průběh povodně 06/2009, kdy byl znám maximální rozliv, místa vyběžování a nátoky do inundace - viz obr. níže.

Obr. č. 8 Rozsah povodně 06/2009 Veličky ve Lhotce



Celkový model Veličky [8] byl kalibrován dle měrné křivky limnigrafu Hranice na Moravě v km 0,555 (0,550 dle TPE).

6 Výstupy z modelu

Základními výstupy z 1D modelů jsou úrovně hladin a bodové hodnoty průřezových rychlostí v příčných profilech pro jednotlivé povodňové scénáře. Úrovně hladin jsou tabelárně znázorněny v tab. č. 7.

Na základě znalosti úrovně hladin v jednotlivých příčných profilech byly do map vyneseny čáry rozlivů pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Z úrovní hladin v jednotlivých profilech byly v prostředí programu ArcGIS vytvořeny rastry úrovně hladin pro jednotlivé povodňové scénáře. Za použití rastrů úrovně hladin a rastru DMT byly vytvořeny rastry hloubek. Mapy povodňového nebezpečí znázorňují pro jednotlivé povodňové scénáře hloubky pomocí rastru a bodové hodnoty průřezových rychlostí. Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map záplavových čar a map povodňového nebezpečí dokládáných na přiloženém DVD.

Tab. č. 7 Psaný podélný profil pro úsek Velička PM-121

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:			
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
112	5.305	295.65	295.94	296.07	296.24
113	5.468	297.34	297.76	298.00	298.30
114	5.490	297.59	298.21	298.53	298.90
115	5.590	298.69	299.02	299.30	299.56
116	5.678	299.82	300.15	300.41	300.68
117	5.758	300.86	301.26	301.58	301.90
118	5.793	301.29	301.68	302.01	302.24
119	5.849	302.06	302.72	303.56	304.00
120	5.855	302.08	302.72	303.56	304.00
121	5.882	302.40	302.92	303.56	304.02
122	5.893	302.70	303.17	303.72	304.20
123	5.948	303.26	303.73	304.21	304.57
124	5.974	303.54	304.02	304.47	304.77
125	6.011	303.92	304.41	305.58	306.08
126	6.025	304.23	305.14	305.64	306.15
127	6.071	305.17	305.71	306.11	306.66
128	6.202	307.36	307.73	307.98	308.27
129	6.446	310.63	311.08	311.44	311.83

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

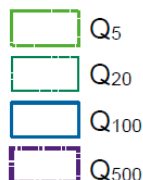
Záplavové čáry jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. Šířka rozlivu byla v jednotlivých příčných profilech určena zakreslením hladiny do těchto příčných profilů. Ty byly následně přeneseny do situace a mezi profily byly záplavové čáry dokresleny v prostředí ArcGIS na základě znalostech o vrstevnicích. K zakreslu čar rozlivů nebyl použit DMT, ale vrstevnicový zakres v RZM 10 [2] či ZABAGED [4]. Jako podpůrného podkladu k zakreslu čar rozlivu bylo použito ortofotomap [3] a znalosti terénu z pochůzky.

V řešeném úseku katastrálním územím Lhotka s několika desítkami objektů. Koryto Veličky je kapacitní na průtok Q_5 . Od Q_{20} dochází k místnímu vybřežování a zaplavování objektů včetně úpravny vody v horní části úseku. Při Q_{100} a Q_{500} je souvislý rozliv podél toku (především na PB) v šíři cca 150 m a zaplavena je většina objektů Lhotky.

Záplavové čáry jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na Základní rastrové mapě v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [30] - viz obr. 9.

Obr. č. 9 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

Záplavové čáry



6.2 Hloubky pro průtoky Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q₅₀₀

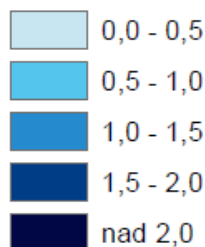
Hloubky vody z numerického programu jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 5 m. Rastry hloubek byly vytvořeny na základě znalostí úrovně hladin v jednotlivých profilech, ze kterých byly vytvořeny rastry úrovně hladin. Následným odečtením rastrů úrovně hladin a rastru DMT (včetně ořezání dle záplavových čar) byly vytvořeny rastry hloubek.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [30] - viz obr. 10.

Obr. č. 10 Definice barev a intervalů hloubek

Hloubky

(m)



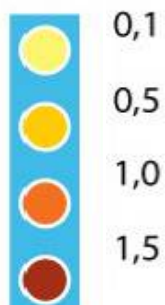
6.3 Rychlosti pro průtoky Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q₅₀₀

Průřezové rychlosti jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky jako bodové hodnoty, a to vždy pro části profilu tvořené vlastním korytem toku a pravobřežní resp. levobřežní inundací.

Rychlosti v tomto úseku je možno rozdělit na rychlosti v korytě a mimo koryto. V korytě jsou hodnoty rychlosti okolo 1,5 – 3 m·s⁻¹. Hodnoty rychlosti se v inundaci pohybují do 1 m·s⁻¹.

Rozdělení intervalů rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [30] - viz obr. 11.

Obr. č. 11 Definice barev a intervalů rychlostí



6.4 Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Charakteristiky povodně specifikuji povodňové nebezpečí jako hloubka a rychlost proudu jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovázeny informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky mají podobu rastru, rychlosti jsou popsány bodovými hodnotami. Charakteristiky jsou podloženy RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 5 m.

Přílohy



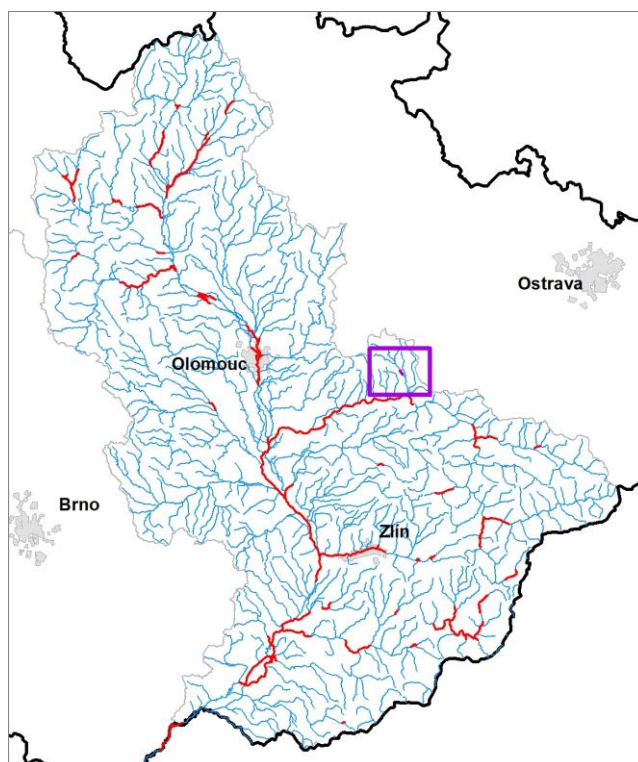
TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ MORAVY A V OBLASTI POVODÍ DYJE

NÁZEV DÍLČÍHO POVODÍ ZPRACOVÁVANÉHO ÚSEKU TOKU:

MORAVA

5.1 POSUDEK HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

VELIČKA – 10100391_1 (PM-121) - Ř. KM 5,145 – 6,302





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Pořizovatel:



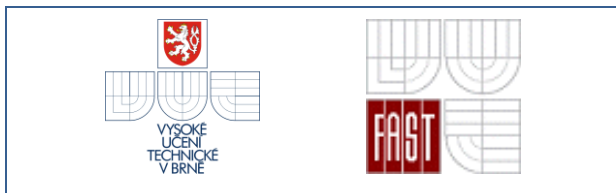
Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 11
601 75 Brno

Zhotovitel:



Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Veveří 331/95
602 00 Brno

Posudek zpracoval:

Prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

Vedoucí ústavu:

Prof. Ing. Jan Šulc, CSc.

V Brně, říjen 2013

Obsah:

1	Cíle a předmět posudku	5
2	Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů	5
2.1	Topografická data	5
2.1.1	Mapové podklady.....	5
2.1.2	Geodetické podklady	5
2.1.3	Digitální model terénu (DMT).....	5
2.2	Hydrologická data	5
2.2.1	Základní hydrologická data (ČSN 75 1400)	5
2.2.2	Povodňové vlny	6
2.2.3	Diskuze se staršími hydrol. daty, nejistoty	6
2.3	Výkresová dokumentace	6
2.3.1	Situace.....	6
2.3.2	Příčné řezy.....	6
2.3.3	Podélné řezy.....	6
2.3.4	Výkresy objektů	6
2.3.5	Fotodokumentace	6
2.4	Místní šetření	6
2.4.1	Rozsah	6
2.4.2	Soulad zjištěných skutečností s ostatními dostupnými podklady.....	6
2.5	Stávající hydraulické výpočty	6
2.5.1	Dostupné dokumenty a jejich účel	6
2.5.2	Aktuálnost, přesnost výstupů.....	6
2.5.3	Využitelnost dokumentů.....	6
2.6	Podklady pro kalibraci modelu	7
2.6.1	Relevantní povodňové epizody.....	7
2.6.2	Rozsah údajů o průběhu povodně (hladina, průtoky,...)	7
2.6.3	Přesnost získaných údajů - vazba na přesnost hydraulického modelu.....	7
3	Zhodnocení věcné správnosti postupu při hydraulickém výpočtu.....	7
3.1	Koncepční model	7
3.1.1	Vstupní předpoklady, zjednodušení, použité schematizace, typ modelu (dimenzionalita).....	7
3.1.2	Způsob zadání okrajových a počátečních podmínek.....	7
3.1.3	Použité programové vybavení	7
3.2	Hydrodynamický model.....	7
3.2.1	Prostorová diskretizace	7
3.2.2	Okrajové a počáteční podmínky	7
3.2.3	Vstupní parametry modelu.....	7
3.2.4	Kalibrace a verifikace modelu	7
3.2.5	Zhodnocení nejistot	7
4	Zhodnocení výsledků hydraulických výpočtů	7

4.1	Zhodnocení způsobu vyhodnocení výstupů	8
4.2	Zhodnocení rozsahu výstupů	8
4.3	Zhodnocení správnosti výstupů	8
4.3.1	Podélné profily, hladina	8
4.3.2	Příčné řezy - vazba koryto – inundace.....	8
4.3.3	Hydraulika objektů	8
4.3.4	Interpretace výsledků.....	8
5	Závěry a doporučení.....	8
5.1	Souhrnné zhodnocení	8
5.2	Doporučení	8
6	Podklady.....	8

1 Cíle a předmět posudku

Zpracování map nebezpečí ve smyslu Směrnice 2007/60/ES vyžaduje jednotný způsob vyhodnocení charakteristik průběhu povodní, jako jsou rozsah záplavy, hloubka a rychlost proudění vody. Vzhledem ke značnému rozsahu prací na území celé České republiky lze při realizaci požadavků Směrnice 2007/60/ES očekávat značný počet zpracovatelů jak hydraulické části (mapy povodňového nebezpečí), tak vlastní rizikové analýzy (mapy rizika).

Ukazuje se jako potřebné, hospodárné a efektivní „ošetřit“ mezistupeň mezi hydraulickým řešením (a jeho výstupy) a mezi využitím výsledků při procesu hodnocení rizika. Toto je provedeno prostřednictvím „Posudku hydraulických výpočtů“ zpracovaného vybranými odbornými subjekty. Posudek je realizován ve dvou etapách:

1. etapa zahrnuje hodnocení úplnosti zajištěných podkladů a návrh koncepčního modelu. Koncepčním modelem se rozumí formulace vstupních předpokladů s jejich zdůvodněním, schematizace řešeného problému v návaznosti na vymezené cíle, s ohledem na numerický model použitý k výpočtu a s přihlédnutím k následnému zpracování map nebezpečí a rizika.
2. etapa je zaměřena na posouzení numerického řešení a dále na zhodnocení věcné správnosti a úplnosti výstupů řešení.

Struktura posudku odpovídá předepsanému obsahu technické zprávy hydraulického výpočtu (příloha B). Práce zahrnuje především tyto činnosti:

- studium podkladů,
- účasti na jednáních,
- vyhotovení posudků ve dvou etapách.

Cílem je stručně zhodnotit relevantnost použitých podkladů ve vztahu k hodnocenému úseku na vodním toku **VELIČKA – 10100391_1 (PM-121) - Ř. KM 5,145 – 6,302** z pohledu kompletnosti a způsobu zpracování.

2 Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů

Cílem je stručně zhodnotit relevantnost použitých podkladů ve vztahu k řešené lokalitě z pohledu kompletnosti a způsobu zpracování.

Souhrnně lze konstatovat, že značení podkladů dle Technické zprávy (TZ) [3] je méně přehledné. Doporučuji uvést soupis podkladů v samostatném odstavci a na jednotlivé číslované podklady se v dalším textu odkazovat.

V textu zprávy [3] by měly být také odkazy na jednotlivé související přílohy (fotodokumentace, mapy, apod.).

2.1 Topografická data

2.1.1 Mapové podklady

Mapové podklady jsou vyhovující.

2.1.2 Geodetické podklady

Pro tento typ toku je zaměření příčných profilů po cca 100 m limitní.

2.1.3 Digitální model terénu (DMT)

Využitelnost DMT pro hodnocení hloubek samotného toku je omezená z důvodu nízké přesnosti s chybou ± 50 cm. V samotném toku je využito přesnějšího geodetického zaměření.

2.2 Hydrologická data

2.2.1 Základní hydrologická data (ČSN 75 1400)

Základní hydrologická data jsou aktuální (2009), kulminační průtok Q_{500} je z roku 2013.

2.2.2 Povodňové vlny

Povodňové vlny nebyly využity, výpočet byl proveden pro ustálené nerovnoměrné proudění.

2.2.3 Diskuze se staršími hydrol. daty, nejistoty

Starší hydrologická data nejsou v [3] uvedena, data nebyla k dispozici, analýza nejistot nebyla provedena.

2.3 Výkresová dokumentace

2.3.1 Situace

Situace je vyhovující, z uspořádání příčných a údolnicových profilů není patrné vedení jednotlivých výpočetních větví, umístění profilů v inundačním území a diskretizace náhradní oblasti na výpočetní úseky.

2.3.2 Příčné řezy

Příčné řezy jsou v dostatečném rozsahu, chybí pouze vymezení řezů v inundačním území, popř. omezení údolnicových řezů pro výpočet koryta a inundačního území.

2.3.3 Podélné řezy

Pro koryto bez přípomínek, bude třeba doplnit také podélné řezy a průběhy hladiny v inundačních větvích (důležité pro stanovení rozlivu v prostoru větších inundací).

2.3.4 Výkresy objektů

Je proveden soupis objektů a jejich vazba na použité staničení. Účelné je uvést také hlavní rozměry průtočných profilů mostů.

2.3.5 Fotodokumentace

Fotodokumentace je vyhovující.

2.4 Místní šetření

2.4.1 Rozsah

Rozsah místního šetření je podmíněně dostatečný. V [3], kap. 3.3 je uveden výsledek šetření týkajícího se dřívějších povodní v lokalitě (1997, 2009 a 2010). Nejsou však uvedeny absolutní kóty hladiny zaměřené po povodních v jednotlivých profilech.

2.4.2 Soulad zjištěných skutečností s ostatními dostupnými podklady

Bylo provedeno zhodnocení vlivu technického řešení nových objektů na velikost rozlivů při sledovaných povodních.

2.5 Stávající hydraulické výpočty

2.5.1 Dostupné dokumenty a jejich účel

Hydraulické výpočty byly provedeny na Povodí Moravy, s.p. v roce 2011 patrně pro hydrologická data z roku 2009.

2.5.2 Aktuálnost, přesnost výstupů

Pro potřeby tvorby map povodňového nebezpečí a rizik byl výpočet doplněn o povodňový scénář Q_{500} .

Přesnost výstupů není diskutována. Model je sestaven s využitím povodňových vln neověřených ČHMÚ.

2.5.3 Využitelnost dokumentů

Lze předpokládat, že bude možné bezesbytku využít topologické schéma a geometrii toku a záplavového území použitou v modelu dle [4].

2.6 Podklady pro kalibraci modelu

2.6.1 Relevantní povodňové epizody

Ve zprávě [3] jsou uvedena data k povodním z let 1997, 2009 a 2010. Nejsou uvedeny polohy hladiny zaměřené po povodních.

2.6.2 Rozsah údajů o průběhu povodně (hladina, průtoky,...)

Jsou uvedeny pouze údaje o stavech hladiny v LG Hranice. Podkladem pro kalibraci má být dle [3] uvedená měrná křivka z limnigrafu Hranice na Moravě, který je nicméně mimo řešené území.

2.6.3 Přesnost získaných údajů - vazba na přesnost hydraulického modelu

Nejistoty v datech a vazba na přesnost hydraulického výpočtu nejsou ve zprávě [3] dokumentovány.

3 Zhodnocení věcné správnosti postupu při hydraulickém výpočtu

3.1 Koncepční model

3.1.1 Vstupní předpoklady, zjednodušení, použité schematizace, typ modelu (dimenzionalita)

Vstupní předpoklady jsou jednoznačně uvedeny.

3.1.2 Způsob zadání okrajových a počátečních podmínek

Způsob zadání okrajových podmínek (OP) je obecně správný. Součástí řešení byla patrně také výústní trať Veličky v km 0,0 – 5,14. Volbou dolní okrajové podmínky tak nejsou ovlivněny výsledky řešeného úseku.

3.1.3 Použité programové vybavení

Použité programové vybavení odpovídá standardu.

3.2 Hydrodynamický model

3.2.1 Prostorová diskretizace

Prostorová diskretizace je relevantní.

3.2.2 Okrajové a počáteční podmínky

Způsob zadání okrajových podmínek (OP) je správný.

3.2.3 Vstupní parametry modelu

Vstupní parametry modelu jsou adekvátní. Hodnoty součinitelů drsnosti pro koryto jsou dosti nadsazené, pro eliminaci příslušných nejistot ve vstupech i modelových postupech je určitá míra „předimenzování“ nicméně akceptovatelná. Určitým problémem je v tomto smyslu neprovedení kalibrace modelu.

3.2.4 Kalibrace a verifikace modelu

Nebyla provedena z důvodu absence kalibračních dat.

3.2.5 Zhodnocení nejistot

Jsou relevantně zhodnoceny nejistoty v geometrických vstupech. Nejsou analyzovány nejistoty v hydrologických podkladech a také ve vlastním modelu a jeho parametrech (z důvodu absence kalibračních dat).

4 Zhodnocení výsledků hydraulických výpočtů

Tato kapitola posudku zahrnuje zhodnocení výstupů z hlediska jejich kompletnosti a věcné správnosti. Jedná se o zhodnocení následujících výstupů:

- Podélné a příčné profily
- Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

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

4.1 Zhodnocení způsobu vyhodnocení výstupů

Způsob vyhodnocení postupy GIS je vyhovující

4.2 Zhodnocení rozsahu výstupů

Rozsah výstupů odpovídá zadání.

4.3 Zhodnocení správnosti výstupů

4.3.1 Podélné profily, hladina

Průběh vypočtené polohy hladiny v podélném řezu odpovídá daným podmínkám. Věcnou přesnost a věrohodnost výsledků výpočtů lze pouze obtížně posoudit, shoda se skutečnými rozlivy není dokumentována.

4.3.2 Příčné řezy - vazba koryto – inundace

Vazba je zajištěna prostřednictvím příčných větví 1D+ modelu.

4.3.3 Hydraulika objektů

Výpočet objektů byl proveden běžnými postupy hydrauliky mostních a spádových objektů na toku.

4.3.4 Interpretace výsledků

Interpretace výsledků modelového řešení do map záplavových území byla provedena s využitím dostupných podkladů o sledovaném území (zaměření, DMT).

5 Závěry a doporučení

5.1 Souhrnné zhodnocení

Práce [3] plně splnila svůj účel. Byla provedena soudobými technologiemi při poctivém zajištění a zdůvodnění použitých podkladů. Nedostatkem je pouze omezené doložení výsledků kalibrace a diskuze k nejistotám v modelovém řešení.

5.2 Doporučení

Je zřejmé, že rozsah záplavových území odpovídá soudobému stavu poznání, a to jak z pohledu nejistot v poskytnutých hydrologických podkladech, tak i morfologických a topografických podmínek. Dokumentaci je doporučeno aktualizovat (alespoň lokálně) vždy po významnějších úpravách terénu v ZÚ, po realizaci protipovodňových opatření a také po významnějším zvýšení průtoků v rámci dat poskytovaných ČHMÚ. Tomuto doporučení odpovídá doba cca jedenkrát za 5 let.

6 Podklady

- [1] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje. Dílčí povodí Moravy a přítoků Váhu. B. Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí. **VELIČKA – 10100391_1 (PM-121) - Ř. KM 5,145 – 6,302**. Pöyry Environment a.s. 12/2012.
- [4] Numerický 1D+ model Veličky v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2011.