



ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKY VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

MORAVA – 10100003_4 (MOV_04-01) - Ř. KM 226,124 – 261,154

MLÝNSKÝ POTOK – 10100426_1 (MOV_04-02) - Ř. KM 0,000 – 4,861

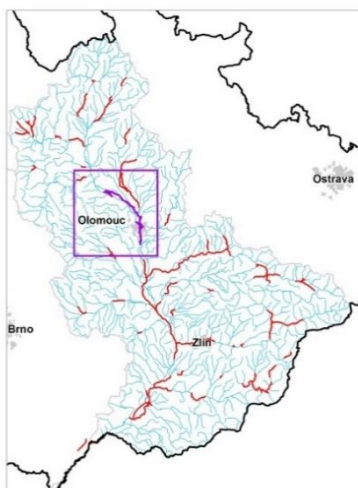
BYSTRICE – 10100053_1 (MOV_04-03) - Ř. KM 0,000 – 0,710

TRUSOVICKÝ POTOK – 10100157_1 (MOV_04-04) - Ř. KM 0,000 – 1,262

EL. NÁHON – 10219466_1 (MOV_04-05) - Ř. KM 0,000 – 1,815

STRUSKA – 10107099_1 (MOV_04-06) - Ř. KM 0,000 – 2,910

MLÝNSKÝ POTOK – 10100426_1 (MOV_04-07) - Ř. KM 7,690 – 11,970



SRPEN 2019





ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

MORAVA – 10100003_4 (MOV_04-01) - Ř. KM 226,124 – 261,154

MLÝNSKÝ POTOK – 10100426_1 (MOV_04-02) - Ř. KM 0,000 – 4,861

BYSTRČICE – 10100053_1 (MOV_04-03) - Ř. KM 0,000 – 0,710

TRUSOVICKÝ POTOK – 10100157_1 (MOV_04-04) - Ř. KM 0,000 – 1,262

EL. NÁHON – 10219466_1 (MOV_04-05) - Ř. KM 0,000 – 1,815

STRUSKA – 10107099_1 (MOV_04-06) - Ř. KM 0,000 – 2,910

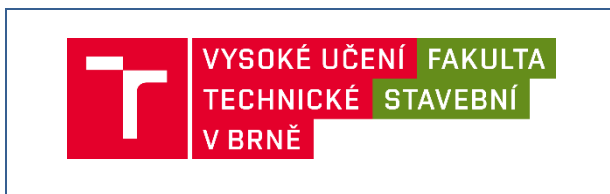
MLÝNSKÝ POTOK – 10100426_1 (MOV_04-07) - Ř. KM 7,690 – 11,970

Pořizovatel:



Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 932/11
602 00 Brno

Zhotovitel:



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:

1	Základní údaje	5
1.1	Seznam zkratk a symbolů	5
1.2	Cíle prací	5
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	6
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů	13
3.1	Topologická data	14
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	14
3.1.2	Mapové podklady	14
3.1.3	Geodetické podklady	14
3.2	Hydrologická data	15
3.3	Místní šetření	16
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	16
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	16
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	17
4	Popis koncepčního modelu	18
4.1	Schematizace řešeného problému	18
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	19
4.3	Způsob zadávání OP a PP	19
5	Popis numerického modelu	21
5.1	Použité programové vybavení	21
5.2	Vstupní data numerického modelu	21
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	21
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	25
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	25
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	26
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	26
5.3	Popis kalibrace modelu	27
6	Výsledky	29
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	29
6.1.1	Kulminační průtok průtok Q_5	29
6.1.2	Kulminační průtok průtok Q_{20}	29
6.1.3	Kulminační průtok průtok Q_{100}	30
6.1.4	Kulminační průtok průtok Q_{500}	30
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	30

6.2.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	30
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	31
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	31
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	31

Přílohy

Posudek hydraulického výpočtu

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tab. č. 1 Seznam zkratk 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
DMR5G	Digitální model reliéfu 5. generace
GIS	Geografický informační systém
LG	Limnigraf (vodočet)
MVE	Malá vodní elektrárna
OP	Okrajová podmínka
ORP	Obec s rozšířenou působností
OsVPR	Předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
PPO	Protipovodňová opatření
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_4 (MOV_04-01) - Ř. KM 226,124 – 261,154, MLÝNSKÝ POTOK – 10100426_1 (MOV_04-02) - Ř. KM 0,000 – 4,861, BYSTRICE – 10100053_1 (MOV_04-03) - Ř. KM 0,000 – 0,710, TRUSOVICKÝ POTOK – 10100157_1 (MOV_04-04) - Ř. KM 0,000 – 1,262, EL. NÁHON – 10219466_1 (MOV_04-05) - Ř. KM 0,000 – 1,815, STRUSKA – 10107099_1 (MOV_04-06) - Ř. KM 0,000 – 2,910, MLÝNSKÝ POTOK – 10100426_1 (MOV_04-07) - Ř. KM 7,690 – 11,970** 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“ [XIV].

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

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

1.3 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 ustáleného proudění.
4. Zpracování výsledků do podoby map povodňového nebezpečí, které budou výchozím podkladem pro následnou rizikovou analýzu záplavového území.

K řešení bude použit spřažený 1D/2D hydrodynamický model obsažený v programovém vybavení HEC-RAS 5.0.7.

2 Popis zájmového území

V zájmovém území se nacházejí následující řešené úseky vodních toků (viz Tab.č. 2):

- MOV_04-01 Morava (Tážaly – Litovel v km 226,124 – 261,154),
- MOV_04-02 Mlýnský potok (v Olomouci od ústí s Moravou v km 0,000 – 4,861),
- MOV_04-03 Bystřice (od ústí po železniční most v km 0,000 – 0,710),
- MOV_04-04 Trusovický potok (od ústí po železniční most v km 0,000 – 1,262),
- MOV_04-05 elektrárenský náhon (v k.ú. Litovel v km 0,000 – 1,815),
- MOV_04-06 Struska (od ústí po Litovel v km 0,000 – 2,910),
- MOV_04-07 Mlýnský potok (Chořetice – Víška v km 7,690 – 11,970).

Tab. č. 2 Základní informace o řešených úsecích toků

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100003_4	MOV_04-01	Morava	226,124 – 261,154	4-10-03-006 4-10-03-005 4-10-03-021 4-10-03-083 4-10-03-085 4-10-03-091 4-10-03-113 4-10-03-115/1 4-10-03-115/5
10100426_1	MOV_04-02	Mlýnský potok	0,000 – 4,861	4-10-03-014 4-10-03-010
10100053_1	MOV_04-03	Bystřice	0,000 – 0,710	4-10-03-112/2
10100157_1	MOV_04-04	Trusovický potok	0,000 – 1,262	4-10-03-090
10219466_1	MOV_04-05	elektrárenský náhon	0,000 – 1,815	4-10-03-005
10107099_1	MOV_04-06	Struska	0,000 – 2,910	4-10-03-014
10100426_1	MOV_04-07	Mlýnský potok	7,690 – 11,970	4-10-03-014 4-10-03-010

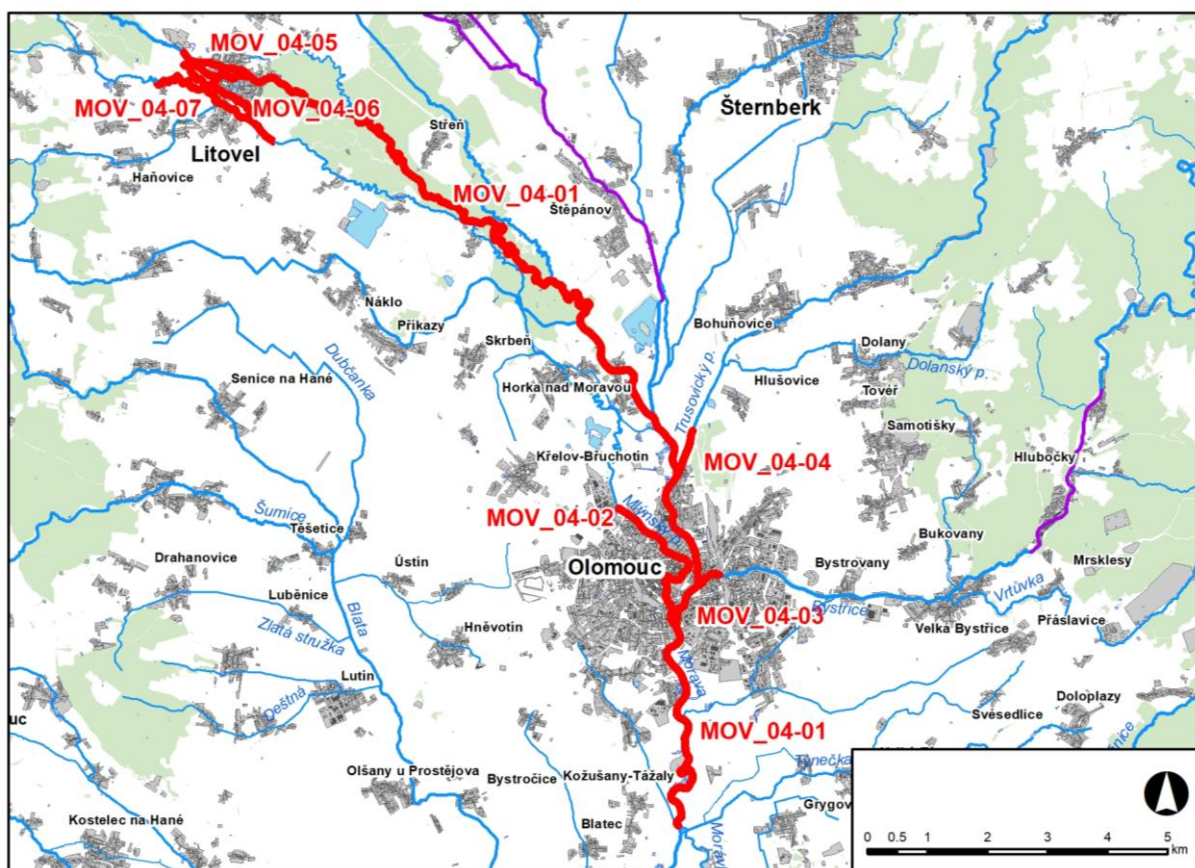
Kilometráž uvedená v názvu úseku MOV_04-01 (viz Tab.č. 2) se liší od kilometráže používané při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik. Kilometráž uvedená u názvu úseku vychází z podkladu „Seznam oblastí s významným povodňovým rizikem pro II. plánovací cyklus“ [XVII] a bude v rámci projektu používána jen jako identifikátor úseku.

V celém projektu bude používána kilometráž, která vychází z projektové dokumentace a geodetických měření [16, 34-40]. V Tab.č. 3 je uvedeno srovnání staničení dle [XVII] a dle podkladů [16, 34-40].

Tab. č. 3 Srovnání staničení používaného v projektu a staničení dle [XVII] a [16, 34-40]

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle [XVII]	Staničení používané v projektu
Morava (MOV_04-01)	226,124 – 261,154	226,330 – 262,422
Mlýnský potok (MOV_04-02)	0,000 – 4,861	0,000 – 4,861
Bystřice (MOV_04-03)	0,000 – 0,710	0,000 – 0,710
Trusovický potok (MOV_04-04)	0,000 – 1,262	0,000 – 1,262
elektrárenský náhon (MOV_04-05)	0,000 – 1,815	0,000 – 1,815
Struska (MOV_04-06)	0,000 – 2,910	0,000 – 2,910
Mlýnský potok (MOV_04-07)	7,690 – 11,970	7,690 – 11,970

Objekty na toku mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE), která slouží jako zavedený identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1. V zájmovém území nejsou významnější vodní plochy, kromě Chomoutovského jezera v severovýchodní části modelovaného území a dále několik menších bezejmenných rybníků. Trusovický potok, Bystřice a Mlýnský potok nemají v zájmových úsecích žádné významné přítoky.



Obr. č. 1 Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem

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. 2.

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 brázdu, 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. Celá oblast zájmového území leží v Olomouckém kraji a administrativně spadá pod ORP Litovel a Olomouc. Řešeno je celkem 6 následujících úseků toků.



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Moravy dle [13]

Úsek 10100003_4 (MOV_04-01), Morava

V řešeném úseku (viz Obr.č. 1) protéká řeka Morava těmito katastrálními územími: Nové zámky, Litovel, Střeň, Hynkov, Štěpánov, Brezce, Horka nad Moravou, Chomoutov, Černvír, Hejčín, Lazce, Klášterní Hradisko, Olomouc-

město, Hodolany, Nové sady u Olomouce, Holice u Olomouce, Nemilany a Kožušany. V zájmovém území je 18 mostů, 6 lávek pro pěší, 6 jezů a 2 potrubní lávky. Úsek Moravy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10100443_1 (MOV_04-02), Mlýnský potok

Mlýnský potok je jeden z nejdelších náhonů Moravy dlouhý cca 36,3 km. Náhon začíná nad Litovlí a do Moravy se vrací v Olomouci. V řešeném úseku (viz Obr.č. 1) protéká Mlýnský potok katastrálními územími: Víska u Litovle, Nasobůrky, Litovel, Chořelice a Rozvadovice. V zájmovém území jsou 4 mosty, 3 lávky a jeden jez. Úsek Mlýnského potoka v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10100053_1 (MOV_04-03), Bystřice

Bystřice je levostranný přítok Moravy (viz Obr.č. 1), do které se vlévá v Olomouci. V řešeném úseku protéká Bystřice katastrálními územími Olomouc - město a Hodolany. V zájmovém území jsou 3 mosty a 1 lávka pro pěší. Úsek Bystřice v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s. p.

Úsek 10100157_1 (MOV_04-04), Trusovický potok

Trusovický potok je levostranným přítokem řeky Moravy (viz Obr.č. 1). Dolní část Trusovického potoka leží v inundaci řeky Moravy až po železniční most trati Olomouc – Česká Třebová. V řešeném úseku protéká Trusovický potok katastrálním územím Černovír. V zájmovém území je jeden most a úsek Trusovického potoka je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10219466_1 (MOV_04-05), elektrárenský náhon

Elektrárenský náhon (viz Obr.č. 1) slouží jako derivační kanál pro stávající funkční MVE. Vtokový objekt do elektrárenského náhonu je situován v km 262,07 řeky Moravy a je součástí pevného jezu s nasazenou klapkou a šterkovou propustí. V řešeném úseku protéká elektrárenský náhon katastrálním územím Litovel. V zájmovém úseku se nachází 5 mostů, 4 lávky, MVE, boční přeliv a jalová propust hrazená stavidlovými uzávěry. Elektrárenský náhon je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10107099_1 (MOV_04-06), Struska

V řešeném úseku (viz Obr.č. 1) 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 10100426_1 (MOV_04-07), Mlýnský potok

V řešeném úseku (Obr.č. 1) protéká Mlýnský potok katastrálním územím Hejčín, Lazce, Olomouc-město a Nové Sady u Olomouce. V zájmovém území je 9 mostů a 11 lávek pro pěší. Úsek Mlýnského potoka je ve správě Povodí Moravy, s. p.

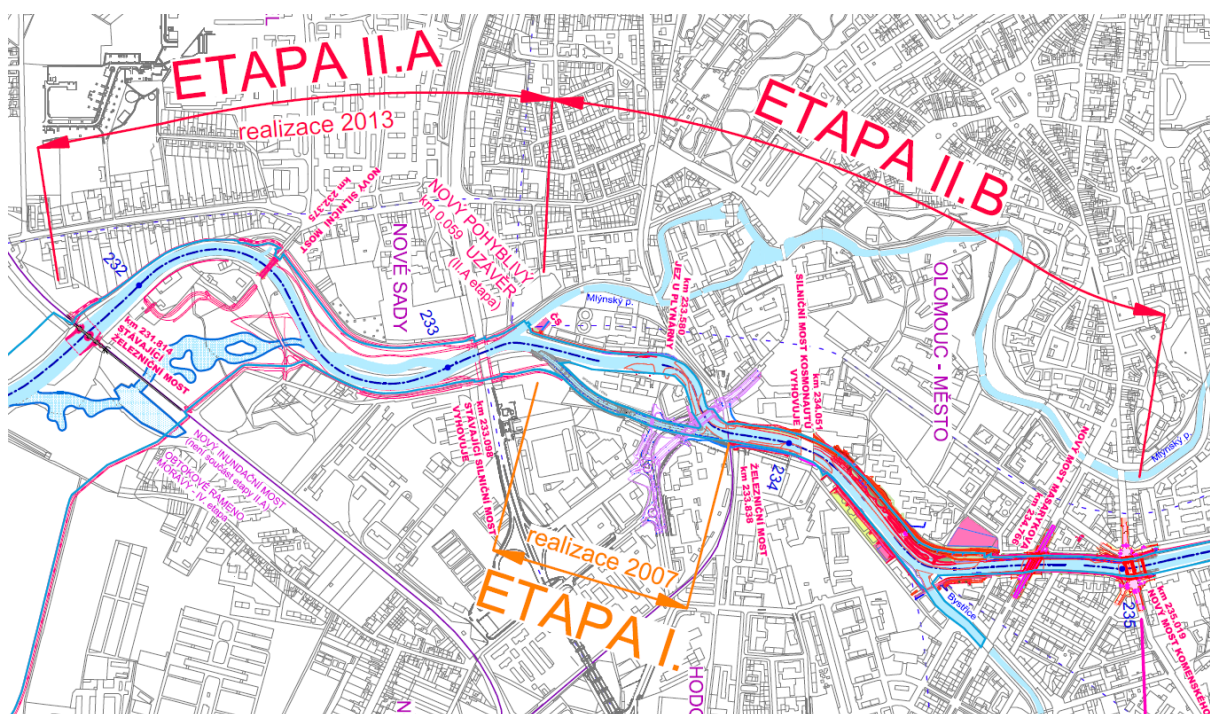
Oproti stavu uvažovanému v 1. plánovacím cyklu [41], [42] došlo v zájmovém území k podstatné změně spočívající v realizaci etap II.A a II.B nových protipovodňových opatření (PPO) v intravilánu města Olomouce [39], [40]. PPO zahrnují úpravu řeky Moravy mezi km 231,814 až km 235,019, tj. v celkové délce cca 3,2 km. Upravený úsek začíná u křižení Moravy s železniční trati Nezamyslice - Olomouc a končí nad mostem na Komenského ulici. Návrhová kapacita provedených opatření odpovídá dle dokumentace [38], [39] průtoku 650 m³/s.

Etapy II.A a II.B zahrnují následující soubor opatření (viz Obr.č. 3):

- vybudování ochranných hrází a nábrežních zdí v místech s nedostatečnou mírou ochrany,
- zvyšování stávajících hrází a rozšiřování berem (úsek u VŠ kolejí a pod ulicí Velkomoravská),
- místní prohrádky dna a odtěžení berem pod stávajícími mosty (most Velkomoravská),
- využití nezastavěného území pro řízenou levobřežní inundaci (lokalita "U rybářských stavů"),

- úpravy dna pod stávajícím železničním mostem na trati Olomouc - Nezamyslice,
- rozšíření nábreží mezi mosty na ul. Masarykova a Komenského,
- vybudování uzávěrového objektu na Mlýnském potoce v místě zaústění do Moravy,
- výstavba nových mostů s vyšší průtočnou kapacitou (mosty na ul. Masarykova a Komenského, most "U dětského domova"),
- opatření na kanalizační síti.

Uzávěrový objekt na Mlýnském potoce před zaústěním do Moravy není po realizaci etap II.A a II.B. dočasně plně funkční. Jeho zapojení do systému PPO bude možné až po realizaci etapy III., která zahrnuje vybudování čerpací stanice v místě uzávěrového objektu, a dále vybudování příčné hráze vč. druhého uzávěrového objektu na Mlýnském potoce v lokalitě Hejčín. Realizace PPO v etapách I., II.A a II.B tedy nezajišťuje kompletní ochranu intravilánu Olomouce v předmětném úseku. Návrhových parametrů PPO bude dosaženo až dokončením III. etapy. Ve fázi návrhu je dále vybudování PPO okrajových částí Olomouce - městské části Chomoutov a dolní části Nových Sadů.



Obr. č. 3 Situace PPO v rámci etap I., II.A a II.B na toku Morava v intravilánu města Olomouce [38 - 40]

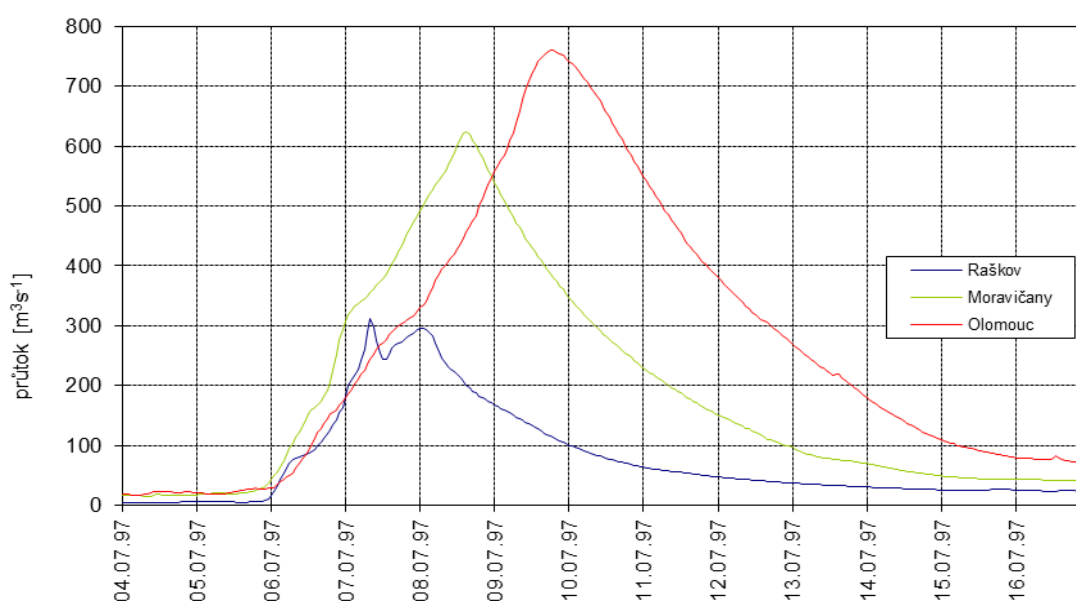
2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V následujícím textu je uveden popis průběhu vybraných povodňových událostí v zájmových lokalitách Litovel a Olomouc 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. 4. Kulminační průtok činil cca 625 m³/s. Zaplavena byla převážná část intravilánu města Litovel s výjimkou historického centra s náměstím. Zaznamenaný rozliv povodně 1997 byl součástí kalibračních podkladů [12] a [21].

V lednu 2003 byl dle [24] v limnigrafické stanici Moravičany zaznamenán vodní stav 381 cm odpovídající průtoku cca 207 m³/s [20]. Dle [19] došlo během této povodňové události k rozliti vody z Mlýnského potoka za Vískou. Dále hrozilo přelítí 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 [24], který odpovídá průtoku cca 253 m³/s [20]. Dle [19] 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 [12].

V červnu 2010 (viz Obr.č.6) byl v limnigrafické stanici Moravičany zaznamenán vodní stav 360 cm [24] odpovídající průtoku cca 177 m³/s [21]. Dle [19] 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 níže položené objekty 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.

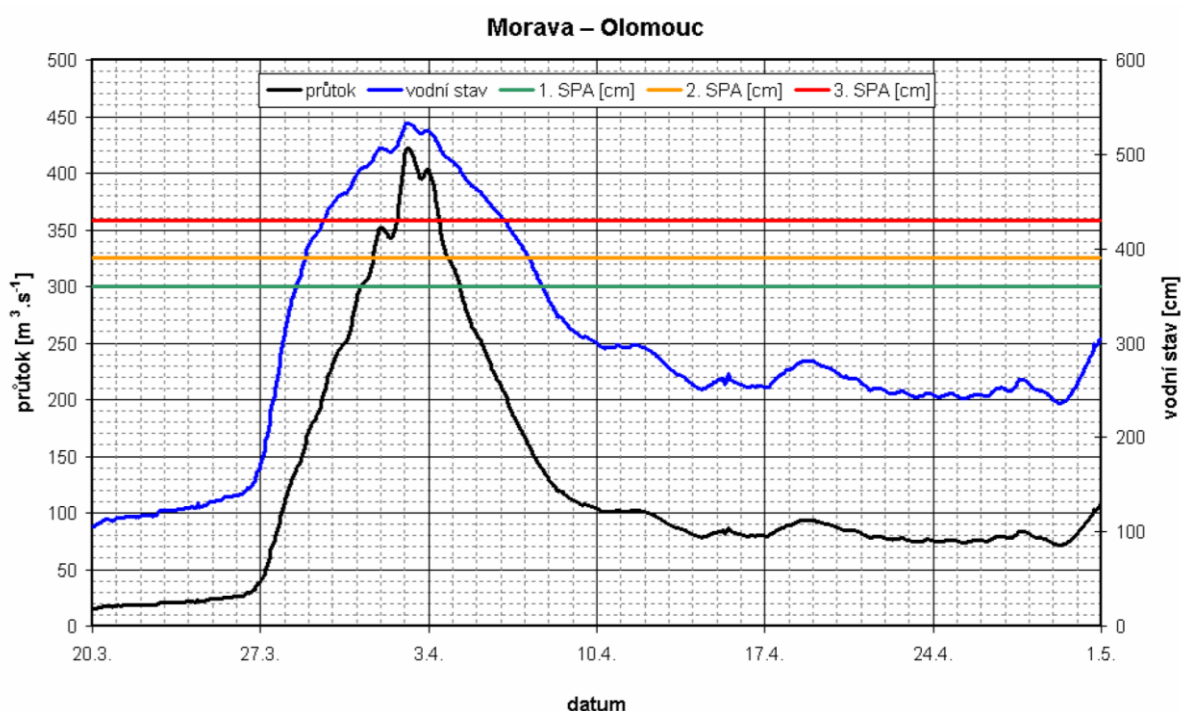


Obr. č. 4 Časový průběh průtoků v profilech Raškov, Moravičany a Olomouc během povodně 1997 dle [3]

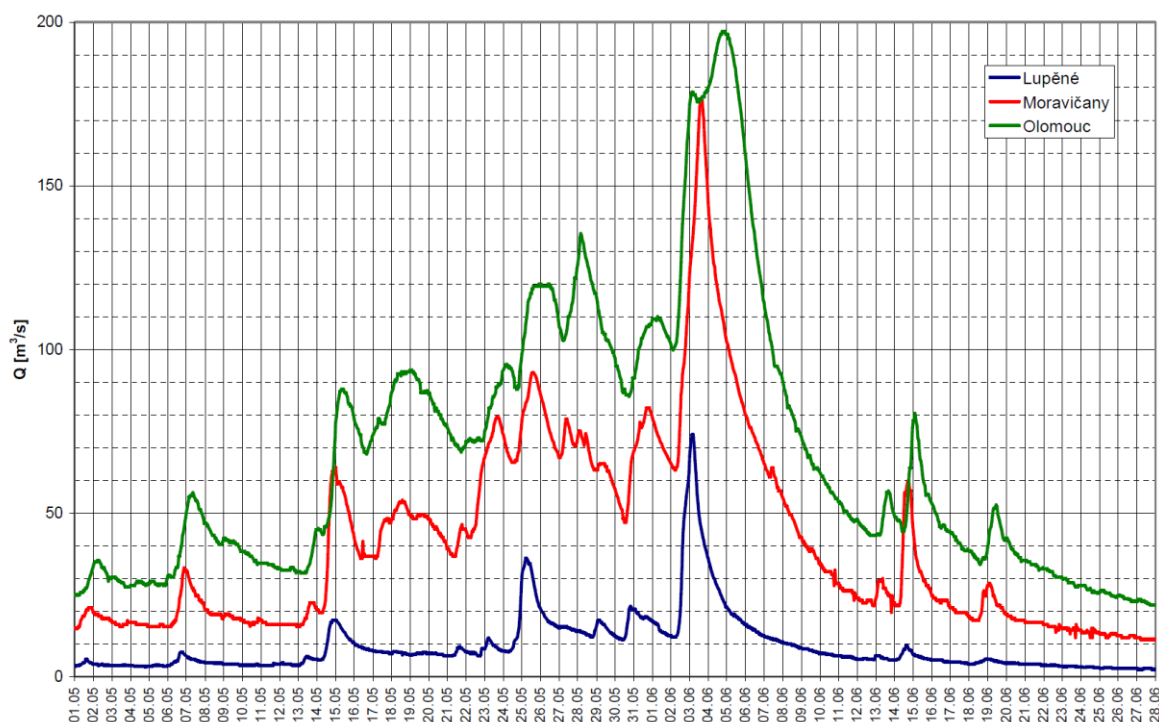
V oblasti Olomouce byly v daném období zaznamenány tři významnější povodňové události, a to v červenci roku 1997, dubnu 2006 a dále v červnu roku 2010. Povodeň v roce 1997 byla způsobena dvěma epizodami vydatných dlouhotrvajících srážek. V noci z 6. na 7. 7. byly překročeny stavy směřující pro vyhlášení III. SPA ve všech profilech střední a dolní Moravy. Extrémní povodňová vlna vytvořila souvislé záplavové území mimo koryto toku Moravy a ochranné hráze již vysoko nad Olomoucí. V úterý 8. června se řeka Morava začala rozlévat v Chomoutově, Černovíru a na Nových Sadech. V centru Olomouce voda protékala jen těsně pod mostem na Masarykově třídě. V noci dorazila do města hlavní povodňová vlna. V posuzovaném úseku bylo dosaženo kulminačního průtoku na řece Moravě cca 760 m³/s, který v současnosti odpovídá době opakování větší než N = 500 let.

Během jarní povodně v dubnu 2006 byl v limnigrafické stanici Olomouc - Nové Sady zaznamenán vodní stav cca 533 cm, kterému odpovídal průtok cca 422,3 m³/s (viz Obr.č. 5). Průběh povodňových událostí v oblasti Olomouce výrazně ovlivnilo porušení ohraných hrází, ke kterému došlo nad obcí Horka a v oblasti Černovíru. V důsledku zmiňovaného porušení ochranných hrází byly zaplaveny městské části Černovír, Chomoutov a obec Horka. V průběhu uvedené povodně proběhlo v Olomouci měření průtoků metodou ADCP, a to při vodním stavu 503 cm, kdy byl změřen průtok 350,2 m³/s [5]. Zaznamenaný rozliv povodně 2006 byl součástí kalibračních podkladů [12].

Povodeň v květnu až červnu 2010 nepředstavovala pro oblast Olomouce podstatné ohrožení. Dosažený kulminační průtok (viz Obr.č. 6) odpovídal době opakování menší než 5 let.



Obr. č. 5 Časový průběh průtoků v profilu Olomouc během povodně 2006 dle [5]



Obr. č. 6 Časový průběh průtoků v profilech Moravičany a Olomouc během povodně 2010 dle [7]

3 Přehled podkladů

Řešení vycházelo primárně z níže uvedených podkladů shromážděných v rámci 1. plánovacího cyklu [41, 42], které byly ve spolupráci se státním podnikem Povodí Moravy a zadavatelem Aquatis, a.s. v rámci 2. plánovacího cyklu doplněny o následující data:

- dokumentace nově realizovaných PPO [38, 39, 40],
- aktuální hydrologické údaje [26],
- digitální model reliéfu 5. generace (DMR5G) [8],
- manipulační řady pro dotčené objekty [27-31],
- dokumentace železničních mostů [32-33],
- aktualizovaná verze metodiky [XIV],
- seznam oblastí s významným povodňovým rizikem pro 2. plánovací cyklus [XVII] a standardizační minimum [XV] upravené pro účely 2. plánovacího cyklu,
- místní šetření [25].

- [1] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [2] Souhrnná zpráva o povodňové situaci v povodí Moravy a Dyje v červenci; Povodí Moravy s.p., 1997.
- [3] Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997, Ministerstvo životního prostředí, 1997.
- [4] Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, Ministerstvo životního prostředí, 12/2003.
- [5] Zpráva o hydrologickém vyhodnocení jarní povodně v roce 2006 na území ČR, ČHMÚ.
- [6] Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území české republiky, Ministerstvo životního prostředí, 12/2009.
- [7] Souhrnná zpráva o povodňové situaci v povodí Moravy a Dyje květen – červen 2010, Povodí Moravy s.p., 8/2010.
- [8] Digitální model reliéfu 5. generace zájmové oblasti (DMR 5G). ČÚZK, Praha 2019.
- [9] Rastrová základní mapa 1 : 10 000 (RZM 10). ČÚZK. Praha, 2019.
- [10] Ortofotomapy zájmového území. ČÚZK, Praha, 2019
- [11] Základní báze geografických dat ZABAGED - polohopis., ČÚZK, Praha 2019.
- [12] Rozlivy historických povodní 1997, 2006, 2010 pro povodí Moravy v digitální podobě ve formátu *.shp. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [13] Plán oblasti povodí Moravy; Pöyry Environment a.s. Brno; 12/2009.
- [14] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu listopadu 2012. Pöyry Environment a.s., Brno.
- [15] Manipulační řád pro VH uzel Litovel na řece Moravě v km 262,07. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2007.
- [16] Soubor geodetických měření Morava - Litovel – archiv Pöyry Environment a.s. Brno, 2013.
- [17] Vypočtené polohy hladin pomocí 1,5 D 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.
- [18] Hydrologické údaje pro akci 3A12188 Tvorba map povodňových nebezpečí a povodňových rizik pro oblast povodí Moravy a pro oblast povodí Dyje. 20. 3. 2013.
- [19] Digitální povodňový plán Města Litovel a ORP Litovel, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., březen 2012.
- [20] Měrná křivka limnigrafu v profilu Olomouc - Nové Sady na toku Morava. ČHMÚ. prosinec 2018.
- [21] Soubor povodňových značek pro oblast Litovel z roku 1997 – formát *.shp, Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [22] Hranice záplavových území pro kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} – formát *.shp, Povodí Moravy, s.p. Brno, 2013.
- [23] Územně plánovací dokumentace obcí v zájmovém území zpracovaná do digitálních formátů *.pdf, *.dwg, *.dgn, *.shp. Aquatis a.s., Brno, 2019.
- [24] Evidenční list hlásného profilu č.310 (Moravičany). ČHMÚ, 2019.
- [25] Místní šetření v zájmové lokalitě v období května - července 2019. FAST, VUT v Brně, Brno 2019
- [26] Hydrologické údaje pro oblasti s významným povodňovým rizikem v 2. plánovacím cyklu. Předáno zadavatelem Aquatis, a.s. na základě podkladů ČHMÚ ve formátu *.xls. Brno, 2018.
- [27] Manipulační řád pro jez Hynkov na řece Moravě v km 251,136. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2015.
- [28] Manipulační řád pro jez na obtokovém kanále na obtoku řeky Moravy v Olomouci v km 0,280. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2007

- [29] Manipulační řád pro vodohospodářský uzel Olomouc. Povodí Moravy, s.p. Brno. červen 2008.
- [30] Manipulační řád pro jez Římice řeky Moravy v km 268,00. Povodí Moravy, s.p. Brno, 2006
- [31] Manipulační řád pro jez a MVE Tážaly řeky Moravy v km 226,330. Magistrát města Olomouce, odbor životního prostředí, Olomouc, 2017
- [32] Výkresová dokumentace železničních mostů v obci Litovel. Správa železniční dopravní cesty, 2019.
- [33] Výkresová dokumentace železničních mostů v obci Olomouc. Správa železniční dopravní cesty, 2019.
- [34] Soubor geodetických měření Bystřice. Povodí Moravy, s.p. 2012.
- [35] Soubor geodetických měření Mlýnský potok. Povodí Moravy, s.p. 2013.
- [36] Soubor geodetických měření Trusovický potok. Povodí Moravy, s.p. 2012.
- [37] Soubor geodetických měření Morava - Olomouc. Povodí Moravy, s.p. 2003
- [38] Morava, Olomouc - zvýšení kapacity koryta II. A etapa, dokumentace pro stavební povolení a dokumentace skutečného provedení stavby, Pöyry Environment a.s. Brno; 2/2010; 10/2013.
- [39] Morava, Olomouc - zvýšení kapacity koryta II. B etapa, dokumentace provedení stavby, Pöyry Environment a.s. Brno; 3/2016.
- [40] Morava, Olomouc - zvýšení kapacity koryta I. A etapa, dokumentace pro realizaci stavby, Pöyry Environment a.s. Brno; 4/2006.
- [41] 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 – 1,962, STRUSKA – 10219458_1 (PM-10) - Ř. KM 0,000 – 0,943, MLÝNSKÝ POTOK – 10100443_1 (PM-11) - Ř. KM 7,690 – 11,586. Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje. VUT v Brně. Brno, 2013.
- [42] B. Technická zpráva – Hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí. TRUSOVICKÝ P. – 10100157_1 (PM-3) - Ř. KM 0,000 – 1,262, MORAVA – 10100003_4 (PM-4) - Ř. KM 226,352 – 243,353, BYŠTŘICE – 10100053_1 (PM-5) - Ř. KM 0,000 – 0,710, MLÝNSKÝ P. – 10100426_1 (PM-6) - Ř. KM 0,000 – 4,861. Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje. VÚV T.G.M. Brno, 2013.
- [43] Evidenční list hlásného profilu č.314a (Hynkov). ČHMÚ, 2019.

3.1 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem informací, který jsou potřebné pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí těchto dat je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programů ESRI ArcGIS a QGIS. Model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s nezbytným přesahem. Podkladem pro vytvoření DMT byla data z DMR5G [8], geodetických podkladů [16, 34-37] a výkresové dokumentace [38-40]. Přesnost výsledného DMT byla verifikována srovnáním s dostupnými geodetickými podklady v místech s podstatným vlivem na průtočné poměry (břehové hrany vodních toků, úrovně koruny ochranných hrází, násypy dopravních komunikací atd.). Výsledný DMT byl zpracován ve formátu TIFF s velikostí pixelu $0,5 \times 0,5$ m, předpokládanou přesností výškových údajů 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu, souřadnicovém systému S-JTSK a výškopisném systému Balt po vyrovnaní.

3.1.2 Mapové podklady

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.

3.1.3 Geodetické podklady

Geodetické podklady převzaté z dokumentace [16, 34-37] zahrnovaly tachymetrická zaměření dílčích oblastí zájmového území a dále příčné a podélné profily zájmových úseků toků. Zaměření zájmových úseků

elektrárenského náhonu a Strusky bylo součástí souboru podkladů [16]. Jednalo se o značně různorodá data, a to z hlediska původu, doby vzniku i formátu. Dále bylo k dispozici geodetické zaměření toku Morava a dokumentace PPO [38-40]. Vzdálenost zaměřených profilů toků se pohybovala v rozmezí cca 20 m až 200 m. Aktuálnost poskytnutých dat byla prověřena v rámci místního šetření v zájmové lokalitě [25].

3.2 Hydrologická data

Aktuální informace o N-letých průtocích dle [26] jsou uvedeny v Tab.č. 4. Obecně hodnoty N-letých průtoků nejsou v čase konstantní. K aktualizaci hydrologických údajů dochází průběžně, k výraznějším změnám pak zpravidla po větších povodních. Starší hydrologická data dle [1] a [18] jsou uvedena v Tab.č. 5.

Tab. č. 4 Aktuální hodnoty N-letých průtoků (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
MOV_04	Morava - pod Třebůvkou (cca km 272,650)	2018	-	225	336	479	640	II.	[26]
MOV_04	Morava - nad Oskavou (cca km 239,400)	2018	-	228	340	484	645	II.	[26]
MOV_04	Morava – pod Trusovickým potokem (cca km 237,740)	2018	-	233	347	500	670	II.	[26]
MOV_04	Morava – Nové Sady vodočet (cca km 232,467)	2018	-	258	384	551	735	I.	[26]
MOV_04	Trusovický potok - ústí (km 0,000)	2018	-	19,2	29,3	43,2	65	III.	[26]
MOV_04	Bystřice - ústí (km 0,000)	2018	-	34,7	52,5	76,4	115	II	[26]

Tab. č. 5 Starší hodnoty N-letých průtoků (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
MOV_04	Trusovický potok - ústí	1970	0,1	13,0	25,0	50,0		-	[1]
MOV_04	Morava – Nové Sady vodočet	1970		298,0	406,0	470,0		-	[1]
MOV_04	Bystřice - ústí	1970	0,2	73,0	102,0	130,0		-	[1]
MOV_04	Morava – pod Nivkou	2013	-	225	336	480	-	II.	[18]
MOV_04	Morava – pod Třebůvkou	2013	-	-	-	-	640	-	[18]
MOV_04	Trusovický potok - ústí	2013	0,1	19,2	29,3	43,2	65		[18]
MOV_04	Morava - nad Oskavou	2013		228	340	484	645		[18]
MOV_04	Morava – pod Trusovickým potokem	2013		233	347	500	670		[18]
MOV_04	Morava – Nové Sady vodočet	2013		258	384	551	735		[18]
MOV_04	Bystřice - ústí	2012	0,2	34,7	52,4	76,5	115		[18]

3.3 Místní šetření

Místní šetření [25] byla realizována pracovníky FAST, VUT v Brně v období května až července 2019. V rámci těchto šetření byly ověřovány zejména změny v zájmovém území, ke kterým došlo v období od realizace hydraulických výpočtů v 1. plánovacím cyklu v roce 2013 [41, 42], a které mohou mít podstatný vliv na průtočné poměry. V této souvislosti se jednalo zejména o ověření rozsahu PPO Olomouce, dále proběhlo upřesnění údajů o morfologii terénu a objektech v ZÚ, které mají zásadní vliv na průchod povodňových průtoků v daném území. Během místního šetření byla pořízena fotodokumentace a provedena lokální geodetická měření metodou GPS RTK. Předmětem zaměření byly výškové úrovně silničních mostů na vodním toku Morava a výškové úrovně koruny ochranných zídek v lokalitách Lazce a Černovic.

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

Výchozím podkladem pro realizaci hydraulických výpočtů byla rovněž dokumentace a vlastní hydrodynamické modely vytvořené pro zájmové úseky toků v rámci 1. plánovacího cyklu [41, 42]. Hydrodynamické modely dle [41, 42] nepokrývají celou zájmovou oblast vymezenou v rámci 2. plánovacího cyklu a dále byly zpracovány s použitím různého programového vybavení a odlišné schematizace (spřažený 1D/2D model TUFLOV a 2D model TELEMAT). V oblasti Olomouce navíc došlo podstatným změnám v průtočných poměrech souvisejících s realizací PPO. Z uvedených důvodů byl v rámci 2. plánovacího cyklu zpracován kompletně nový model pro celou zájmovou oblast a s použitím programového vybavení HEC-RAS ve verzi 5.0.7 (viz kap. 4 a 5).

Z dalších podkladů se jednalo zejména o:

- manipulační řady vodních děl [15, 27-31],
- dokumentaci historických povodní [12, 19, 20, 21, 24],
- koncepční dokumenty [13],
- územně plánovací dokumentaci [23].

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Pro zpracování hydraulických výpočtů byly využity následující předpisy. U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

- [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 řady 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 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [XII] Vyhláška č. 178/2012 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. Brno, 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 zvládání povodňových rizik (verze 5.0). Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 16.3. 2012). Praha. 12/2011.

- [XVII] Seznam oblastí s významným povodňovým rizikem pro 2. plánovací cyklus 2007/60/ES - Příloha 5. Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 20.6. 2018). Praha. 2018.
- [XVIII] Zpracování map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik - pilotní projekt v soutokových oblastech. Povodí Vltavy. Praha, červenec 2011.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Rozsah dat použitých pro hydraulické výpočty odpovídal území vymezenému v rámci 1. plánovacího cyklu [41, 42] a rozšířenému o úseky toků specifikované v 2. plánovacím cyklu [XVII]. Zásadní úpravy byly provedeny především u digitálního modelu terénu (viz kap. 3.1.1), který byl vytvořen v rozšířeném rozsahu dle [XVII] a na základě podstatně přesnějších podkladů DMR5G [8]. Do DMT byly dále zapracovány změny morfologie terénu související s realizací PPO Olomouc dle [38, 39, 40]. Kvalita a rozsah dostupných podkladů odpovídají aktuálním požadavkům na realizaci hydraulických výpočtů pro účely vytvoření map povodňového nebezpečí a povodňových rizik.

4 Popis koncepčního modelu

Zájmové území, které bylo předmětem modelového řešení, zahrnovalo souvislý úsek toku Moravy mezi obcí Řimice a jezem Tážaly (viz Obr.č. 1). Součástí řešené oblasti byly v daném úseku rovněž menší vodní toky zahrnující elektrárenský náhon Moravy v intravilánu města Litovel, Mlýnský potok, Strusku, Trusovický potok a Bystřici. Podstatná část zájmového úseku vodního toku Morava protéká oblastí CHKO Litovelské Pomoraví, kde má koryto převážně charakter přirozeného vodního toku s nepravidelným příčným profilem a minimem technických zásahů. Technické úpravy koryta toku Moravy jsou patrné především v intravilánech Litovle a Olomouce, kde má koryto tvar jednoduchého popř. složeného lichoběžníku, lokálně doplněného o prvky PPO (např. hráze, zdi apod.).

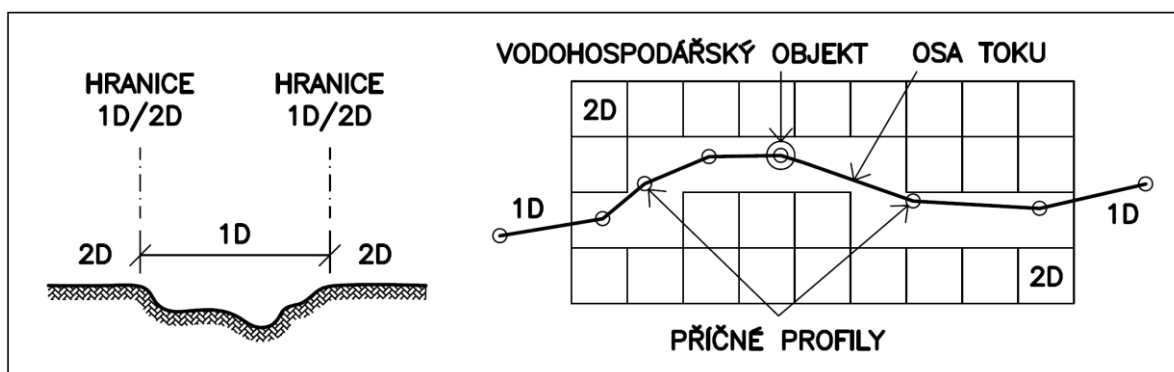
Cílem řešení byl hydraulický výpočet proudění vody v uvedených tocích a přilehlých záplavových územích za účelem vytvoření map povodňového nebezpečí – tj. map rozlivů, hloubek a rychlostí proudění vody. Při výběru vhodného numerického modelu pro hydraulický výpočet byly zohledněny především tyto základní požadavky:

- Zájmový úsek toku Moravy a souvisejících toků bude řešen jako celek. S ohledem na složitost místních podmínek a omezení případných nejistot souvisejících s případným "napojováním" modelů byla zvolena varianta modelu bez dělení do více dílčích částí.
- Při povodňových průtocích dochází k nezávislému proudění vody v toku a přilehlých značně rozsáhlých inundačních územích. Během vyšších průtoků dochází rovněž v ohrázených úsecích k nezávislému proudění vody v toku a v prostoru za ochrannými hrázemi resp. zdmi, tj. v rámci příčných profilů hladina v toku nekoresponduje s hladinou v zahrázích.
- 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 jednoho spřaženého 1D+2D modelu, který splňoval všechny vytyčené požadavky.

4.1 Schematizace řešeného problému

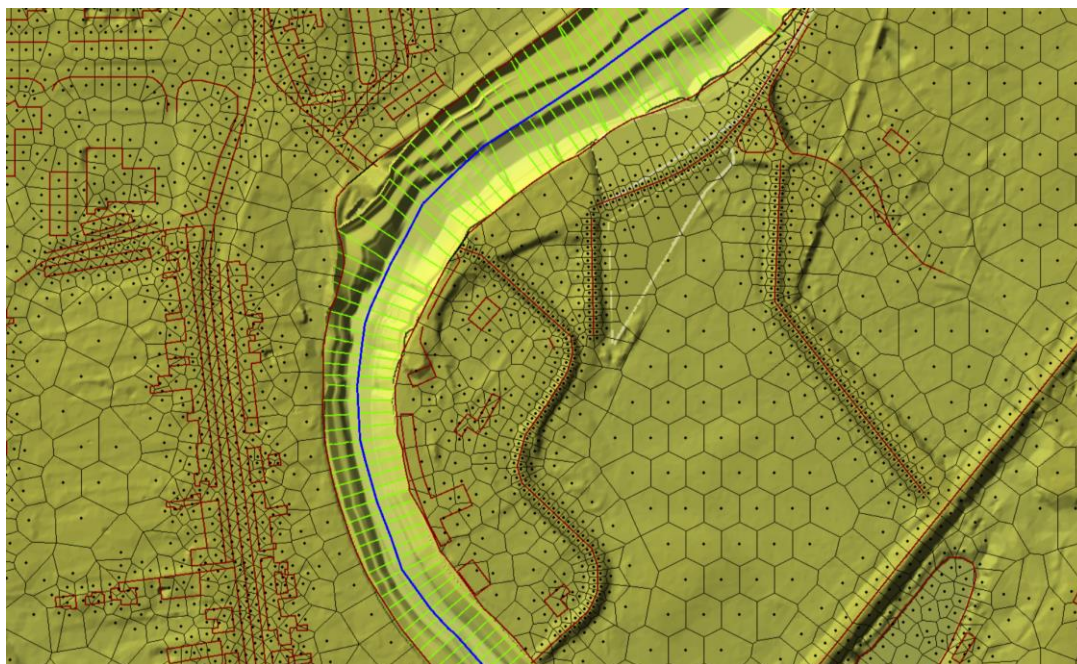
V rámci koncepčního modelu byla zvolena schematizace, která je patrná z Obr.č. 7 a 9. S použitím 1D modelu bylo řešeno proudění vody ve vodním toku Morava. Hranici a současně propojení mezi 1D a 2D modelem tvořily břehové hrany resp. úrovně PPO.



Obr. č. 7 Obecná schematizace použitého spřaženého 1D a 2D modelu

Celá zájmová oblast pokrytá 2D modelem, tj. vč. dalších řešených úseků toků, byla prostorově diskretizována s použitím nepravidelné hexagonální výpočtové sítě s proměnlivou velikostí elementů (viz Obr.č. 8). Maximální rozměr elementů dosahoval cca 20 m, přičemž např. v místech s výskytem vodních toků, liniových staveb, násypů, budov a výrazných výškových změn v terénu bylo provedeno lokální zjemnění výpočtové sítě, a to až na velikost

elementů cca 3 - 5 m. Rozsah výpočetní sítě byl zvolen s dostatečnou rezervou tak, aby obsahoval rozliv největšího modelovaného kulminačního průtoku Q_{500} .



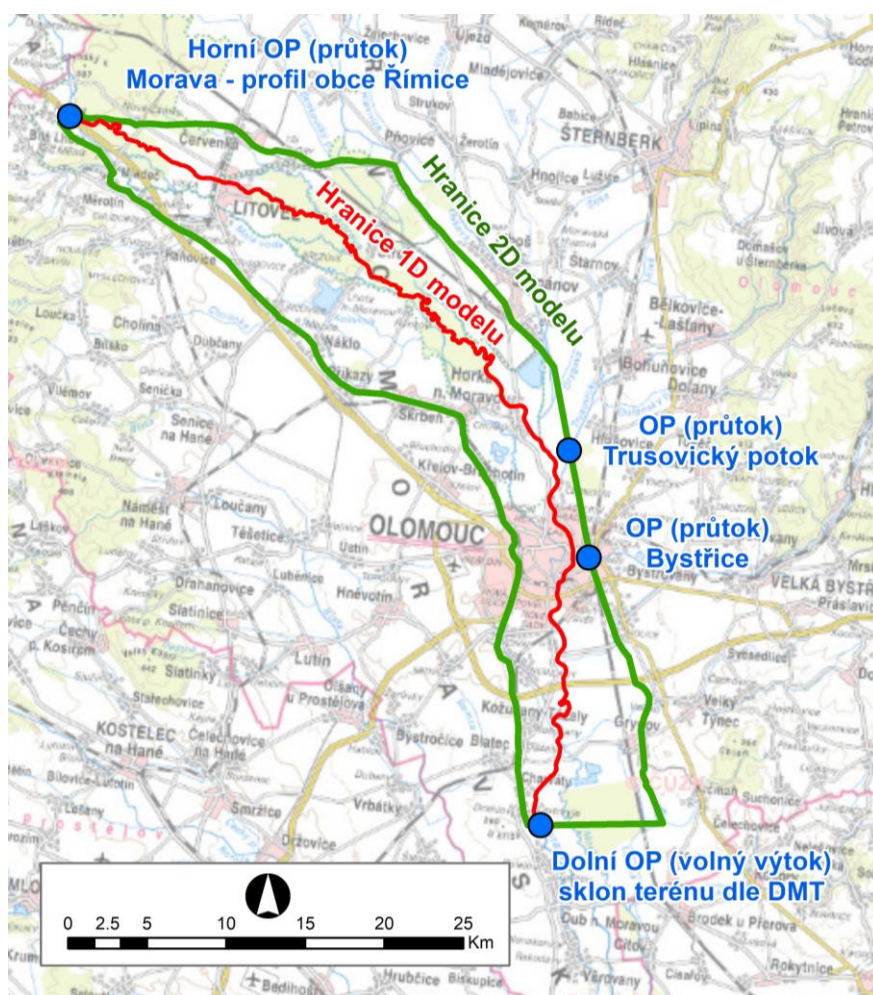
Obr. č. 8 Příklad detailu výpočetné sítě v lokalitě Olomouc - Nové Sady

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Hydraulický výpočet byl proveden za předpokladu nerovnoměrného ustáleného proudění vody v zájmové oblasti, tj. 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 čtyřech otevřených hranicích (viz Obr.č. 9). Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty řešených kulminačních průtoků (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}) na jednotlivých tocích (MOV_04-01 Morava, MOV_04-03 Bystřice, MOV_04-04 Trusovický potok), patrné z Tab.č. 4 a 13. Dolní okrajová byla zadána jako volný výtok se sklonem terénu 0,13 %.



Obr. č. 9 Schematizace zájmové oblasti

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Jako programové vybavení byl použit numerický model HEC-RAS ve verzi 5.0.7, který umožňuje samostatné modelování 1D, 2D a rovněž spřažení 2D a 1D modelů. Výhodou programu je možnost propojení s nástroji GIS, což usnadňuje přípravu vstupních dat modelu i vyhodnocení a následné zpracování výsledků výpočtů. Numerické řešení v rámci 2D modelu je založeno na metodě konečných objemů využívající nepravidelnou 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:

- dokumentace a vlastní hydrodynamické modely vytvořené v rámci 1. plánovacího cyklu [41,42],
- mapové podklady (Rastrové mapy ČR 1:10 000) [9],
- ortofotomapy [10],
- digitální model terénu v rastrové podobě vytvořený na podkladě dat DMR5G [8], geodetických podkladů [16, 34-37] a výkresové dokumentace PPO [38-40] (viz kap 3.1.1),
- územní plány dotčených obcí [23],
- manipulační řády vodních děl [15, 27-31],
- dokumentace železničních mostů [32-33],
- místní šetření v zájmové lokalitě [25],
- hydrologická data [26],
- záznamy z historických povodní [12], [21].

Parametry výpočtu numerického modelu byly pro všechny řešené scénáře shodné. Výpočty byly provedeny metodou označovanou jako "Diffusion wave," s konstantním časovým krokem 2 s, tolerancí 8 mm, počtem iterací 3 (mezi 1D a 2D modelem) a 40 (v rámci 1D a 2D modelu).

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 (viz kap 3.1.1). Druhý postup sloužil pro zadání morfologie terénu do 1D modelu a vycházel z geodetických podkladů [16, 34-37] a výkresové dokumentace [38-40]. 1D model zahrnoval rovněž související objekty na toku a v ZÚ, které byly do modelu zadávány na podkladě manipulačních řádů [15, 27-31], výkresové dokumentace PPO [38-40], dokumentace mostních objektů [32-33] a místních šetření [25]. Přehled významných objektů na řešených úsecích toků je uveden v následujících Tab.č. 6 až 11. Objekty na tocích byly do modelu zadávány v závislosti na použité schematizaci. V případě 1D úseků toků byly objekty zadány příslušnými parametry (příčný profil, délka přelivné hrany, součinitel přepadu atd.) podle typu konstrukce. Při použití 2D schematizace byly objekty do modelu zaneseny lokálním zvýšením drsnosti, popř. v kombinaci s úpravou morfologie koryta.

Tab. č. 6 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_04-06, Struska, km 0,000 – 2,910

Km	Popis objektu	Poznámky	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
0,041	dřevěná lávka		Litovel
0,900	produktovod		Litovel

Tab. č. 7 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_04-05, el. náhon, km 0,000 – 1,815

Km	Popis objektu	Poznámky	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. 8 Objekty vstupující do modelu, úseky MOV_04-02 a MOV_04-07, Mlýnský potok, km 0- 4,400 a 7,690 – 11,586

Km	Popis objektu	Poznámky	Lokalita
0,229	silniční most		Olomouc-město – ul. V Kotlině
0,430	železniční most		Olomouc-město
0,465	most nový		Olomouc-město
0,794	silniční most		Olomouc-město – ul. 17. listopadu
2,183	silniční most		Olomouc-město – ul. 1. máje
2,278	silniční most		Olomouc-město – ul. Komenského
2,650	silniční most		Olomouc-město – ul. Dobrovského
3,472	silniční most		Lazce – ul. Lazecká
4,399	silniční most		Hejčín – ul. Tomkova
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

Tab. č. 9 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_04-01, Morava, km 222,880-268,600

Km	Popis objektu	Poznámky	Lokalita
268,0	jez Řimice		Řimice
265,1	silniční most		Nové Zámky
262,217	potrubní lávka		Litovel
262,070	jez Litovel		Litovel
261,409	železniční most		Litovel
261,336	silniční most		Litovel
261,067	silniční most		Litovel
260,460	silniční most		Litovel
259,811	most pro pěší + potrubí		Litovel
257,8	most pro pěší		Litovelské Pomoraví
253,5	silniční most		Střeň
252,5	most pro pěší		Litovelské Pomoraví
251,136	jez Hynkov		Hynkov
241,0	silniční most		Chomoutov
238,0	most pro pěší		Litovelské Pomoraví
237,1	silniční most		Olomouc
235,972	most pro pěší		Olomouc
235,019	nový silniční most	Komenského	Olomouc
234,77	nový tramvajový most	Masarykova	Olomouc
234,051	silniční most	Kosmonautů	Olomouc
233,838	železniční most		Olomouc
233,767	silniční most	přes Moravu a obtok	Olomouc
233,580	jez Olomouc		Olomouc
233,098	silniční most	Velkomoravská	Olomouc
232,376	nový silniční most	u dětského domova	Olomouc
231,814	železniční most		Olomouc
230,5	silniční most		Olomouc
228,0	silniční most (D35)		Olomouc
226,330	jez Tážaly		Tážaly
0,26	jez odlehčovací rameno		Olomouc – odlehčovací rameno
0,33	silniční most	přes Moravu a obtok	Olomouc – odlehčovací rameno
0,44	silniční most		Olomouc – odlehčovací rameno

Tab. č. 10 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_04-04, Trusovický potok, km 0,000 – 1,262

Km	Popis objektu	Poznámky	Lokalita
0,520	hospodářský most		Černovír

Tab. č. 11 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_04-03, Bystřice, km 0,000 – 0,710

Km	Popis objektu	Poznámky	Lokalita
0,049	most		Olomouc
0,265	most		Olomouc
0,683	silniční most		Olomouc

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Údaje o drsnosti povrchu byly do modelu zadávány ve formě součinitele drsnosti dle Manninga. Výchozím podkladem pro odhad součinitelů drsnosti jednotlivých druhů povrchu byly především ortofotomapy [10], data ZABAGED [11], územní plány [23] a výsledky místních šetření [25]. Hodnoty součinitelů drsnosti byly dále upřesňovány v průběhu kalibrace modelu.

Tab. č. 12 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
budovy resp. neprůtočné oblasti	1
pole	0,06
zahrada	0,1
les	0,12
ostatní plochy	0,030
vodní toky (1D model)	0,028 - 0,045
vodní toky (2D model)	0,035

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Hodnoty OP diskutované v kap. 4.3 jsou uvedeny v následující Tab.č. 13.

Tab. č. 13 Kombinace OP spřaženého 1D/2D modelu

Povodňový scénář	Horní OP Morava (cca km 268,6) [m ³ /s]	Horní OP Trusovický p. (cca km 1,262) [m ³ /s]	Horní OP Bystřice (cca km 1,000) [m ³ /s]	Dolní OP Morava (cca km 222,880) [m n. m.]
Q ₅ MORAVA	225	8	25	Volný výtok otevřenou hranicí modelu s uvažovaným sklonem terénu 0,13 %
Q ₂₀ MORAVA	336	11	37	
Q ₁₀₀ MORAVA	479	21	51	
Q ₅₀₀ MORAVA	640	30	65	
Q ₅ TRUSOVICKÝ P.	213,8	19,2	25	
Q ₂₀ TRUSOVICKÝ P.	317,7	29,3	37	
Q ₁₀₀ TRUSOVICKÝ P.	456,8	43,2	51	
Q ₅₀₀ TRUSOVICKÝ P.	605	65	65	
Q ₅ BYSTŘICE	223,3	0	34,7	
Q ₂₀ BYSTŘICE	331,5	0	52,5	
Q ₁₀₀ BYSTŘICE	474,6	0	76,4	
Q ₅₀₀ BYSTŘICE	620	0	115	

Horní OP udávají hodnoty zadaných průtoků na jednotlivých řešených vodních tocích, dolní okrajová podmínka byla zadána jako volný výtok otevřenou hranicí s uvažovaným sklonem terénu 0,13 %. Vzhledem k tomu, že předmětem řešení byl hlavní tok Morava spolu s přítoky (Bystřice, Trusovický potok), bylo nutno provést výpočty pro několik kombinací OP v souladu s doporučením dokumentu [XVIII]. Soutokové oblasti vodních toků byly řešeny vždy na základě dvou hydrologických scénářů. Jednotlivé kombinace průtoků v soutokových oblastech vycházely ze základního principu zachování shodné doby opakování zadaných průtoků v úseku toku nad a pod soutokem. Výsledné hodnoty povodňového nebezpečí byly následně vyhodnoceny jako maxima z řešených scénářů.

Mlýnský potok nebyl předmětem zadání okrajových podmínek, protože se jedná o umělý kanál, jehož nátok z Moravy je během povodňových průtoků uzavřen. Mlýnský potok během povodní zachycuje a převádí část průtoků v pravobřežním záplavovém území Moravy, a to podél celé jeho trasy až k ústí do Moravy v Olomouci. Během reálných povodní lze předpokládat, že průtok v Mlýnském potoce bude rovněž dotován průsaky s podzemních vod, které však nebyly předmětem řešení. Stejným postupem jako Mlýnský potok, tedy bez zadání OP, byly do modelu zahrnuty i další řešené vodní toky Struska a elektrárenský náhon. Další přítoky v zájmovém úseku Moravy (např. Oskava, Benkovský potok, Čerlinka) nebyly v modelu uvažovány s ohledem na jejich malý význam z hlediska možného ovlivnění výsledného povodňového nebezpečí. V rámci zadávání OP nebyla uvažována hydrologická data z profilu Morava - nad Oskavou (viz Tab. č. 4), která jsou prakticky shodná s hydrologickými daty v profilu Morava - pod Třebůvkou, použitými jako horní OP modelu. Rozdíl v hodnotách N-letých průtoků v uvedených profilech je s ohledem na udávanou třídu přesnosti hydrologických údajů zanedbatelný.

Hodnota dolní okrajové podmínky (sklon terénu 0,13 % na hranici s volným výtokem) byla odvozena iteračním postupem na základě známé hladiny v profilu jezu Tážaly [31]. Zjednodušený způsob zadání dolní OP byl dostatečně eliminován vzdáleností cca 3,5 km mezi hranicí se zadanou OP a okrajem zájmové oblasti (viz Obr.č. 1 a 9).

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 DMT v oblastech s hustou vegetací (udávaná výšková přesnost cca 0,3 m). Oproti DMT použitému v rámci 1. plánovacího cyklu [41,42] však bylo dosaženo podstatného zpřesnění údajů o morfologii terénu v zájmovém území, a to v důsledku použití dat DMR5G [8].
Obtížně ovlivnitelným zdrojem nejistot jsou v této souvislosti možné změny morfologie ZÚ a toku v závislosti na čase. V průběhu povodňové události dochází např. k transportu splavenin (zanášení koryta a vznik výmolů), pohybu plovoucích objektů (např. zanášení mostních profilů a propustků) a dalším obdobným jevům. Možné časové změny morfologie terénu nebyly v rámci hydraulických výpočtů uvažovány.
2. Nejistoty v údajích o objektech v ZÚ - v zájmové oblasti se nachází rozsáhlá zemní tělesa dopravních komunikací vč. souvisejících objektů (propustky, mosty, podjezdy), které zásadně ovlivňují charakter proudění v zájmové lokalitě. Pro objekty, které se nenacházely přímo na řešených tocích, byla k dispozici pouze omezená nebo zcela chybějící dokumentace. Absence tohoto druhu podkladů v průběhu řešení kompenzována realizací dodatečných orientačních měření těchto objektů např. v rámci místního 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 drsností povrchu v čase nebyla v rámci výpočtů uvažována.

4. Nejistoty v hydrologických údajích - v této souvislosti je třeba zohlednit především udávanou třídu přesnosti dostupných podkladů (viz Tab.č. 4), které odpovídá příslušná hodnota směrodatné chyby dle ČSN 75 1400.
5. Nejistota vyplývající ze zjednodušeného zadání dolní OP modelu byla do značné míry eliminována dostatečnou vzdáleností hranice se zadanou dolní OP od zájmové oblasti.

5.3 Popis kalibrace modelu

Kalibrací se rozumí zjištění a úprava hodnot vstupních parametrů numerického modelu. Cílem bylo dosáhnout co možná nejlepší shody mezi výsledky výpočtů provedených kalibrovaným numerickým modelem a podklady. Kalibrace byla provedena pro hladiny dle měrné křivky limnigrafu Olomouc - Nové Sady, vodohospodářských objektů zahrnujících jez Litovel a Tážaly s využitím podkladů [20, 31, 15]. V případě jezů [31, 15] byla ověřena relevantnost použitých měrných křivek z podkladů z roku 2007a 2017 s aktuálním stavem jednotlivých objektů. Měrná křivka limnigrafu Olomouc - Nové Sady představuje aktuální data z prosince 2018. S ohledem na spolehlivost kalibrace byly hodnoceny především průtoky nepřesahující kapacitu koryta toku. Výsledky kalibrace modelu ve vybraných profilech jsou doloženy v Tab.č. 14, přičemž hlavním kritériem byla hodnota maximální odchylky mezi vypočtenými a kalibračními údaji cca $\pm 0,15$ m.

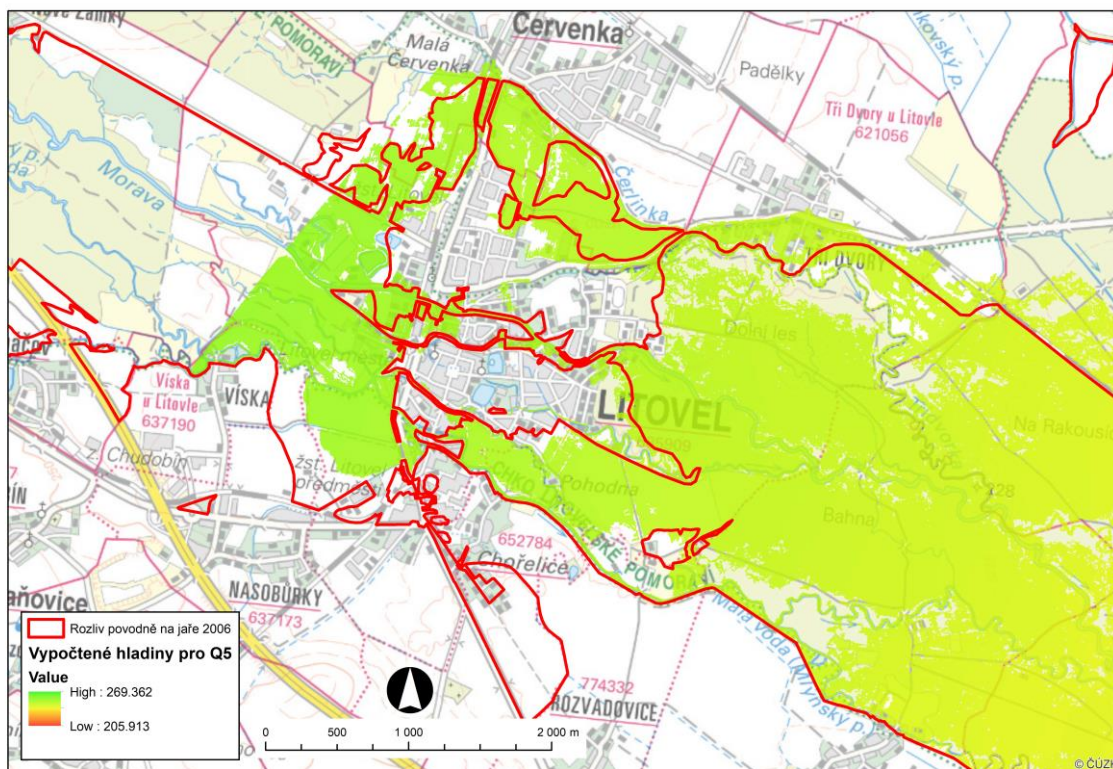
Tab. č. 14 Výsledky kalibrace numerického modelu

Profil	Staničení [km]	Průtok [m³/s]	Výška srovnávací hladiny [m n.m.]	Výška vypočítané hladiny [m n.m.]	Rozdíl Δh [m]	Zdroj
Jez Litovel	262,070 (Morava)	113	234,60	234,67	+0,07	[15]
LG Nové Sady	232,467 (Morava)	275,5	209,42	209,40	-0,02	[20]
		404,8	209,80	209,80	0,00	
		557	210,12	210,23	+0,11	
Jez Tážaly	226,3 (Morava)	140	205,53	205,64	+0,11	[31]

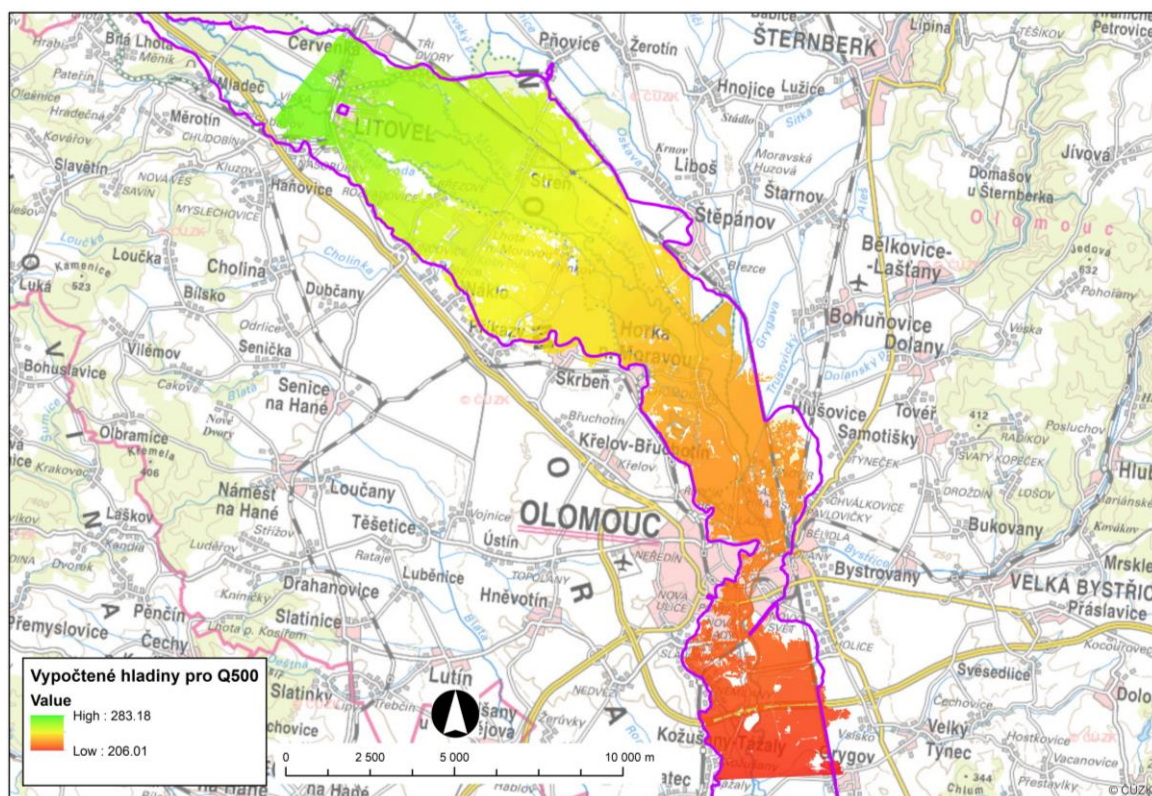
Verifikace nakalibrovaného modelu byla provedena na podkladě dostupných historických záznamů [2, 3, 5, 7, 12, 21] z povodní v roce 2006, 2010 a 1997 (viz kap. 2.2). S ohledem na proběhlé podstatné změny v odtokových poměrech v řešeném území (viz např. PPO na území města Olomouce) byla verifikační data použitelná pouze omezeně pro orientační srovnání. Dalším důvodem byl zaznamenaný výskyt nahodilých jevů (např. porušení ochranných hrází, ucpání mostních profilů apod.), které rovněž podstatně ovlivnily zaznamenaný průběh povodňových událostí.

Pro oblast Litovle bylo provedeno srovnání vypočtených rozlivů pro kulminační průtok $Q_5 = 225$ m³/s (viz kap. 3.2) se srovnatelným scénářem představujícím povodeň na jaře 2006 (kulminační průtok ve stanici Moravičany cca 253 m³/s [20]). Srovnání rozlivů vykazuje velice dobrou shodu (viz Obr.č. 10).

Orientační srovnání poskytuje rovněž Obr.č. 10, kde jsou zobrazeny rozlivy z povodně v roce 1997 (kulminační průtok ve stanici Olomouc - Nové Sady cca 760 m³/s) a vypočtené rozlivy pro kulminační průtok $Q_{500} = 735$ m³/s rovněž ve stanici Olomouc - Nové Sady (viz kap. 3.2). Rozlivy rovněž vykazují dobrou shodu, rozdíly jsou patrné zejména v centru města Olomouce, kde je na levém břehu Moravy zřejmý vliv již realizovaných PPO.



Obr. č. 10 Verifikace výsledků hydraulických výpočtů v oblasti Litovle srovnáním s rozlivy během povodně na jaře



Obr. č. 11 Verifikace výsledků hydraulických výpočtů v zájmové oblasti srovnáním s rozlivy během povodně v roce 1997.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

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} . Vzhledem k tomu, že záplavová území jednotlivých řešených úseků vodních toků se do značné míry prolínají je v následujícím textu uveden souborný popis povodňového nebezpečí pro kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Do popisu je rovněž zařazen úsek toku Moravy nad zájmovým územím mezi Litovlí a Řimicemi. Důvodem je skutečnost, že průtočné poměry v této oblasti do značné míry ovlivňují průběh povodňového nebezpečí v oblasti Litovle.

6.1.1 Kulminační průtok průtok Q_5

Při průtoku Q_5 dochází v úseku Moravy nad Litovlí k oboustranným rozsáhlým rozlivům do oblasti lužních lesů. Na levém břehu záplava zasahuje až k silnici Litovel - Nové Mlýny a na pravém břehu k dálnici D35. Intravilánem Litovle pak protéká povodňový průtok ve třech samostatných větvích. Na severu pod jižním okrajem obce Červenka a podél vodního toku Čerlinka, ve střední části vodním tokem Morava s lokálními oboustrannými rozlivy menšího rozsahu a na jihu Mlýnským potokem s levobřežními rozlivy. Pod Litovlí dochází k opětovnému spojení rozlivů do souvislého záplavového území vymezeného zleva silnicí Litovel - Přovice - Štěpánov a zprava korytem Mlýnského potoka. Pravobřežní rozliv zasahuje okraje intravilánu obcí Chořelice, Březové, Lhota nad Moravou a Hynkov. Ve střední části rozlivu není zasažen intravilán obce Sřeň, který je po obvodu chráněn PPO. Nad obcí Horka nad Moravou je pravobřežní rozliv soustředován vybudovanou příčnou hrází zpět do toku Morava. Levobřežní rozlivy pokračují až k zaústění Trusovického potoka, kde jsou jeho levobřežní hrází soustředovány rovněž do toku Morava. Intravilánem města Olomouc protéká průtok Q_5 bez vybřežení. K levobřežním rozlivům dochází znovu až na jeho jižním okraji pod železniční tratí Prostějov - Olomouc (cca km 231,814). Pravobřežní rozlivy se objevují až u městské části Olomouc - Nemilany nad dálnicí D35 (cca km 228,000) a jsou omezeny silnicí č. 435. Při průchodu pod dálnicí D35 je povodňový průtok soustředěn do mostních otvorů v tělese komunikace. K opětovným rozlivům dochází v úseku pod dálnicí D35, přičemž pravobřežní rozliv zasahuje až k obci Kožušany - Tážaly a na levém břehu je zaplaveno území až k železniční trati Přerov - Olomouc vč. okraje obce Grygov.

6.1.2 Kulminační průtok průtok Q_{20}

Při průtoku Q_{20} , obdobně jako v případě průtoku Q_5 , dochází v úseku Moravy nad Litovlí k oboustranným rozsáhlým rozlivům do oblasti lužních lesů. Na levém břehu záplava zasahuje až za silnici Litovel - Nové Mlýny, která je na několika místech přelévána. Pravobřežní rozliv za dálnici D35 zasahuje obce Mladeš a Sobáčov. Rozlivem z Mlýnského potoka jsou na pravém břehu zasaženy rovněž obce Víska, Nasobůrky a Chořelice. V intravilánu Litovle je patrné dělení povodňového průtoku do třech samostatných větví. Oproti průtoku Q_5 je však zřejmé podstatně rozsáhlejší zaplavování intravilánu města. Pod Litovlí se rozlivy opět spojují do souvislého záplavového území vymezeného zleva silnicí Litovel - Přovice - Štěpánov a zprava korytem Mlýnského potoka. Pravobřežní rozliv zasahuje okraje intravilánu obcí Březové, Lhota nad Moravou, Hynkov a Skrbeň. Na levé straně je zasažena obec Štěpánov. Ve střední části rozlivu není zasažen intravilán obce Sřeň, který je po obvodu chráněn PPO. Nad obcí Horka nad Moravou je pravobřežní rozliv soustředován vybudovanou příčnou hrází zpět do toku Morava. V oblasti Chomoutova však dochází k opětovným pravobřežním rozlivům zasahujícím kromě Chomoutova rovněž okraj obce Horka nad Moravou a dále městské části Olomouc - Řepčín a Olomouc - Hejčín. Levobřežní rozlivy pokračují až k zaústění Trusovického potoka, kde jsou jeho levobřežní hrází soustředovány zpět do toku Morava. Intravilánem města Olomouc prochází průtok Q_{20} bez vybřežení, lokální rozlivy menšího rozsahu jsou patrné pouze podél Mlýnského potoka, převádějícího průtok pravobřežním inundačním územím z oblasti Řepčína a Hejčína. Levobřežní rozlivy z Moravy se opět objevují až na jižním okraji Olomouce pod železniční tratí Prostějov - Olomouc (cca km 231,814) a jsou ohraničeny zemním tělesem trati Přerov - Olomouc. Pravobřežní rozlivy nad dálnicí D35 (cca km 228,000) zasahují až do městské části Olomouc - Nemilany. Při průchodu pod dálnicí D35 je povodňový průtok soustředěn do mostních otvorů v tělese komunikace. K opětovným rozlivům dochází v úseku pod dálnicí D35. Pravobřežní rozliv zasahuje až k obci Kožušany - Tážaly, na levém břehu je zaplaveno území až k železniční trati Přerov - Olomouc vč. okraje obce Grygov.

6.1.3 Kulminační průtok průtok Q_{100}

Při průtoku Q_{100} dochází v oblasti Litovle k souvislým oboustranným rozlivům z řeky Moravy. Celková šířka záplavového území činí cca 4 km. Intravilán Litovle je prakticky celý zaplaven, pouze s výjimkou lokalit zahrnujících historické centrum, místní část U cihelny a okolí kostela Sv. Filipa a Jakuba. V úseku Moravy pod Litovlí je levobřežní rozliv ohraničen silnicí Litovel - Pňovice - Štěpánov a na pravém břehu zasahuje záplavové území obce Chořelice, Rozvadovice, Unčovice, Březové, Mezice, Střeň, Lhota nad Moravou, Náklo, Hynkov, Příkazy, Skrbeň, Horka nad Moravou, Chomoutov a městské části Olomouc - Řepčín, Olomouc - Hejčín, Olomouc - Lazce. Oproti kulminačním průtokům Q_5 a Q_{20} dochází dále k přelití levobřežní ochranné hráze Trusovického potoka a zaplavení městské části Olomouc - Černovír. V centru Olomouce je dále zaplavena oblast podél ulice 17. listopadu, a to levobřežními rozlivy z Mlýnského potoka. Samotné koryto Moravy je kapacitní v úseku realizovaných etap PPO, tj. od železničního mostu na trati Prostějov - Olomouc (cca km 231,814) k mostu na ul. Komenského (cca km 235,019). Levobřežní rozlivy z Moravy vznikají až na jižním okraji Olomouce pod železniční tratí Prostějov - Olomouc a jsou ohraničeny zemním tělesem trati Přerov - Olomouc. Intravilán Olomouce okrajově zasahují v oblasti průmyslové zóny v místní části Městský Dvůr. Pravobřežní rozlivy se objevují až na úrovni městské části Olomouc - Nemilany rozlivy nad dálnicí D35 (cca km 228,000). Při průchodu pod dálnicí D35 je povodňový průtok soustředěn do mostních otvorů v tělese komunikace. K opětovným rozlivům dochází pod dálnicí D35, přičemž pravobřežní rozliv zasahuje obec Kožušany - Tážaly a na levém břehu je zaplaveno území až k železniční trati Přerov - Olomouc vč. obce Grygov.

6.1.4 Kulminační průtok průtok Q_{500}

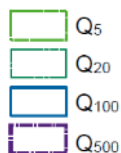
Rozsah rozlivu při průtoku Q_{500} odpovídá v oblasti Litovle do značné míry historické povodni z roku 1997. Dochází k souvislým oboustranným rozlivům z řeky Moravy. Intravilán Litovle je prakticky celý zaplaven, pouze s výjimkou historického centra a okolí kostela Sv. Filipa a Jakuba. V úseku Moravy pod Litovlí je levobřežní rozliv ohraničen silnicí Litovel - Pňovice - Štěpánov a na pravém břehu zasahuje záplavové území obce Chořelice, Rozvadovice, Unčovice, Březové, Mezice, Střeň, Lhota nad Moravou, Náklo, Hynkov, Příkazy, Skrbeň, Horka nad Moravou, Chomoutov a městské části Olomouc - Řepčín, Olomouc - Hejčín, Olomouc - Lazce. Stejně jako v případě kulminačního průtoku Q_{100} dochází k přelití levobřežní ochranné hráze Trusovického potoka a k zaplavení městské části Olomouc - Černovír. V centru Olomouce je dále zaplavena oblast podél ulice 17. listopadu, a to levobřežními rozlivy z Mlýnského potoka. Z Mlýnského potoka je dále zaplavena pravobřežní oblast směrem od obchodního centra Galerie Šantovka směrem k silnici na ul. Velkomoravská a dále k železniční trati Prostějov - Olomouc. Za stávajícího stavu, kdy nejsou dokončeny všechny plánované etapy PPO Olomouce, převádí pravobřežní inundační území cca 19 % kulminačního průtoku Q_{500} , a proto zůstává koryto Moravy v úseku realizovaných etap PPO (od železničního mostu na trati Prostějov - Olomouc v cca km 231,814 k mostu na ul. Komenského v cca km 235,019) kapacitní. Lokální levobřežní rozliv vykazuje rovněž přítok Bystřice v oblasti ul. Blanická a Masarykova tř. Oboustranné rozlivy Moravy pak pokračují rovněž na úseku pod železniční tratí Prostějov - Olomouc (cca km 231,814) a souvisle vyplňují prostor mezi železničními tratěmi Prostějov - Olomouc a Přerov - Olomouc. V tomto úseku dochází k zaplavení okrajové části průmyslové zóny v místní části Olomouc - Městský Dvůr, městské části Olomouc - Nemilany, obcí Kožušany - Tážaly a Grygov.

Rozlivem Q_{500} jsou dotčena území následujících obcí: Skrbeň, Bohuňovice, Hlušovice, Velký Týnec, Štěpánov, Střeň, Pňovice, Příkazy, Olomouc, Horka nad Moravou, Štarnov, Mladeč, Červenka, Litovel, Grygov, Křelov - Břuchotín, Náklo, Kožušany - Tážaly.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

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

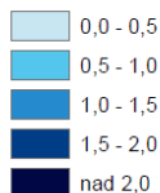
Záplavové čáry byly zpracovány s použitím nástrojů GIS do vektorového formátu *.shp, a to na základě vyhodnocení rastrových dat o hloubkách vody (viz kap. 6.2.2). Použitá legenda v mapách rozlivů dle [XIV] je doložena na Obr. č. 12.



Obr. č. 12 – Legenda hranic rozlivů

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

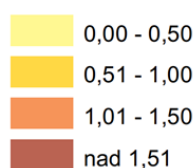
Údaje o hloubkách vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS. Rozlišení rastrů hloubek vody odpovídá požadavkům [XIV], tj. 5 x 5 m. Použitá legenda v mapách hloubek vody dle [XIV] je doložena na Obr. č. 13.



Obr. č. 13 Legenda hloubek vody

6.2.3 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 HEC-RAS. Rozlišení rastrů rychlostí proudění vody odpovídá požadavkům [XIV], 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. Použitá legenda v mapách rychlostí dle [XIV] je doložena na Obr. č. 14.



Obr. č. 14 Legenda rychlostí proudění vody

6.3 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