



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

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKY VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

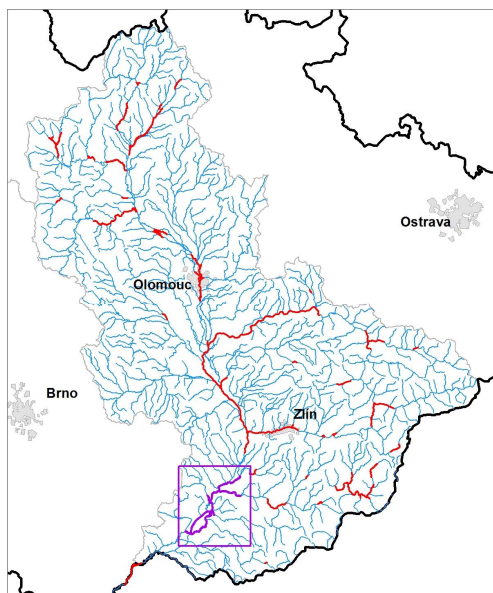
OLŠAVA – 10100083_1 (PM-46) - Ř. KM 0,000 – 7,450

ODLEH. RAMENO – 10101064_1 (PM-47) - Ř. KM 0,000 – 9,338

MORAVA – 10100003_2 (PM-49) - Ř. KM 133,911 – 163,735

OKLUKY – 10100150_1 (PM-50) - Ř. KM 0,000 – 3,404

DLOUHÁ ŘEKA – 10100226_1 (PM-81) - Ř. KM 0,362 – 1,995



ČERVENEC 2013





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

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

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKY VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OLŠAVA – 10100083_1 (PM-46) - Ř. KM 0,000 – 7,450

ODLEH. RAMENO – 10101064_1 (PM-47) - Ř. KM 0,000 – 9,338

MORAVA – 10100003_2 (PM-49) - Ř. KM 133,911 – 163,735

OKLUKY – 10100150_1 (PM-50) - Ř. KM 0,000 – 3,404

DLOUHÁ ŘEKA – 10100226_1 (PM-81) - Ř. KM 0,362 – 1,995

Pořizovatel:



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

Zhotovitel:



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

Zpracovatel posudku:



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

V BRNĚ, ČERVENEC 2013

Obsah:

1	Základní údaje	4
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
2	Popis zájmového území	5
2.1	Všeobecné údaje	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	8
3	Přehled podkladů	10
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	10
3.2	Související předpisy	10
3.3	Vyhodnocení, rozbor a příprava podkladů	11
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného problému	15
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	18
4.3	Způsob zadávání OP a PP	18
5	Popis numerického modelu	19
5.1	Použité programové vybavení	19
5.2	Vstupní data numerického modelu	19
5.3	Popis kalibrace modelu	24
6	Výstupy z modelu	27
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}	28
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	29
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	29

Přílohy

5.1 Posudek hydraulického výpočtu

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tab. č. 1 Seznam zkratk a symbolů

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

1.2 Cíle prací

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

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

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“[30].

1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

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

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

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

Výchozím podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a následnou rizikovou analýzu jsou 2D hydrodynamické výpočty proudění vody pro účely vymezení záplavového území v zájmové oblasti.

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na toku Morava v km 121,596 – 151,455*, na toku Olšava v km 0,000 – 7,414*, na toku Odlehčovací rameno v km 0,000 – 9,235*, na toku Okluky v km 0,000 – 3,360* a na toku Dlouhá řeka v km 0,637 – 3,115*.

Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Ríční km, začátek - konec	ČHP
10100083_1	PM-46	Olšava	0,000 – 7,414	4-13-01-132
10101064_1	PM-47	Odlehčovací rameno	0,000 – 9,235	4-13-02-018 4-13-02-024 4-13-02-026 4-13-02-027
10100003_2	PM-49	Morava	121,596 – 151,455	4-13-01-064 4-13-01-076 4-13-01-079 4-13-01-083 4-13-01-085 4-13-02-001 4-13-02-003 4-13-02-004 4-13-02-012 4-13-02-016 4-13-02-017 4-13-02-028
10100150_1	PM-50	Okluky	0,000 – 3,360	4-13-02-007 4-13-02-011
10100226_1	PM-81	Dlouhá řeka	0,637 – 3,115	4-13-02-023

*) Komentář k používané kilometrži toku

Kilometráž uvedená v názvu úseku se liší od kilometráže používané při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik. Kilometráž uvedená u názvů úseku vychází z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR) [29] a bude v rámci projektu používána jen jako identifikátor jednotlivých úseků.

V celém projektu bude používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. Kilometráž, používaná při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik, byla ponechána z geodetického zaměření koryta z roku 2000 [5]. V tabulce č. 3 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR [29] a dle geodetického zaměření [5].

Tab. č. 3 Srovnání staničení

Tok	Staničení dle PVPR [29]	Staničení používané v projektu [5]
Olšava	0,000 – 7,450	0,000 – 7,414
Odlehčovací rameno Moravy	0,000 – 9,338	0,000 – 9,235
Morava	133,911 – 163,735	121,596 – 151,455
Okluky	0,000 – 3,404	0,017 – 3,360
Dlouhá řeka	0,362 – 1,995	0,637 – 3,115

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku [1, 2, 3, 4], tato slouží spíše jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

Vodní díla: v zájmovém území se nachází množství vodních ploch, z nichž největší jsou jezera vzniklá zatopením šterkopískových lomů u Ostrožské Nové Vsi na levém břehu vodního toku Morava (staničení úseku 135,290 km – 139,145 km).

Přítoky toku Moravy v úseku 121,596 km – 151,455 km (PM-49): Syrovinka, odlehčovací rameno, Bařův plavební kanál, Svodnice, Okluky, Bobrovec, Olšava, Zlechovský potok, Stará Olšava, Salaška, Plavební kanál 2 a Březnice.

Přítoky odlehčovacího ramene Moravy v úseku 0,000 km – 9,235 km (PM-47): Smraďavka, Polešovický potok a Dlouhá řeka.

Přítok toku Okluky v úseku 0,017 km – 3,360 km (PM-50): Petříkovec.

Olšava v úseku 0,000 km – 7,414 km (PM-46) a Dlouhá řeka v úseku 0,637 km – 3,115 km (PM-81) nemají žádné významné přítoky.

2.1 Všeobecné údaje

Vodní tok Morava

Morava pramení pod Králickým Sněžníkem v nadmořské výšce 1 380 m n. m. V horním úseku protéká úzkým údolím až k soutoku s Desnou u Postřelova, kde se náhle otevírá široké údolí s inundacemi. Kolem Litovle pak Morava protéká malebným Litovelským Pomoravím. Pod Olomoucí přijímá svůj největší levobřežní přítok – řeku Bečvu. Celková délka řeky Moravy na území České republiky dosahuje 284,5 kilometrů. Celková délka řeky až po soutok s Dunajem je 354 kilometrů.

V místě, kde řeka Morava (v říčním km 69,468) opouští území České republiky, ústí do ní jako levostranný přítok nejvýznamnější tok v celém povodí – Dyje. Soutok obou toků leží u Lanžhota v nadmořské výšce 148 m n. m. Absolutní spád Moravy od pramene činí 1 232 m.

Úsek 10100003_2 (PM-49), Morava

V řešeném úseku protéká Morava katastrálním územím Bzenec, Vnorovy, Zarazice, Veselí nad Moravou, Veselí-předměstí, Milokoš, Uherský Ostroh, Ostrožské Předměstí, Nedakonice, Kostelany nad Moravou, Kunovice u Uherského Hradiště, Staré Město u Uherského Hradiště, Uherské Hradiště, Mařatice a Jarošov u Uherského Hradiště. V zájmovém území je 10 mostů a 2 lávky a 5 jezů. Úsek Moravy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p. Řešený úsek (PM-49) je součástí obrázku č. 1.

Úsek 10101064_1 (PM-47), odlehčovací rameno

V řešeném úseku protéká odlehčovací rameno katastrálním územím Bzenec, Vnorovy, Zarazice, Veselí nad Moravou, Moravský Písek a Uherský Ostroh. V zájmovém území jsou 3 mosty, 1 lávka a 2 jezy. Úsek odlehčovacího ramene v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p. Řešený úsek (PM-47) je součástí obrázku č. 1.

Vodní tok Olšava

Olšava pramení na severozápadním svahu Bílých Karpat pod svahem s názvem „Na koncích“ v nadmořské výšce cca 630 m n. m. Dále se ubírá severozápadním směrem a protéká obcemi a městy Pitín, Bojkovice, Záhorovice, Nezdenice, Šumice, Újezdec u Luhačovic, Uherský Brod, Drslavice, Hradčovice, Veletiny, Podolí, Míkovice, Kunovice a u obce Kostelany se vlévá ve staničení 157,046 km jako levostranný přítok do Moravy.

Celková plocha povodí měří 521,17 km². Průměrné roční srážky v celém povodí se pohybují v rozmezí od 731 mm do 798 mm.

Úsek 10100083_1 (PM-46), Olšava

V řešeném úseku protéká Olšava katastrálním územím Kunovice u Uherského Hradiště, Sady, Věsky a Míkovice nad Olšavou. V zájmovém území je 6 mostů, 2 lávky pro pěši a 1 jez. Úsek Olšavy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p. Řešený úsek (PM-46) je součástí obrázku č. 1.

Vodní tok Okluky

Levostranný přítok Moravy dlouhý 27,5 km. Pramení v CHKO Bílé Karpaty, na západním úbočí vrchu Lesná, v nadmořské výšce 620 m n. m.

Povodí je protaženo od západu k východu a dále k jihovýchodu v délce 32 km a šířka povodí je v průměru 2,5 km. Západní část je rovinná se střední výškou 200 m n. m., východní až jihovýchodní část je mírně pahorkatá.

Od pramene po Horní Němčí jsou na obou březích smíšené lesy. Dále protéká vodní tok Okluky oblastí s úrodnými půdami. Je zde rozvinuté zemědělství a zároveň průmysl. Vlastní tok byl v minulosti velmi necitlivě regulován, přírodní charakter si zachoval jen v lesních oblastech.

Úsek 10100150_1 (PM-50), Okluky

V řešeném úseku protéká tok Okluky katastrálním územím Ostrožské Předměstí. V zájmovém území je 6 mostů a 2 lávky pro pěši. Úsek toku Okluky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p. Řešený úsek (PM-50) je součástí obrázku č. 1.

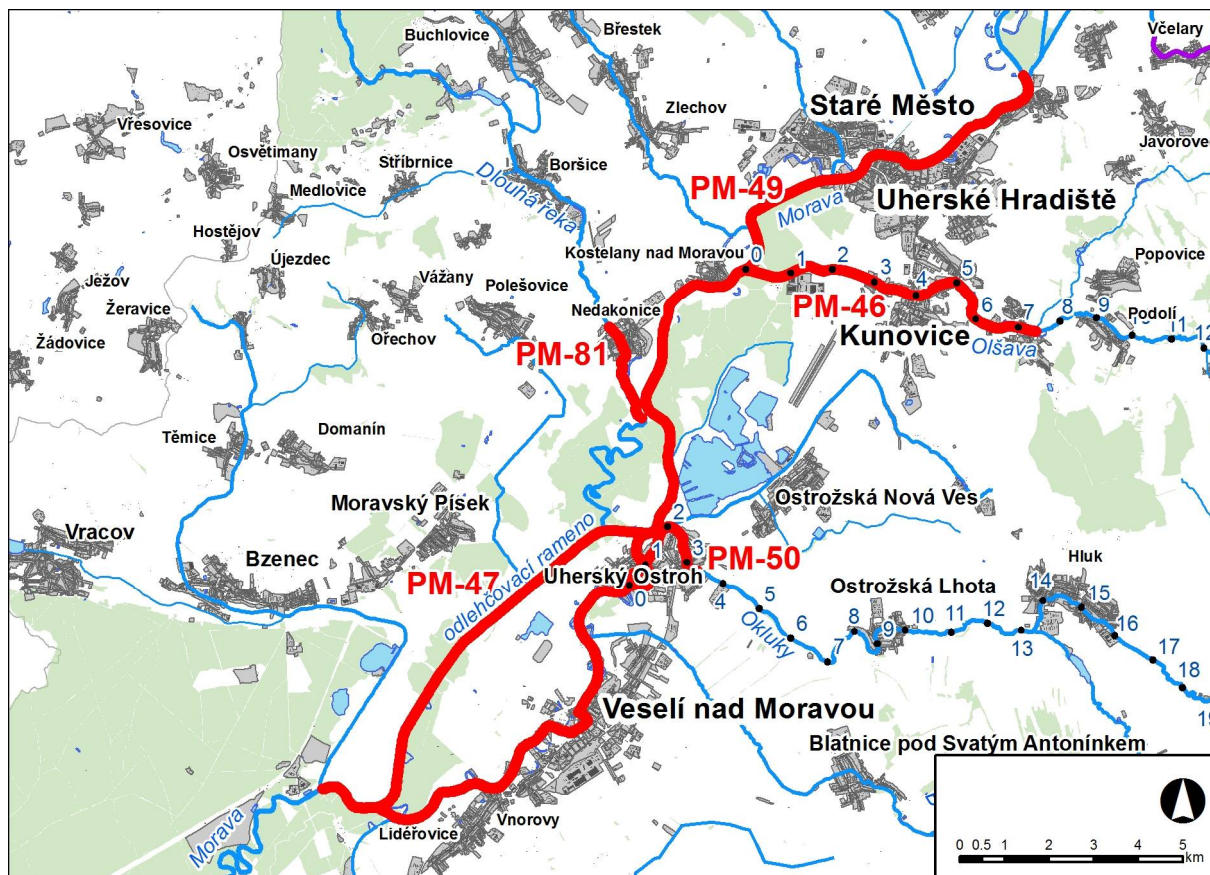
Vodní tok Dlouhá řeka

12 km dlouhý potok v okrese Uherské Hradiště, pramenící v oblasti Chřibů. Nedaleko Nedakonic se vlévá ve staničení 137,91 km do Moravy.

Úsek 10100226_1 (PM-81), Dlouhá řeka

V řešeném úseku protéká Dlouhá řeka katastrálním územím Nedakonic. V zájmovém území jsou 4 mosty a 4 lávky pro pěší. Úsek Dlouhé řeky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p. Řešený úsek (PM-81) je součástí obrázku č. 1.

Obr. č. 1 Přehledná mapa řešeného území



2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V zájmovém území proběhly dvě významné povodňové události, které negativně zapůsobily na vodohospodářskou infrastrukturu a okolí vodních toků. Jedná se o události z července roku 1997 a dále května a června roku 2010.

Povodeň v roce 1997 byla způsobena dvěma epizodami vydatných dlouhotrvajících srážek. V noci z 6. na 7. 7. byly překročeny stavy směrodatné pro vyhlášení 3. stupně povodňové aktivity ve všech profilech střední a dolní Moravy. Extrémní povodňová vlna vytvořila souvislou širokou řeku mimo koryto a ochranné hráze již vysoko nad Olomoucí. Soustředěný průtok byl jen pod Kroměříží v místě železničního mostu a dvou silničních mostů v Napajedlích. Průtok v Kroměříží byl zaznamenán na hodnotě $1024 \text{ m}^3/\text{s}$. Ve Strážnici se průtok ustálil dne 9. 7. přibližně na $600 \text{ m}^3/\text{s}$ až do protřetí náspu železniční tratě Bzenec – Veselí, který zadržoval velké jezero vody. Po protřetí vznikla vlna s vrcholem $900 \text{ m}^3/\text{s}$. Druhá srážková epizoda (17. - 21. 7.) byla celkově menší, přesto došlo na dolním toku Moravy k podstatnému prodloužení vlny trvání záplav následkem vydatných srážek a zdánlivému splynutí obou vln. Rozlivy mezi Kroměříží a Strážnicí dosáhly asi 170 mil. m^3 [12, 13].

V okrese Uherské Hradiště (řešené území) byla zaplavena z celkové plochy 990 km² plocha 92 km², což činí 9,8 %. Celkové přímé majetkové škody povodňové události byly vyčísleny na 62,6 mld. Kč, z toho 39,2 mld. Kč na nemovitém majetku [12, 13].

Při řešení projektu byly k dispozici povodňové značky s informací o poloze hladiny při kulminaci povodně. Jednalo se o oblast Uherského Hradiště a Kostelan nad Moravou (profil Spytihněv) a dále o odhady bez vlivu protřazeného železničního náspu v oblastech Ostrožská Nová Ves a Uherský Ostroh (profil Strážnice). Povodeň v roce 2010 nebyla při kalibraci uvažována.

Tab. č. 4 Vybrané povodňové značky a kulminační průtoky v zájmovém území (událost 1997)

č. bodu	hladina [m. n. m]	Průtok [m ³ /s]	Souřadnice JTSK	
			X	Y
1	180,87	900	-534776,50	-1178839,45
2	180,51	900	-535561,40	-1179707,47
3	180,44	900	-536641,11	-1180918,07
4	180,44	900	-538687,73	-1180142,60
5	178,45	900	-538490,33	-1181267,36
6	179,86	900	-537349,62	-1182175,84
7	177,95	900	-541816,49	-1182812,20
8	177,94	900	-541684,95	-1183019,33
9	175,87	900	-540908,82	-1188566,70
10	175,82	900	-540973,59	-1188423,97
11	175,55	900	-539871,19	-1187316,86
12	175,71	900	-542791,89	-1188940,61
13	173,51	900	-543812,26	-1192222,09
14	173,60	900	-543831,67	-1192069,59
15	173,62	900	-543722,97	-1191499,13
16	173,49	900	-544644,58	-1192662,86

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Technicko provozní evidence toků – TPE Morava, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [2] Technicko provozní evidence toků – TPE Olšava, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [3] Technicko provozní evidence toků – TPE Okluky, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [4] Technicko provozní evidence toků – TPE Dlouhá řeka, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [5] Fotogrammetrické zaměření zájmové oblasti. Geodis Brno, spol. s r. o., 2000.
- [6] Základní báze geografických dat (ZABAGED). Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2011.
- [7] ArcGIS 9. Linear Referencing in ArcGIS. ESRI. 2004.
- [8] Rastrová základní mapa 1 : 10 000 (RZM 10). ZABAGED, ČÚZK, 2011.
- [9] Ortofotomapy. Server VÚV TGM, v.v.i. (sde). Velikost pixelu 5 m, ČÚZK, 2010.
- [10] Měrná křivka průtoků. Stanice Spytihněv, tok Morava, platná od 1. 7. 2012, ČHMÚ, 2. 8. 2012.
- [11] Měrná křivka průtoků. Stanice Strážnice, tok Morava, platná od 1. 1. 2013, ČHMÚ, 13. 2. 2013.
- [12] Český hydrometeorologický ústav. Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997: Souhrnná zpráva projektu [online]. [cit. 2013-06-24]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/pov97/obsah.html>.
- [13] VÚV TGM, v.v.i. Vyhodnocení povodní v květnu a červnu 2010. Souhrnná zpráva. Brno, 2010.
- [14] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro jez Vnorovy na odlehčovacím rameni Moravy v km 8,700. Brno, 2007.
- [15] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro jez Vnorovy na řece Moravě v km 135,650. Brno, 2007.
- [16] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro vodohospodářskou soustavu na řece Moravě ve Veselí nad Moravou. Brno, 2007.
- [17] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro jez Kunovský les na řece Moravě v km 144,380, (km 156,919 dle TPE). Brno, 2008.
- [18] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro jez Nedakonice na řece Moravě v km 137,921, (dle TPE = km 150,400). Brno, 2012.
- [19] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro jez v Uherském Ostrohu na odlehčovacím rameni řeky Moravy v km 8,976 (dříve 8,908; dle TPE 0,469) a výustní objekt Dlouhé řeky v km 8,396 odlehčovacího ramene řeky Moravy. Brno, 2006.
- [20] Povodí Moravy, s.p. Manipulační řád pro vodní cestu řeky Moravy a průplavu Otrokovice – Rohatec – „Baťův kanál“. Brno, 2009.
- [21] Čábelka J., Gabriel P.: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice, Academia, Praha, 1987.
- [22] Aktualizace záplavového území Olšavy, km 0,000 – 36,382, Povodí Moravy, s.p., 04/2010.
- [23] Záplavové území Okluky km 0,000 - 27,570.
- [24] Plán oblasti povodí Moravy, Pöyry Environment a.s., Brno, 12/2009.
- [25] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [26] Maron Philippe. Tutorial Manual for the Meshes in BlueKenue, Canadian Hydraulics Centre of the National Research Council, 2012.
- [27] User Manual – 2D hydrodynamics TELEMAC-2D software, version 6.0, update na verzi 6.0: Lang Pierre, Ingerop, 2010.
- [28] Reference Manual – 2D hydrodynamics TELEMAC-2D software, version 6.0, update na verzi 6.0: Lang Pierre, Ingerop, 2010.

3.2 Související předpisy

- [29] Drbal a kol. Návrh metodiky pro předběžné vyhodnocení povodňových rizik a navržení oblastí s významným povodňovým rizikem v rámci implementace směrnice EU o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik, VÚV TGM, v.v.i., MŽP ČR. 2010.
- [30] Drbal a kol. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV TGM, v.v.i., MŽP ČR. 03/2012.
- [31] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie.
- [32] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.

- [33] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [34] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [35] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [36] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [37] TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.
- [38] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [39] Zákon 254/2001 Sb. o vodách
- [40] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [41] 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).
- [42] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [43] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [44] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [45] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011.

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

3.3 Vyhodnocení, rozbor a příprava podkladů

3.3.1 Topografická data

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen v ArcGIS Version 9.3 [7]. Model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s přesahem. Při tvorbě modelu bylo využito fotogrametrické zaměření [5] a výškopis ZABAGED [6]. Výsledný formát DMT je GRID, velikost pixelu 10 m, přesnost výškových údajů do 0,5 m, polohopisný systém S-JTSK, výškopisný systém Balt po vyrovnání.

Při řešení byly jako grafický podklad využity RZM [8] a ortofotomapy [9]. V případě RZM se jednalo o následující mapové listy: 11760532, 11760534, 11760536, 11760538, 11780532, 11780534, 11780536, 11780538, 11800534, 11800536, 11800538, 11800540, 11800542, 11820534, 11820536, 11820538, 11820540, 11820542, 11840536, 11840538, 11840540, 11840542, 11840544, 11860538, 11860540, 11860542, 11860544, 11860546, 11880538, 11880540, 11880542, 11880544, 11880546, 11880548, 11880550, 11900538, 11900540, 11900542, 11900544, 11900546, 11900548, 11900550, 11920542, 11920544, 11920546, 11920548, 11920550, 11920552, 11940542, 11940544, 11940546, 11940548, 11940550, 11940552, 11960546, 11960548, 11960550, 11960552, 11980642.

Oba výše zmíněné grafické podklady pokrývají celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s přesahem.

Pozemní geodetické zaměření [5] pokrývá celé zájmové území řešených úseků toků. Příčné profily korytem jsou vedeny kolmo na směr proudění, s hustotou dle charakteru koryta. Zaměřeny jsou veškeré objekty na toku – stupně, jezy, mosty, lávky. V inundaci jsou dále zaměřeny liniové stavby podélné i příčné. Geodetické práce zpracovali geodeti státního podniku Povodí Moravy a firma GEODIS BRNO, spol. s.r.o. v září 2003.

Zaměřené příčné profily byly georeferencovány a poté jimi byla nahrazena oblast koryta řešených vodních toků DMT.

3.3.2 Hydrologická data

V tabulce č. 5 jsou uvedené hodnoty N-letých průtoků, které jsou využity pro 2D hydrodynamický výpočet.

Tab. č. 5 *N*-leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Pracovní číslo úseku	Hydrologický profil	Rok pořízení (ověření)	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
PM-49	Morava - Spytihněv	2013		514,2	650,8	816,5	992,5	II
PM-46	Olšava - ústí	2009	0,4	105	174,3	280	418,6	III
PM-49	Morava – pod Olšavou	2013		521,3	660,7	830,5	1011,1	III
PM-49	Morava – Strážnice vodočet	2013		525	649,1	790	931,1	II
PM-50	Okluky - ústí	2013		20,3	40	84	162,5	III
PM-81	Dlouhá řeka - ústí	2013		10,1	20,6	41,8	76,3	III

Pro výpočet byla použita data aktuální hydrologická data uvedená v tabulce č. 6. Starší hydrologická data nebyla použita. Zdrojem starších hydrologických dat jsou Hydrologické poměry ČSSR [25]. Diference mezi hydrologickými daty v obou tabulkách je způsobena novým statistickým zpracováním hydrologických řad se započítáním nových povodňových událostí (např. 1997, 2010).

Starší hydrologická data dle [20] jsou uvedena v tabulce č. 6

Tab. č. 6 *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-49	Morava - Spytihněv	1970						
PM-46	Olšava - ústí	1970	0,4	118	168	225		
PM-49	Morava – pod Olšavou	1970		560	662	728		
PM-49	Morava – Strážnice vodočet	1970		560	659	725		

3.3.3 Místní šetření

Místní šetření provedli pracovníci Pöyry Environment a.s. v průběhu září a října 2012. Součástí šetření bylo pořízení fotodokumentace (příloha E_2_Fotodokumentace_PM_46, PM_47, PM_49, PM_50, PM_81). Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} .

Při terénním průzkumu byla prověřována aktuálnost geodetického zaměření, ověřovány hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundaci a zjišťován rozsah historických povodní u místních obyvatel. V rámci terénní pochůzky nebyly zjištěny zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku oproti geodetickému zaměření a DMT použitých pro tvorbu modelu. Jen u úseků PM-47 odlehčovací rameno Moravy, PM-50 Okluky a PM-81 Dlouhá řeka. Při terénní pochůzce v úseku PM-46 Olšava byla zjištěna pouze pravobřežní ochranná zeď na vtoku do Kunovic pod fotbalovým hřištěm. V úseku PM-49 Morava byla při terénní pochůzce zaznamenána nová protipovodňová ochrana (silnice před obcí Moravský Písek od Uherského Ostrohu). Jelikož v rámci řešení nebylo provedeno doměření nově vzniklých objektů ovlivňujících proudění vody, nebylo tyto objekty možné zapracovat do hydrodynamického modelu a při řešení s nimi nebylo uvažováno. Současně nebylo uvažováno s výstavbou PPO v Uherském Hradišti.

3.3.4 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerický 1D+ model Moravy (včetně přítoků Olšavy, Okluky a Dlouhé řeky a odlehčovacího ramene Moravy) byl vytvořený v programu MIKE 11 na Povodí Moravy, s.p. v roce 2000 vodní tok Morava, 2010 vodní tok Olšava, 2003 vodní tok Okluky a 2002 vodní tok Dlouhá řeka. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [5], DMT (kapitola 3.3.1) a hydrologická data (kapitola 3.3.2). V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl proveden pro nerovnoměrné neustálené proudění. Jako okrajové podmínky vstupovaly do modelu objemově neznámé hydrogramy jednotlivých scénářů. Kulminace hydrogramů byla totožná s hodnotami N -letých průtoků (tabulka č. 5). Pro potřeby tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik byla ze stávajících výpočtů využita poloha hladiny ve vybraných příčných profilech, která vstupovala do 2D hydrodynamického modelu jako dolní okrajová podmínka.

Kalibrační podklady byly využity pro nastavení vybraných charakteristik 2D modelu. K dispozici byly historické povodňové události (viz kapitola 2.2) a dále měrné křivky průtoků ve stanici Spytihněv, tok Morava [10] a stanici Strážnice, tok Morava [11]. Postup kalibrace, výsledné hodnoty a následná doporučení jsou podrobněji popsány v kapitole 5.3.

3.3.5 Manipulační řády vodních děl

Vzhledem k výskytu 6 jezových konstrukcí a 6 plavebních komor v řešeném území byly využity při hydrodynamickém výpočtu informace z manipulačních řádů [14 - 20]. Jednalo se převážně o hodnoty průtoků, při kterých dojde u jezových konstrukcí k vyhrazení a hodnoty průtoků, při kterých zůstává plavební komora uzavřena.

Z manipulačních řádů [14 - 20] plyne, že žádná z jezových konstrukcí řízeně neovlivní průběh povodňové události. Při nástupu povodňové události dochází k vyhrazení pohyblivých hradících částí jezu a voda dále přepadá volným paprskem přes pevnou část jezu (práh).

Dále lze při hydrodynamickém výpočtu uvažovat s uzavřením plavebních komor v úseku 151,455 km (ZÚ) – 133,330 km (Uherský Ostroh) při průtoku 100 m³/s. V úseku 133,330 km (Uherský Ostroh) – 121,596 km (KÚ) lze uvažovat s uzavřením plavebních komor při průtoku 120 m³/s [20].

4 Popis koncepčního modelu

Řešený úsek (obrázek č. 1) toku byl schematizován 2D modelem. Výpočet průběhu hladin byl proveden v režimu stacionárním, metodou konečných prvků, s využitím rovnic mělkého proudu v prostředí TELEMAC (popis programu je uveden v kap. 5.1).

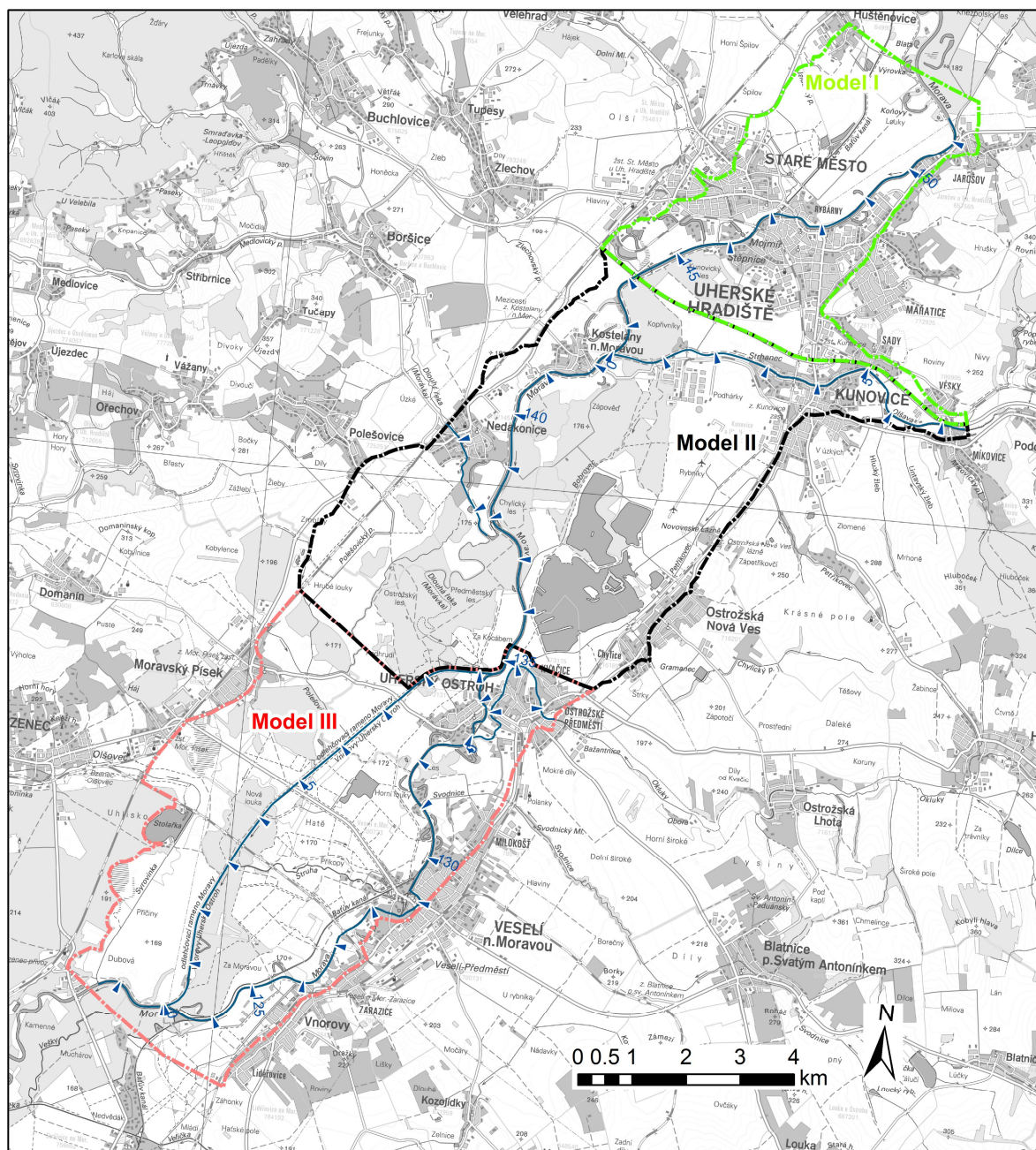
Matematickým modelem byl popsán průtok vlastním korytem řeky, souvisejících inundací a veškerých objektů na toku. Při řešení nebyly uvažovány přítoky, které nemají vliv na plochy s překročenou mírou přijatelného rizika v zastavěných oblastech (Morávka, Struha, Bobrovec...). Při zavedení výše zmíněného zjednodušení byl zohledněn hlavní účel práce.

Plošně rozsáhlé zájmové území vedlo z důvodu časové náročnosti výpočtu a z důvodu vysokých požadavků na hardwarové zařízení k rozdělení na tři hydraulicky spojitě úseky. První úsek řešil vodní tok Moravu v úseku 151,455 km – 144,140 km (obrázek č. 2). Ukončen byl profilem komunikace E50, kde se předpokládá vzdutí vodní hladiny způsobené náspem tělesa silniční komunikace.

Druhý úsek řešil vodní tok Moravu v úseku 144,140 km – 134,000 km (obrázek č. 2). V řešeném úseku se do Moravy vlévá ve staničení 142,377 km levostranný přítok Olšavy a dále po toku ve staničení 137,955 km pravostranný přítok Dlouhé řeky. Druhý úsek je ukončen profilem nad rozdělením proudu mezi odlehčovací rameno Moravy a původní koryto toku Moravy (obrázek č. 2). Opodstatněnost ukončení druhého úseku je z důvodu rozsáhlých lužních lesů jak na levém břehu Moravy (úsek 136,500 km – 146,000 km), tak na pravém břehu Moravy (úsek 134,000 km – 138,000 km). Zde se dá předpokládat zvýšená transformační schopnost území a následné snížení průtoku v korytě Moravy. Tento předpoklad je potvrzen v kapitole 3.3.2, tabulce č. 5, kdy klesá hodnota průtoků v úseku profilu Moravy – pod Olšavou a profilu Morava – Strážnice vodočet. Současně je tedy v modelu zohledněna i nestacionarita proudění.

Třetí poslední úsek řešil vodní tok Moravu včetně odlehčovacího ramene Moravy v úseku 134,000 km – 121,596 km. V řešeném úseku se do Moravy vlévá ve staničení 133,150 km levostranný přítok Okluky. Třetí úsek je ukončen 1,445 km pod soutokem odlehčovacího ramene Moravy a vlastního koryta řeky Moravy.

Obr. č. 2 Hydraulické dělení zájmového území na tři navazující modelové úseky



4.1 Schematizace řešeného problému

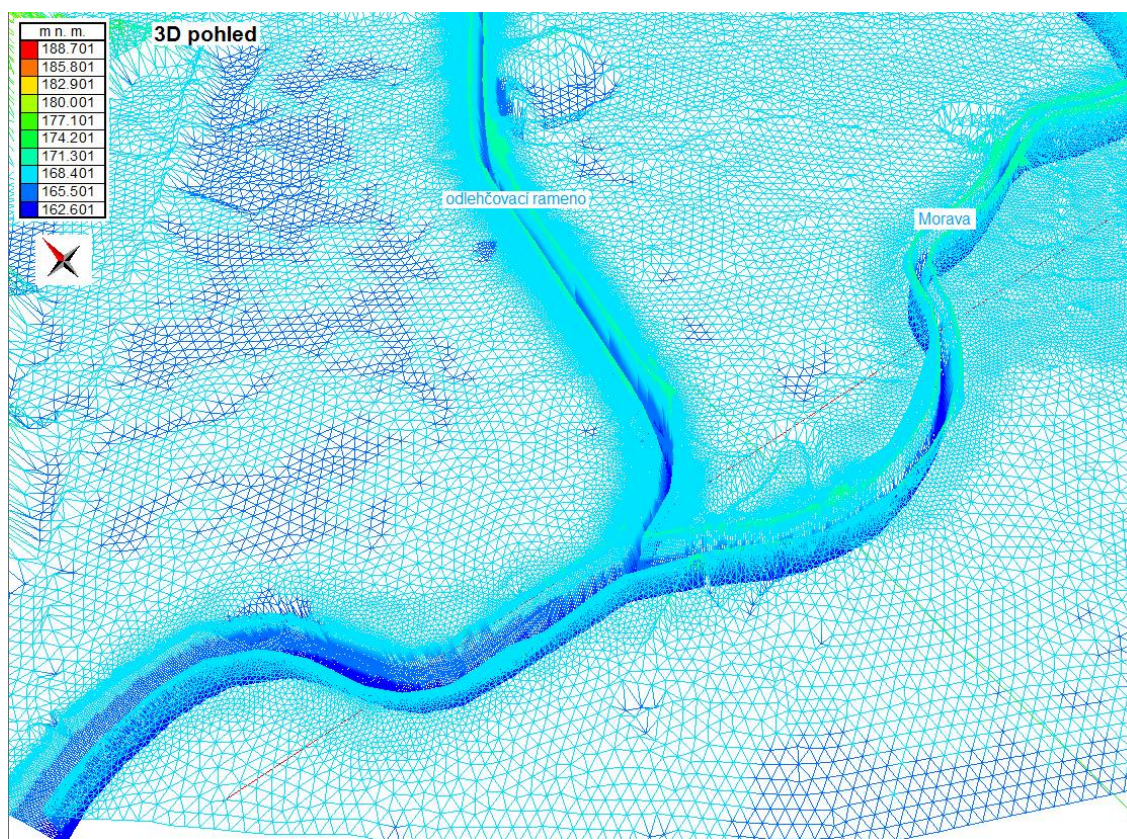
Rozsah modelované sítě byl volen na základě známého rozlivu povodně z roku 1997, která byla zhruba ohodnocena na velikost průtoku Q_{500} . Rozsah sítě byl navíc zvětšen o určitou rezervu zohledňující nejistoty ve výškovém uspořádání zájmového území.

U řešeného úseku (obrázek č. 2) byla provedena schematizace pomocí trojúhelníkové a obdélníkové sítě. Volba velikosti elementu byla odvislá od charakteru využití území. V případě koryta a ochranných hrází byly využity obdélníkové elementy s převládající délkou strany ve směru proudění (3 x 5 m). Trojúhelníkové elementy se stranou o délce 15 m byly využity v zastavěných oblastech. Oblasti zemědělských ploch byly schematizovány elementy s délkou strany trojúhelníku 35 m.

Veškeré jezové konstrukce byly uvažovány jako pevné jezy s přelivnou hranou na úrovni dle zaměření [5], viz kapitola 3.3.5. Plavební komory byly ve výpočtové síti uvažovány jako neprůtočné plochy, viz kapitola 3.3.5. V případě mostních objektů bylo vzhledem k časové náročnosti, volbě softwarového nástroje, přesnosti vstupních dat a v neposlední řadě velmi rozsáhlé ploše povodňových rozlivů zvolen postup, kdy v prostoru mostních konstrukcí byla zjemněna výpočetní síť (trojúhelníkové elementy s délkou strany 5 m) a současně byla zadána zvýšená hodnota Manningova součinitele drsnosti, která má simulovat zvýšený odpor proudění vody a současně přiblížit podmínky tlakového proudění mostem.

Morfologie řešeného území, výškové uspořádání vytvořené sítě, bylo zadáno na základě upraveného DMT, viz kapitola 3.3.1 (obrázek č. 3).

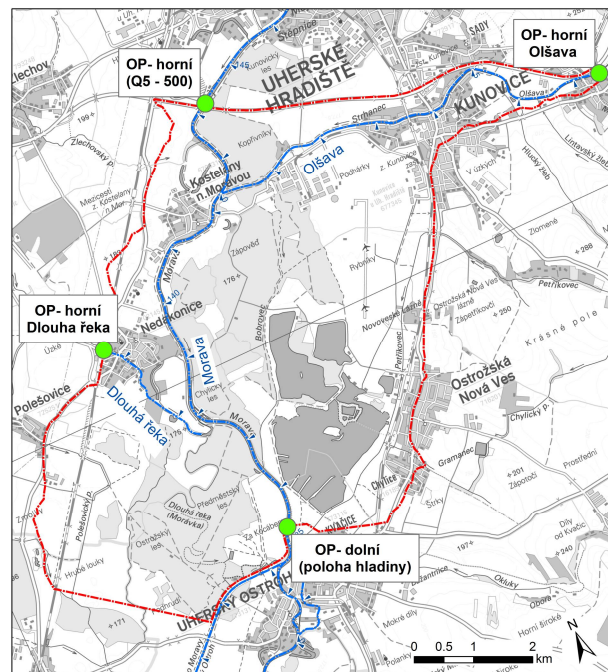
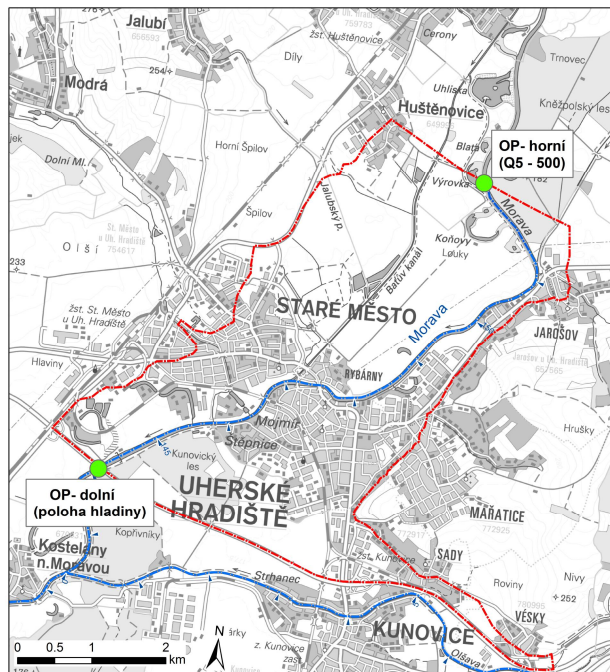
Obr. č. 3 Výškové uspořádání výpočetní sítě v km 121,596 – 126,000, (BlueKenue [26])



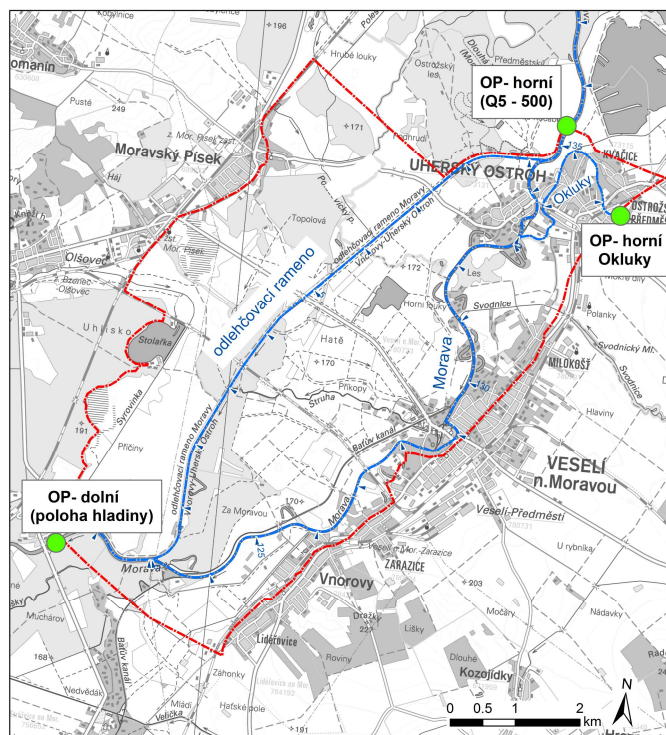
V případě modelování povodňových stavů na přítocích (Olšava, Dlouhá řeka a Okluky) byla využita totožná výpočetní síť jako v případě stanovení povodňového nebezpečí na řece Moravě (obrázek č. 2). Současně jsou zájmové oblasti přítoků podrobněji zobrazeny na obrázcích 4, 5, 6.

Obr. č. 4 Schematizace 2D hydrodynamického modelu v zájmové oblasti (model I), vlevo

Obr. č. 5 Schematizace 2D hydrodynamického modelu v zájmové oblasti (model II), vpravo



Obr. č. 6 Schematizace 2D hydrodynamického modelu v zájmové oblasti (model III)



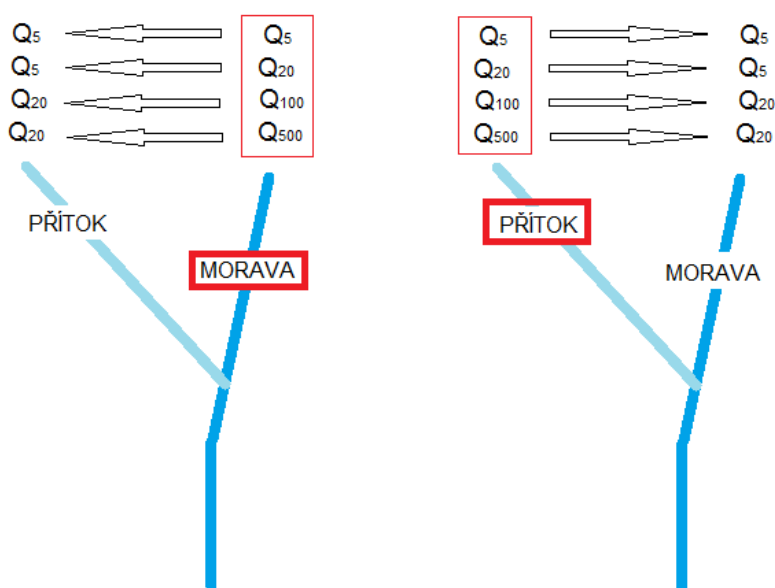
4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Povodňové nebezpečí bylo řešeno 2D hydrodynamickým modelem v režimu stacionárním. Nestacionarita proudění je v zájmovém území opodstatněna z důvodu rozsáhlých inundačních prostor a je zde tedy naplněn předpoklad transformace povodňových průtoků. Nestacionarita proudění se do 2D modelu projevila v podobě zadání okrajových podmínek (OP), viz kapitola (3.3.2, 4.3) a dále byla zohledněna při tvorbě koncepčního modelu (kapitola 4).

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Horní okrajové podmínky byly do modelu zadány v podobě N -letých průtoků (viz tabulka č. 5, obrázek č. 4, 5, 6). Hodnoty okrajových podmínek v případě řešení soutoků byly zadány jako kombinace povodňové události s nízkou mírou pravděpodobnosti výskytu na hlavním toku (řece Moravě) a s vysokou mírou pravděpodobnosti výskytu na přítoku (Olšava, Dlouhá řeka, Okluky) a obráceně, v souladu se zákonem 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů [42], (obrázek č. 7). Hodnoty horní okrajové podmínky v řece Moravě pro scénář s dobou opakování 5, 20 let byl doplněn o průtoky z přítoků s dobou opakování 5 let tak, aby součtově byla dosažena kulminace N -letých vod (viz tabulka č. 4). Hodnoty horní okrajové podmínky v řece Moravě pro scénář s dobou opakování 100, 500 let byl doplněn o průtoky z přítoků s dobou opakování 20 let tak, aby součtově byla dosažena kulminace N -letých vod (viz tabulka č. 5). Dolní okrajové podmínky byly zadány na základě polohy hladiny v odpovídajících příčných profilech z 1,5D modelu (kapitola 3.3.4). Hodnoty OP jsou součástí kapitoly 5.2.3.

Obr. č. 7 Kombinace zadání horních okrajových podmínek v případě řešení povodňového nebezpečí na vodním toku Morava (vlevo) a přítocích Moravy (Olšava, Dlouhá řeka, Okluky), (vpravo)



Počáteční podmínky byly, ve formě úrovně hladiny v modelu na počátku simulace proudění, zadávány tak, aby náhradní oblast řešení byla zcela zatopena. Tato úroveň byla volena zhruba na úrovni hladiny při ustáleném rovnoměrném proudění v horním profilu modelované oblasti. Tímto bylo zabezpečeno dostatečné zaplavení koryta vodního toku na začátku simulací.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet průběhu hladin byl proveden v režimu stacionárním, metodou konečných prvků, s využitím rovnic mělkého proudu v prostředí TELEMAC 2D.

TELEMAC 2D je výpočetní prostředí, které vzniklo v konsorciu organizací Artelia (Francie), Bundesanstalt für Wasserbau (Německo), Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales (Francie), Daresbury Laboratory (Velká Británie), Electricité de France R&D (Francie) a HR Wallingford (Velká Británie).

Numerický model využívá k řešení rovnic mělkého proudu metodu konečných prvků [27, 28]. V současné době je k dispozici verze v6p2 (FUDAA) obsahující numerické modely. Jako pre-procesor byl využit software BlueKenue [26]. Pro zobrazení výsledků byl využit post procesor, který je součástí FUDAA.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu byla výpočetní síť (viz kapitola 4.1) doplněná o výškové informace z DMT (viz kapitola 3.3.1). Do modelu dále byly vkládány okrajové podmínky (viz kapitola 4.3 a 5.2.3) a také podmínky počáteční (viz kapitola 5.2.4). Volba Manningova součinitele drsnosti je popsána v kapitole 5.2.2. Informace o příčných stavbách byly přejaty z geodetického zaměření (viz kapitola 3.3.1), [5].

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Morfologie toku a záplavového území včetně přítoku byla v případě 2D zadána na základě geometrického zaměření (kapitola 3.3.1). Oblast mostů byla ve 2D popsána pomocí významných hran (boční opěry, omezení rozlivu uspořádáním objektu na toku) a tyto oblasti byly zahuštěny na velikost výpočetních elementů o hraně 5 m. V případě vyšších průtoků byl pro výpočetní elementy v korytě odpovídající oblasti mostů volen vyšší Manningův součinitel drsnosti ($n = 0,1$), čímž byly přiblíženy podmínky tlakového proudění mostem. V lokalitě se vyskytuje také 6 jezových konstrukcí a 6 plavebních komor. Při modelování průtoků s nízkou pravděpodobností výskytu přítomnost jezových konstrukcí výrazně neovlivní proudové poměry. Při zavedení výše zmíněného předpokladu byl zohledněn i hlavní účel práce. Z toho důvodu byly jezové konstrukce na hlavním toku Moravě zadány jako změna výškového uspořádání dna. Současně byly v profilech jezů zadány zvýšené hodnoty Manningova součinitele drsnosti ($n = 0,1$).

Významné zaměřené objekty na toku, které byly v modelu uvažovány, jsou zaznamenány v Tab. 7 - 11.

Tab. č. 7 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-46, Olšava

Km	Popis objektu	Km dle TPE [1, 2, 3, 4] (identifikátor objektu)	Lokalita
0,761	hospodářský ocelový most	0,852	Kunovice
1,417	lávka	1,510	Kunovice
3,185	silniční most s potrubím	3,262	Kunovice
3,540	železniční most	3,624	Kunovice
3,964	silniční most	3,964	Kunovice
4,418	silniční most	4,418	Kunovice
6,614	lávka	6,716	Míkovice
7,152	silniční most	7,246	Míkovice
7,441	betonový jez	7,537	Míkovice

Tab. č. 8 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-47, odlehčovací rameno

Km	Popis objektu	Km dle TPE [1, 2, 3, 4] (identifikátor objektu)	Lokalita
0,571	pohyblivý jez Vnorovy		Vnorovy
3,392	železniční most		Brno – Veselí nad Moravou
4,822	silniční most a pěší lávka		Bzenec – Veselí nad Moravou
7,391	silniční most		Uh. Ostroh – Mor. Písek
8,908	pohyblivý jez Uherský Ostroh		Uh. Ostroh

Tab. č. 9 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-49, Morava

Km	Popis objektu	Km dle TPE [1, 2, 3, 4] (identifikátor objektu)	Lokalita
123,285	pohyblivý jez Vnorovy		Vnorovy
125,395	hospodářský most		
126,823	ocelový příhradový hosp. most		
127,296	železniční most		Brno – Veselí nad Moravou
128,346	ocelová lávka pro pěší		
128,870	silniční most		Veselí nad Moravou
129,252	pohyblivý jez Veselí nad Moravou		Veselí nad Moravou
133,330	jez Uherský Ostroh		Uh. Ostroh
133,389	ocelová lávka		Uh. Ostroh
133,837	silniční most		Uh. Ostroh
137,921	pohyblivý jez Nedakonice		
141,775	ocelový příhradový most		
144,065	silniční most obchvatu I/50		Uh. Hradiště
144,380	Pohyblivý jez Kunovský les		Uh. Hradiště
146,564	ocelový příhradový železniční most		Uh. Hradiště
147,128	most		Uh. Hradiště
147,413	silniční most		Uh. Hradiště

Tab. č. 10 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-50, Okluky

Km	Popis objektu	Km dle TPE [1, 2, 3, 4] (identifikátor objektu)	Lokalita
0,473	cestní ŽB most		Ostrožské Předměstí
0,703	ocelová lávka DYAS		Ostrožské Předměstí
1,055	silniční ŽB most		Ostrožské Předměstí
1,408	silniční ŽB most		Ostrožské Předměstí
1,588	cestní ŽB most		Ostrožské Předměstí
2,191	lávka pro pěší		Ostrožské Předměstí
3,063	silniční ŽB most	2,950	Ostrožské Předměstí
3,157	železniční ŽB most		Ostrožské Předměstí

Tab. č. 11 Objekty vstupující do modelu, úsek PM-81, Dlouhá řeka

Km	Popis objektu	Km dle TPE [1, 2, 3, 4] (identifikátor objektu)	Lokalita
0,089	lávka pro pěší		Nedakonice
0,209	česle s lávkou		Nedakonice
0,251	mostek		Nedakonice
0,500	příčná hráz v korytě		Nedakonice
1,568	hospodářský most		Nedakonice
2,433	lávka pro pěší		Nedakonice
2,527	lávka pro pěší		Nedakonice
2,837	silniční most		Nedakonice
3,115	železniční most		Nedakonice

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hodnoty drsností byly zadány na základě pochůzek v terénu a pořízené fotodokumentace (příloha E_2_Fotodokumentace_PM_46, PM_47, PM_49, PM_50, PM_81).

Pro zadávání drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Drsnosti svahů a inundace jsou zadávány v rozsahu od 0,05 až 0,120, v zástavbě místy kolem hodnoty 0,5. Drsnost dna koryta je dle charakteru v rozmezí 0,035 – 0,055.

V oblastech mostních objektů, kde může docházet k tlakovému proudění, bylo toto proudění simulováno zvýšením drsností v prostoru mostního profilu a to na hodnotu Manningova součinitele drsnosti 0,1. Obdobným způsobem byly řešeny i jezové konstrukce (viz kapitola 5.2.1).

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Na horní hranici modelované oblasti (model I) byl zadáván průtok o hodnotě $Q_5 - Q_{500}$ (viz obrázek č. 4), který odpovídal hodnotám hydrologických údajů z Tab. 5 – Morava – Spytihněv.

Na horní hranici modelované oblasti (model II) byl zadáván průtok o hodnotě $Q_5 - Q_{500}$ (viz obrázek č. 5), který odpovídal hodnotám hydrologických údajů z tabulky č. 5 – Morava pod Olšavou, snížen o hodnoty Q_5 , Q_{20} z profilu Olšava – ústí a profilu Dlouhá řeka – ústí (viz obrázek č. 7).

Na horní hranici modelované oblasti (model III) byl zadáván průtok o hodnotě $Q_5 - Q_{500}$ (viz obrázek č. 6), který odpovídal hodnotám hydrologických údajů z Tab. 5 – Morava – Strážnice vodočet, snížen o hodnoty Q_5 , Q_{20} z profilu Okluky - ústí (viz obrázek č. 7).

Výsledné dopočítané hodnoty, které byly použity jako horní okrajové podmínky do modelu, jsou v tabulce č. 12 - 14.

Tab. č. 12 Použité horní okrajové podmínky do modelu I

Vodní tok	Q_{500} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{20} ($m^3.s^{-1}$)	Q_5 ($m^3.s^{-1}$)
Morava	514,2	650,8	816,5	992,5

Tab. č. 13 Použité horní okrajové podmínky do modelu II

Vodní tok	Q_{500} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{100} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{20} (m ³ .s ⁻¹)	Q_5 (m ³ .s ⁻¹)
Morava	836,8	656,2	555,7	416,3
Olšava	174,3	174,3	105,0	105,0
Dlouhá řeka	20,6	20,6	10,1	10,1

Tab. č. 14 Použité horní okrajové podmínky do modelu III

Vodní tok	Q_{500} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{100} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{20} (m ³ .s ⁻¹)	Q_5 (m ³ .s ⁻¹)
Morava	891,1	750	628,8	504,7
Okluky	40,0	40,0	20,3	20,3

Jako dolní okrajová podmínka byla v modelu použita poloha hladiny v dolním profilu zájmového úseku (viz obrázek č. 4, 5, 6). Výšková úroveň hladiny při jednotlivých povodňových scénářích byla zadána na základě 1D+ hydrodynamických výpočtů (viz kapitola 3.3.4) Tyto hodnoty jsou zapsány v tabulce č. 15 - 17.

Tab. č. 15 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu I

DOP ₅₀₀ (m. n. m)	DOP ₁₀₀ (m. n. m)	DOP ₂₀ (m. n. m)	DOP ₅ (m. n. m)
178,90	178,54	177,96	177,28

Tab. č. 16 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu II

DOP ₅₀₀ (m. n. m)	DOP ₁₀₀ (m. n. m)	DOP ₂₀ (m. n. m)	DOP ₅ (m. n. m)
175,60	175,40	175,12	174,71

Tab. č. 17 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu III

DOP ₅₀₀ (m. n. m)	DOP ₁₀₀ (m. n. m)	DOP ₂₀ (m. n. m)	DOP ₅ (m. n. m)
170,91	170,66	170,39	170,08

Hodnoty okrajových podmínek v případě řešení povodňového nebezpečí na přítocích řeky Moravy byly zadány na základě tabulky č. 5 a obrázku č. 7, (tabulka č. 18, 19, 20).

Tab. č. 18 Horní okrajové podmínky použité při řešení povodňového nebezpečí na přítocích, model I

Vodní tok	Q_{500} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{100} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{20} (m ³ .s ⁻¹)	Q_5 (m ³ .s ⁻¹)
Olšava	418,6	280,0	174,3	105
Morava	555,7	555,7	416,3	416,3

Tab. č. 19 Horní okrajové podmínky použité při řešení povodňového nebezpečí na přítocích, model II

Vodní tok	Q_{500} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{100} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{20} (m ³ .s ⁻¹)	Q_5 (m ³ .s ⁻¹)
Dlouhá řeka	76,3	41,8	20,6	10,1
Morava	555,7	555,7	416,3	416,3

Tab. č. 20 Horní okrajové podmínky použité při řešení povodňového nebezpečí na přítocích, model III

Vodní tok	Q_{500} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{100} (m ³ .s ⁻¹)	Q_{20} (m ³ .s ⁻¹)	Q_5 (m ³ .s ⁻¹)
Okluky	162,5	84	40	20,3
Morava	555,7	555,7	416,3	416,3

Hodnoty dolních okrajových podmínek byly voleny na základě polohy hladiny ve vodním toku Morava, vždy pod soutokem přítoku s Moravou (viz tabulka č. 21, 22, 23). Výšková úroveň hladiny při jednotlivých povodňových scénářích byla zadána na základě 1D+ hydrodynamických výpočtů (viz kapitola 3.3.4). Jednalo se o polohu hladiny v řece Moravě pro scénář Q_5 , případně Q_{20} , viz obrázek č. 7.

Tab. č. 21 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu přítoku Olšavy

DOP ₅₀₀ (m. n. m)	DOP ₁₀₀ (m. n. m)	DOP ₂₀ (m. n. m)	DOP ₅ (m. n. m)
176,77	176,77	176,19	176,19

Tab. č. 22 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu přítoku Dlouhé řeky

DOP ₅₀₀ (m. n. m)	DOP ₁₀₀ (m. n. m)	DOP ₂₀ (m. n. m)	DOP ₅ (m. n. m)
175,12	175,12	174,71	174,71

Tab. č. 23 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku modelu přítoku Okluky

DOP ₅₀₀ (m. n. m)	DOP ₁₀₀ (m. n. m)	DOP ₂₀ (m. n. m)	DOP ₅ (m. n. m)
173,87	173,87	173,27	173,27

Pro všechny modely přítoků platí následující zadání dolních okrajových podmínek (DOP). V případě DOP₅₀₀ se jednalo o polohu hladiny v Moravě při průtoku s dobou opakování 20 let. V případě DOP₁₀₀ se jednalo o polohu hladiny v Moravě při průtoku s dobou opakování 20 let. V případě DOP₂₀ se jednalo o polohu hladiny v Moravě při průtoku s dobou opakování 5 let. V případě DOP₅ se jednalo o polohu hladiny v Moravě při průtoku s dobou opakování 5 let.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Počáteční podmínky byly zadány ve formě úrovně hladiny v modelu na počátku simulace proudění tak, aby náhradní oblast řešení byla zcela zatopena. Tato úroveň byla volena zhruba na úrovni hladiny při ustáleném rovnoměrném proudění v horním profilu modelované oblasti. Tímto bylo zabezpečeno dostatečné zaplavení koryta vodního toku na začátku simulací.

Pouze při průtoku Q_5 byly voleny počáteční podmínka tak, aby voda byla přítomna jen v korytě. Tedy ve formě konstantní hloubky vody po celé délce koryta.

Tab. č. 24 Hodnoty počátečních podmínek pro jednotlivé N-leté průtoky, model I

PP ₅₀₀ (m. n. m)	PP ₁₀₀ (m. n. m)	PP ₂₀ (m. n. m)	PP ₅ (m)
188,0	187,0	186,0	6,1

Tab. č. 25 Hodnoty počátečních podmínek pro jednotlivé N-leté průtoky, model II

PP ₅₀₀ (m. n. m)	PP ₁₀₀ (m. n. m)	PP ₂₀ (m. n. m)	PP ₅ (m)
185,0	184,0	183,0	7,5

Tab. č. 26 Hodnoty počátečních podmínek pro jednotlivé N-leté průtoky, model III

PP ₅₀₀ (m. n. m)	PP ₁₀₀ (m. n. m)	PP ₂₀ (m. n. m)	PP ₅ (m)
180,0	179,0	178,0	7,0

Počáteční podmínky při řešení byly zadány obdobným způsobem jako v případě řešení povodňového nebezpečí v Moravě. Hodnoty počátečních podmínek pro řešení Olšavy a Dlouhé řeky jsou uvedeny v tabulce č. 25. Hodnoty počátečních podmínek pro Okluky jsou uvedeny v tabulce č. 26.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Zhodnocení vstupních dat z hlediska možných nejistot a úplnosti.

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

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

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

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

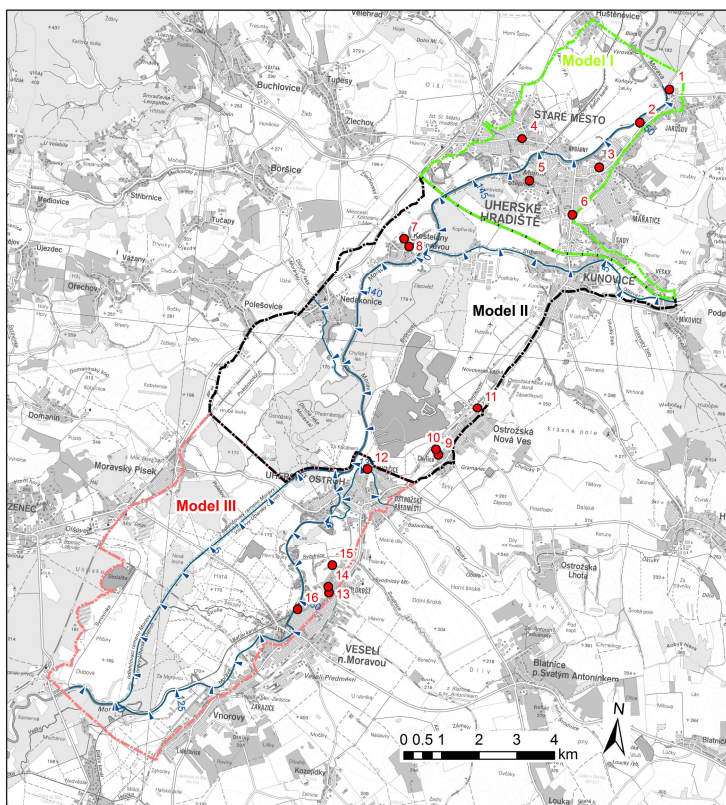
Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N-letých vodách nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou tedy posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady - tedy současné platné se porovnávají s historickými i „nedávno minulými“. Rozptyl hodnot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

Nejistota spočívá i ve 2D zvoleném modelovém řešení velmi komplikované oblasti v úseku modelu III (Uherský Ostroh – Vnorovy). Nad tímto úsekem se nachází na pravém břehu lužní lesy, kde se dá předpokládat určitá transformace povodňových průtoků a dále se v této oblasti nachází celá řada slepých ramen, odlehčovací rameno Moravy, plavební komory a jezové konstrukce. Popis 2D modelem již nemusí být dostačující.

5.3 Popis kalibrace modelu

Pro kalibraci modelu byla využita dostupná data o povodni z července 1997. K dispozici byl seznam povodňových značek, který je zapsán v tabulce č. 4. Několik takto zaznamenaných povodňových značek bylo porovnáno s hodnotami namodelovanými pomocí programu TELEMAT. Vybrány byly značky v korytě i mimo koryto v levém i pravém inundačním území modelovaného prostoru. Kalibrace probíhala na každém modelu (model I, II, III – obrázek č. 2) samostatně.

Obr. č. 8 Povodňové značky z července 1997 použité pro kalibraci modelu



Umístění jednotlivých značek použitých pro kalibraci modelu je na obrázek č. 8. V tabulce č. 27 - 29 jsou porovnány změřené a namodelované hodnoty, společně s popisem umístění této značky v prostoru modelu

Modelové výstupy (poloha hladiny vody) byly kalibrovány na povodňovou událost z roku 1997, kdy v oblasti prošla vlna s kulminací odpovídající v oblasti *modelu I, III* události s dobou opakování 500 let, v oblasti *modelu II* Q_{100} . Kulminační průtok z této události byl stanoven na hodnotu $900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (viz kapitola 2.2). Průtok s dobou opakování 500 let je v oblasti *modelu I* na hodnotě $992,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tzn. je cca o 10% vyšší než hodnota průtoku v roce 1997. V oblasti *modelu II* je hodnota stoletého průtoku $830,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tedy cca o 9% nižší než hodnota průtoku v roce 1997. V oblasti *modelu III* je hodnota pětisetletého průtoku $992,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tedy cca o 10% vyšší než hodnota průtoku v roce 1997.

Stanovené povodňové stopy, získané během této události, mohou být také nadhodnoceny z důvodu tzv. hystereze měrné křivky. Hystereze způsobuje, že nejvyšší dosažená hladina není za kulminačního průtoku, ale za průtoku o něco nižšího (při poklesu povodňové vlny). Současně má vliv na polohu zaznamenaných hladin plávi, příčné stavby a jiné konstrukce, které lokálně zdouvávají hladinu. Z těchto důvodů tedy mohou být povodňové značky o něco výše než hladina za kulminačního průtoku během průchodu vlny

Z výsledků jsou patrné rozdíly mezi zaznamenanými a modelovanými hodnotami. Rozdíly se pohybují v průměru do 30 cm, lokálně je tato hodnota překročena. I přes výše zmíněné rozdíly v kalibraci, lze s přihlédnutím k veškerým nejistotám konstatovat, že modelový výpočet je v poměrně přesné shodě s událostí roku 1997.

Tab. č. 27 Porovnání povodňových značek z události v roce 1997 a namodelovaných hodnot v programu TELEMAC, pro značky zobrazené na obrázku č. 8, model I

číslo	souřadnice (S-JTSK)		úroveň hladiny (m. n. m)			poznámka
	x	y	značka	model	rozdíl (m)	popis umístění v modelu
1	-534776,50	-1178839,45	180,87	181,09	0,22	inundační území (v blízkosti hráze)
2	-535561,40	-1179707,47	180,51	180,72	0,21	inundační území (v blízkosti hráze)
3	-536641,11	-1180918,07	180,44	180,60	0,16	levobřežní inundační území
4	-538687,73	-1180142,60	180,44	180,59	0,15	pravobřežní inundační území
5	-538490,33	-1181267,36	178,45	178,99	0,55	levobřežní inundační území
6	-537349,62	-1182175,84	179,86	179,97	0,11	levobřežní inundační území

Tab. č. 28 Porovnání povodňových značek z události v roce 1997 a namodelovaných hodnot v programu TELEMAC, pro značky zobrazené na obrázku č. 8, model II

číslo	souřadnice (S-JTSK)		úroveň hladiny (m. n. m)			poznámka
	x	y	značka	model	rozdíl (m)	popis umístění v modelu
7	-541816,49	-1182812,20	177,95	178,11	-0,16	pravobřežní inundační území
8	-541684,95	-1183019,33	177,94	178,10	-0,16	inundační území (v blízkosti hráze)
9	-540908,82	-1188566,70	175,87	175,87	0,00	levobřežní inundační území
10	-540973,59	-1188423,97	175,82	175,45	0,37	levobřežní inundační území
11	-539871,19	-1187316,86	175,55	175,46	0,09	levobřežní inundační území

Tab. č. 29 Porovnání povodňových značek z události v roce 1997 a namodelovaných hodnot v programu TELEMAC, pro značky zobrazené na obrázku č. 8, model III

číslo	souřadnice (S-JTSK)		úroveň hladiny (m. n. m)			poznámka
	x	y	značka	model	rozdíl (m)	popis umístění v modelu
12	-542791,89	-1188940,61	175,71	175,48	-0,23	inundační území (v blízkosti hráze)
13	-543812,26	-1192222,09	173,51	173,76	0,25	levobřežní inundační území
14	-543831,67	-1192069,59	173,60	173,75	0,15	levobřežní inundační území
15	-543722,97	-1191499,13	173,62	173,76	0,14	levobřežní inundační území
16	-544644,58	-1192662,86	173,49	173,68	0,19	levobřežní inundační území

6 Výstupy z modelu

Rozsah rozlivů, rychlosti proudění a hloubek vody pro vodní tok Morava, jakožto vstupy pro vytvoření map povodňového nebezpečí, byly modelovány použitím 2D matematického modelu TELEMAC, který řeší proudění metodou konečných prvků s využitím rovnic mělkého proudu. Síť pro modelování byla sestavena v programu BlueKenue. Popis koncepčního modelu je v kapitole 4 a popis numerického modelu v kapitole 5. Výstupy z hydrodynamického modelu byly rychlosti proudění, hloubky vody, batymetrie modelované oblasti a volná hladina. Výsledková data byla vyexportována do formátu *.shp a dále byla využitím programu ArcGIS zpracována do podoby map povodňového nebezpečí.

Levostranné přítoky Olšava, Okluky a pravostranný přítok Dlouhá řeka byly modelovány v prostředí TELEMAC s využitím výpočetní sítě a nakalibrovaného modelu řeky Moravy. Výsledky byly exportovány do formátu *.shp a dále s využitím programu zpracovány do podoby map povodňového nebezpečí.

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

Záplavové čáry pro jednotlivé povodňové scénáře byly stanoveny jako maximální obálka hranic rozlivů z vodního toku Morava a levostranných přítoků Olšava a Okluky a pravostranného přítoku Dlouhá řeka.

Vodní tok Morava

V řešeném území se v inundačním území nachází příčné stavby. Hlavní překážky bránící přirozenému odtoku vody inundačním územím je železnice přes Moravu v km 146,624. Těleso komunikace je na násypu, proto ani při průtoku s dobou opakování 500 let nedojde k jeho přelítí. Další významnou komunikací ovlivňující proudění vody v inundačních prostorech je silniční komunikace E50, která protíná řeku Moravu v km 144,131. Tato komunikace vzdouvá vodu směrem proti proudu k Uherskému Hradišti, k jejímu přelítí nedojde. Voda se v případě průtoků s nízkou pravděpodobností výskytu dostává do prostoru pod silniční komunikací pouze inundačními propustky. Při průtocích s dobou opakování sto a více let dosahuje rozliv v místech komunikace E50 šířky až přes 3,5 km.

Směrem po proudu se rozšiřuje rozliv v levobřežní inundaci, kde při průtocích s dobou opakování sto let a více zaplavuje i přilehlá jezera u Ostrožské Nové Vsi. V tomto prostoru je v levobřežní inundaci rozliv Q_{100} omezen železniční tratí (spojující mj. obce Uherský Ostroh – Ostrožská Nová Ves). Při rozlivu Q_{500} dochází k přelítí železniční tratě. V pravobřežní inundaci je rozlivem s dobou opakování sto a více let zasažena obec Nedakonice. Směrem po proudu je v pravobřežní inundaci rozliv omezen železniční tratí (spojující mj. obce Moravský Písek – Staré Město), nicméně v části je úroveň železniční trati překonána rozlivem s dobou opakování 500 let.

Další příčnou stavbou omezující proudění v inundačních prostorech je komunikace č. 495. Koruna komunikace je překonána pouze v případě rozlivu Q_{500} a to v části dlouhé cca 1,3 km, v pravé inundaci mezi řekou Moravou a bezejmennou vodotečí. Pod zmíněnou komunikací dosahují rozlivy šířky okolo 5 km. V km 128,900 protíná řeku Moravu silniční komunikace č. 54. Tato komunikace se nachází na násypu a při povodňových průtocích nedojde k jejímu přelítí. Poslední příčnou stavbou ovlivňující proudění vody v inundačních prostorech řeky Moravy je železniční násyp trati (spojující mj. obce Bzenec – Veselí). Před tratí dojde ke vzdutí vodní hladiny, k přelítí ovšem nedojde.

V dolní části řešeného úseku je v pravobřežní inundaci rozliv s dobou opakování 500 let omezen železniční tratí spojující Strážnici a Veselí nad Moravou. V levobřežní inundaci je rozliv omezen terénní hranou až za vodním tokem Syrovinka.

Přítoky Olšava, Dlouhá řeka, Okluky

Vodní tok Olšava je levostranným přítokem Moravy (km 142,377). V řešeném území protéká mezi zemědělskými plochami a územím obce Kunovice. Při průtoku s dobou opakování 5 let voda nevybřeží z koryta. Průtok s dobou opakování 20 let způsobuje rozliv v km 6,255 – 4,000. Pravobřežně i levobřežně zaplavuje stávající zástavbu. Od km 3,000 až po soutok s Moravou je patrný rozliv na pravém břehu Olšavy až pod silniční komunikací E50. V tomto prostoru se rozliv z Olšavy spojí s rozlivem z Moravy. Rozlivy způsobené scénáři s dobou opakování 100

a 500 let vybřežují z vodního toku od km 7,325 a pravobřežně i levobřežně postupují směrem k soutoku s Moravou. Na levém i pravém břehu dochází k zaplavení jak zemědělsky obdělávaných ploch, tak i zástavby.

Vodní tok Dlouhá řeka je pravostranným přítokem Moravy (km 137,955). V řešeném úseku se na pravém i levém břehu nachází souvislá zástavba obce Nedakonice. Povodňový průtok s dobou opakování 5 let nevybřeží v obci z koryta. K zaplavení zemědělských ploch dojde až pod obcí. Rozliv způsobený událostí s dobou opakování 20 let zaplaví zemědělské plochy pod obcí Nedakonice, v obci nedojde k překonání úrovně břehových hran. Rozlivy s dobou opakování 100 a 500 let způsobí zaplavení obce Nedakonice, větší plocha rozlivu vznikne na levém břehu toku.

Vodní tok Okluky je levostranným přítokem Moravy (km 133,150). V řešeném úseku protéká vodní tok územím Ostrožské Předměstí a v jižní části Uherského Ostroha ústí do řeky Moravy. Při průtoku s dobou opakování 5 a 20 let nedojde k vybřežení i z důvodu ohrázování vodního toku. Povodně s vyšší dobou opakování (100, 500 let) způsobí rozsáhlý rozliv jak na pravém, tak i na levém břehu. Současně se dá předpokládat spojení rozlivu s rozlivem řeky Moravy.

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

Vodní tok Morava

Hloubky v korytě řeky Moravy dosahují při průtoku s dobou opakování 5 let hodnot v intervalu od 5,0 m do 7,0 m. V pravobřežním rozlivu v km 137,700 až po oddělení proudu z řeky Moravy do odlehčovacího ramene se vyskytují hloubky okolo 0,2 m. Lokálně, v místě lužního lesa, dosahují hodnot 1,0 m. Hloubky při průtoku s dobou opakování 20 let dosahují maxim v korytě řeky Moravy, konkrétně pod jezem Kunovský les (přes 8,0 m). Maximální hloubky se pro scénář s dobou opakování 100 let vyskytují v korytě. Hodnoty se pohybují v intervalu od 6,0 do 8,0 m. V inundačních prostorách se maxima (lokálně okolo 3,0 – 4,0 m) vyskytují před příčnými stavbami (silniční a železniční komunikace...), případně v oblasti jezer u Ostrožské Nové Vsi, či slepých ramen. Výrazné hloubky se také vyskytují v pravobřežní inundaci v oblasti lužního lesa (km 134,000 – 138,000) a dále na soutoku odlehčovacího ramene Moravy a koryta řeky Moravy (hloubky do 3,0 m). Při scénáři s dobou opakování 500 let se maximální hloubky vyskytují v korytě řeky Moravy. Hodnoty hloubek se zde vyskytují v intervalu od 6,0 m do 9,0 m. V zaplavených zastavěných oblastech se hodnoty hloubek pohybují v intervalu 0,1 m do 3,0 m.

Přítoky Olšava, Dlouhá řeka, Okluky

Hloubky ve vodním toku Olšava se pohybují při průtoku Q_5 nejčastěji v intervalu od 3,5 m do 4,0 m. Lokálně přesahují hodnoty 4,5 m. Hloubky při Q_{20} se pohybují v intervalu od 3,5 m do 5,5 m. Lokálně přesahují hodnoty 5,7 m. Při scénáři s dobou opakování 100 let dosahují hloubky lokálních maxim okolo 6,0 m. V oblasti zástavby na levém i pravém břehu se hodnoty hloubek pohybují do 1,0 m, lokálně dosáhnou hodnoty 1,5 m. Hloubky při průtoku Q_{500} dosahují maxim v korytě při soutoku s řekou Moravou. Hodnoty se zde vyskytují v intervalu od 5,5 m do 6,2 m. Hloubky vody v zastavěných oblastech lokálně překročí 1,8 m.

Hloubky ve vodním toku Dlouhá řeka se pohybují při průtoku Q_5 nejčastěji v intervalu od 1,5 m do 2,0 m. Pod obcí Nedakonice (zemědělské plochy) se hloubky v rozlivech pohybují nejčastěji do 0,5 m, lokálně, např. ve slepém rameni překročí hodnotu 1,0 m. Hloubky při Q_{20} se pohybují v intervalu od 1,5 m do 2,0 m. Lokálně přesahují hodnoty 2,5 m. Hloubky v korytě se při scénáři s dobou opakování 100 let pohybují do 2,0 m. V oblasti zaplavené zástavby jsou hloubky zpravidla do 0,5 m, lokálně dosahují hodnot 1,0 m. Hloubky při průtoku Q_{500} dosahují maxim v dolní části toku. Hodnoty se zde vyskytují v intervalu od 2,0 m do 2,5 m. Hloubky vody v zastavěných oblastech lokálně překročí 1,5 m.

Hloubky ve vodním toku Okluky se pohybují při průtoku Q_5 nejčastěji v intervalu od 2,0 m do 2,5 m. Lokálně přesahují hodnoty 3,0 m. Hloubky při Q_{20} se pohybují v intervalu od 2,0 m do 2,5 m. Lokálně přesahují hodnoty 3,5 m. Hodnoty hloubek vody při scénáři Q_{100} se lokálně převyšují hodnoty 4,5 m. Hloubky v oblasti zaplavené zástavby na levém břehu se pohybují pod hranicí 1,0 m, lokálně, v místě terénních sníženin, dosahují hodnot okolo 2,0 m. Hloubky při průtoku Q_{500} dosahují maxim při soutoku s řekou Morava. Hodnoty se zde vyskytují v intervalu od 4,0 m do 4,5 m. Hloubky vody v zastavěných oblastech lokálně překročí 2,0 m.

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

Vodní tok Morava

Rychlosti v korytě řeky Moravy dosahují při průtoku s dobou opakování 5 let hodnot v intervalu od 1,0 do 1,8 m.s^{-1} . Lokálně se vyskytují rychlosti vyšší, např. v místě rozdělení proudu do koryta Moravy a odlehčovacího ramene, okolo 2,5 m.s^{-1} . Při průtoku s dobou opakování 20 let se rychlosti v korytě pohybují nejčastěji v intervalu od 1,5 m.s^{-1} do 2,0 m.s^{-1} . Lokálně se vyskytují rychlosti vyšší (nad 2,3 m.s^{-1}), např. pod rozdělovacím objektem vodní elektrárny ve Veselí nad Moravou. Při průtoku s dobou opakování 100 let se rychlosti v korytě řeky Moravy pohybují v intervalu od 1,5 m.s^{-1} do 2,0 m.s^{-1} . Při průtoku s dobou opakování 500 let se rychlosti v korytě řeky Moravy pohybují v intervalu od 1,5 m.s^{-1} do 2,5 m.s^{-1} .

Přítoky Olšava, Dlouhá řeka, Okluky

Nejvyšší rychlosti ve vodním toku Olšava se nachází při scénáři s dobou opakování 500 let. Hodnoty se pohybují v intervalu od 1,5 m.s^{-1} do 3,5 m.s^{-1} . Při průtocích s vysokou mírou pravděpodobnosti výskytu (doba opakování 5, 20 let) se rychlosti pohybují v intervalu od 1,0 m.s^{-1} do 2,0 m.s^{-1} . Na soutoku s řekou Moravou dochází k ovlivnění rozlivem z Moravy, a proto jsou hodnoty rychlostí v blízkosti vodního toku Olšavy částečně zkresleny.

Ve vodním toku Dlouhá řeka se rychlosti při scénářích s dobou opakování 100 a 500 let pohybují v intervalu od 0,5 m.s^{-1} do 2,5 m.s^{-1} . V zastavěné oblasti se rychlosti pohybují do 0,5 m.s^{-1} , lokálně dosahují hodnot 1,5 m.s^{-1} . Při scénářích s dobou opakování 5, 20 let se rychlosti pohybují do 2,0 m.s^{-1} .

Maximální rychlosti ve vodním toku Okluky se nachází při scénáři s dobou opakování 500 let. Hodnoty se pohybují v intervalu od 1,0 m.s^{-1} do 3,0 m.s^{-1} . V zastavěné oblasti se rychlosti pohybují do 1,0 m.s^{-1} , lokálně dosahují hodnot 1,5 m.s^{-1} . Při scénářích s dobou opakování 5, 20 let se rychlosti pohybují do 2,0 m.s^{-1} . Na soutoku s řekou Moravou dochází k ovlivnění rozlivem z Moravy, a proto jsou hodnoty rychlostí v blízkosti vodního toku Okluky částečně zkresleny.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Jedním z nejdůležitějších faktorů při uvažování nejistot jsou nejistoty způsobené vstupními daty. Jedná se o přesnost zaměření terénu, volba Manningova součinitele drsnosti, aktuální stav koryta a inundačního území za povodně (morfologické změny způsobené povodňovou vlnou). Také nejistoty stanovení N-letých průtoků se odvíjí od jejich třídy přesnosti podle ČHMÚ a také podle jejich aktuálnosti, neboť hodnoty nejsou konstantní v čase, ale neustále se mění s ohledem na nově získané záznamy průtokových událostí. Více viz kapitola 5.2.5.

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

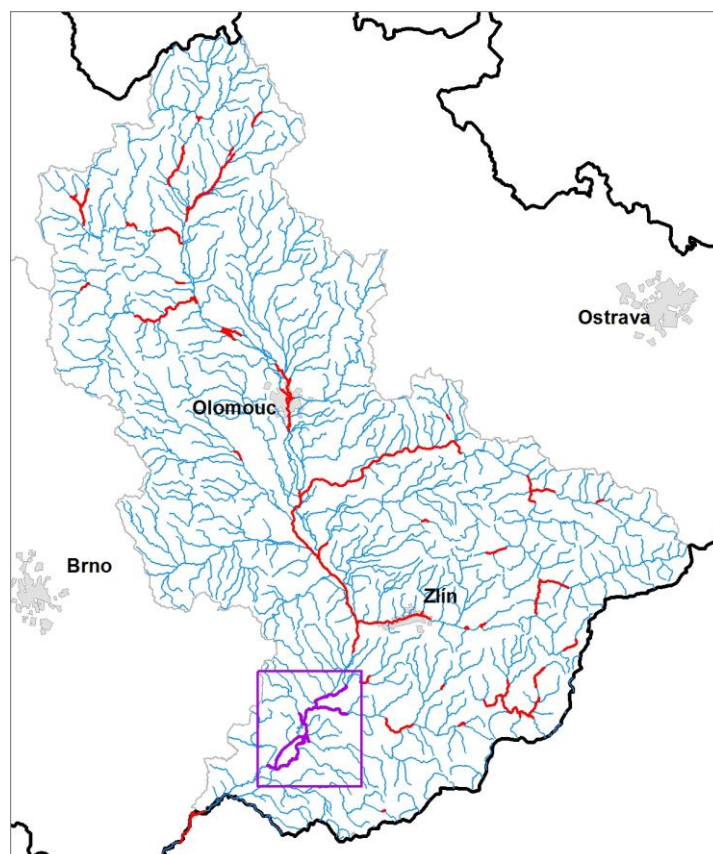
OLŠAVA – 10100083_1 (PM-46) - Ř. KM 0,000 – 7,450

ODLEH. RAMENO – 10101064_1 (PM-47) - Ř. KM 0,000 – 9,338

MORAVA – 10100003_2 (PM-49) - Ř. KM 133,911 – 163,735

OKLUKY – 10100150_1 (PM-50) - Ř. KM 0,000 – 3,404

DLOUHÁ ŘEKA – 10100226_1 (PM-81) - Ř. KM 0,362 – 1,995





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

Subdodavatel:



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

Zpracovatel posudku:



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

Posudek zpracoval:

Prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

Vedoucí ústavu:

Prof. Ing. Jan Šulc, CSc.

V Brně, říjen 2013

Obsah:

1	Cíle a předmět posudku	5
2	Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů	5
2.1	Topografická data	5
2.1.1	Mapové podklady.....	5
2.1.2	Geodetické podklady	5
2.1.3	Digitální model terénu (DMT).....	5
2.2	Hydrologická data	6
2.2.1	Základní hydrologická data (ČSN 75 1400).....	6
2.2.2	Diskuze se staršími hydrol. daty, nejistoty	6
2.3	Výkresová dokumentace.....	6
2.3.1	Situace.....	6
2.3.2	Příčné řezy.....	6
2.3.3	Podélné řezy.....	6
2.3.4	Výkresy objektů	6
2.3.5	Fotodokumentace	6
2.4	Místní šetření	6
2.4.1	Rozsah	6
2.4.2	Soulad zjištěných skutečností s ostatními dostupnými podklady.....	6
2.5	Stávající hydraulické výpočty	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 (OP, PP).....	7
3.1.3	Použité programové vybavení	8
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.....	9
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 se realizuje 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 oponenta zahrnuje tyto činnosti:

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

Cílem je stručně zhodnotit relevantnost použitých podkladů z pohledu kompletnosti a způsobu zpracování v oblasti s významným povodňovým rizikem (PM – 46, Olšava, ř. km 0,000 – 7,450; PM – 47, Odlehčovací rameno, ř. km 0,000 – 9,338; PM – 49, Morava, ř. km 133,911 – 163,735; PM – 50, Okluky, ř. km 0,000 – 3,404; PM – 81, Dlouhá řeka, ř. km 0,362 - 1,995).

2 Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů

2.1 Topografická data

Topografická data jsou popsána v kapitole 3.3.1, [1]. Jedná se o popis tvorby DMT, mapové podklady a geodetické zaměření.

2.1.1 Mapové podklady

Mapové podklady jsou vyhovující.

2.1.2 Geodetické podklady

Kapitola 3.3.1, [1] obsahuje informace o pozemním zaměření vodního toku Morava a jejich přítoků, včetně zpracovatele a data zaměření. Geodetické podklady jsou vyhovující.

2.1.3 Digitální model terénu (DMT)

Popis digitálního modelu terénu a jeho tvorba jsou uvedeny v kapitole 3.3.1, [1]. Součástí je podrobný popis tvorby, použití softwarového nástroje, typy a formáty podkladových dat pro tvorbu DMT. Popis tvorby DMT je vyhovující.

2.2 Hydrologická data

Využívaná hydrologická data jsou popsána v kapitole 3.3.2, [1]. Uvedeny jsou hodnoty N -letých průtoků včetně třídy přesnosti [2].

2.2.1 Základní hydrologická data (ČSN 75 1400)

Data jsou uvedena v tab. č. 5 N -leté průtoky (Q_N) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v kapitole 3.3.2, [1].

2.2.2 Diskuze se staršími hydrol. daty, nejistoty.

V rámci kapitoly 3.3.2, [1] je uvedena tab. č. 6 Starší hodnoty N -letých průtoků (Q_N) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [3]. Komentář rozdílů hodnot mezi aktuálními hydrologickými daty a daty staršími je v zásadě vyhovující, neobsahuje nicméně kvantifikaci odchylek, které činí pro Q_{100} cca 20%.

2.3 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace je k nahlédnutí v digitální podobě u zhotovitele zprávy [1].

2.3.1 Situace

Situace obsahuje příčné řezy vodního toku Morava včetně přítoků. Součástí situace je i popis objektů. Rozsah, resp. šířka příčných řezů neodpovídá dokumentaci příčných řezů. Z toho vyplývá, že příčné řezy v situaci slouží pouze k prostorové lokalizaci.

2.3.2 Příčné řezy

Součástí příčných řezů je poloha hladiny pro vybrané N -leté průtoky. Rozsah příčných řezů je volen s ohledem na předpokládané odtokové poměry.

2.3.3 Podélné řezy

Podélné řezy obsahují výškové uspořádání zájmového území včetně průběhu hladin pro vybrané N -leté průtoky a dále staničení objektů nacházejících se v řešeném území toku.

2.3.4 Výkresy objektů

Součástí dokumentace obsahující příčné řezy je i výškové uspořádání objektů na toku, včetně průběhu hladin pro vybrané N -leté průtoky.

2.3.5 Fotodokumentace

Dle kapitoly 3.3.3, [1] byla fotodokumentace pořízena v rámci terénního průzkumu, který provedli pracovníci Pöry Environment a.s. v září a říjnu 2012. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} .

2.4 Místní šetření

Dle kapitoly 3.3.3, [1] proběhlo místní šetření v září a říjnu 2012.

2.4.1 Rozsah

Rozsah místního šetření byl proveden s ohledem na technické objekty na toku, inundační území a citlivé objekty v záplavovém území Q_{500} .

2.4.2 Soulad zjištěných skutečností s ostatními dostupnými podklady

V kapitole 3.3.3, [1] je uvedeno, že v řešených úsecích byly oproti stávajícím podkladům zaznamenány odlišné parametry stávajících, případně nových konstrukcí. Tato skutečnost vyplývá i z faktu, že se v části zájmového území Uherské Hradiště projevuje realizace nových protipovodňových opatření.

Současně je doplněno doporučení k zopakování výpočtu po aktualizaci stávajících geodetických podkladů.

Ke kapitole nejsou připomínky.

2.5 Stávající hydraulické výpočty

2.5.1 Dostupné dokumenty a jejich účel

V kapitole 3.3.4, [1] je popsán numerický 1D+ model [4]. Je zmíněna jeho dimenzionalita, rozsah řešení, vstupní podklady a zpracovatel.

2.5.2 Aktuálnost, přesnost výstupů

S ohledem na kapitolu 3.3.4, [1], kdy záplavová území vodního toku Olšava byla vypočtena v roce 2010, vodní tok Morava je průběžně aktualizován, lze konstatovat, že výstupy těchto stávajících numerických modelů jsou aktuální a je možné je při řešení využít. Záplavová území toku Dlouhá řeka a Okluky měly vzhledem k roku pořízení pouze informativní charakter.

2.5.3 Využitelnost dokumentů

S ohledem na kapitolu 3.3.4, [1], kdy záplavová území vodního toku Olšava byla vypočtena v roce 2010, vodní tok Morava je průběžně aktualizován, lze konstatovat, že výstupy těchto stávajících numerických modelů jsou aktuální a je možné je při řešení využít. Záplavová území toku Dlouhá řeka a Okluky měly vzhledem k roku pořízení pouze informativní charakter.

2.6 Podklady pro kalibraci modelu

2.6.1 Relevantní povodňové epizody

Průběhy historických povodní jsou popsány v kapitole 2.2, [1]. Jednalo se o povodně v červenci roku 1997 a květnu a červnu 2010.

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

Hodnoty hloubek vody, průtoků a dosažených dob opakování událostí byly stanoveny pro povodňovou událost z července roku 1997.

2.6.3 Přesnost získaných údajů - vazba na přesnost hydraulického modelu

I přes nejistoty, které se váží ke stanovení povodňových značek v záplavovém území, lze tato data využít pro následnou kalibraci modelu.

3 Zhodnocení věcné správnosti postupu při hydraulickém výpočtu

3.1 Konceptní model

Popis konceptního modelu je uveden v kapitole 4, [1].

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

Schematizace řešeného problému včetně vstupních předpokladů je uvedena v kap. 4.1, [1] a obsahuje obrázky č. 2 – 6, které poměrně přesně popisují složitost řešení. Použití 2D modelu je adekvátní. Při řešení nebyly uvažovány přítoky, které výrazně neovlivní výsledné hodnoty povodňového rizika v zastavěných oblastech. Při zavedení výše zmíněného zjednodušení byl zohledněn hlavní účel práce. Posouzení vlivu nestacionarity proudění obsahuje kapitola 4.2, [1]. Ke kapitole nejsou připomínky.

3.1.2 Způsob zadání okrajových a počátečních podmínek (OP, PP)

Zadání OP a PP je popsáno v kapitole 4.3 dle [1]. V textu je informace o dolní a horní OP a dále počáteční podmínce (PP).

3.1.3 Použité programové vybavení

Popis použitého programového vybavení TELEMAT 2D je předmětem kapitoly 5.1, [1]. Současně je uveden i manuál, který je k dispozici u zhotovitele. Jde o standardní komerční produkt pro řešení 2D úloh mělkého proudu.

3.2 Hydrodynamický model

Popis hydrodynamického modelu je uveden v kapitole 5, [1].

3.2.1 Prostorová diskretizace

Popis prostorové diskretizace je uveden v kapitole 5.2, [1]. Pro účely zadání se jeví jako dostačující.

3.2.2 Okrajové a počáteční podmínky

Hodnoty okrajových podmínek jsou popsány v kapitole 5.2.3, 5.2.4, [1]. Pro účely zadání se jeví jako dostačující.

3.2.3 Vstupní parametry modelu

Vstupní parametry modelu jsou popsány v kapitole 5.2, [1]. Pro účely zadání se jeví jako dostačující.

3.2.4 Kalibrace a verifikace modelu

Popis kalibrace modelu je uveden v kapitole 5.3, [1].

Pro účely zadání se jeví jako dostačující.

3.2.5 Zhodnocení nejistot

Nejistoty jsou zhodnoceny v kapitole 5.2.5, [1].

4 Zhodnocení výsledků hydraulických výpočtů

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

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

4.1 Zhodnocení způsobu vyhodnocení výstupů

Vyhodnocení výstupů numerického modelu bylo provedeno v prostředí ArcGIS [1].

4.2 Zhodnocení rozsahu výstupů

Rozsah výstupů odpovídá zadání.

4.3 Zhodnocení správnosti výstupů

4.3.1 Podélné profily, hladina

Průběh vypočtené polohy hladiny v podélném řezu odpovídá daným podmínkám.

4.3.2 Příčné řezy - vazba koryto – inundace

Pro účely zadání se jeví jako dostačující.

4.3.3 Hydraulika objektů

Přijátá zjednodušení lze při zohlednění účelu zadání považovat za adekvátní.

4.3.4 Interpretace výsledků

Interpretace výsledků modelového řešení do map nebezpečí byla provedena standardními postupy s využitím prostředků GIS.

5 Závěry a doporučení

5.1 Souhrnné zhodnocení

Práce [1] plně splnila svůj účel. Byla provedena soudobými technologiemi při zajištění a zdůvodnění použitých podkladů.

5.2 Doporučení

Je zřejmé, že rozsah záplavových území odpovídá použitým vstupním datům. Vzhledem k situaci, že geodetické zaměření bylo provedeno v roce 2000 a současně probíhá v zájmovém území realizace protipovodňového opatření, je vhodné zaktualizovat geodetické zaměření dle skutečného stavu a výpočet po dokončení realizace PPO zopakovat. Rovněž po významnějších úpravách hodnot N-letých průtoků se doporučuje provést aktualizaci výpočtu, obvykle jde o období 5 let.

6 Podklady

- [1] 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 na vodním toku **MORAVA v km 133,911 – 163,735, na vodním toku OLŠAVA v km 0,000 – 7,450, na vodním toku OKLUKY v km 0,000 – 3,404, na vodním toku DLOUHÁ ŘEKA v km 0,362 – 1,995 a na odlehčovacím rameni Moravy v km 0,000 – 9,338**. VÚV TGM, v.v.i. 07/2013.
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970
- [4] Numerický 1D+ model Moravy, Olšavy, Okluky, Dlouhé řeky a odlehčovacího ramene Moravy, MIKE 11, Povodí Moravy, s.p. 2000, průběžná aktualizace, (2002, 2003).