



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

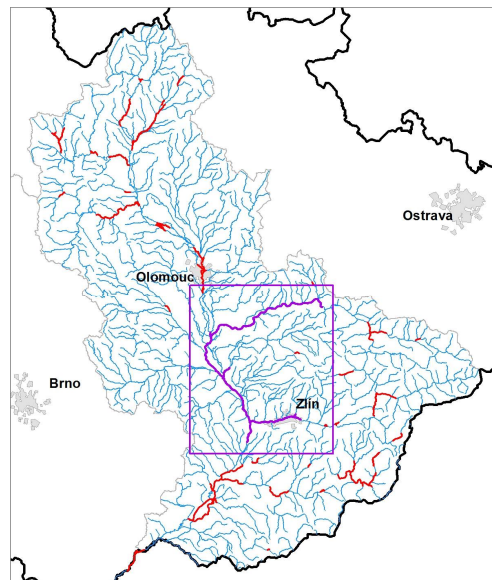
DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941

BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119

MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639



ŘÍJEN 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

MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941

BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119

MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639

Pořizovatel:



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

Zhotovitel:



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

Subdodavatel:



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

Zpracovatel posudku:



Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka, v.v.i.
Mojmírovo náměstí 16
612 00 Brno

V BRNĚ , ŘÍJEN 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.....	6
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně).....	8
3	Přehled podkladů	9
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	9
3.2	Související předpisy	10
3.3	Vyhodnocení, rozbor a příprava podkladů.....	11
4	Popis koncepčního modelu	13
4.1	Schematizace řešeného problému.....	13
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP	15
5	Popis numerického modelu	15
5.1	Použité programové vybavení	15
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	16
5.3	Popis kalibrace modelu.....	21
6	Výstupy z modelu	26
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	27
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	30
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	30
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	30

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 / dvojrozměrný
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	Číslo hydrologického pořadí
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografický informační systém
LG	Limnigraf (vodočet)
MVE	Malá vodní elektrárna
OP	Okrajová podmínka
ORP	Obec s rozšířenou působností
PVPR	Předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
RZM 10	Rastrová základní mapa 1 : 10 000
SHP	Vektorový formát ESRI – shapefile
SPA	Stupeň povodňové aktivity
SOP	Studie odtokových poměrů
TPE	Technicko - provozní evidence toku
VD	Vodní dílo
ZÚ	Záplavové území

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí pro úseky vodních toků **MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941, BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119, MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639** na základě stanovení následujících 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 průběhu povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového ohrožení a rizika semikvantitativní metodou uvedenou v metodice [XIV].

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 proudění v toku, objekty a inundačním územím. 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. [17], [18], [19].

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území jsou úseky na tocích MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941, BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119, MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639.*

Tab. č. 2 Základní informace o řešených úsecích vodních toků

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100003_3	PM-2	Morava	158,822 – 199,020	4-13-01-0541 4-12-02-155 4-12-02-147 4-12-02-145 4-12-02-143 4-12-02-139 4-12-02-121 4-12-02-104 4-12-02-071 4-12-02-065 4-12-01-075 4-12-01-025 4-12-01-013 4-12-01-011 4-10-03-135
10100043_1	PM-95	Bečva	0,000 – 41,980	4-11-02-0722 4-11-02-0721 4-11-02-070 4-11-02-068 4-11-02-066 4-11-02-064 4-11-02-062 4-11-02-058 4-11-02-0562 4-11-02-0561 4-11-02-054 4-11-02-052 4-11-02-050 4-11-02-046 4-11-02-044 4-11-02-033
10100078_1	PM-1	Moštěnka	0,000 – 3,641	4-12-02-103 4-12-02-097

*) Komentář k používané kilometrāži toku

Kilometrāž uvedenā v nāzvu úseku se liší od kilometrāže používané při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik. Kilometrāž uvedenā u nāzvu úseku vychāzí z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR) [XVI] a bude v rámci projektu používanā jen jako identifikátor jednotlivých úseků.

V celém projektu bude používanā kilometrāž, která vychāzí z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [17], [18], [19]. Kilometrāž používanā při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik, vychāzí z geodetického zaměření příslušných úseků toků. V Tab.č. 3 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR a dle geodetického zaměření [17], [18], [19].

Tab. č. 3 Srovnání staničení používaného v projektu a staničení dle PVPR

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle PVPR	Staničení používané v projektu
Morava (PM-2)	171,758 – 211,941	158,822 – 199,020
Bečva (PM-95)	0,000 – 42,119	0,000 – 41,980
Moštěnka (PM-1)	0,000 – 3,639	0,000 – 3,641

Objekty mají tzv. administrativní kilometrāž dle Technicko-provozní evidence toku [20], [21], [22], tato slouží spíše jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

2.1 Všeobecné údaje

Oblast povodí Moravy zasahuje v České republice celkem do pěti krajů – do kraje Olomouckého (cca 42,3 %), do kraje Zlínského (cca 38,5 %), do kraje Jihomoravského (cca 10,3 %), do kraje Pardubického (cca 7,3 %) a do kraje Moravskoslezského (cca 1,6%). Správní členění oblasti povodí Moravy je zobrazeno na mapě viz Obr.č. 1. Největším a nejdelším tokem v oblasti povodí Moravy je stejnojmennā řeka Morava, která pramení ve výšce cca 1 370 m n. m. a následně protékā přes Mohelnickou brāzdu, dále pak Hornomoravským a Dolnomoravským úvalem. V horním úseku vede tok řeky Moravy úzkým údolím až k soutoku s Desnou u Postřelmovā, kde se charakter údolí mění na ploché s rozsáhlými inundacemi. V okolí Litovle řeka Morava protékā oblastí označovanou jako Litovelské Pomoraví. Pod Olomoucí dochāzí k soutoku řeky Moravy s levobřežním přítokem – řekou Bečvou. S řekou Dyjí se Morava stékā v místě, kde opouští území České republiky, tj. na hranici s Rakouskem v nadmořské výšce cca 150 m n. m. Morava je levostranným přítokem Dunaje, do kterého se vlévā na hranicích Slovenska a Rakouska pod Děvínem.

Povodí Bečvy vykazuje značnou rozmanitost. Jeho nejvyššími body jsou Čertův mlýn s výškou 1 207 m n. m. a Radhošť s výškou 1 130 m n. m. Nejnížší místo se nachāzí při ústí Bečvy do Moravy na kótě cca 195 m n. m. Celā říční soustava povodí Bečvy má charakter horských toků s významným transportem štěrků. V horní části má dvě větve. Jednou z nich je Vsetínská Bečva, která pramení pod Vysokou v nadmořské výšce cca 760 m n. m., sbírá vody z Javorníků a Vsetínských vrchů. Druhou je Rožnovská Bečva, pramenící na severním svahu Vysoké. Obě větve se slévají pod Valašským Meziříčím, odkud dále pokračují pod nāzvem Spojenā Bečva. Ta pak ústí do řeky Moravy u Tovačova (Troubek). Délka Spojené Bečvy je 61,2 km, přičemž celková plocha povodí řeky Bečvy činí 1 626 km².

Moštěnka je levobřežním přítokem řeky Moravy. Pramení u obce Osíčko v Hostýnských vrších v nadmořské výšce cca 730 m na svahu Kelčského Javorníku. Od pramene teče převāžně směrem severním, v km 40,000 se stāčí k severozápadu, od km 33,000 až po zaústění Bystřičky teče jihozápadním směrem, dále až po km 19,000 směřuje tok na západ, u obce Prusy se otāčí Moštěnka k jihozápadu a přibližně tímto směrem teče až po zaústění do Moravy. Moštěnka protékā převāžně nížinným územím Hané.



Obr. č. 1 Přehledná mapa povodí Moravy dle [14]

Úsek 10100003_3 (PM-2), Morava, km 158,822 – 199,020

V řešeném úseku protéká Morava katastrálními územími Tovačov, Lobodice, Uhřičice, Kojetín, Bezměrov, Hradisko, Postoupy, Miňůvky, Chropyně, Kroměříž, Bílany, Trávník, Hulín, Střížovice u Kvasic, Kvasice, Bělov, Otrokovice, Žlutava, Napajedla.

Vodní tok Morava má v řešeném úseku následující významné přítoky: Morávka-náhon, Splavská, Bečva, Blata, Romže, Mlýnský náhon, Haná, Věžecký potok, Moštěnka, Wolfův splávek, Zacharka, Kotojedka, Rusava, Dolní Kotojedka, Panenský potok, Novodvorský potok, Kamenecký potok, Široký potok, Mojena, Dřevnice.

Úsek Moravy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10100043_1 (PM-95), Bečva, km 0,000 – 41,980

V řešeném úseku protéká Bečva katastrálními územími Černotín, Ústí, Hranice, Teplice nad Bečvou, Drahotuše, Slavič, Jezernice, Týn nad Bečvou, Lipník nad Bečvou, Osek nad Bečvou, Radslavice u Přerova, Proseničky, Grymov, Prosenice, Kozlovice u Přerova, Přerov, Dluhonice, Rokytnice u Přerova, Troubky nad Bečvou, Tovačov.

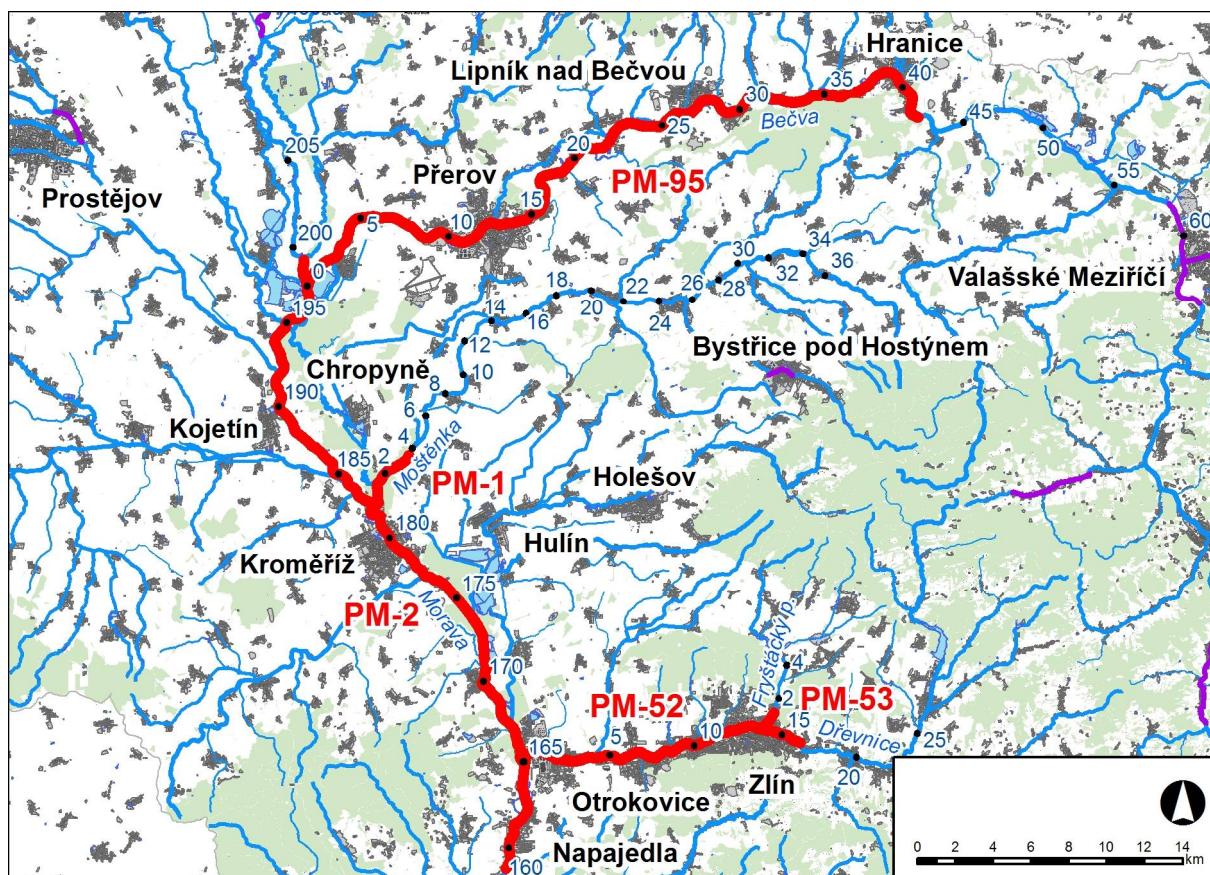
Vodní tok Bečva má v řešeném úseku následující významné přítoky: Krkavec, Ludina, Velička, Splavná, Drahotušský potok, Žabník, Jezernice, Svinec, Loučka, Trnávka, Lubeň, Libuška, Libuše, Radslavický potok, Lučnice, Strhanec, Vinarský potok.

Úsek Bečvy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10100078_1 (PM-1), Moštěnka, km 0,000 – 3,641

V řešeném úseku protéká Moštěnka katastrálním územím Kroměříž, Chropyně, Skaštica a Břest. Úsek Moštěnky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Významnějším přítokem Moštěnky je v řešeném úseku Malá Bečva.



Obr. č. 2 Přehledná mapa řešeného území s vyznačením zájmových úseků toků PM-1, PM-2 a PM-95

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Pro zpracování byly využity záznamy z historických povodní v letech 1997, 2006 a 2010, přičemž řešená oblast byla nejvíce zasažena povodní v roce 1997. K uvedeným povodňovým epizodám byla zajištěna podrobná dokumentace [2] až [7]. Součástí podkladů k povodním v letech 1997, 2006, 2010 byly k dispozici zaznamenané hranice maximálních rozlivů [13]. Povodeň 1997 byla dále dokumentována souborem povodňových značek [36].

Výše uvedené podklady byly využity převážně ve fázi kalibrace a verifikace numerických modelů.

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [2] Souhrnná zpráva o povodňové situaci v povodí Moravy a Dyje v červenci; Povodí Moravy s.p., 1997.
- [3] Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997, Ministerstvo životního prostředí, 1997.
- [4] Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, Ministerstvo životního prostředí, 12/2003.
- [5] Zpráva o hydrologickém vyhodnocení jarní povodně v roce 2006 na území ČR, ČHMÚ.
- [6] Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území české republiky, Ministerstvo životního prostředí, 12/2009.
- [7] Souhrnná zpráva o povodňové situaci v povodí Moravy a Dyje květen – červen 2010, Povodí Moravy s.p., 8/2010.
- [8] Digitální model terénu zájmové oblasti. GEODIS BRNO, s r.o., Brno, 2000.
- [9] Rastrová základní mapa 1 : 10 000 (RZM 10. ČÚZK, Praha, 2011.
- [10] Ortofotomapy. ČÚZK, Praha, 2010.
- [11] Základní báze geografických dat ZABAGED - polohopis., ČÚZK, Praha 2011.
- [12] Základní báze geografických dat ZABAGED – výškopis 3D., ČÚZK, Praha 2011.
- [13] Rozlivy historických povodní 1997, 2006, 2010 pro povodí Moravy v digitální podobě ve formátu *.shp. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [14] Plán oblasti povodí Moravy; Pöyry Environment a.s.; Brno; 12/2009.
- [15] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu listopadu 2012. Pöyry Environment a.s., Brno.
- [16] Hydrologické údaje pro akci 3A12188 Tvorba map povodňových nebezpečí a povodňových rizik pro oblast povodí Moravy a pro oblast povodí Dyje. 20. 3. 2013.
- [17] Aktualizace záplavového území Moravy v úseku km PB 131,643, LB 133,013 – PB 186,800, LB 196,200, Povodí Moravy, s.p., 4/2012.
- [18] Záplavové území Bečvy, Povodí Moravy, s.p., Povodí Moravy, s.p., 2012.
- [19] Aktualizace záplavového území toku Moštěnka v km 0,000 – 36,807, Povodí Moravy, s.p., 02/2012.
- [20] Technicko provozní evidence toků – TPE toku Morava, Povodí Moravy s.p., 2013.
- [21] Technicko provozní evidence toků – TPE toku Bečva, Povodí Moravy s.p., 2013.
- [22] Technicko provozní evidence toků – TPE toku Moštěnka (km 0,000 – 44,896), Povodí Moravy s.p., 1987 a 1970.
- [23] Plán oblasti povodí Moravy; Pöyry Environment a.s.; Brno; 12/2009.
- [24] Studie ochrany před povodněmi na území Zlínského kraje; Hydroprojekt CZ a.s.; 08/2007.
- [25] Studie ochrany před povodněmi na území Olomouckého kraje, Pöyry Environment a.s., Brno, 03/2007.
- [26] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [27] Měrné křivky limnigrafických stanic v zájmovém území. ČHMÚ. Brno 2013.
- [28] Povodňový plán Barum Continental s.r.o. Otrokovice. Otrokovice, 2009.
- [29] Výkresová dokumentace silničních a dálničních mostů. Ředitelství silnic a dálnic ČR. 2013.
- [30] Místní šetření v zájmové lokalitě v období květen až říjen 2013. FAST, VUT v Brně, Brno 2013.
- [31] Manipulační řád pro jez Bělov na řece Moravě v km 166,770. Povodí Moravy, s.p.. Brno, červenec 2010.
- [32] Manipulační řád pro jez Kroměříž – Strž na řece Moravě v km 182,867. Povodí Moravy, s.p.. Brno, duben 2009.
- [33] Manipulační řád pro jez Spytihněv na řece Moravě v km 156,875. Povodí Moravy, s.p.. Brno, srpen 2009.
- [34] Manipulační řád jezu a MVE Přerov na řece Bečvě v km 11,440. Povodí Moravy, s.p.. Brno, 2013.
- [35] Manipulační řád pro jezy v Troubkách na řece Bečvě v km 1,820 a 1,968 a vtokový objekt na Malé Bečvě. Povodí Moravy, s.p.. Brno, 2013.
- [36] Povodňové značky z roku 1997 pro vodní toky Morava a Bečva ve vektorovém formátu *.shp. Povodí Moravy, s.p.. Brno, 2013.
- [37] Otrokovice – Protipovodňová ochrana města Otrokovic. Dokumentace pro stavební řízení. Aquatis, a.s.. Brno, červen 1999.
- [38] Horkovodní přípojka Napajedla. SO 10 – Protipovodňová ochranná zeď. Realizační dokumentace stavby. Aquatis, a.s. Brno, březen 2011.

- [39] Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích, technické podmínky. VÚV T.G.M. Praha, leden 2009.
- [40] Územně plánovací dokumentace obcí v zájmovém území zpracovaná do formátu *.shp. Pöyry Environment a.s., Brno, 2012.
- [41] Pobečví – studie odtokových poměrů, Pöyry Environment a.s. Brno, listopad 2011.
- [42] <http://zlin.sky.denik.cz/galerie/povodne-v-otrokovicich-v-roce-1997.html?mm=3880665>
- [43] <http://www.povodne97.nazory.cz/doku.php?id=fotografie-odkazy-na-povodne-97&DokuWiki=69bd6a992a020c6915247c43bd80096e>
- [44] http://zlin.idnes.cz/povodne-v-kromerizi-0qu-zlin-zpravy.aspx?c=A120709_1801288_zlin-zpravy_kol
- [45] <https://plus.google.com/photos/108992121964878795124/albums/547272255124002817/5472722936111393506?pid=5472722936111393506&oid=108992121964878795124>
- [46] <http://www.youtube.com/watch?v=PsL9fhgV1to>
- [47] <http://www.mest.čhmú>, 2013.
- [48] <http://www.mesto-kromeriz.cz/foto.asp?album=283&foto=3710&modul=navstevnik&map=15>
- [49] <http://www.mesto-kromeriz.cz/foto.asp?album=281&foto=3671&modul=navstevnik&map=15>
- [50] http://romca94.rajce.idnes.cz/povodne_2010_Kromeriz/
- [51] <http://www.mesto-kromeriz.cz/zprava.asp?zprava=9712&modul=navstevnik&map=15>
- [52] <http://foto.otrokovice.net/velka-voda/morava2010/02-CERVEN/>
- [53] <https://www.youtube.com/watch?v=hR7G4HH7Fcs>
- [54] Evidenční list hlásného profilu č.339. ČHMÚ, 2013.
- [55] <http://www.kvasice.cz/album/povoden-2010.html>
- [56] HEC-RAS, River Analysis System, User's Manual. US Army Corps of Engineers. 2010.

3.2 Související předpisy

- [I] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [II] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [III] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [IV] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [V] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [VI] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [VII] TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.
- [VIII] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [IX] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [X] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [XI] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [XII] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [XIII] 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).
- [XIV] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., 03/2012.
- [XV] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011.
- [XVI] Předběžné vyhodnocení povodňových rizik v české republice 2011. Implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik (verze 5.0). Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 16.3. 2012). Praha. 12/2011.
- [XVII] Zpracování map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik - pilotní projekt v soutokových oblastech. Povodí Vltavy. Praha, červenec 2011.

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

3.3 Vyhodnocení, rozbor a příprava podkladů

3.3.1 Topografická data

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programu ESRI ArcGIS 9.3 (nastavba 3D Analyst). Model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s přesahem. Podkladem pro vytvoření DMT byla data z fotogrammetrického zaměření [8] a z výškopisu ZABAGED [12]. Výsledný DMT je zpracován ve formátu ESRI GRID s velikostí pixelu 10 m, předpokládanou přesností výškových údajů do 0,5 m (v rozsahu fotogrammetrického zaměření), souřadnicovém systému S-JTSK a výškopisném systému Balt po vyrovnání. Mapové podklady zahrnovaly Rastrovou základní mapu 1 : 10 000 (RZM 10) [9] v rozsahu pokrývajícím zájmové území. RZM 10 tvořily podkladní topografickou vrstvu pro tvorbu výsledných mapových výstupů (mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a rizik). Ortofotomapy [10] představovaly nezbytný doplňující podklad pro přípravu numerického modelu a tvorbu map rizik. Dalším doplňujícím mapovým podkladem byla polohopisná data ZABAGED [11] ve vektorovém formátu.

V rámci geodetických podkladů byly k dispozici, příčné profily koryta Moravy a Bečvy zaměřené útvarem Geodézie Povodí Moravy, s.p. Brno v letech 1997 – 2000, inundace byla zaměřena fotogrammetricky firmou Geodis Brno v roce 1997. Zaměření koryta Moštěnky v a jejího inundačního území v prostoru od zaústění do Moravy po obec Vítonice provedla geodetická firma ing. Slámy v roce 1999-2000, zaměření nových mostních objektů a okolního terénu provedlo Povodí Moravy, s.p., Brno - útvar hydroinformatiky v roce 2011. Výsledky geodetických měření byly k dispozici v rámci podkladů [17], [18], [19]. Výsledky geodetických měření byly doplněny o dílčí měření vybraných objektů realizovaných v rámci místních šetření [15] a [30].

Aktualizace výše uvedeného DMT [8] byla provedena v těchto oblastech:

- dálniční těleso včetně doprovodných komunikací, nadjezdů, mostů a propustků z podkladů [29],
- protipovodňová opatření (PPO) Napajedel na levém a pravém břehu Moravy z podkladu [38],
- PPO Napajedel trafostanice z podkladů [10] a měření při rekognoskaci terénu [30],
- PPO Otrokovic z podkladu [37],
- koryto toku a hrází po délce toku Moravy dle podkladu [23] s přihlédnutím k aktuálnímu stavu při rekognoskaci terénu [30],
- pravobřežní část koryta Moravy v Kroměříži nad železničním mostem [30],
- koryto toku Dřevnice a PPO Otrokovic dle podkladů [28],
- vybrané propustky a mostů dle měření při rekognoskaci terénu [30].

3.3.2 Hydrologická data

Aktuální informace o N-letých průtocích dle [16] jsou uvedeny v Tab.č. 4.

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

Pracovní číslo úseku	Hydrologický profil	Rok pořízení (ověření)	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
PM-4	Morava – Nové Sady vodočet	2013	-	258	384	551	735	I.
PM-2	Morava – pod Bečvou	2013	197,560	481,9	655,6	942	1222,7	III.
PM-2	Morava – Kroměříž vodočet	2013	-	512,0	668,0	860,0	1074,1	II.
pod PM-2	Morava – Spytihněv vodočet	2013	156,640	514,2	650,8	816,5	992,5	II.
nad PM-95	Bečva – pod Veličkou	2013	-	461	664	902	1150	II.
PM-95	Bečva – Teplice vodočet	2013	41,2	452	659	908	1170	-
PM-95	Bečva – Dluhonice vodočet	2013	9,3	466	662	892	1130	-
PM-1	Moštěnka - ústí	2013	0,0	57,4	106,4	190	308,7	II., III.

Starší hydrologická data dle [1] jsou uvedena v Tab.č. 5

Tab. č. 5 Starší hodnoty N-letých průtoků (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-1	Mošćenka - ústí	1970	0,0	60,0	94,0	140,0	-	-
PM-2	Morava – Spytihněv vodočet	1970		564,0	669,0	736,0	-	-
PM-2	Morava – Kroměříž vodočet	1970		568,0	680,0	750,0	-	-
PM-2	Morava – pod Bečvou	1970		610,0	740,0	810,0	-	-
PM-95	Bečva – Teplice vodočet	1970	41,2	515,0	680,0	780,0	-	-
PM-95	Bečva – Dluhonice vodočet	1970	9,3	424,0	550,0	685,0	-	-
PM-95	Bečva – Teplice vodočet	1999	41,2	452	659	908	1170	
PM-95	Bečva – Dluhonice vodočet	2005	9,3	466	662	892	1130	

Hodnoty N- letých průtoků nejsou v čase konstantní. Z hodnot uvedených v Tab. č. 4 a 5 je patrný jejich časový vývoj v jednotlivých profilech. K aktualizaci hydrologických údajů dochází průběžně, k výraznějším změnám pak zpravidla po větších povodních.

3.3.3 Místní šetření

Fotodokumentace byla pořízena v rámci terénního průzkumu [15], který provedlo Pöyry Environment a.s. v listopadu 2012. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v předpokládaném 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 nebyly zjištěny zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku oproti geodetickému zaměření a DMT použitých pro tvorbu modelu pouze u úseku PM-1 Mošćenka.

Při terénní pochůzce v úseku PM-2 Morava byly zjištěny následující skutečnosti – odstranění plynovodní lávky v km 194,327, výstavba nového přechodu potrubí v km 186,802, nový dálniční most v km 181,255, výstavba MVE na jezu Bělov v km 166,770 a nové železobetonové zdi vystavěné v rámci budování protipovodňové ochrany města Otrokovice v km 165,963, 160,915 a 162,746 – 162,303.

V úseku PM-95 Bečva byly při terénní pochůzce zaznamenány tyto nové objekty – nová lávka pro pěší v km 40,821, rekonstrukce silničního mostu v km 30,035, nový přechod plynovodu v km 38,203, nová ocelová lávka pro pěší v km 35,430, úprava pravého břehu v délce cca 200 m v km cca 32,950, úprava pravého břehu v délce cca 250 v km cca 27,794, rekonstrukce silničního mostu v km 18,745, oprava LB výusti v km 13,960, nová zavěšená lávka pro pěší v km 13,717, nová lávka u sokolovna v km 12,575 a rekonstrukce železničního mostu v km 11,590. Fotodokumentace je přílohou této zprávy.

Další místní šetření [30] byla realizována pracovníky FAST, VUT v Brně během období květen – říjen 2013. V rámci těchto šetření byly upřesňovány zejména údaje o morfologii terénu a objektech v ZÚ vč. zaměření propustků a mostů, které mají zásadní vliv na průchod povodňových průtoků v daném území. Místní šetření zahrnovala rovněž verifikaci výsledků hydraulických výpočtů.

3.3.4 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Stávající numerické 1D+ modely Moravy a jejich přítoků Bečvy a Mošćenky byly vytvořeny v programu MIKE 11 v rámci zpracování dokumentace ZÚ [17], [18], [19]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření, DMT a hydrologická data doložené v dokumentaci [17], [18], [19]. Z modelu byly k dispozici výsledky v podobě hranic rozlivů pro povodňové scénáře odpovídající kulminačním průtokům v rozsahu Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl realizován za předpokladu nerovnoměrného neustálené proudění.

Kalibrační údaje byly pro řešení k dispozici ve formě povodňových značek [36] (povodeň v roce 1997), zaznamenaných hranic rozlivů [13] (povodně z let 1997, 2006, 2010) a dalších doplňujících podkladů [2] až [7].

4 Popis koncepčního modelu

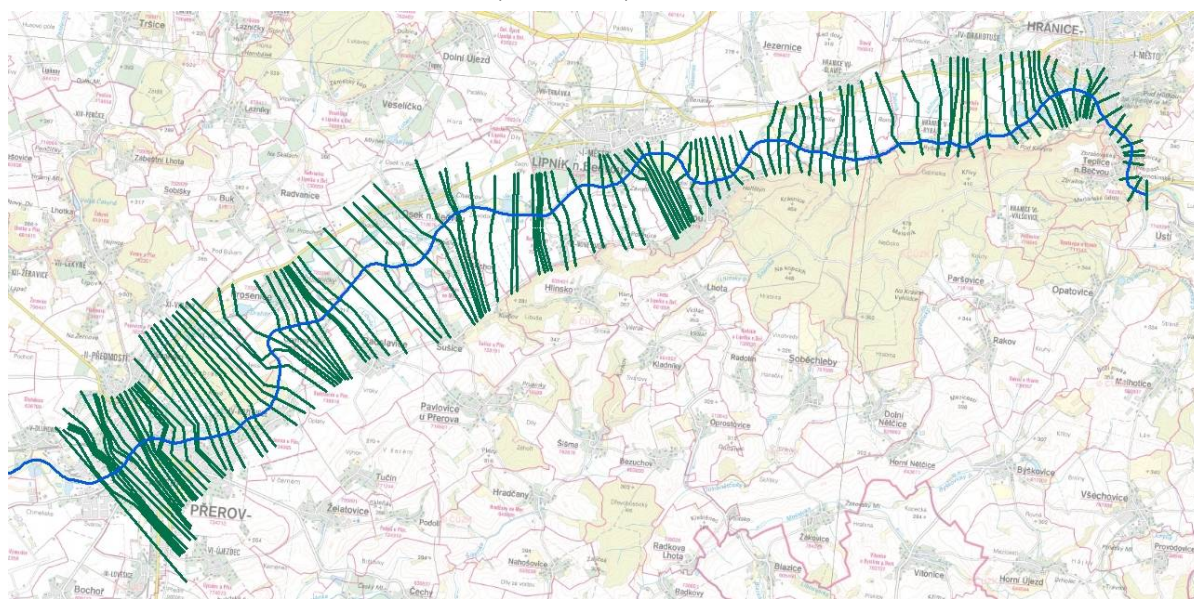
Zájmové území, které bylo předmětem modelového řešení, zahrnovalo soustavu úseků toků Moravy v km 158,314 – 204,500, Bečvy v km 0,000 – 42,232 a Moštěnky km 0,000 – 15,984. Předmětem řešení byl hydraulický výpočet proudění vody v toku a v záplavovém území za účelem vytvoření map povodňového nebezpečí – tj. map hloubek a rychlostí proudění vody. S ohledem na rozsáhlost řešeného území a charakter dílčích úseků toků bylo zvoleno použití spřaženého 1D/2D (řešitel FAST, VUT v Brně) a samostatného 1D modelu (řešitel Pöyry Environment a.s.). 1D model byl aplikován na úsek Bečvy v km 11,152 - 42,232, zbývající úseky Moravy, Bečvy a Moštěnky byly řešeny spřaženým 1D/2D modelem. Při volbě spřaženého 1D/2D numerického modelu pro hydraulický výpočet byly zohledněny především tyto základní požadavky:

- Zájmovou soustavu úseků toků Moravy, Bečvy a Moštěnky je třeba řešit jako celek. S ohledem na složitost místních podmínek je omezena možnost rozdělit model do více úseků.
- Při vyšších průtocích dochází k nezávislému proudění vody v toku a v prostoru za ochrannými hrázi, tj. v rámci příčných profilů hladina v toku nekoresponduje s hladinou v záhrázi.
- V zájmovém úseku se nachází značné množství objektů ovlivňujících průtočné poměry, které musí být v modelu zohledněny.
- Výpočet bude proveden za předpokladu nerovnoměrného ustáleného proudění, tj. výsledky řešení budou mírně na stranu bezpečnosti.

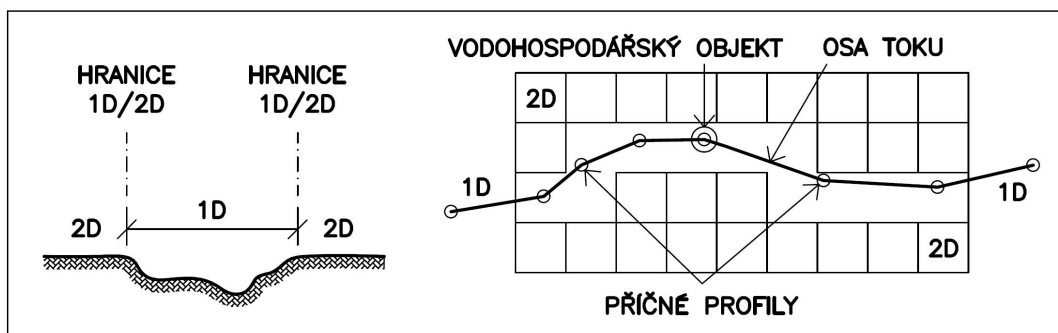
4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci koncepčního modelu byla zvolena schematizace, která je patrná z Obr.č. 3, 4 a 5. Obr.č. 3 zachycuje schematizaci úseku Bečvy v km 11,152 - 42,232, řešenou samostatným 1D modelem. Z Obr.č. 3 je patrná především lokalizace jednotlivých výpočtových příčných řezů modelu v zájmové oblasti.

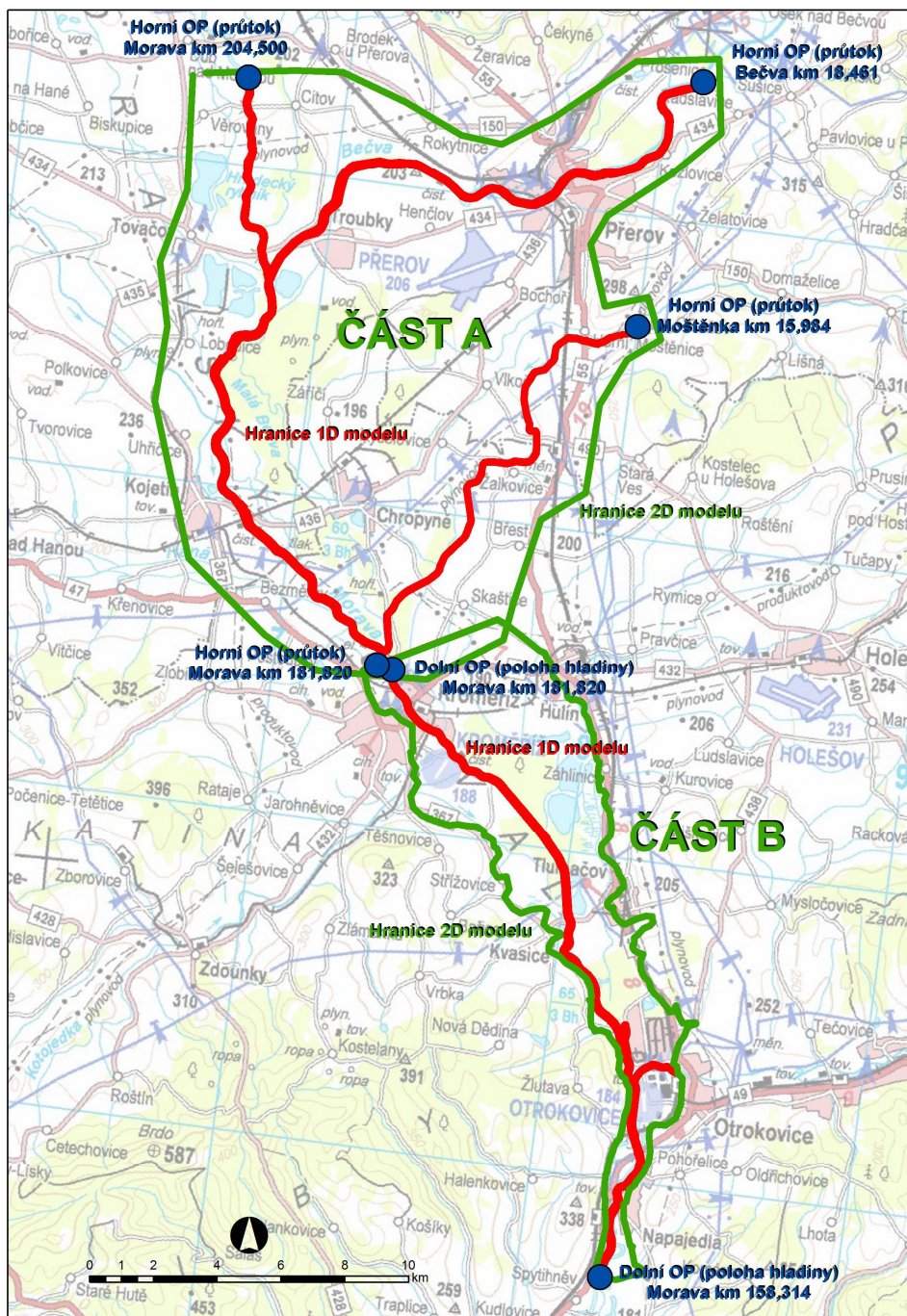
Obr.č. 4 a 5 přibližují schematizaci aplikovanou v rámci spřaženého 1D/2D modelu. S použitím 1D modelu bylo v dané oblasti řešeno proudění vody v soustavě toků Moravy, Bečvy a Moštěnky. Příčné řezy a technické objekty byly v 1D modelu zadávány dle geodetického zaměření. Hranici a současně propojení mezi 1D a 2D modelem tvořily ochranné hráze toku, popř. břehové hrany v úsecích bez ohrázení. Celý spřažený 1D/2D model zájmové oblasti byl na závěr z důvodu snadnější realizace výpočtů rozdělen na dvě samostatné části A a B, přičemž dělicí hranici tvořil násep dálnice D1 nad Kroměříží (viz Obr.č. 5).



Obr. č. 3 Schematizace zájmové oblasti - 1D model na úseku Bečvy v km 11,152 - 42,232



Obr. č. 4 Obecná schematizace spřaženého 1D/2D modelu



Obr. č. 5 Schematizace zájmové oblasti - spřažený 1D/2D model na úseku Moravy v km 158,314 – 204,500, Bečvy v km 0,000 – 18,461 a Moštaněky km 0,000 – 15,984

Celá zájmová oblast pokrytá 2D modelem byla prostorově diskretizována s použitím ortogonální výpočtové sítě s velikostí mřížky 10x10 m (Obr.č. 5). Rozsah výpočetní sítě byl zvolen s dostatečnou rezervou tak, aby obsahoval rozliv největšího modelovaného kulminačního průtoku Q_{500} .

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Hydraulický výpočet byl proveden za předpokladu nerovnoměrného ustáleného proudění vody v zájmové oblasti, t.j. neznámé veličiny zahrnující hloubky vody a složky vektorů rychlosti proudění byly uvažovány nezávislé na čase. Model stacionárního proudění nezohledňuje transformaci povodňové vlny inundací, což v dané lokalitě posunuje výsledky řešení mírně na stranu bezpečnosti. Míra vlivu transformačního účinku údolní nivy na velikost kulminačních průtoků je do značné míry závislá na objemu příslušných povodňových vln. Řešení úlohy nestacionárního proudění vody by vyžadovalo podrobnou analýzu hydrologických dat za účelem stanovení podmíněných pravděpodobností překročení N - letých kulminačních průtoků a odpovídajících objemů povodňových vln.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

4.3.1 1D model

Horní okrajové podmínky byly zadány hodnotami řešených kulminačních průtoků (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}) dle Tab.č. 4. Dolní okrajové podmínky v podobě hodnot úrovní hladin při odpovídajících průtocích byly zadány na základě měrné křivky v profilu Bečvy v km 11,152, převzaté z dříve zpracované studie [41]. Pro průtok Q_{500} byla hodnota úrovně hladiny stanovena extrapolací.

4.3.2 Spřažený 1D/2D model

Pro část A modelu byly horní OP zadány hodnotami řešených kulminačních průtoků (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}) patrné z Tab.č. 4 v horních profilech toků Morava (km 204,500), Bečva (km 18,461) a Moštěnka (km 15,984). Dolní OP vycházela z výsledků výpočtů části B modelu. Konkrétně se jednalo o zadání polohy hladiny v korytě Moravy v km 181,820 - profil náspu dálnice D1 nad Kroměříží (viz Obr.č. 5).

Horní okrajovou podmínkou pro část B modelu (viz Obr.č. 5) byly hodnoty řešených kulminačních průtoků (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}) patrné z Tab.č. 4. v km 181,820 toku Moravy. Dolní okrajová podmínka vycházela z manipulačního řádu [33] v profilu nad jezem Spytihněv (Morava v km 158,314).

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

5.1.1 1D model

Výpočet byl proveden numerickým modelem HEC-RAS, vyvinutým US Army Corps of Engineers. HEC-RAS je komplexní jednorozměrný numerický model pro simulaci proudění v otevřených korytech a inundačních územích. Výpočtové rovnice numerického modelu jsou uvedeny v uživatelské příručce [25]. Numerickým modelem byl proveden hydraulický výpočet proudění vody vlastním korytem Bečvy včetně souvisejících inundací a veškerých objektů na toku.

5.1.2 Spřažený 1D/2D model

Jako programové vybavení byl použit numerický model SMS-TUFLOW, který umožňuje samostatné modelování 1D, 2D a rovněž spřažení 2D a 1D modelů. Výhodou programu je možnost propojení s nástroji ArcGIS, což usnadňuje přípravu vstupních dat modelu i vyhodnocení a následné zpracování výsledků výpočtů. Numerické řešení v rámci 2D modelu bylo založeno na diferenční metodě využívající ortogonální výpočtovou síť. Výhodou použité numerické metody je především poměrně dobrá stabilita a relativní rychlost výpočtů.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Pro účely výpočtu byly zajištěny především následující druhy podkladů, které byly využity pro přípravu vstupních dat modelu a následné vyhodnocení výsledků výpočtů. Jednalo se především o tyto vstupní podklady:

- mapové podklady (Rastrové mapy ČR 1:10 000) [9],
- ortofotomapy [10],
- digitální model terénu v rastrové podobě [8],
- podélné a příčné profily vodního toku Morava [17],
- podélné a příčné profily vodního toku Bečva [18],
- podélné a příčné profily vodního toku Moštěnka [19],
- územní plány dotčených obcí [40],
- manipulační řady dle [31] až [35],
- místní šetření v zájmové lokalitě [15] a [30],
- hydrologická data [16],
- kalibrační data [2] až [7], [13], [27], [36].

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Morfologie terénu byla do spřaženého modelu zadávána dvěma postupy. První postup byl použit pro zadání morfologie terénu do 2D modelu a využíval data z dostupného digitálního modelu terénu [8]. Druhý postup sloužil pro zadání morfologie terénu do 1D modelu a vycházel z geodeticky zaměřených příčných profilů toků [17] až [19]. 1D model zahrnoval rovněž související objekty na toku a v ZÚ, které byly do modelu zadávány na podkladě manipulačních řadů [31] až [35], dokumentace [29] a místních šetření [15], [30]. Přehled významných objektů na řešených úsecích toků je uveden v následujících Tab.č. 6 až 8.

Tab. č. 6 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-2, Morava

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
160,915	silniční most		Napajedla
162,303	ocelová lávka		Napajedla
162,746	silniční most		Otrokovice – Napajedla
163,308	ocelový most		St. Město – Otrokovice
164,925	Dřevnice		Otrokovice
165,963	ocelová lávka		Otrokovice
166,770	pohyblivý jez Bělov		Bělov
166,770	náhon na MVE na jezu Bělov		Bělov
170,887	silniční betonový most		Kvasice
173,692	Rusava		Střížovice u Kvasic
176,995	ocelová plynová lávka		Kroměříž
177,033	Kotojedka		Kroměříž
178,844	železniční most		Kroměříž
178,961	LB výusti		Kroměříž
179,325	lávka		Kroměříž
179,800	silniční most		Kroměříž

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
180,835	ocelový příhradový most		Kroměříž
180,870	teplovodní ocelová lávka		Kroměříž
181,255	dálniční most		Kroměříž
182,244	Moštěnka		Kroměříž
182,867	pohyblivý jez Kroměříž, lávka pro pěší		Kroměříž
183,685	hospodářský most		Kroměříž
186,205	hospodářský most		Kroměříž
186,802	přechod potrubí		Kroměříž
188,534	železniční most příhradový		Kojetín, trať Brno – Přerov
188,858	silniční most		Kojetín
189,225	brod		Kojetín
189,410	hospodářský most příhradový		Kojetín
191,743	Valová		Uhřetice
192,195	hospodářský most		Uhřetice
194,366	ocelový most		Lobodice
197,387	most šterkoven		Tovačov
197,560	Bečva		Tovačov
198,360	silniční most		Tovačov
199,000	Morávka		Tovačov

Tab. č. 7 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-95, Bečva

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,300	práh		Tovačov
1,330	silniční most		Tovačov
1,968	jez Troubky s MVE		Troubky
2,118	jez původní, Troubky		Troubky
5,870	kamenný jez		Rokytnice
6,100	PB přítok		Rokytnice
6,750	brod		Rokytnice
7,280	PB přítok		Rokytnice
7,570	výusť z ČOV		Rokytnice
8,927	PB přítok		Dluhonice
9,045	betonový stupeň		Dluhonice
9,904	ocelový most		Přerov
10,815	potrubní most, lávka		Přerov
11,083	potrubní lávka		Přerov
11,120	vlečkový most		Přerov

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
11,440	pohyblivý jez v Přerově		Přerov
11,518	LB výust'		Přerov
11,590	železniční most		Přerov
11,892	silniční most		Přerov
12,385	silniční most		Přerov
12,402	PB výust'		Přerov
12,575	lávka		Přerov
12,638	zaústění náhonu		Přerov
12,729	LB výust'		Přerov
12,898	lávka		Přerov
13,696	LB výust'		Přerov
13,717	zavěšená lávka		Přerov
13,960	LB výust'		Přerov
15,481	Lučnice		Kozlovice u Přerova
17,994	LB výust'		Grymov
18,760	Radslavický potok		Grymov
18,745	silniční most		Radslavice - Prosenice
19,018	LB výust'		Radslavice
19,422	PB výust'		Osek nad Bečvou
19,765	PB přítok, balvanitý skluz		Osek nad Bečvou
21,680	balvanitý skluz		Osek nad Bečvou
21,826	Lubná		Osek nad Bečvou
22,785	silniční most s potrubím		Osek nad Bečvou
23,290	Trnávka		Osek nad Bečvou
24,202	stupeň Osek		Osek nad Bečvou
24,666	jez Osek		Osek nad Bečvou
25,565	PB přítok		Lipník nad Bečvou
26,319	Loučka		Lipník nad Bečvou
26,845	PB přítok		Lipník nad Bečvou
27,446	silniční most		Lipník nad Bečvou
27,794	PB výust'		Lipník nad Bečvou
29,230	LB přítok		Lipník nad Bečvou
29,440	balvanitý skluz		Lipník nad Bečvou
30,260	balvanitý skluz		Lipník nad Bečvou
30,876	Jezernice		Lipník nad Bečvou
30,980	balvanitý skluz		Lipník nad Bečvou
31,400	PB přítok		Lipník nad Bečvou
34,554	Drahotušský potok		Hranice

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
35,430	ocelová lávka		Hranice
37,165	zaústění náhonu		Hranice
38,203	přechod plynu		Hranice
38,208	vyústění odvod. příkopu		Hranice
38,300	jez Hranice		Hranice
38,685	odbočení náhonu		Hranice
38,975	Velička a Ludina		Hranice
39,035	silniční most		Hranice
40,821	lávka		Teplice nad Bečvou
41,964	silniční most		Teplice nad Bečvou

Tab. č. 8 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-1, Moštěnka

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,959	silniční betonový most	0,983	Kroměříž (Horní zahrady)
1,338	silniční betonový most	1,380	Kroměříž - Chropyně
2,922	silniční betonový most	2,940	Chropyně - Skaštice

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Údaje o drsnostech povrchu byly do modelu zadávány ve formě součinitele drsnosti dle Manninga. Výchozím podkladem pro odhad součinitelů drsnosti jednotlivých druhů povrchu byly především ortofotomapy a výsledky místních šetření. Hodnoty součinitelů drsnosti byly dále upřesňovány v průběhu kalibrace modelu.

Tab. č. 9 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
cesta	0,02 - 0,04
kanál	0,07
koryto - svahy	0,05 - 0,08
koryto - dno	0,033 - 0,040
les	0,14
louka	0,05 - 0,1
park	0,06
pole	0,04 - 0,08
voda	0,02
zahrada	0,065
zástavba hustá	0,3
zástavba řídká	0,2

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Hodnoty OP diskutované v kap. 4.3 jsou uvedeny v následujících Tab.č 10 až 12. Horní OP udávají hodnoty zadaných průtoků, dolní OP představují odpovídající polohy hladin. V případě spřaženého 1D/2D modelu (pro část A) bylo třeba, s ohledem na soutokové oblasti Morava - Bečva a Morava - Moštěnka, řešit několik kombinací OP v souladu s doporučením dokumentu [XVII].

Tab. č. 10 OP pro 1D model

Povodňový scénář	Horní OP Bečva km 12,664 [m ³ ·s ⁻¹]	HOP Bečva km 42,232 [m ³ ·s ⁻¹]	DOP Bečva km 11,152 [m n. m.]
Q ₅	466	452	207,37
Q ₂₀	662	659	208,19
Q ₁₀₀	892	908	208,88
Q ₅₀₀	1130	1170	209,45

Tab. č. 11 Kombinace OP spřaženého 1D/2D modelu - část A

Povodňový scénář	Horní OP Morava km 204,500 [m ³ /s]	Horní OP Bečva km 18,461 [m ³ /s]	Horní OP Moštěnka km 15,984 [m ³ /s]	Dolní OP Morava km 181,820 [m n. m.]						
Q ₅ ^{BEČVA}	15,9	466	30,1	190,14	-	-	-	-	-	-
Q ₂₀ ^{BEČVA}	23,6	662	-	191,24	191,04	191,04	191,00	191,00	190,93	190,93
Q ₁₀₀ ^{BEČVA}	50	892	-	191,65	191,54	191,52	191,52	191,52	191,46	191,48
Q ₅₀₀ ^{BEČVA}	92,7	1130	-	191,81	191,7	191,65	191,67	191,67	191,62	191,64
Q ₅ ^{MORAVA}	258	223,9	30,1	190,14	-	-	-	-	-	-
Q ₂₀ ^{MORAVA}	384	301,6	-	191,24	191,04	191,04	191,00	191,00	190,93	190,93
Q ₁₀₀ ^{MORAVA}	551	391	-	191,65	191,54	191,52	191,52	191,52	191,46	191,48
Q ₅₀₀ ^{MORAVA}	735	487,7	-	191,81	191,7	191,65	191,67	191,67	191,62	191,64
Q ₅ ^{MOŠTĚNKA}	454,6	-	57,4	190,14	-	-	-	-	-	-
Q ₂₀ ^{MOŠTĚNKA}	561,6	-	106,4	191,24	191,04	191,04	191,00	191,00	190,93	190,93
Q ₁₀₀ ^{MOŠTĚNKA}	670	-	190	191,65	191,54	191,52	191,52	191,52	191,46	191,48
Q ₅₀₀ ^{MOŠTĚNKA}	766	-	308	191,81	191,7	191,65	191,67	191,67	191,62	191,64

Tab. č. 12 OP spřaženého 1D/2D modelu - část B

Povodňový scénář	Horní OP Morava v km 181,820 [m ³ /s]	Dolní OP Morava v km 158,314 [m n. m.]
Q ₅	481,9	182,09
Q ₂₀	685,6	182,78
Q ₁₀₀	942	183,61
Q ₅₀₀	1074,1	184,20

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

S ohledem na předpoklad řešení ustáleného nerovnoměrného proudění nebyly počáteční podmínky stanovovány.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

V případě řešeného zájmového území lze vymezit následující podstatné zdroje nejistot vstupních dat:

1. Nejistoty v údajích o morfologii terénu - zásadní byla především přesnost a podrobnost dostupného DMT v rastrové podobě [8]. Limitující byla jednak jeho udávaná výšková přesnost (cca $\pm 0,5$ m) a dále poměrně hrubé rozlišení rastru (10 m). Uvedené zdroje nejistot se projevily zejména u zemních těles menších rozměrů, které místy zásadně ovlivňovaly charakter proudění v ZÚ (např. ochranné hráze, zemní tělesa komunikací apod.). V těchto případech bylo v závislosti na dostupnosti vhodných podkladů provedeno upřesnění DMT na základě pozemního geodetického měření [17], [18], [19]. Snížení tohoto druhu nejistot by bylo možné použitím přesnějšího DMT získaného např. metodou laserového skenování povrchu.

Obtížně ovlivnitelným zdrojem nejistot jsou v této souvislosti možné změny morfologie ZÚ a toku v závislosti na čase. V průběhu povodňové události dochází např. k transportu splavenin (zanášení koryta a vznik výmolů), pohybu plovoucích objektů (např. zanášení mostních profilů a propustků) a dalším obdobným jevům. Možné časové změny morfologie terénu nebyly v rámci hydraulických výpočtů uvažovány.

2. Nejistoty v údajích o objektech v ZÚ - v zájmové oblasti se nachází rozsáhlá zemní tělesa dopravních komunikací vč. souvisejících objektů (propustky, mosty, podjezdy), které zásadně ovlivňují charakter proudění v zájmové lokalitě. Pro objekty, které se nenacházely přímo na řešených tocích, byla k dispozici pouze omezená nebo zcela chybějící dokumentace. Absence tohoto druhu podkladů v průběhu řešení kompenzována realizací dodatečných orientačních měření těchto objektů např. v rámci místních šetření [30]. Pro další omezení tohoto druhu nejistot by bylo nezbytné provést detailní geodetické zaměření zmiňovaných objektů.
3. Nejistoty v údajích o drsnosti povrchu - zadání hodnot součinitelů drsností povrchu dle Manninga vycházelo v první fázi ze zkušeností zpracovatele v oblasti hydraulických výpočtů proudění vody v tocích a záplavových územích. Tyto hodnoty byly dále upřesňovány kalibrací (viz kap. 5.3). Větší míru nejistoty je třeba v tomto případě uvažovat zejména v případě součinitelů drsnosti pro oblasti mimo koryto toku, kde jsou dostupné podklady ke kalibraci modelu značně omezené. Dále je třeba vzít v úvahu, že hodnoty součinitelů drsností se mohou měnit v čase, a to jak z dlouhodobého hlediska (např. vliv ročních období), tak v kratších v časových intervalech (např. v průběhu povodňových událostí). Možnosti dalšího snižování tohoto druhu nejistot jsou v dané lokalitě poměrně omezené s ohledem na absenci kalibračních dat pro oblast záplavového území. Zmiňovaná změna součinitelů drsností povrchu v čase nebyla v rámci výpočtů uvažována.
4. Nejistoty v hydrologických údajích - v této souvislosti je třeba zohlednit především udávanou třídu přesnosti dostupných podkladů (viz Tab.č. 4), které odpovídá příslušná hodnota směrodatné chyby dle ČSN 75 1400.

5.3 Popis kalibrace modelu

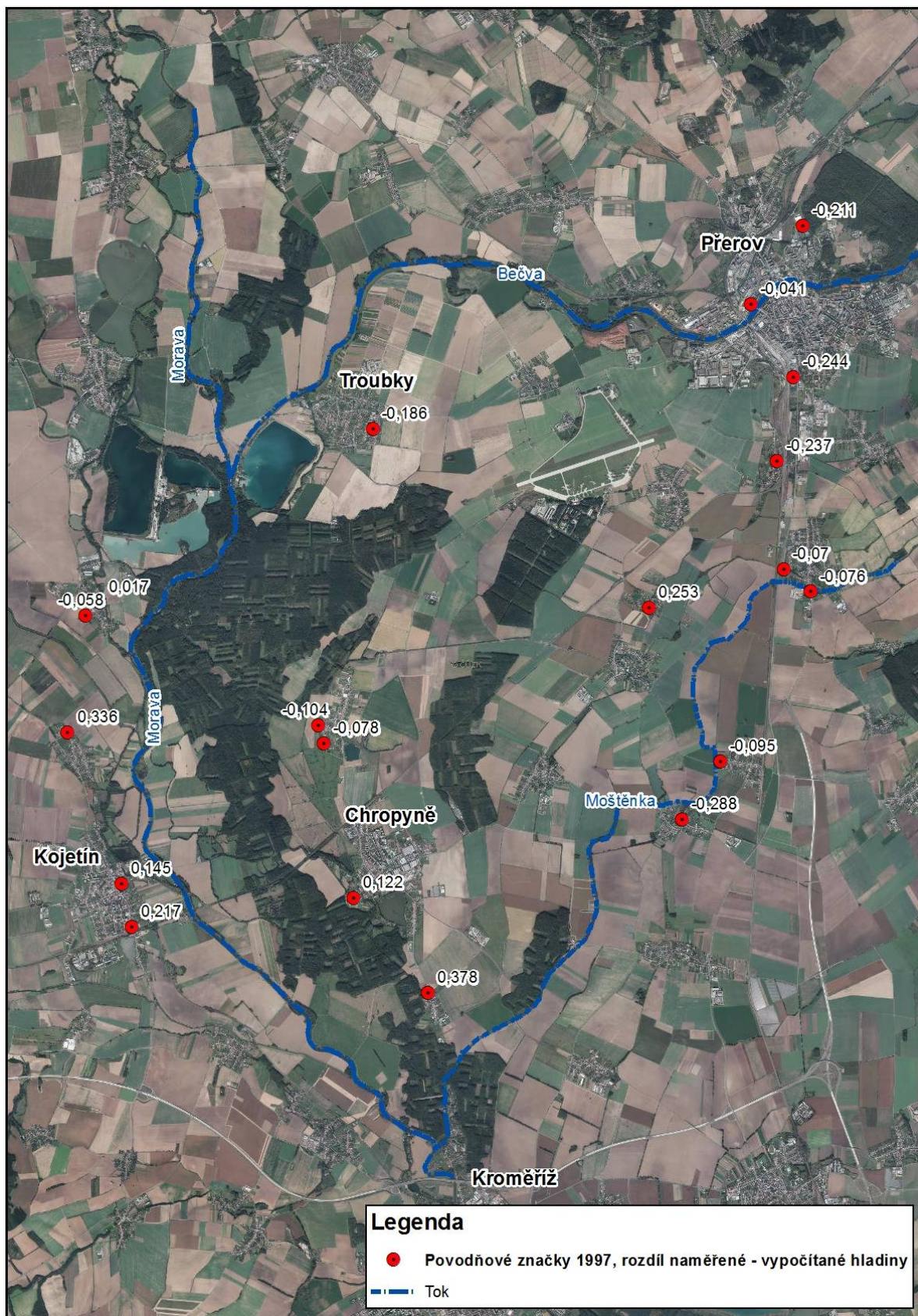
Kalibrací se rozumí zjištění a úprava hodnot vstupních parametrů numerického modelu. Cílem bylo dosáhnout co možná nejlepší shody mezi výsledky výpočtů provedených kalibrovaným numerickým modelem a podklady. Kalibrace byla provedena pro hladiny dle měrných křivek limnigrafů, vodohospodářských objektů a vybraných charakteristických profilů s využitím podkladů [2] až [7], [13], [27] a [36]. S ohledem na spolehlivost kalibrace byly v první fázi hodnoceny především průtoky nepřesahující kapacitu koryta toku. Výsledky kalibrace modelu ve vybraných profilech jsou doloženy v Tab.č. 13 přičemž hlavním kritériem bylo nepřekročení maximální odchylky mezi vypočtenými a kalibračními údaji $\pm 0,20$ m. V dalším kroku následovala kalibrace na povodňový průtok odpovídající roku 1997 s využitím zaznamenaných rozlivů a povodňových značek (viz Tab.č. 14, 15 a Obr.č. 6, 8) Verifikace nakalibrovaného modelu byla provedena na základě porovnání vypočtených rozlivů se záznamy z historických povodní 2006, 2010 (viz Tab.č. 16 a Obr.č. 7).

Tab. č. 13 Kalibrace spřaženého 1D/2D modelu - část A

Profil	Staničení [km]	Průtok [m ³ /s]	Kalibrační data - hladina [m n.m.]	Výpočet-hladina [m n.m.]	Δh [m]	Zdroj
Jez Přerov	11,440 (Bečva)	466	207,25	207,22	0,03	[34]
		66	208,15	208,24	0,09	
		975	209,48	209,66	0,18	
LG Dluhonice	9,219 (Bečva)	466	205,19	205,17	0,02	[27]
		634	206,21	206,26	0,05	
		866	207,20	207,10	0,10	
Jez Troubky	1,968 (Bečva)	442	200,00	200,09	0,09	[35]
		554	200,50	200,48	0,02	
		621	200,70	200,74	0,04	
Jez Horní Moštěnice	14,644 (Moštěnka)	30,1	206,93	206,93	0,00	[19]
		57,4	207,20	207,20	0,00	
		106,4	207,78	207,76	0,02	
Jez Kroměříž	182,867 (Morava)	512	191,60	191,59	0,01	[32]
		681	192,32	191,37	0,05	

Tab. č. 14 Kalibrace spřaženého 1D/2D modelu - část B pro povodeň 1997 – koryto Moravy

Ř. km	Popis	Výška srovnávací hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
179,953	LG Kroměříž	191,40	191,31	-0,09
179,325	Lávka kroměříž	190,98	190,95	-0,03
171	Pod PF 546	187,57	187,54	-0,03
170,899	Silniční most	187,59	187,47	-0,12
169,6	Nad PF 541	187,46	187,32	-0,14
169,9	Nad PF 542	187,44	187,27	-0,17
170,19	PF 543	187,35	187,23	-0,12
166,8	Nad jezem Bělov	187,03	186,89	-0,14
166,7	Pod Jezem Bělov	186,98	186,59	-0,39
166,405	PF535	186,75	186,54	-0,21
165,8	Pod lávkou v Otrokovicích	186,56	186,43	-0,13
164,925	Dřevnice ústí	186,04	186,20	0,16



Obr. č. 6 Poloha povodňových značek z roku 1997 s uvedením dosažených odchylek po kalibraci spřaženého 1D/2D modelu – část A

Tab. č. 15 Kalibrace spřaženého 1D/2D modelu - část B pro povodeň 1997 – inundační území Moravy

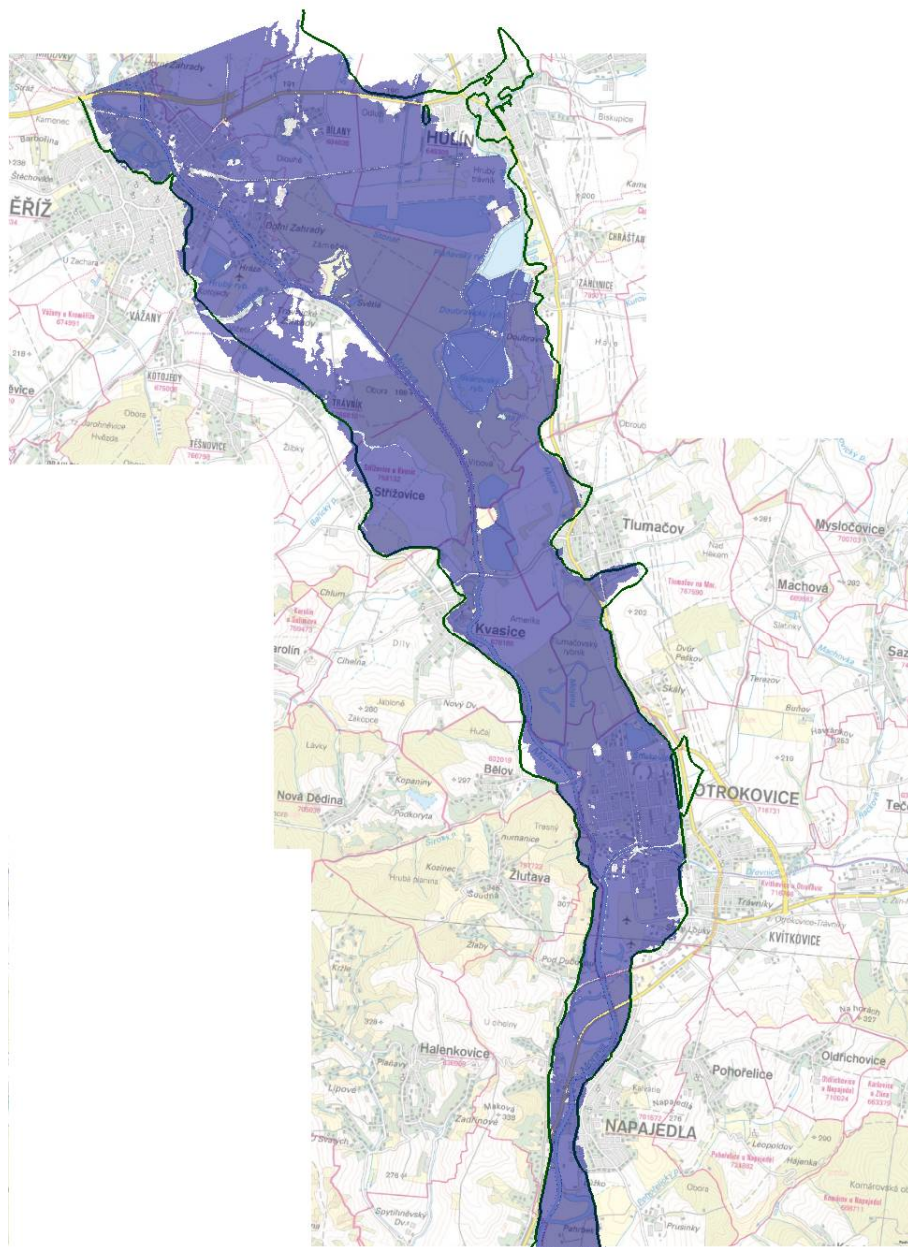
Lokalita	Rozdíl (m)	Poznámka
Bílany	-0,48 až 0,71	Nebyl zahrnut vliv přítoku Rusavy
Tlumačov	-0,19 až -0,26	
Kvasice	-0,10 až -0,36	
Otrokovice - Bahňák	-0,22 až -0,48	Došlo k protržení ochranné hráze
Dřevnice	0,19 až -0,37	

Tab. č. 16 Verifikace spřaženého 1D/2D modelu - část B pro povodeň 2010 – koryto Moravy

Ř. km	Popis	Výška srovnávací hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
181,255	Dálniční most	190,86	190,99	0,13
179,953	LG Kroměříž	189,97	190,53	0,56
179,800	Nad silničním mostem	190,34	190,43	0,09
179,790	Pod silničním mostem	190,24	190,39	0,15
179,325	Lávka	190,2	190,2	0,0
170,899	PF 545	187,21	187,20	-0,01
166,770	Jez Bělov	185,98	185,72	-0,26
166,750	Pod jezem Bělov	185,75	185,45	-0,30
162,303	Lávka Napajedla	184	184,21	0,21



Obr. č. 7 Verifikace spřaženého 1D/2D modelu - část B pro povodeň 2010 – rozliv (modrá výplň značí výsledek výpočtů)



Obr. č. 8 Kalibrace spřaženého 1D/2D modelu - část B pro povodeň 1997 – srovnání rozlivů (modrá výplň značí výsledky výpočtů)

6 Výstupy z modelu

Mezi výsledky výpočtů patřily především údaje o hloubkách vody, rychlostech proudění vody a rozlivech. Výstupy byly zpracovány do podoby map hloubek vody, rychlostí proudění vody a záplavových čar pro jednotlivé řešené kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Vyhodnocení výsledků výpočtů v soutokových oblastech Morava - Bečva a Morava - Moštěnka bylo realizováno v souladu s doporučením dokumentu [XVII].

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

6.1.1 1D model

Základními výstupy z 1D modelu byly úrovně hladin a hodnoty průřezových rychlostí v příčných profilech pro jednotlivé povodňové scénáře. Úrovně hladin jsou tabelárně znázorněny v Tab.č. 17. 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} .

Tab. č. 17 Psaný podélný profil na základě výsledků 1D modelu - Bečva v km 11,152 - 42,232

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:			
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
31a	11.152	207.37	208.19	208.88	209.45
31b	11.197	207.43	208.23	208.92	209.53
32	11.445	207.52	208.34	209.04	209.66
32a	11.464	207.53	208.34	209.04	209.66
32b	11.533	208.21	208.98	209.60	210.15
33	11.624	208.25	209.04	209.69	210.26
34a	11.671	208.28	209.10	209.81	210.48
35	11.788	208.30	209.12	209.94	210.67
36a	11.986	208.45	209.27	210.21	211.05
37	12.045	208.49	209.34	210.26	211.06
38	12.173	208.54	209.36	210.25	211.06
39	12.409	208.68	209.46	210.23	211.02
40a	12.467	208.69	209.47	210.49	211.31
41	12.542	208.76	209.54	210.56	211.29
42a	12.664	208.87	209.69	210.74	211.62
43	12.709	208.89	209.71	210.78	211.55
44	12.918	209.04	209.87	210.92	211.74
45a	12.970	209.09	209.95	210.97	211.94
46	13.192	209.31	210.16	211.19	212.13
46a	13.485	209.55	210.39	211.39	212.04
47	13.727	209.75	210.58	211.59	212.21
48a	13.787	209.80	210.66	211.65	212.29
49	14.088	210.11	210.94	211.85	212.50
49a	14.280	210.33	211.19	212.00	212.63
50	14.489	210.44	211.25	212.01	212.68
51	14.846	210.74	211.54	212.39	212.97
51a	15.003	210.82	211.66	212.46	213.25
52	15.223	211.15	212.01	212.82	213.59
53	15.646	211.48	212.34	213.16	213.93
53a	15.862	211.63	212.48	213.28	214.03
54	16.121	211.93	212.81	213.65	214.43
55	16.602	212.40	213.34	214.25	215.11
56	16.990	212.82	213.73	214.60	215.42
57	17.356	213.28	214.24	215.18	216.07
58	17.672	213.62	214.56	215.46	216.29
58a	17.895	213.86	214.88	215.90	216.86
59	18.124	214.14	215.13	216.08	216.99

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:			
		Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
59a	18.333	214.49	215.43	216.32	217.19
60	18.541	214.74	215.65	216.52	217.35
61a	18.828	215.21	216.15	217.02	217.85
62b	18.875	215.33	216.27	217.12	218.11
62a	19.070	215.69	216.71	217.61	218.59
63	19.268	215.96	216.98	217.84	218.75
64	19.693	216.53	217.51	218.37	219.24
65	20.164	217.12	218.17	219.13	220.07
66	20.688	217.51	218.53	219.46	220.36
67	21.177	218.09	219.01	219.90	220.77
67a	21.685	218.46	219.32	220.11	220.90
68	22.145	218.63	219.53	220.33	220.94
69	22.529	218.82	219.78	220.66	221.40
70a	22.929	218.95	219.97	220.90	221.66
71a	22.967	219.09	220.12	221.06	221.92
72	23.331	219.38	220.44	221.40	222.13
73	23.828	219.93	221.04	222.04	222.85
74a	24.265	220.66	221.79	222.93	223.67
75	24.352	222.01	222.73	223.23	223.67
76a	24.715	222.47	223.36	224.12	224.80
77	24.818	224.83	225.27	225.76	226.04
77a	24.860	224.92	225.42	225.98	226.37
78	24.905	224.89	225.35	225.86	226.20
78a	25.177	225.03	225.51	226.04	226.41
79	25.466	225.27	225.78	226.28	226.64
80	25.990	225.80	226.51	227.26	227.95
80a	26.238	226.24	226.96	227.71	228.36
81	26.583	226.68	227.43	228.17	228.83
81a	26.803	226.83	227.51	228.23	228.89
82	27.034	227.03	227.65	228.29	228.86
83	27.305	227.22	227.86	228.50	229.05
84a	27.544	227.43	228.15	228.86	229.53
86a	27.631	227.58	228.35	229.17	230.03
87	27.792	227.71	228.43	229.19	230.00
88	27.939	227.83	228.56	229.34	230.14
89	28.211	228.10	228.80	229.52	230.25
90	28.559	228.46	229.21	229.98	230.75
91	28.994	228.99	229.71	230.38	231.02
91a	29.271	229.53	230.28	231.02	231.69
92	29.521	229.84	230.60	231.35	232.04
92a	29.744	230.12	230.89	231.64	232.32
93	29.978	230.49	231.31	232.14	232.90
93a	30.187	230.74	231.55	232.37	233.13
94	30.418	231.04	231.87	232.71	233.49

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:			
		Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
95	30.842	231.75	232.57	233.41	234.20
96	31.338	232.45	233.26	234.08	234.85
96a	31.577	232.78	233.64	234.51	235.34
97	31.822	232.98	233.80	234.63	235.41
97a	32.096	233.46	234.32	235.20	236.04
98	32.400	233.80	234.65	235.50	236.31
98a	32.631	234.07	234.94	235.84	236.71
99	32.912	234.43	235.33	236.21	237.03
99a	33.156	234.73	235.62	236.51	237.35
100	33.431	234.89	235.72	236.55	237.33
101	33.949	235.64	236.37	237.09	237.79
102	34.475	236.66	237.38	238.10	238.78
103	34.964	237.49	238.27	239.06	239.79
104	35.401	238.04	238.86	239.67	240.43
105	35.652	238.50	239.34	240.18	240.96
105b	35.673	238.55	239.40	240.26	241.06
105a	35.892	238.96	239.77	240.60	241.37
106	36.116	239.29	240.07	240.85	241.56
107	36.613	240.12	241.00	241.89	242.72
108	37.142	240.75	241.60	242.47	243.27
108a	37.380	241.04	241.91	242.81	243.65
109	37.658	241.40	242.28	243.17	244.00
109a	37.914	241.75	242.66	243.58	244.44
110	38.141	241.95	242.83	243.69	244.49
110a	38.374	242.25	243.17	244.08	245.20
111	38.502	242.43	243.36	244.27	245.36
113a	38.595	243.92	245.01	246.07	246.72
114	39.017	244.39	245.45	246.51	247.22
115	39.257	244.73	245.72	246.72	247.42
116a	39.306	244.87	245.89	246.95	247.80
117	39.379	244.98	245.97	247.01	247.83
118	39.579	245.30	246.29	247.31	248.14
118a	39.960	245.92	246.88	247.87	248.71
119	40.388	246.68	247.63	248.57	249.38
120	40.636	247.06	248.02	248.97	249.80
120a	40.824	247.31	248.27	249.25	250.12
121	41.000	247.51	248.46	249.41	250.26
122a	41.075	247.58	248.54	249.49	250.35
123	41.255	247.78	248.71	249.63	250.45
123a	41.621	248.11	249.13	250.16	251.08
124	41.932	248.54	249.49	250.45	251.30
125a	42.232	248.91	249.96	251.03	252.01

6.1.2 Spřažený 1D/2D model

Záplavové čáry byly zpracovány s použitím nástrojů GIS do vektorového formátu *.shp, a to na základě vyhodnocení rastrových dat o hloubkách vody (viz kap. 6.2).

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

6.2.1 1D model

Z úrovní hladin v jednotlivých profilech (viz kap. 6.1.1) 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. Rozlišení rastrů hloubek vody odpovídá požadavkům [XV], tj. 5 x 5 m.

6.2.2 Spřažený 1D/2D model

Údaje o hloubkách vody byly v případě spřaženého 1D/2D modelu zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení SMS - TUFLOW. Rozlišení rastrů hloubek vody odpovídá požadavkům [XV], tj. 5 x 5 m.

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

6.3.1 1D model

Údaje o profilových rychlostech byly zpracovány do formátu bodové vrstvy *.shp v souladu s požadavky [XV].

6.3.2 Spřažený 1D/2D model

Údaje o rychlostech proudění vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení SMS - TUFLOW. Rozlišení rastrů rychlostí proudění vody odpovídá požadavkům [XV], tj. 5 x 5 m. V případě map rychlostí proudění vody je třeba vzít v úvahu skutečnost, že se jedná o výsledky kombinovaného 1D/2D numerického modelu. Vlastní koryto toku v rozsahu přilehlých ochranných hrází popř. břehových hran bylo řešeno použitím 1D modelu, který poskytuje pouze údaje o středních profilových rychlostech. Pro oblast koryta toku tedy není k dispozici prostorově proměnné pole rychlostí proudění vody, jako je tomu v přilehlém záplavovém území.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty v podkladech i v samotném hydraulickém výpočtu byly komentovány v kapitole 5.2.5. Pro další praktické využití výsledků hydraulických výpočtů je vždy nezbytné zohlednit míru nejistoty, kterou jsou tato data nevyhnutelně zatížena. Dále je nutné posoudit aktuálnost výsledků především ve vztahu k případným změnám, ke kterým mohlo dojít od doby realizace výpočtů. Jedná se především o změny:

- hydrologických podkladů,
- morfologie koryta a záplavového území vč. realizace významných stavebních objektů (např. protipovodňové ochrany, vodohospodářských staveb na toku, liniových dopravních staveb, mostů apod.),
- charakteru povrchu koryta a záplavového území.

V této souvislosti se v budoucnu předpokládá průběžná aktualizace výsledků hydraulických výpočtů.

Přílohy



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

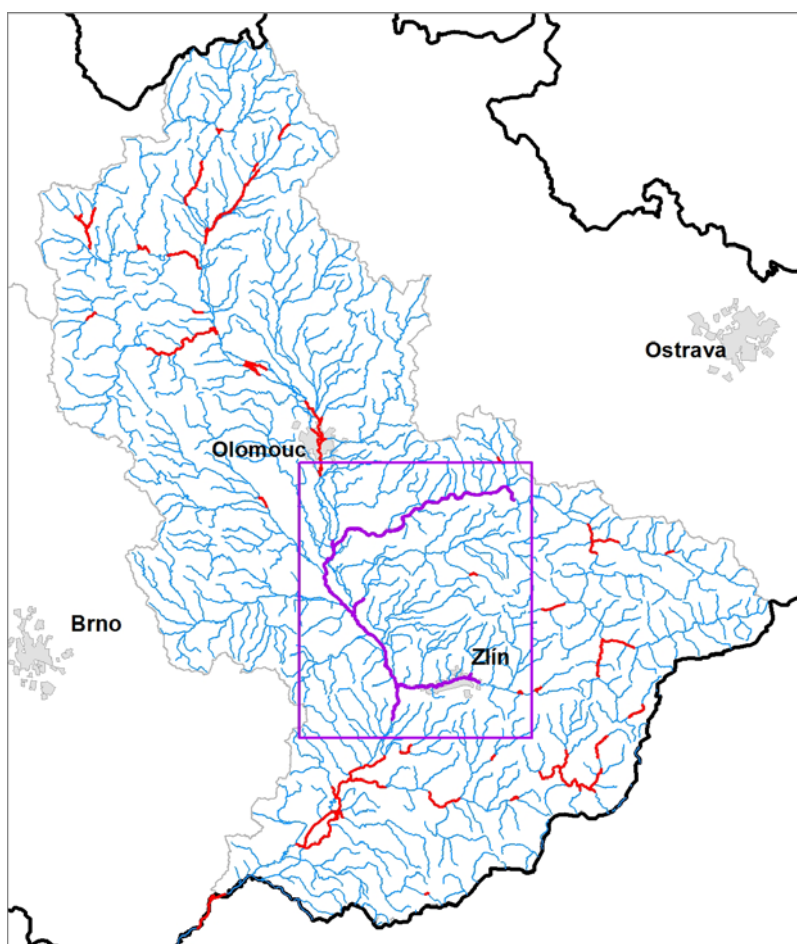
DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

5.1 POSUDEK HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941

BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119

MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639





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:



Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka, v.v.i.
Mojmírovo náměstí 16
612 00 Brno

Posudek zpracoval: Ing. Libor Chlubna

Vedoucí pobočky: Ing. Karel Drbal, PhD.

V Brně, červenec 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	5
2.2	Hydrologická data	6
2.2.1	Základní hydrologická data (ČSN 75 1400)	6
2.2.2	Povodňové vlny	6
2.2.3	Diskuze se staršími hydrologickými 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	7
2.5.1	Dostupné dokumenty a jejich účel	7
2.5.2	Aktuálnost, přesnost výstupů	7
2.5.3	Využitelnost dokumentů	7
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	8
3.2.1	Prostorová diskretizace	8
3.2.2	Okrajové a počáteční podmínky	8
3.2.3	Vstupní parametry modelu	8
3.2.4	Kalibrace a verifikace modelu	8
3.2.5	Zhodnocení nejistot	8
4	Zhodnocení výsledků hydraulických výpočtů	8

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.....	9
5.1	Souhrnné zhodnocení	9
5.2	Doporučení	9
6	Podklady.....	9

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 posudku je stručně zhodnotit relevantnost použitých podkladů, provedených hydraulických výpočtů a jejich výstupů pro hodnocené úseky vodních toků **MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941, BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119 a MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639** z pohledu kompletnosti a způsobu zpracování příloh [4] a [5].

2 Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů

2.1 Topografická data

2.1.1 Mapové podklady

Použité mapové podklady zahrnující rastrovou základní mapu ČR (RZM10), ortofotomapy, a data ZABAGED odpovídají z hlediska obsahu požadavkům zadání. V případě mapových děl by bylo vhodné specifikovat rozsah např. formou výpisu použitých mapových listů.

2.1.2 Geodetické podklady

Rozsah geodetického zaměření příčných profilů a objektů na vodních tocích Morava, Bečva a Moštnka je pro realizaci hydraulického výpočtu vyhovující. V oblastech mimo rozsah geodetického zaměření bude třeba doplnit výškopisné údaje např. s použitím digitálního modelu terénu (DMT).

2.1.3 Digitální model terénu

Vytvořený DMT vyhovuje plošným rozsahem pokrývajícím celé zájmové území, avšak z hlediska výškové přesnosti je na hranici použitelnosti pro splnění požadavků zadání. Pro zájmovou lokalitu však nejsou aktuálně dostupná data s vyšší přesností, pořízená např. s použitím technologie laserového skenování povrchu. Sníženou přesnost modelu zpracovatel do jisté míry kompenzoval využitím doplňujících podkladů (např. geodetickým zaměřením koryta toku, dílčím měřením v průběhu místních šetření apod.).

2.2 Hydrologická data

2.2.1 Základní hydrologická data (ČSN 75 1400)

Zpráva [4] uvádí v souladu s ČSN 75 1400 aktuální hodnoty kulminačních průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} v profilech Morava – Nové sady vodočet, Morava – pod Bečvou, Morava – Kroměříž vodočet, Morava – Spytihněv vodočet, Bečva – Dluhonice vodočet, Moštěnka – ústí s datem pořízení 2013. Aktuální hydrologické údaje jsou pro srovnání doplněny o starší data z let 1970, 1999 a 2005. Rozsah doložených hydrologických dat vyhovuje požadavkům zadání.

2.2.2 Povodňové vlny

Vzhledem ke skutečnosti, že hydraulické výpočty byly provedeny za předpokladu ustáleného nerovnoměrného proudění, není nutné dokládat údaje o povodňových vlnách.

2.2.3 Diskuze se staršími hydrologickými daty, nejistoty.

V textu kap. 3.3.2 zprávy [4] jsou uvedeny hodnoty starších kulminačních průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} z let 1970, 1999 a 2005 v profilech Morava – Kroměříž vodočet, Morava – Spytihněv vodočet, Bečva – Dluhonice vodočet, Moštěnka – ústí, Bečva – Teplice vodočet, Morava – pod Bečvou (tab. 5 zprávy [4]). Součástí textu je odpovídající diskuze starších hydrologických dat.

2.3 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace komentovaná v následujících odstavcích kap. 2.3 byla poskytnuta jako součást podkladů [6], [7], [8].

2.3.1 Situace

Rozsahem i podrobností vyhovuje požadovanému účelu. Linie příčných profilů jsou zakresleny pouze schematicky a nelze z nich stanovit skutečnou polohu geodeticky zaměřených bodů.

2.3.2 Příčné řezy

K dispozici jsou zaměřené příčné profily toku a souvisejících objektů. Rozsah dokumentace vyhovuje požadavkům zadání.

2.3.3 Podélné řezy

Podélné řezy vyhovují požadovanému účelu.

2.3.4 Výkresy objektů

K dispozici jsou základní parametry objektů na řešených tocích uvedené v příčných řezech a podélných profilech. Další upřesnění parametrů jednotlivých objektů je provedeno s využitím dokumentů citovaných v podkladech (místní šetření, manipulační řád atd.)

2.3.5 Fotodokumentace

Rozsahem a podrobností vyhovuje požadovanému účelu.

2.4 Místní šetření

2.4.1 Rozsah

Rozsah místního šetření v zájmové lokalitě realizovaného Pöyry Environment a.s. dne 11. 9. 2012 a pracovníky FAST, VUT v Brně v průběhu května až října 2013 odpovídá požadavkům řešení.

2.4.2 Soulad zjištěných skutečností s ostatními dostupnými podklady

Soulad zjištěných skutečností během místních šetření je podrobně diskutován v kap. 3.3.3 zprávy [4]. Zjištěné podstatné skutečnosti byly následně zapracovány do vstupních parametrů numerických modelů, popř. byly vzaty v úvahu při vyhodnocování výsledků výpočtů.

2.5 Stávající hydraulické výpočty

2.5.1 Dostupné dokumenty a jejich účel

V kap. 3.3.4 zprávy [4] je uveden popis dostupných realizovaných hydraulických výpočtů [6], [7], [8]. Jedná se o výsledky 1D+ numerického modelu MIKE11 zpracovaného podnikem Povodí Moravy, s.p. pro účely vymezení rozsahu záplavových území v zájmové lokalitě. Z modelů jsou k dispozici výsledky v podobě hranic rozlivů pro povodňové scénáře odpovídající kulminačním průtokům v rozsahu Q_1 - Q_{100} . Výpočty byly realizovány za předpokladu nerovnoměrného neustálené proudění.

2.5.2 Aktuálnost, přesnost výstupů

Modely lze s ohledem na rok aktualizace (2012) a skutečnosti zjištěné během místního šetření považovat za aktuální.

2.5.3 Využitelnost dokumentů

Na základě uvedených údajů lze prohlásit, že realizované hydraulické výpočty pokrývají z hlediska rozsahu celou řešenou zájmovou lokalitu. Výsledky existujícího numerického modelu je možné využít jako jeden z doplňkových podkladů pro účely zpracování map povodňového nebezpečí.

2.6 Podklady pro kalibraci modelu

Kalibrace byla provedena pro hladiny dle měrných křivek limnigrafů, vodohospodářských objektů a záznamů z vybraných povodňových epizod.

2.6.1 Relevantní povodňové epizody

V kap. 2.2 zprávy [4] jsou uvedeny kalibrační údaje zahrnující historické povodně v letech 1997, 2006 a 2010.

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

K uvedeným povodňovým epizodám v letech 1997, 2006 a 2010 byla zajištěna dostatečně podrobná dokumentace zahrnující zaznamenané hranice maximálních rozlivů, soubor povodňových značek, hydrologické údaje apod.

2.6.3 Přesnost získaných údajů - vazba na přesnost hydraulického modelu

Kalibrační data zahrnující průtoky a vodní stavy jsou vázána především na limnigrafy a významné vodohospodářské objekty a z tohoto pohledu lze jejich relevantnost ve vztahu k požadované přesnosti hydraulického modelu považovat za dostačující.

3 Zhodnocení věcné správnosti postupu při hydraulickém výpočtu

3.1 Konceptní model

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

Zvolená kombinace modelů (spřažený model 1D/2D a samostatný 1D model) odpovídá charakteru zájmových úseků toků Moravy, Bečvy a Moštěnky. 1D výpočtovou síť pro jednotlivé toky a 2D výpočtovou síť tvořenou gridem 10x10m lze považovat za vyhovující. Schematizace zájmové oblasti je přehledně uvedena na obr. 3 a 5 v kap. 4.1 (viz zpráva [4])

3.1.2 Způsob zadání okrajových a počátečních podmínek

Způsob zadání okrajových podmínek je v souladu se zvoleným konceptním modelem. V případě horních i dolních okrajových podmínek je přehledně uvedena i vazba na staničení toku.

3.1.3 Použité programové vybavení

Použité programové vybavení SMS-TUFLOW a HEC-RAS odpovídá zvolené dimenzi modelu i požadovaným výstupům výpočtů.

3.2 Hydrodynamický model

3.2.1 Prostorová diskretizace

Zvolená prostorová diskretizace odpovídá řešené oblasti i rozsahu požadovaných výpočtů.

3.2.2 Okrajové a počáteční podmínky

Hodnoty zadaných okrajových podmínek jsou korektně specifikovány v souladu se standardizačním minimem [3]. Jejich hodnoty jsou přehledně uvedeny v tab. 10 až 12 v textu zprávy [4].

3.2.3 Vstupní parametry modelu

Na základě doložených údajů v kap. 5.2.5 zprávy [4] lze vstupní parametry modelu považovat za adekvátní.

3.2.4 Kalibrace a verifikace modelu

Kalibrace modelu je doložena v kap. 5.3 zprávy [4]. Dosažené výsledky kalibrace odpovídají dostupným podkladům použitým jako vstupní parametry modelu.

3.2.5 Zhodnocení nejistot

Nejistoty byly eliminovány korektně provedenou kalibrací modelu.

4 Zhodnocení výsledků hydraulických výpočtů

4.1 Zhodnocení způsobu vyhodnocení výstupů

Výstupy hydraulických výpočtů byly vyhodnoceny standardními metodami s použitím nástrojů GIS.

4.2 Zhodnocení rozsahu výstupů

Rozsah mapových výstupů odpovídá standardizačnímu minimu [3] a požadavkům investora.

4.3 Zhodnocení správnosti výstupů

4.3.1 Podélné profily, hladina

Údaje o vypočtených kótách hladin pro kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} byly v souladu se standardizačním minimem [3] doloženy ve formě rastrů s rozlišením 5 x 5 m a tabulkového výpisu (pro 1D model). Podle hrubého hodnocení odpovídajícího dostupným podkladům lze konstatovat, že průběh vypočtené polohy hladiny v podélném řezu koresponduje s danými podmínkami v zájmové lokalitě. Věcnou přesnost a věrohodnost výsledků výpočtů lze do jisté míry posoudit rovněž na základě údajů o kalibraci hydraulického modelu.

4.3.2 Příčné řezy - vazba koryto - inundace

Vazba mezi polohou hladiny v korytě toku a inundací je zajištěna vhodně zvoleným řešením pomocí spřaženého 1D/2D modelu (viz kap. 4.1 zprávy [4]).

4.3.3 Hydraulika objektů

Hydraulické výpočty objektů na toku jsou provedeny korektními postupy, které jsou součástí programového vybavení SMS-TUFLOW a HEC-RAS.

4.3.4 Interpretace výsledků

Interpretace výsledků odpovídá výsledkům hydraulických výpočtů a je v požadovaném rozsahu dle [3].

5 Závěry a doporučení

5.1 Souhrnné zhodnocení

Zvolená kombinace hydrodynamických modelů (spřážený model 1D/2D a samostatný 1D model) uvedených ve zprávě [4] plně splnila svůj účel. Byla provedena soudobými technologiemi při poctivém zajištění a zdůvodnění použitých podkladů.

5.2 Doporučení

Je zřejmé, že způsoby vymezení záplavových území odpovídají 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 významnějších změnách návrhových 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 zpracování návrhu a stanovování záplavových území.
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 03/2012
- [4] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje – dílčí povodí Dyje, B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ, MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941, BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119 a MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. říjen 2013.
- [5] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje – dílčí povodí Dyje, Část B. - MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ, MORAVA – 10100003_3 (PM-2) - Ř. KM 171,758 – 211,941, BEČVA – 10100043_1 (PM-95) - Ř. KM 0,000 – 42,119 a MOŠTĚNKA – 10100078_1 (PM-1) - Ř. KM 0,000 – 3,639. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. říjen 2013.
- [6] Aktualizace záplavového území Moravy v úseku km PB 131,643, LB 133,013 – PB 186,800, LB 196,200, Povodí Moravy, s.p., 4/2012.
- [7] Záplavové území Bečvy, Povodí Moravy, s.p., Povodí Moravy, s.p., 2012.
- [8] Aktualizace záplavového území toku Moštěnka v km 0,000 – 36,807, Povodí Moravy, s.p., 02/2012.

.....
Ing. Libor Chlubna