



# 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

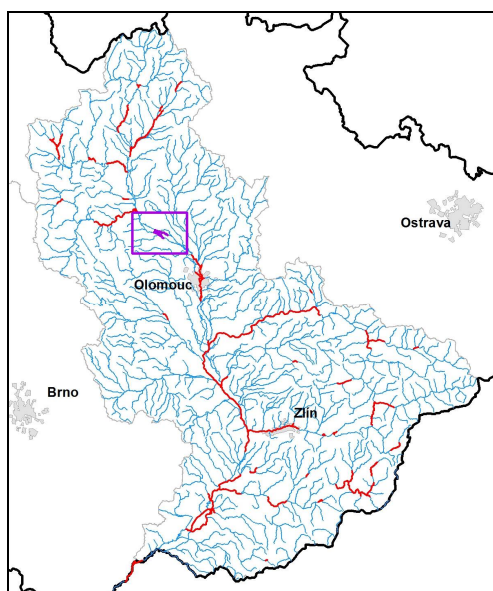
MORAVA – 10100003\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423

EL. NÁHON - 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815

STRUSKA - 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,965

STRUSKA - 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943

MLÝNSKÝ POTOK - 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586



ŘÍJEN 2013





# 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\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423

EL. NÁHON - 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815

STRUSKA - 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,965

STRUSKA - 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943

MLÝNSKÝ POTOK - 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586

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

## Obsah:

<b>1</b>	<b>Základní údaje</b> .....	<b>4</b>
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
<b>2</b>	<b>Popis zájmového území</b> .....	<b>5</b>
2.1	Všeobecné údaje.....	5
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně).....	7
<b>3</b>	<b>Přehled podkladů</b> .....	<b>8</b>
3.1	Soupis zpráv a dokumentů .....	8
3.2	Související předpisy .....	9
3.3	Vyhodnocení, rozbor a příprava podkladů.....	10
<b>4</b>	<b>Popis koncepčního modelu</b> .....	<b>11</b>
4.1	Schematizace řešeného problému.....	11
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění .....	12
4.3	Způsob zadávání OP a PP .....	12
<b>5</b>	<b>Popis numerického modelu</b> .....	<b>12</b>
5.1	Použité programové vybavení .....	12
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	13
5.3	Popis kalibrace modelu.....	17
<b>6</b>	<b>Výstupy z modelu</b> .....	<b>19</b>
6.1	Záplavové čáry pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$ .....	19
6.2	Hloubky pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$ .....	19
6.3	Rychlosti pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$ .....	19
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů .....	19

## 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\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423, EL. NÁHON – 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815, STRUSKA – 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,962, STRUSKA – 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943, MLÝNSKÝ POTOK – 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586** 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 a nové (případně dodatečné zaměření profilů, objektů apod.).
- Sestavení 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

Postup zpracování lze rozdělit do následujících kroků:

1. Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením.
2. Sestavení hydrodynamického modelu.

3. Hydraulické výpočty proudění vody v toku a inundačním území. Výpočty budou provedeny pro kulminační průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  za předpokladu rovnoměrného ustáleného proudění.
4. Zpracování výsledků do podoby map povodňového nebezpečí, které jsou výchozím podkladem pro následnou rizikovou analýzu záplavového území.

K řešení bude použit spřažený 1D/2D hydrodynamický model obsažený v programovém vybavení SMS - TUFLOW.

## 2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na řece Moravě v km 257,905 – 262,423, dále elektrárenský náhon v km 0,000 – 1,815, dva úseky toku Struska v km 0,000 – 1,965 a v km 0,000 – 0,943 a Mlýnský potok v km 7,690 – 11,586.

Tab. č. 2 Základní informace o řešených úsecích toků

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100003_5	PM-9	Morava	257,905 – 262,423	4-10-03-006 4-10-03-005
10219466_1	PM-7	elektrárenský náhon	0,000 – 1,815	4-10-03-005
10219459_1	PM-8	Struska	0,000 – 1,965	4-10-03-014
10219458_1	PM-10	Struska	0,000 – 0,943	4-10-03-010
10100443_1	PM-11	Mlýnský potok	7,690 – 11,586	4-10-03-014 4-10-03-010

V celém projektu bude používána kilometráž toků, která vychází z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ [XVI]. Objekty na toku mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE), která slouží jako zavedený identifikátor jednotlivých objektů.

### 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 stejnojmenná řeka Morava, která pramení ve výšce cca 1 370 m n. m. a následně protéká přes Mohelnickou brázdou, dále pak Hornomoravským a Dolnomoravským úvalem. V horním úseku vede tok řeky Moravy úzkým údolím až k soutoku s Desnou u Postřelova, kde se charakter údolí mění na ploché s rozsáhlými inundacemi. V okolí Litovle řeka Morava protéká oblastí označovanou jako Litovelské Pomoraví. Pod Olomoucí dochází k soutoku řeky Moravy s levobřežním přítokem – řekou Bečvou. S řekou Dyjí se Morava stéká 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 vlévá na hranicích Slovenska a Rakouska pod Děvínem.



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

Celá oblast zájmového území leží v Olomouckém kraji a administrativně spadá pod ORP Litovel. Řešeno je celkem 5 následujících úseků toků.

#### Úsek 10100003\_5 (PM-9), Morava

V řešeném úseku protéká řeka Morava katastrálním územím Litovel. V zájmovém území jsou čtyři mosty, jedna lávka a jeden jez. Úsek Moravy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

#### Úsek 10219466\_1 (PM-7), elektrárenský náhon

Elektrárenský náhon slouží jako derivační kanál pro stávající funkční MVE. Vtokový objekt do elektrárenského náhonu je součástí pevného jezu s nasazenou klapkou a štěrkovou propustí v km 262,07 řeky Moravy. Z významnějších objektů se na řešeném úseku nachází pět mostů, čtyři lávky, MVE, boční přeliv a jalová propust hrazená stavidlovými uzavěry. Celý řešený úsek se nachází na katastrálním území Litovel a je ve správě Povodí Moravy, s.p.



### Úsek 10219459\_1 (PM-8), Struska

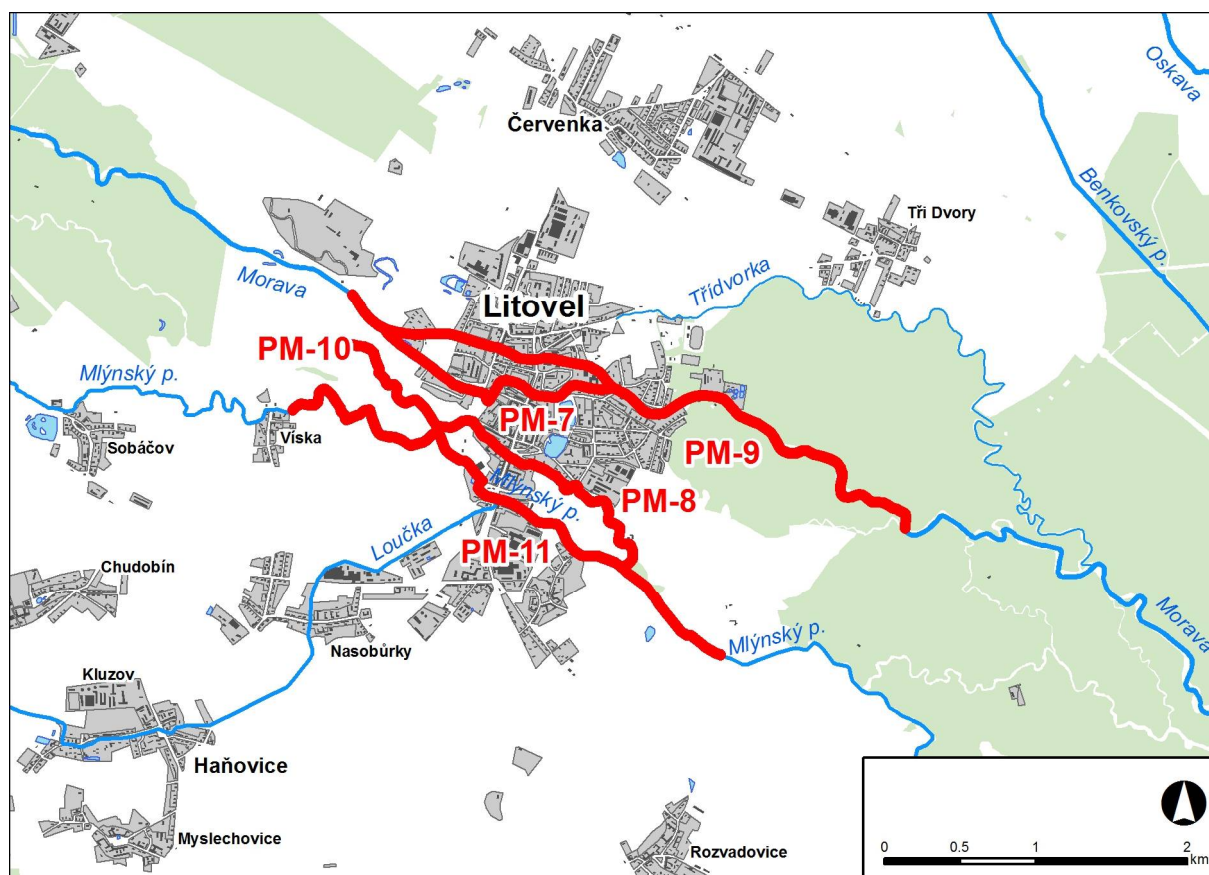
V řešeném úseku protéká Struska katastrálním územím Litovel a Chořelice. V zájmovém území je pět mostů a čtyři lávky. Úsek Strusky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

### Úsek 10219458\_1 (PM-10), Struska

V řešeném úseku protéká Struska katastrálním územím Litovel. V zájmovém území je jedna lávka. Úsek Strusky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

### Úsek 10100443\_1 (PM-11), Mlýnský potok

V řešeném úseku protéká Mlýnský potok katastrálním územím Víska u Litovle, Nasobůrky, Litovel, Chořelice a Rozvadovice. V zájmovém území jsou čtyři mosty, tři lávky a jeden jez. Úsek Mlýnského potoka v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

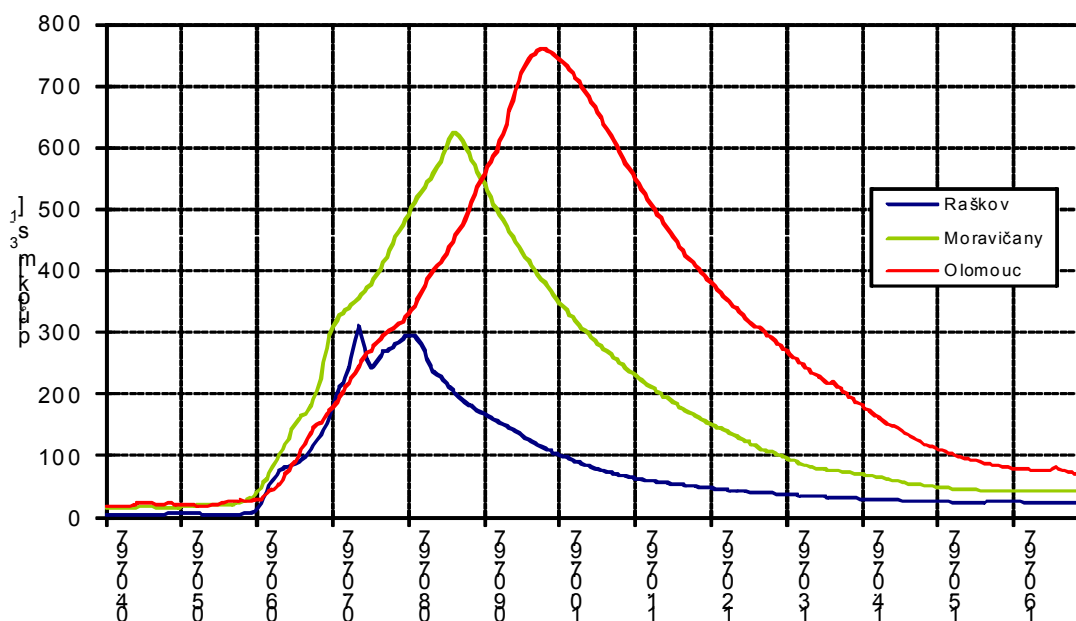


Obr. č. 2 Přehledná mapa řešeného území

## 2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V následujícím textu je uveden popis průběhu vybraných povodňových událostí v lokalitě Litovel v období let 1997 – 2010.

Oblast Litovle byla nejvíce zasažena povodněmi v roce 1997. Časový průběh průtoků z tohoto období v limnigrafické stanici Moravičany je uveden na Obr. č. 3. Kulminační průtok činil cca 625 m<sup>3</sup>/s. Zaplavena byla převážná část intravilánu města Litovel s výjimkou historického centra s náměstím. Zaznamenaný rozliv povodně 1997 spolu s povodňovými značkami je součástí kalibračních podkladů [13] a [22].



Obr. č. 3 Časový průběh průtoků v profilech Raškov, Moravičany a Olomouc během povodně 1997 dle [3]

V lednu 2003 byl dle [26] v limnigrafické stanici Moravičany zaznamenán vodní stav 381 cm odpovídající průtoku cca 207 m<sup>3</sup>/s [21]. Dle [20] došlo během této povodňové události k rozliti vody z Mlýnského potoka za Vískou. Dále hrozilo přelití železničního náspu ve stanici Litovel - předměstí, zaplavena byla ulice Nasobůrská, na ulici Dukelské byly zaplaveny zahrádky, zaplaveno bylo rovněž Velkého pastvisko, Šargoun a Karlov. Ledová tříšť a spadlé stromy zatarasily Mlýnský potok, což mělo za následek zaplavení oblasti Šargounského mlýna.

Na jaře roku 2006 byl v limnigrafické stanici Moravičany zaznamenán vodní stav 407 cm [26], který odpovídá průtoku cca 253 m<sup>3</sup>/s [21]. Dle [20] došlo k zaplavení ulic Nasobůrská, Kollárova, Vodní, Kosmonautů, Čihadlo, Šargounská, Komárov, Loštická, podjezdu Víška – Sobáčov, komunikace Litovel – Šargoun, železniční stanice Litovel - předměstí. Uzavřeny byly silnice Litovel - Nové Zámky – Nové Mlýny – Řimice. Ke zlepšení situace a postupnému odvolání SPA došlo cca po 10 dnech povodňových událostí. Zaznamenané hranice rozlivu povodně 2006 jsou součástí kalibračních podkladů [13].

V červnu 2010 byl v limnigrafické stanici Moravičany zaznamenán vodní stav 360 cm [26] odpovídající průtoku cca 177 m<sup>3</sup>/s [21]. Dle [20] ve městě Litovel dosáhla hladina při povodni III. SPA, ale nedošlo k významnému rozliti do zástavby města. V objektech občanů a firem zejména v okolí vodních toků byly zaplavovány objekty níže položené a sklepní prostory. V katastru města Litovel byly postupně zaplaveny lužní lesy, pole, louky a zahrady. Taktéž infrastruktura nebyla významně zasažena a poškozena. Z obcí ve správním obvodu ORP Litovel nebylo oznámeno vyhlášení povodňového stavu.

### 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, ČHMU.
- [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, mapové listy č.: 11040554, 11040556, 11040558, 11040560, 11060554, 11060556, 11060558, 11040560, 11080540, 11080554, 11080556, 11080558, 11080560, 11100554, 11100556, 11100558, 11100560. Praha, 2011.
- [10] Ortofotomapy zájmového území. 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] Manipulační řád pro VH uzel Litovel na řece Moravě v km 262,07. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2007.
- [17] Soubor geodetických měření – archiv Pöyry Environment a.s. Brno, 2013.
- [18] Vypočtené polohy hladin pomocí 1D+ modelu MIKE 11 pro kulminační průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  poskytnuté v tabulkové podobě \*.xls. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [19] Hydrologické údaje pro akci 3A12188 Tvorba map povodňových nebezpečí a povodňových rizik pro oblast povodí Moravy a pro oblast povodí Dyje. 20. 3. 2013.
- [20] Digitální povodňový plán Města Litovel a ORP Litovel, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., březen 2012.
- [21] Měrné křivky limnigrafů na toku Morava a Dyje. ČHMÚ, 2012.
- [22] Soubor povodňových značek pro oblast Litovel z roku 1997 – formát \*.shp, Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [23] Hranice záplavových území pro kulminační průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  – formát \*.shp, Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [24] Územně plánovací dokumentace obcí v zájmovém území zpracovaná do formátu \*.shp. Pöyry Environment a.s., Brno, 2012.
- [25] Místní šetření v zájmové lokalitě v období květen až říjen 2013. FAST, VUT v Brně, Brno 2013.
- [26] Evidenční list hlásného profilu č.310 (Moravičany). ČHMÚ, 2013.

### 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.

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 (nadstavba 3D Analyst). Model pokrývá celé zájmové území předpokládaného rozlivu  $Q_{500}$  s dostatečným přesahem. Podkladem pro vytvoření DMT byla data z fotogrammetrického zaměření [8]. Výsledný DMT je zpracován ve formátu ESRI GRID s velikostí pixelu 10 m, předpokládanou přesností výškových údajů do 0,5 m, 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.

Geodetické podklady zahrnovaly zaměřené příčné a podélné profily zájmových úseků toků, které byly převzaty z dokumentace [17]. Jednalo se o značně různorodá data, a to z hlediska původu, doby vzniku i formátu. Aktuálnost poskytnutých dat byla prověřena v rámci místních šetření v zájmové lokalitě, následovala digitalizace podkladů z papírové podoby a úprava do potřebného formátu pro import do programu SMS.

#### 3.3.2 Hydrologická data

Aktuální informace o N-letých průtocích dle [19] a [26] jsou uvedeny v Tab.č. 3. Údaje o historických N-letých průtocích nebyly v daných profilech pro účely hydraulických výpočtů k dispozici.

Tab. č. 3 N-leté průtoky ( $Q_N$ ) v  $m^3/s$

Pracovní číslo úseku	Hydrologický profil	Rok pořízení (ověření)	Říční kilometr	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{500}$	Třída přesnosti	Zdroj
PM-9	Morava - Moravičany	2013	-	190	-	394	-	-	[26]
PM-9	Morava – pod Nivkou	2013	-	225	336	480	-	II.	[19]
PM-9	Morava – pod Třebůvkou	2013	-	-	-	-	640	-	[19]

Obecně hodnoty N-letých průtoků nejsou v čase konstantní. 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, který provedlo Pöyry Environment a.s. dne 24.10.2012. 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. V rámci terénní pochůzky nebyly u úseků PM-8 Struska a PM-10 Struska zjištěny zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku oproti geodetickému zaměření a DMT. Při terénní pochůzce v úseku PM-7 el. náhon Litovel byly zjištěny následující skutečnosti – rekonstrukce lávky pro pěší v km 0,139, výstavba nové ocelové lávky pro pěší v km 0,219 a rekonstrukce silničního mostu v km 0,572. V úseku PM-9 Morava byla při terénní pochůzce zaznamenána pouze rekonstrukce silničního mostu v km 261,336. Obdobně tomu bylo i u úseku PM-11, kde bylo v rámci terénní pochůzky zjištěno nové pravobřežní ohrázení v km 7,690 – 8,908. Fotodokumentace je přílohou této zprávy.

Další místní šetření [25] 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. Místní šetření zahrnovala rovněž verifikaci výsledků hydraulických výpočtů.

### 3.3.4 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Povodí Moravy, s.p. disponuje numerickým 1D+ modelem zpracovaným v programu MIKE 11. Výsledky uvedeného modelu byly pro řešení k dispozici v podobě vymezených hranic ZÚ pro kulminační průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  [23] a dále v tabulkové podobě, zahrnující údaje o vypočtených kótách hladin odpovídajících kulminačním průtokům  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  ve vybraných profilech [18]. Podrobná dokumentace zmiňovaného modelu nebyla pro řešení k dispozici.

Kalibrační údaje byly pro řešení k dispozici ve formě povodňových značek [22] (povodeň v roce 1997), zaznamenaných hranic rozlivů [13] (povodně z let 1997 a 2006) a slovního popisu průběhu vybraných povodňových událostí (viz kap. 2.2).

## 4 Popis koncepčního modelu

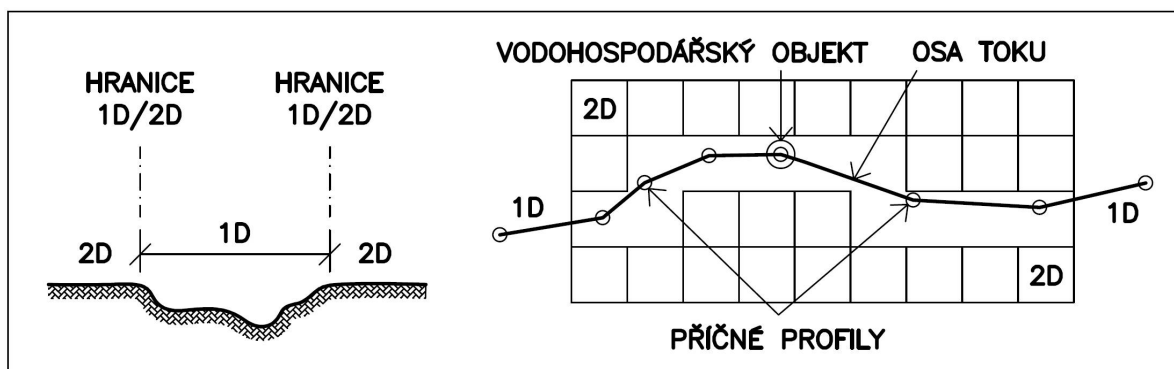
Zájmové území, které bylo předmětem modelového řešení, zahrnovalo úsek toku Moravy mezi obcí Řimice a křížením Moravy se silnicí Lhota nad Moravou - Střeň. Součástí řešené oblasti byly v daném úseku rovněž menší vodní toky zahrnující elektrárenský náhon Moravy v intravilánu města Litovel, Mlýnský potok a Strusku. Předmětem řešení byl hydraulický výpočet proudění vody v uvedených tocích a přilehlých záplavových územích za účelem vytvoření map povodňového nebezpečí – tj. map hloubek a rychlostí proudění vody. Při výběru vhodného numerického modelu pro hydraulický výpočet byly zohledněny především tyto základní požadavky:

- Zájmový úsek toku Moravy a souvisejících zájmových úseků toků je třeba řešit jako celek. S ohledem na složitost místních podmínek je omezena možnost rozdělit model do více dílčích částí.
- Při vyšších průtocích dochází k nezávislému proudění vody v toku a v prostoru mimo tok.
- V zájmovém úseku se nachází 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.

Výše uvedené skutečnosti vedly k volbě spřaženého 1D a 2D modelu, který splňoval všechny vytyčené požadavky.

### 4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci koncepčního modelu byla zvolena schematizace, která je patrná z Obr.č. 4 a 5. S použitím 1D modelu bylo řešeno proudění vody v toku Moravy, elektrárenském náhonu, Mlýnském potoce, Strusce a souvisejících objektech (např. propustky). Hranici a současně propojení mezi 1D a 2D modelem tvořily břehové hrany.



Obr. č. 4 Obecná schematizace použitého spřaženého 1D a 2D modelu

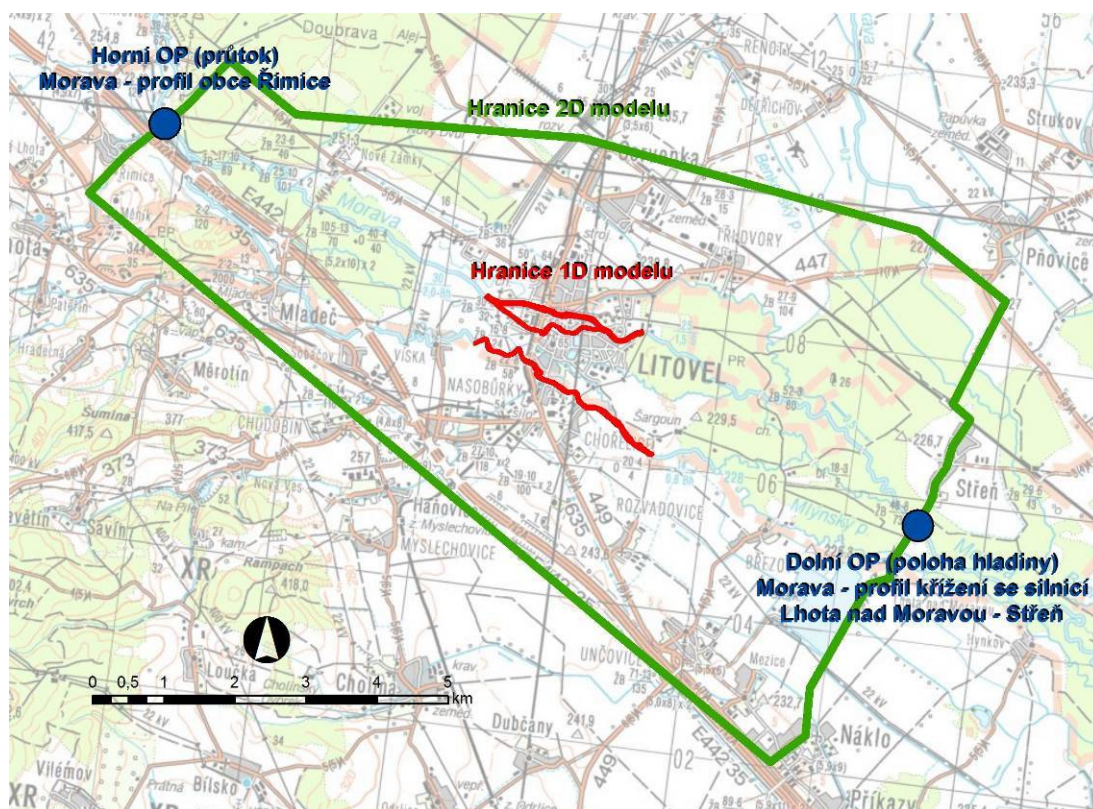
Celá zájmová oblast pokrytá 2D modelem byla prostorově diskretizována s použitím ortogonální výpočtové sítě s velikostí mřížky 10x10 m (Obr.č. 5). Rozsah výpočetní sítě byl zvolen s dostatečnou rezervou tak, aby obsahoval rozliv největšího modelovaného kulminačního průtoků  $Q_{500}$ .

## 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

Okrajové podmínky (OP) pro stacionární výpočet byly zadávány na dvou otevřených hranicích (viz Obr.č. 5). Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty řešených kulminačních průtoků ( $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ) patrné z Tab.č. 3 a 10 v profilu obce Řimice. Průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  byly převzaty z profilu Morava – pod Nivkou, průtok  $Q_{500}$  odpovídá profilu Morava – pod Třebůvkou. Dolní okrajová podmínka vycházela z vypočtených hladin z 1D modelu [18] zpracovaného podnikem Povodí Moravy, s.p. Konkrétně se jednalo o hladiny vody v korytě toku Moravy odpovídající řešeným kulminačním průtokům  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  v místě křížení se silnicí Lhota nad Moravou – Střeň (viz Tab.č. 11).



Obr. č. 5 Schematizace zájmové oblasti

## 5 Popis numerického modelu

### 5.1 Použité programové vybavení

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 je 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],
- zaměření příčných profilů [17],
- hladiny vypočtené z 1D modelu [18],
- manipulační řád jezu Litovel [16],
- místní šetření v zájmové lokalitě [15] a [25],
- hydrologická data [19] a [26],
- kalibrační data [22], [13] a [20].

### 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 toku [17]. 1D model zahrnoval rovněž související objekty na toku a v ZÚ, které byly do modelu zadávány na podkladě manipulačního řádu [16], dokumentace [17] a místních šetření [15], [25]. Přehled významných objektů na řešených úsecích toků je uveden v následujících Tab.č. 4 až 8.

Tab. č. 4 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-8, Struska, km 0,000 – 1,965

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,055	hospodářský most		Litovel
0,879	dřevěná provizorní lávka		Litovel
1,192	lávka v areálu firmy N.F.I.Metal		Litovel
1,206	přechod potrubí v areálu firmy N.F.I.Metal		Litovel
1,312	most k firmě Dostál cz s.r.o.		Litovel
1,357	silniční most		Litovel – ul. Palackého
1,533	lávka pro pěší		Litovel
1,661	lávka pro pěší		Litovel
1,693	silniční most		Litovel – ul. Dukelská
1,744	železniční most		Litovel

Tab. č. 5 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-7, el. náhon, km 0,000 – 1,815

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,139	lávka pro pěší		Litovel
0,219	lávka pro pěší		Litovel



0,409	lávka pro pěší		Litovel
0,441	produktovod		Litovel
0,572	silniční most		Litovel
0,776	silniční most		Litovel
0,914	LB výtok z MVE		Litovel
0,951	stavidlový jez		Litovel
1,004	LB náhon na MVE		Litovel
1,016	silniční most		Litovel
1,074	železniční most		Litovel
1,117	most		Litovel
1,544	lávka pro pěší		Litovel
1,815	stavidlový jez		Litovel

Tab. č. 6 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-9, Morava, km 257,905 – 262,423

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
259,601	LB výust' z ČOV		Litovel
259,813	PB výust' z čerpací stanice		Litovel
259,821	lávka pro pěší		Litovel
259,828	produktovod		Litovel
259,975	LB výust'		Litovel
260,460	silniční most		Litovel
260,490	PB zaústění el. náhonu		Litovel
260,746	LB výust' z čerpací stanice		Litovel
261,067	Svatojánský most		Litovel
261,336	silniční most		Litovel
261,409	železniční most		Litovel
262,070	jez Litovel	262,07	Litovel
262,070	PB odbočení el. náhonu		Litovel
262,217	produktovod		Litovel

Tab. č. 7 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-10, Struska, km 0,000 – 0,943

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,041	dřevěná lávka		Litovel
0,900	produktovod		Litovel

Tab. č. 8 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-11, Mlýnský potok, km 7,690 – 11,586

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
7,690	silniční most		Rozvadovice
7,927	jez s MVE na LB		Rozvadovice



8,200	LB přítok		Litovel
8,402	LB přítok		Litovel
8,578	LB zaústění Strusky		Litovel
8,883	přechod plynového potrubí		Litovel
8,908	lávka pro pěší		Litovel
9,039	PB výust z čerpací stanice		Litovel
9,046	přechod potrubí		Litovel
9,163	přechod potrubí		Litovel
9,326	LB zaústění mlýnského náhonu		Litovel
9,574	silniční most		Litovel – ul. Palackého
9,583	PB přítok		Litovel
9,969	silniční most		Litovel – ul. Dukelská
9,988	železniční most		Litovel
10,245	LB zaústění Strusky		Litovel
10,743	produktovod		Litovel
10,781	betonová lávka		Litovel
10,891	dřevěná lávka		Litovel
10,965	LB přítok		Litovel

### 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
budovy	0,3
pastviny a zatravnění	0,05
komunikace	0,02
kyneta	0,035
bermy	0,04
lesy	0,15
vodní plochy	0,02

### 5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Okrajové podmínky (OP) pro stacionární výpočet byly zadávány na dvou otevřených hranicích (viz Obr.č. 5). Horní okrajová podmínka byly zadána v profilu obce Řimice, a to hodnotami řešených kulminačních průtoků ( $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ) patrnými z Tab.č. 10.

Tab. č. 10 Horní okrajová podmínka na Moravě (PM9) v profilu obce Řimice - N-leté kulminační průtoky ( $Q_N$ ) v  $m^3/s$

Pracovní číslo úseku	Profil OP	Rok pořízení (ověření)	Říční kilometr	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{500}$	Zdroj
----------------------	-----------	------------------------	----------------	-------	----------	-----------	-----------	-------

PM-9	Morava - Obec Řimice	2013	-	225	336	480	640-	[19]
------	----------------------	------	---	-----	-----	-----	------	------

Tab. č. 11 Dolní okrajová podmínka v profilu křížení toku Moravy (PM9) se silnicí Lhota nad Moravou - Střeň – hladiny vody pro kulminační průtoky ( $Q_N$ ) v m n.m.

Pracovní číslo úseku	Hydrologický profil	Rok pořízení (ověření)	Říční kilometr	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{500}$	Zdroj
PM-9	Morava – křížení se silnicí Lhota nad Moravou - Střeň	2013	-	226,63	226,86	227,13	227,36	[18]

Dolní okrajová podmínka vycházela z vypočtených hladin pomocí 1D modelu [18] zpracovaného podnikem Povodí Moravy, s.p. (viz Tab.č. 9). Konkrétně se jednalo o hladiny vody v korytě toku Moravy v místě křížení toku Moravy se silnicí Lhota nad Moravou – Střeň odpovídající jednotlivým řešeným kulminačním průtokům.

#### 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 projeví zejména u úseků vodních toků bez dostupného geodetického měření a dále u zemních těles ochranných hrází, dopravních komunikací apod., které místy zásadně ovlivňovaly charakter proudění v ZÚ. V zájmové oblasti se tento druh nejistot projevil zejména na toku Morava mezi obcí Řimice a jezem Litovel (km 262,07). Na tomto úseku dochází při všech řešených kulminačních průtocích k rozlévání vody z koryta Moravy do levobřežní i pravobřežní inundace. Zde je klíčová právě přesnost použitého DMT, který ovlivňuje výsledné dělení povodňových průtoků přitékajících řekou Moravou a přilehlými inundačními územími do oblasti Litovle. Ve zmiňované oblasti byl navíc pro řešení k dispozici pouze výše citovaný DMT [8] bez doplňujících údajů z geodetického měření. Snížení tohoto druhu nejistot by bylo možné použitím přesnějšího DMT získaného např. metodou laserového skenování povrchu doplněného lokálně pozemním geodetickým měřením.

Obtížně ovlivnitelným zdrojem nejistot jsou dále 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 tyto objekty byla k dispozici pouze omezená nebo zcela chybějící dokumentace. Absence tohoto druhu podkladů byla v průběhu řešení do jisté míry kompenzována realizací dodatečných orientačních měření těchto objektů např. v rámci místních šetření [25]. 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 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 drsnosti 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. 3), 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 údaje dle podkladů k vodohospodářskému uzlu Litovel na řece Moravě v km 262,07 [16], doplněných povodňovými značkami a zaznamenanými rozlivy historických povodní [22], [13] a [20].

S ohledem na spolehlivost kalibrace byly v první fázi hodnoceny především průtoky nepřesahující kapacitu koryta toku. Tento druh kalibrace byl proveden pro jez Litovel (Morava v km 262,07). Na základě podkladů [16] byly kalibrovány parametry jezové konstrukce a koryta toku Moravy v podjezí tak, aby pro průtok odpovídající maximální kapacitě jezu (133 m<sup>3</sup>/s) byla dosažena hladina 234,80 m n.m. v nadjezí a 233,05 m n.m. v podjezí.

Tab. č. 12 Výsledky kalibrace numerického modelu pro povodeň v roce 1997

Souřadnice X	Souřadnice Y	Kalibrační data - hladina [m n.m.]	Výpočet- hladina [m n.m.]	$\Delta h$ [m]	Zdroj
-558176.25	-1108753.22	232.88	232.62	-0.26	[22]
-558460.21	-1108541.29	233.35	232.79	-0.57	
-557853.66	-1108510.55	232.23	232.03	-0.21	
-557742.33	-1108380.50	232.33	231.93	-0.40	
-558103.85	-1108332.12	232.57	232.50	-0.07	
-558791.53	-1108328.70	234.62	234.33	-0.29	
-558859.93	-1108319.09	234.63	234.45	-0.18	
-557647.03	-1108067.87	232.33	232.03	-0.31	
-558471.16	-1107706.69	233.37	233.35	-0.02	
-558299.42	-1107704.73	233.00	233.01	0.01	
-558223.96	-1107675.32	232.91	232.87	-0.05	
-558646.02	-1107540.70	233.58	233.38	-0.20	
-558245.52	-1107484.51	232.86	232.69	-0.17	
-558361.94	-1107481.90	232.89	232.71	-0.18	
-558223.25	-1107421.78	232.82	232.65	-0.18	
-558322.41	-1107343.37	232.88	232.69	-0.19	
-558499.70	-1107064.02	233.99	233.81	-0.18	



Dále následovala kalibrace modelu na podkladě záznamů [22] a [13] z historické povodně 1997, jejíž dílčí výsledky ve vybraných bodech odpovídajících povodňovým značkám jsou doloženy v Tab.č. 12 a na Obr.č. 6. Hlavním kritériem kalibrace bylo v tomto případě nepřekročení maximální odchylky mezi vypočtenými a kalibračními údaji  $\pm 0,25$  m. Nedodržení této podmínky v ojedinělých bodech (viz Tab.č. 12) může být způsobeno např: nepřesností použitého DMT, nahodilými jevy během povodňové události (např. zachycení plovoucích předmětů), nepřesnostmi v zaměření povodňových značek atd.

Závěrečná verifikace nakalibrovaného modelu byla provedena na podkladě historických záznamů [20] a [13] z historických povodní v letech 2003, 2006 a 2010.



Obr. č. 6 Poloha povodňových značek z roku 1997 s uvedením dosažených odchylek po kalibraci modelu.

## 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  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ .

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

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 $Q_{500}$

Údaje o hloubkách vody byly 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 $Q_{500}$

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

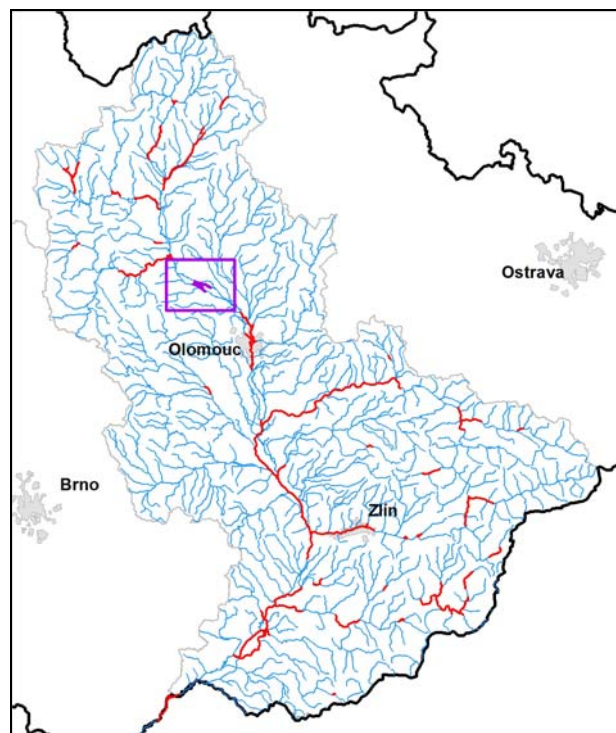
MORAVA – 10100003\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423

EL. NÁHON - 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815

STRUSKA - 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,965

STRUSKA - 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943

MLÝNSKÝ POTOK - 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586





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:**

<b>1</b>	<b>Cíle a předmět posudku .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů .....</b>	<b>5</b>
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
<b>3</b>	<b>Zhodnocení věcné správnosti postupu při hydraulickém výpočtu.....</b>	<b>7</b>
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 .....	8
3.2.3	Vstupní parametry modelu.....	8
3.2.4	Kalibrace a verifikace modelu.....	8
3.2.5	Zhodnocení nejistot .....	8
<b>4</b>	<b>Zhodnocení výsledků hydraulických výpočtů .....</b>	<b>8</b>

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
<b>5</b>	<b>Závěry a doporučení.....</b>	<b>8</b>
5.1	Souhrnné zhodnocení .....	8
5.2	Doporučení .....	8
<b>6</b>	<b>Podklady.....</b>	<b>9</b>

## 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 – 1010003\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423, EL. NÁHON – 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815, STRUSKA – 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,962, STRUSKA – 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943, MLÝNSKÝ POTOK – 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586** 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 zahrnují rastrovou základní mapu ČR (RZM10), ortofotomapy a data ZABAGED odpovídají z hlediska obsahu požadavkům zadání.

#### 2.1.2 Geodetické podklady

Rozsah geodetického zaměření příčných profilů a objektů na zájmových úsecích vodních toků Morava, el. náhon, Mlýnský potok a Struska je vyhovující pro realizaci hydraulického výpočtu. 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 – pod Nivkou a Morava – pod Třebůvkou s datem pořízení 2013. Tato data jsou pro srovnání dále doplněna o vybrané údaje z limnigrafické stanice Moravičany ( $Q_5$ ,  $Q_{100}$ ).

### 2.2.2 Povodňové vlny

V kap. 2.2 zprávy [4] jsou uvedeny zaznamenané historické povodňové vlny z roku 1997 se vztahem k zájmové lokalitě. Vzhledem ke skutečnosti, že hydraulické výpočty byly provedeny za předpokladu ustáleného nerovnoměrného proudění, není nutné dokládat údaje o dalších povodňových vlnách.

### 2.2.3 Diskuze se staršími hydrologickými daty, nejistoty.

Srovnání s historickými údaji o N-letých průtocích nebylo provedeno z důvodu absence nezbytných podkladů.

## 2.3 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace komentovaná v následujících odstavcích kap. 2.3 byla poskytnuta jako součást podkladu [6].

### 2.3.1 Situace

Rozsahem i podrobností vyhovuje situace požadovanému účelu. V některých případech jsou linie příčných profilů zakresleny pouze schematicky a nelze z nich stanovit skutečnou polohu geodeticky zaměřených bodů. Geodetické podklady pokrývají pouze zájmové úseky toků s významným povodňovým rizikem.

### 2.3.2 Příčné řezy

K dispozici jsou zaměřené příčné profily toku, chybí příčné řezy v místech objektů na toku (mosty, jezy, lávky). Geodetické podklady pokrývají pouze zájmové úseky toků s významným povodňovým rizikem.

### 2.3.3 Podélné řezy

Podélné řezy vyhovují požadovanému účelu. Geodetické podklady pokrývají pouze zájmové úseky toků s významným povodňovým rizikem.

### 2.3.4 Výkresy objektů

U vybraných objektů je dispozici jejich geodetické zaměření ve formě situací. Další dílčí 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 realizovaných Pöyry Environment a.s. dne 1. 10. 2012 a FAST, VUT v Brně v období květen až říjen 2013 odpovídá požadavkům řešení.

### 2.4.2 Soulad zjištěných skutečností s ostatními dostupnými podklady

Během místního šetření byly identifikovány aktuální skutečnosti nepostihnuté v dostupných podkladech. Konkrétně v úseku PM-7 el. náhon Litovel byla zjištěna rekonstrukce lávky pro pěší v km 0,139, výstavba nové ocelové lávky pro pěší v km 0,219 a rekonstrukce silničního mostu v km 0,572. V úseku PM-9 Morava byla při terénní pochůzce zaznamenána pouze rekonstrukce silničního mostu v km 261,336. Obdobně tomu bylo i u úseku PM-11, kde bylo v rámci terénní pochůzky zjištěno nové pravobřežní ohrázení v km 7,690 – 8,908.



## 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, které byly zpracovány podnikem Povodí Moravy, s.p. pro účely vymezení rozsahu záplavových území v zájmové lokalitě. Výsledky zmiňovaných výpočtů zahrnují vymezení záplavových území [7] a tabulková data [8].

### 2.5.2 Aktuálnost, přesnost výstupů

Dostupné výsledky realizovaných hydraulických výpočtů [7] a [8] lze 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

V kap. 2.2 zprávy [4] jsou uvedeny kalibrační údaje zahrnující zaznamenané rozlivy historických povodní v letech 1997 a 2006. Dále jsou k dispozici s povodňové značky z roku 1997 a slovní popis průběhu povodňových událostí v letech 2003, 2006, 2010.

### 2.6.1 Relevantní povodňové epizody

Odpovídají popisy zaznamenaných historických povodní jsou uvedeny v kap.2.2 zprávy [4].

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

Kap. 2.2 zprávy [4] zahrnuje údaje o kulminačních průtocích a odpovídajících vodních stavech během povodňových epizod v letech 1997, 2003, 2006 a 2010 v profilu Moravičany. Připojen je rovněž hydrogram povodně v roce 1997 v profilu Moravičany. Údaje o hladinách jsou k dispozici ve formě povodňových značek z povodně v roce 1997.

### 2.6.3 Přesnost získaných údajů - vazba na přesnost hydraulického modelu

Kalibrační data zahrnující průtoky a vodní stavy jsou vázána na limnigraf Moravičany a z tohoto pohledu lze jejich relevantnost ve vztahu k požadované přesnosti hydraulického modelu považovat za dostačující. V případě povodňových značek není dostupná podrobnější dokumentace o způsobu jejich pořízení.

## 3 Zhodnocení věcné správnosti postupu při hydraulickém výpočtu

### 3.1 Konceptní model

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

Zvolená dimenze modelu (kombinace 1D a 2D) odpovídá charakteru řešených úseků toků. Zvolenou schematizaci dokumentovanou uvedenou na obr. 5 v kap. 4.3 (zpráva [4]) lze považovat za vyhovující.

#### 3.1.2 Způsob zadání okrajových a počátečních podmínek

Způsob zadání okrajových podmínek je v souladu se zvoleným konceptním modelem.

#### 3.1.3 Použité programové vybavení

Použité programové vybavení SMS - TUFLOW 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 okrajových podmínek jsou korektně specifikovány v souladu se standardizačním minimem [3].

### **3.2.3 Vstupní parametry modelu**

Na základě doložených údajů v kap. 5.2 lze vstupní parametry modelu považovat za adekvátní.

### **3.2.4 Kalibrace a verifikace modelu**

Kalibrace modelu je doložena v kap. 5.3 zprávy [4], a to pro údaje dle podkladů k vodohospodářskému uzlu Litovel na řece Moravě v km 262,07, doplněných povodňovými značkami a zaznamenanými rozlivy historických povodní. 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 [5] 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. 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 inundaci je zajištěna vzájemným propojením 1D a 2D modelu doloženým v kap. 4 na obr. 4 a 5.

#### **4.3.3 Hydraulika objektů**

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

#### **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**

Kombinace hydrodynamických modelů (1D a 2D) uvedených ve zprávě [4] plně splnila svůj účel. Byla proveden 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 MODEL Y A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ, MORAVA – 10100003\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423, EL. NÁHON – 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815, STRUSKA – 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,962, STRUSKA – 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943, MLÝNSKÝ POTOK – 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586. 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\_5 (PM-9) - Ř. KM 257,905 – 262,423, EL. NÁHON – 10219466\_1 (PM-7) - Ř. KM 0,000 – 1,815, STRUSKA – 10219459\_1 (PM-8) - Ř. KM 0,000 – 1,962, STRUSKA – 10219458\_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943, MLÝNSKÝ POTOK – 10100443\_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. říjen 2013.
- [6] Soubor geodetických měření – archiv Pöyry Environment a.s. Brno, 2013.
- [7] Hranice záplavových území pro kulminační průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  – formát \*.shp, Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [8] Vypočtené polohy hladin pomocí 1D+ modelu MIKE 11 pro kulminační průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  poskytnuté v tabulkové podobě \*.xls. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.

.....  
Ing. Libor Chlubna