



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

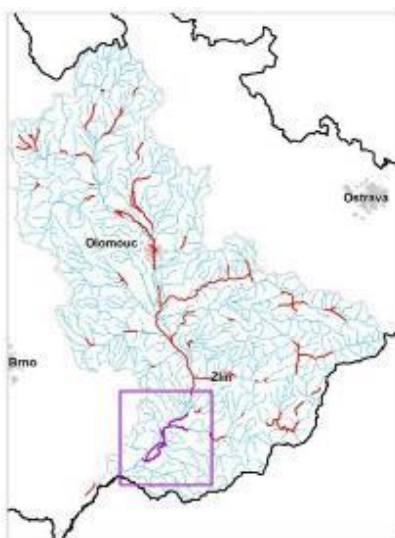
MORAVA – 10100003_2 (MOV_02-01) - Ř. KM 133,911 – 163,735

ODLEHČOVACÍ RAMENO – 10101064_1 (MOV_02-02) - Ř. KM 0,000 – 9,338

OKLUKY – 10100150_1 (MOV_02-03)- Ř. KM 0,000 – 3,632

DLOUHÁ ŘEKA – 10100226_1 (MOV_02-04) - Ř. KM -0,362 – 1,995

OLŠAVA – 10100083_1 (MOV_02-05) - Ř. KM 0,000 – 7,450



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 MODELÝ A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

MORAVA – 10100003_2 (MOV_02-01) - Ř. KM 133,911 – 163,735

ODLEHČOVACÍ RAMENO – 10101064_1 (MOV_02-02) - Ř. KM 0,000 – 9,338

OKLUKY – 10100150_1 (MOV_02-03) - Ř. KM 0,000 – 3,632

DLOUHÁ ŘEKA – 10100226_1 (MOV_02-04) - Ř. KM -0,362 – 1,995

OLŠAVA – 10100083_1 (MOV_02-05) - Ř. KM 0,000 – 7,450

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	5
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů	12
3.1	Topologická data	12
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	12
3.1.2	Mapové podklady	12
3.1.3	Geodetické podklady	12
3.1.4	Změny oproti stavu dle [23]	13
3.2	Hydrologická data	13
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	14
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	16
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	16
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	17
4	Popis koncepčního modelu	18
4.1	Schematizace řešeného problému	18
4.1.1	Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky, a MOV_02-05 Olšava	18
4.1.2	MOV_02-04 Dlouhá řeka	20
4.1.3	Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I	20
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	21
4.3	Způsob zadávání OP a PP	21
4.3.1	Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava	21
4.3.2	MOV_02-04 Dlouhá řeka	21
4.3.3	Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I	21
5	Popis numerického modelu	22
5.1	Použité programové vybavení	22
5.2	Vstupní data numerického modelu	22
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	22
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	24
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	24
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	26

5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	26
5.3	Popis kalibrace modelu	27
5.3.1	Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava	27
5.3.2	Úsek MOV_02-04 Dlouhá řeka	28
5.3.3	Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I	28
6	Výsledky	29
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	29
6.1.1	Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava	29
6.1.2	MOV_02-04 Dlouhá řeka	31
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	32
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	33

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tab. č. 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D/2D	jednorozměrný / dvojrozměrný
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČOV	čistírna odpadních vod
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMT	Digitální model terénu
GIS	geografický informační systém
LG	limnigraf (vodočet)
MVE	malá vodní elektrárna
OP	okrajové podmínky
OR	Odlehčovací rameno
ORP	obec s rozšířenou působností
PVPR	předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
RZM	rastrová základní mapa
SHP	vektorový formát ESRI - shapefile
SOP	studie odtokových poměrů
SPA	stupň povodňové aktivity
TIFF	rastrový formát DMT
TPE	technicko-provozní evidence
VD	vodní dílo
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.

Uvedené charakteristiky povodně budou stanoveny na základě výstupů z hydrodynamických modelů a zpracovány do podoby map povodňového nebezpečí.

Kroky nezbytné k dosažení cíle:

- zajištění 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).

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup prací pro získání požadovaných výstupů byl následující:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením: V prvním kroku řešení bylo třeba shromáždit všechna dostupná data z různých období. Podklady byly analyzovány a podle své relevance využity v dalších fázích práce (viz kapitola 3).
- Příprava podkladů pro případné geodetické zaměření a jeho zadání: Na základě dat z dostupných podkladů bylo rozhodnuto, že existuje nutnost provést další geodetické zaměření. To bylo provedeno při místních šetřeních v zájmových oblastech na základě vhodných mapových podkladů. Při potřebě rozsáhlejších

geodetických měření, byly vypracované mapové podklady předány pracovní skupině specializované na geodetická zaměřování.

- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu: Na základě vstupních dat byly sestaveny nebo aktualizovány hydrodynamické modely. V některých případech byly některé modely sestaveny již dříve v souvislosti s vypracováním [23]. Takové modely pak byly pouze aktualizovány z hlediska možných změn v řešeném území a z hlediska změn hydrologických dat. V některých speciálních případech pak nebyly identifikovány významnější zásahy v území, dříve získané výsledky (např. [23]) byly pouze vyhodnoceny s využitím aktuálního DMT.
- Hydraulické výpočty toku včetně objektů a inundačního území. Výpočty budou provedeny pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} : Volba rozměrovosti modelu a jeho případné stacionarity či nestacionarity byla provedena na základě poměrů v řešeném území.
- Prezentování výsledků v podobě map povodňových nebezpečí: Na základě výsledků z výpočtů byly pro řešená území sestaveny mapy povodňových nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

2 Popis zájmového území

Zájmové území v této práci je rozděleno na několik dílčích úseků v závislosti na řešených tocích. V rámci stanovení map povodňového nebezpečí jsou dle zadání objednavatelem některé z úseků rozděleny na části, pro které byl sestaven zcela nový hydrodynamický model a části aktualizované pouze z důvodu získání přesnějších dat o DMT. Důvodem hydraulického přepočtu byla aktualizovaná hydrologická data, nově zřízená opatření na ochranu před povodněmi popř. další významnější změny v konfiguraci území (těžebny štěrkopísků, nová zástavba, úpravy terénu). Následuje rozdělení úseků na dílčí části s popisem provedených prací (Obr. 1):

- MOV_02-01 Morava:
 - část I: od ř. km 133,911 po 141,456 – aktualizace map nebezpečí, ohrožení a rizika (nový DMT)
 - část II: od ř. km 141,456 po 163,735 – nový model
- MOV_02-02 Odlehčovací rameno:
 - část I: od ř. km 0,000 po 7,478 – aktualizace map nebezpečí, ohrožení a rizika (nový DMT)
 - část II: od 7,478 po ř. km 9,338 – nový model
- MOV_02-03 Okluky:
 - celý úsek – nový model
- MOV_02-04 Dlouhá řeka:
 - celý úsek – nový model
- MOV_02-05 Olšava:
 - celý úsek – aktualizace map nebezpečí, ohrožení a rizika (nový DMT)

V následujících odstavcích 02-01 až 02-06 je použito výše uvedené členění.

Komentář k používané kilometrāži toku

Kilometrāž uvedená v tirāži se liší od kilometrāže používané při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik. Kilometrāž u názvů úseku vychází z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR) [XVI] a bude v rámci projektu používána jen jako identifikátor jednotlivých úseků. V tomto projektu je používána kilometrāž, která vychází ze studií zpracovaných Povodím Moravy, s. p. Kilometrāž používaná při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik byla ponechána dle podkladu [16] z roku 2013. Objekty mají tzv. administrativní kilometrāž dle Technicko-provozní evidence toku [26-29], tato slouží spíše jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

Úsek MOV_02-01 Morava – ř. km 133,911-163,735

Významné přítoky Moravy v řešeném úseku jsou Syrovinka, Odlehčovací rameno, Bařův plavební kanál, Svodnice, Okluky, Bobrovec, Olšava, Zlechovský potok, Stará Olšava, Salaška, Plavební kanál 2 a Březnice. V souvislosti se splavněním toku se na úseku nachází řada vzdouvacích staveb a plavebních komor. Celý řešený úsek byl v minulosti upraven a v celém jeho okolí jsou patrné pozůstatky jeho původních meandrů. V oblasti se také nachází štěrkovna u Polešovic a jezera vzniklá zatopením štěrkopískových lomů u Ostrožské Nové Vsi (LB – km 135,290-139,145). V Tab. č. 3 je uvedeno srovnání staničení dle [XVI] a dle podkladu [16].

Tab. č. 2 - Základní informace o řešeném úseku vodního toku – MOV_02-01 Morava

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100003_2	MOV_02-01	Morava	133,911 - 163,735	4-13-02-028 4-13-02-017 4-13-02-016 4-13-02-012 4-13-02-004 4-13-02-003 4-13-02-001 4-13-01-085 4-13-01-083 4-13-01-079 4-13-01-076 4-13-01-064

Tab. č. 3 – Staničení dle projektu a staničení dle PVPR – MOV_02-01 Morava

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle PVPR [XVI]	Staničení dle projektu
Morava (MOV_02-01)	133,911 - 163,735	121,545 - 151,369

Úsek MOV 02-02 Odlehčovací rameno – ř. km 0,000-9,338

Významné přítoky Odlehčovacího ramene jsou Smraďavka, Polešovický potok a Dlouhá řeka. Řešený úsek se v ř. km 0,000 napojuje zpět do Moravy. V celé oblasti podél úseku se nacházejí pozůstatky původních meandrů toku Moravy. V oblasti se také nachází šterkovna u Polešovic. V Tab. č. 5 je uvedeno srovnání staničení dle [XVI] a dle podkladu [16].

Tab. č. 4 - Základní informace o řešeném úseku vodního toku – MOV_02-02 Odlehčovací rameno

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10101064_1	MOV_02-02	Odhlečovací rameno	0,000 - 9,338	4-13-02-027 4-13-02-026 4-13-02-024 4-13-02-018

Tab. č. 5 – Staničení dle projektu a staničení dle PVPR – MOV_02-02 Odlehčovací rameno

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle PVPR [XVI]	Staničení dle projektu
Morava (MOV_02-02)	0,000 - 9,338	0,000 - 9,235

Úsek MOV 02-03 Okluky – ř. km 0,000-3,632

Významným přítokem v řešeném úseku Okluk je Petříkovec. V oblasti se nenachází žádná významná vodní díla. V Tab. č. 7 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR [XVI] a dle podkladu [16].

Tab. č. 6 - Základní informace o řešeném úseku vodního toku – MOV_02-03 Okluky

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100150_1	MOV_02-03	Okluky	0,000 - 3,632	4-13-02-011 4-13-02-007

Tab. č. 7 – Staničení dle projektu a staničení dle PVPR – MOV_02-03 Okluky

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle PVPR [XVI]	Staničení dle projektu
Okluky (MOV_02-03)	0,000 - 3,632	0,000 - 3,360

Úsek MOV_02-04 Dlouhá řeka – ř. km 0,362-1,995

V řešeném úseku se nenachází žádné významné přítoky. V oblasti se nachází štěrkovna u Polešovic. V Tab. č. 9 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR [XVI] a dle podkladu [16].

Tab. č. 8 - Základní informace o řešeném úseku vodního toku – MOV_02-04 Dlouhá řeka

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100226_1	MOV_02-04	Dlouhá řeka	0,362 - 1,995	4-13-02-023

Tab. č. 9 – Staničení dle projektu a staničení dle PVPR – MOV_02-04 Dlouhá řeka

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle PVPR [XVI]	Staničení dle projektu
Dlouhá řeka (MOV_02-04)	0,362 - 1,995	0,637 - 3,115

Úsek MOV_02-05 Olšava – ř. km 0,000-7,450

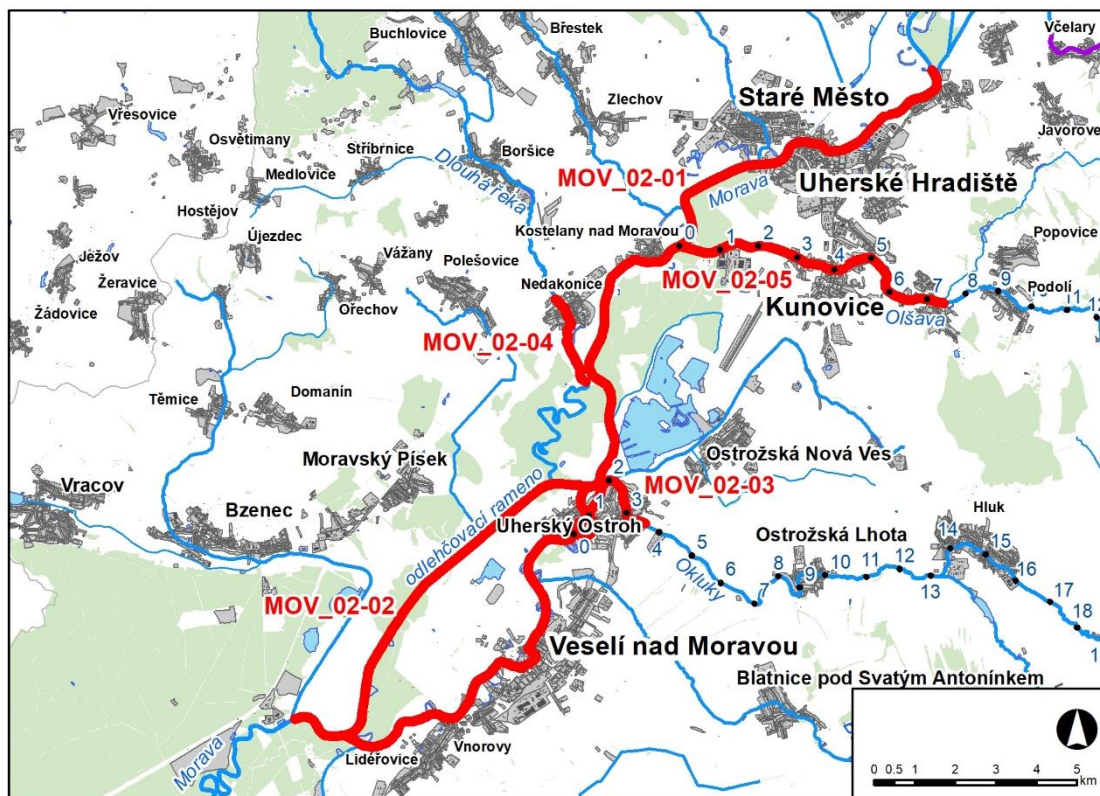
V řešeném úseku se nenachází žádné významné přítoky. V oblasti se nenachází žádná významná vodní díla. V Tab. č. 11 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR [XVI] a dle podkladu [16].

Tab. č. 10 - Základní informace o řešeném úseku vodního toku – MOV_02-05 Olšava

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek – konec	ČHP
10100083_1	MOV_02-05	Olšava	0,000 - 7,450	4-13-01-132

Tab. č. 11 – Staničení dle projektu a staničení dle PVPR – MOV_02-03 Olšava

Tok (prac. číslo úseku)	Staničení dle PVPR [XVI]	Staničení dle projektu
Olšava (MOV_02-05)	0,000 - 7,450	0,000 - 7,414



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.

Řeka Morava je významným přítokem řeky Dunaje. Její celková délka činí 354 km. Celková plocha povodí je 26 658 km². Tok pramenní pod vrcholem Králického Sněžníku ve výšce 1380 m n. m. Níže po toku Morava protéká městy Litovel, Olomouc, Kroměříž, Uherské Hradiště, Veselí nad Moravou, Hodonín, Marchegg a u obce Devín zaústí do Dunaje. Mezi významné přítoky Moravy patří (směrem po toku) např. Desná, Moravská Sázava, Bystřice, Bečva, Moštěnka, Rusava, Dřevnice, Olšava a Dyje. Střední a dolní část toku je splavněná nebo jsou na toku vybudovány plavební kanály (např. v úseku Otrokovice Rohatec Bařův kanál). Mimo plavbu je vodní tok využíván i pro energetiku a zásobení vodou pro závlahy. Řeka Morava i většina jejích přítoků jsou upravené s oboustranným oházkováním. V území je řada slepých ramen jako pozůstatek soustavné úpravy Moravy, územím prochází četné drobné vodní toky a meliorační kanály.

V ř. km 134,530 [17] Moravy je vybudováno Odlehčovací rameno, které ústí zpět do Moravy pod jezem Vnorovy. Výstavba ramene probíhala od 30. do 50. let 20. stol. Celková délka ramene je 9,338 km. Na Odlehčovacím rameni je vystavěna soustava pohyblivých jezů. V modelované části úseku se konkrétně jedná o jez Uherský Ostroh. Poloha hladiny v řešeném úseku je pak také při běžných průtocích ovlivněna vzdutím jezu Vnorovy [19]. Dále se na řešeném úseku nachází další objekty jako např. odvodňovací kanály, silniční mosty, lávky atd.

Okluky jsou levostranným přítokem Moravy. Tok pramení v CHKO Bílé Karpaty u vrchu Lesná v nadmořské výšce cca 620 m n. m. Celková délka toku je 27,5 km. 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 [23]. V Uherském Ostrohu je tok ohrázkován.

Vodní tok Dlouhá řeka pramení v oblasti Chřibů. Tok prochází obcí Smradávka a kolem zámku Leopoldov. Dále tok pokračuje přes vodní nádrž Sovín a dále pak přes obce Boršice a Nedakonice.

Olšava pramení v Bílých Karpatech ve výšce cca 630 m n. m. Její tok prochází obcemi Pitín, Bojkovice, Záhorovice, Nezdenice, Šumice, Újezdec u Luhačovic, Uherský Brod, Drslavice, Hradčovice, Veletiny, Podolí, Mikovice, Kunovice a Kostelany. U Kostelan se tok zleva vlévá do Moravy [23].

Úsek MOV 02 01 Morava – část II

Řeka Morava prochází zájmovou lokalitou směrem od severovýchodu k jihozápadu katastrálním územím Bzenec, Vnorovy, Zarazice, Veselí nad Moravou, 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 5 mostů a 4 jezy. Úsek toku v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s. p.

Úsek MOV 02-02 Odlehčovací rameno – část II

Odlehčovací rameno Moravy prochází zájmovou lokalitou směrem od severovýchodu k jihozápadu katastrálním územím Bzenec, Vnorovy, Zarazice, Veselí nad Moravou, Moravský Písek a Uherský Ostroh. V zájmovém území jsou 2 mosty 1 jez. Úsek kanálu je ve správě Povodí Moravy, s. p.

Úsek MOV 02-03 Okluky

Úsek Okluky prochází zájmovým územím od východu k západu. Řešená část toku prochází katastrálním územím Ostrožské Předměstí. V zájmovém území je 6 mostů a 2 lávky pro pěší. Úsek toku v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s. p.

Úsek MOV 02-04 Dlouhá řeka

Řešený úsek toku prochází katastrálním územím obce Nedakonice. Úsek toku je převážně ohrázkovaný. Nedaleko jezu na Moravě u Nedakonice je patrně propojena potrubím s vodní plochou přilehlou k Moravě (zřejmě slepé

rameno Moravy) Obloučí. Dále tok meandruje ohrázaným korytem směrem na jih a u Odlehčovacího ramene Moravy je voda převáděna šybkou pod pohyblivým jezem Uherský Ostroh a pokračuje jižním směrem přes Uherský Ostroh. V tomto úseku bylo koryto v době místního šetření [25] prázdné. V zájmovém území jsou 4 mosty a 4 lávky pro pěší. Úsek toku v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s. p.

Úsek MOV_02-05 Olšava

Řešený úsek toku prochází katastrálním územím obce Kunovice u Uherského Hradiště, Sady, Věsky a Míkovice nad Olšavou. V zájmovém území je 6 mostů, 2 lávky pro pěší a 1 jez. Úsek toku v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s. p.



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Moravy dle [16]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V zájmovém území proběhly dvě významné povodňové události, které negativně zapůsobili 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

Olomouci. Soustředěný průtok byl jen pod Kroměříží v místě železničního mostu a dvou silničních mostů v Napajedlech. Průtok v Kroměříži byl zaznamenán na hodnotě 1024 m³/s. Ve Strážnici se průtok ustálil dne 9. 7. přibližně na 600 m³/s až do protržení náspu železniční tratě Bzenec – Veselí, který zadržoval velké jezero vody. Po protržení vznikla vlna s vrcholem 900 m³/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 splnutí obou vln. Rozlivy mezi Kroměříží a Strážnicí dosáhly asi 170 mil. m³ [3] a [30].

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 [3] a [30].

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 protrženého železničního náspu v oblastech Ostrožská Nová Ves a Uherský Ostroh (profil Strážnice). Příklad dat o povodňových značkách je uveden v Tab. 12. Povodeň v roce 2010 s menší dobou opakování nebyla při kalibraci uvažována.

Tab. č. 12 – Vybrané povodňové značky a kulminační průtoky v zájmovém území (událost 1997) [10]

Č. bodu	Hladina [m. n. m.]	Průtok [m ³ /s]	Souřadnice JTSK [m]	
			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

Je skutečností, že jak odhady průtoků při povodních, tak úrovně hladiny dle povodňových značek jsou zatíženy nejistotami (viz kapitolu 5.2.5, bod 5).

3 Přehled podkladů

3.1 Topologická data

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

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programu ESRI ArcGIS 10.5.1 (nadstavba 3D Analyst). Model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s přesahem. Podkladem pro vytvoření DMT byla data z laserového zaměření [15] a z výškopisu ZABAGED [13] a [14]. Výsledný DMT je zpracován ve formátu TIFF s velikostí pixelu 1×1 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 vyrovnání.

3.1.2 Mapové podklady

Mapové podklady zahrnovaly Rastrovou základní mapu 1 : 10 000 (RZM 10) [11] v rozsahu pokrývajícím zájmové území (mapové listy 25-33-17, 25-33-18, 25-33-21, 25-33-22, 25-33-23, 35-11-01, 35-11-02, 34-22-10, 35-11-06, 35-11-07, 34-22-15, 35-11-11). RZM 10 tvořily podkladní topografickou vrstvu pro tvorbu výsledných mapových výstupů (mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a rizik). Ortofotomapy [12] představovaly nezbytný doplňující podklad pro přípravu numerického modelu a tvorbu map rizik. Dalším doplňujícím mapovým podkladem byla polohopisná data ZABAGED [13] ve vektorovém formátu.

3.1.3 Geodetické podklady

Veškerá následující geodetická data jsou v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému Balt po vyrovnání (B. p. v.).

Úsek MOV 02-01 Morava

V rámci geodetických podkladů byly k dispozici příčné profily toku Moravy a zaměření příčných objektů z roku 2003 [17] a 2008 [36] provedené pracovníky z Povodí Moravy, s. p. Další geodetický podklad tvoří data o PPO z [35] vypracované v roce 2013 firmou CZK s. r. o. Výsledky geodetických měření byly doplněny o dílčí měření vybraných objektů realizovaná v rámci místních šetření [25]. Hustota příčných profilů byla v případě Moravy cca 50-200 m. Inundační území bylo zaměřeno laserovou metodou [15] v roce 2016. Pro účely kalibrace byly od Povodí, s. p. zajištěny povodňové značky povodní v letech 1997 a 2010 [10].

Úsek MOV 02-02 Odlehčovací rameno

V rámci geodetických podkladů byly k dispozici příčné profily Odlehčovacího ramene a zaměření příčných objektů z roku 2010 [32] provedené pracovníky z Povodí Moravy, s. p. Výsledky geodetických měření byly doplněny o dílčí měření vybraných objektů realizovaná v rámci místních šetření [25]. Hustota příčných profilů byla v případě Odlehčovacího ramene cca 200 m. Inundační území bylo zaměřeno laserovou metodou [15] v roce 2016. Pro účely kalibrace byly od Povodí, s. p. zajištěny povodňové značky povodní v letech 1997 a 2010 [10].

Úsek MOV 02-03 Okluky

V rámci geodetických podkladů byly k dispozici příčné profily koryta Okluk a zaměření příčných objektů z roku 2003 [31] provedené pracovníky z Povodí Moravy, s. p. Výsledky geodetických měření byly doplněny o dílčí měření vybraných objektů realizovaná v rámci místních šetření [25]. Hustota příčných profilů byla v případě Okluk cca 100 m. Inundační území bylo zaměřeno laserovou metodou [15] v roce 2016. Pro účely kalibrace byly od Povodí, s. p. zajištěny povodňové značky povodní v letech 1997 a 2010 [10].

Úsek MOV 02-04 Dlouhá řeka

V rámci geodetických podkladů byly k dispozici příčné profily Dlouhé řeky a zaměření příčných objektů z roku 2002 [33] provedené pracovníky z Povodí Moravy, s. p. Výsledky geodetických měření byly doplněny o dílčí měření vybraných objektů realizovaná v rámci místních šetření [25]. Hustota příčných profilů byla v případě Dlouhé řeky

cca 100 m. Inundační území bylo zaměřeno laserovou metodou [15] v roce 2016. Pro účely kalibrace byly od Povodí, s. p. zajištěny povodňové značky povodní v letech 1997 a 2010 [10].

Úsek MOV_02-05 Olšava

V rámci geodetických podkladů byly k dispozici příčné profily Olšavy a zaměření příčných objektů z roku 2010 [34] provedené pracovníky z Povodí Moravy, s. p. Výsledky geodetických měření byly doplněny o dílčí měření vybraných objektů realizovaná v rámci místních šetření [25]. Hustota příčných profilů byla v případě Olšavy cca 100-150 m. Inundační území bylo zaměřeno laserovou metodou [15] v roce 2016. Pro účely kalibrace byly od Povodí, s. p. zajištěny povodňové značky povodní v letech 1997 a 2010 [10].

3.1.4 Změny oproti stavu dle [23]

Od roku 2013 došlo v zájmové oblasti k několika úpravám podél toků. Hlavní změnou v oblasti bylo vybudování PPO v Uherském Hradišti v roce 2013 [35]. Dále byla také provedena úprava Kvačické hráze, která byla napojena na LB ochrannou hráz vedoucí podél Moravy (ř. km cca 135,380) [56].

3.2 Hydrologická data

V Tab. č. 13 jsou uvedeny historické i aktuální hodnoty N -letých průtoků dle podkladů [1], [53].

Tab. č. 13 – Hodnoty N -letých průtoků (Q_N) v m^3/s

Pracovní číslo úseku	Hydrologický profil	Rok pořízení (ověření)	Staničení dle projektu	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti	Zdroj
MOV_02-01	Morava - Spytihněv	1970	157,060	-	-	-	-	I.	[1]
MOV_02-05	Olšava – ústí	1970	0,400	118	168	225	-	III.	[1]
MOV_02-01	Morava – pod Olšavou	1970	142,330	560	662	728	-	III.	[1]
MOV_02-01	Morava – Strážnice vodočet	1970	121,670	560	659	725	-	I.	[1]
MOV_02-01	Morava - Spytihněv	2013	157,060	514,2	650,8	816,5	992,5	I.	[53]
MOV_02-05	Olšava – ústí	2009	0,400	105	174,3	280	418,6	III.	[53]
MOV_02-01	Morava – pod Olšavou	2013	142,330	521,3	660,7	830,5	1011,1	III.	[53]
MOV_02-01	Morava – Strážnice vodočet	2013	121,670	525	649,1	790	931,1	I.	[53]
MOV_02-03	Okluky – ústí	2013	0,000	20,3	40	84	162,5	III.	[53]
MOV_02-04	Dlouhá řeka - ústí	2013	0,000	10,1	20,6	41,8	76,3	III.	[53]
MOV_02-01	Morava - Spytihněv	2018	157,060	514	651	817	992	I.	[53]
MOV_02-05	Olšava – ústí	2018	0,400	114	183	280	397	III.	[53]
MOV_02-01	Morava – pod Olšavou	2018	142,330	521	661	831	1011	III.	[53]
MOV_02-01	Morava – Strážnice vodočet	2018	121,670	525	649	790	931	I.	[53]
MOV_02-03	Okluky – ústí	2018	0,000	20,3	40	84	162	III.	[53]
MOV_02-04	Dlouhá řeka - ústí	2018	0,000	10,1	20,6	41,8	76,3	III.	[53]

Z předchozí tabulky je zřejmé, že dochází k vývoji N -letých průtoků. Diference mezi hydrologickými daty v Tab. č. 13 je způsobena novým statistickým zpracováním hydrologických řad se započítáním nových povodňových událostí (např. 1997, 2006, 2010). Méně významné přítoky nejsou v modelech zohledňovány.

3.3 Místní šetření

Dříve provedená místní šetření

Místní šetření provedli pracovníci Pöyry Environment a.s. v průběhu září a října 2012 [47]. Součástí šetření bylo pořízení fotodokumentace. 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 inundačním území 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 MOV_02-02 Odlehčovací rameno Moravy, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-04 Dlouhá řeka. Při terénní pochůzce v úseku MOV_02-05 Olšava byla zjištěna pouze pravobřežní ochranná zeď na vtoku do Kunovic pod fotbalovým hřištěm. V úseku MOV_02-01 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 zpracovat do hydrodynamického modelu a při řešení s nimi nebylo uvažováno. Současně nebylo uvažováno s výstavbou PPO v Uherském Hradišti.

Místní šetření provedené v rámci tohoto projektu

V rámci řešení projektu bylo provedeno místní šetření v celé oblasti [25]. Šetření proběhlo 18. 2. 2019 a bylo provedeno pracovníky FAST VUT v Brně. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku i objektů v inundačním území, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Při terénním průzkumu byla prověřována aktuálnost geodetického zaměření a ověřovány hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundačním území. Fotodokumentace není součástí projektu.

Další poznámky k místním šetřením

Součinitel drsnosti byl stanoven odhadem na základě místního šetření. Bližší informace o jeho stanovení a také použité hodnoty jsou popsány v kapitole 5.2.2. Terén je v řešené oblasti relativně plochý. Vzhledem k rozsáhlosti řešeného území Morava – Odlehčovací rameno – Olšava byla zvolena schematizace všech toků pomocí 1D modelu s navazujícím 2D modelem inundačním územím.

Pro schematizaci jezových konstrukcí a plavebních komor v řešeném území byly využity při hydrodynamickém výpočtu informace z manipulačních řádů [39] až [45]. Jednalo se převážně o údaje o manipulaci na objektech při povodních. Z manipulačních řádů plyne, že žádná z jezových konstrukcí řízeně neovlivní průběh povodňové události. Při nástupu povodňové události dochází k vyhrazení pohyblivých hradicích 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 ř. km (ZÚ) -133,330 km (Uherský Ostroh) při průtoku 100 m³/s. V úseku 133,330 km (Uherský Ostroh) -121,596 ř. km (KÚ) lze uvažovat s uzavřením plavebních komor při průtoku 120 m³/s [45].

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

- [1] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [2] Souhrnná zpráva o povodňové situaci v povodí Moravy a Dyje v červenci 1997; 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 2007.
- [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] Fotodokumentace z povodní 2010, Povodí Moravy, s. p., 2010.
- [9] Rozlivy historických povodní 1997, 2006, 2010 pro povodí Moravy v digitální podobě ve formátu SHP. Povodí Moravy, s. p. Brno, 2013.
- [10] Povodňové značky z povodní v roce 1997 a 2010 pro toky Morava, Olšava, Dlouhá řeka, Okluky a Odlehčovací rameno, Povodí Moravy, s. p., 2010.
- [11] Rastrová základní mapa 1 : 10 000 (RZM 10). ČÚZK, Praha, 2017.
- [12] Ortofotomapy. ČÚZK, Praha, 2018.

- [13] Základní báze geografických dat ZABAGED - polohopis., ČÚZK, Praha 2015.
- [14] Základní báze geografických dat ZABAGED – výškopis 3D., ČÚZK, Praha 2015.
- [15] Digitální model terénu 5G v okolí Moravy, Odlehčovacího ramene, Okluk, Olšavy a Dlouhé řeky Povodí Moravy, s. p. 2016.
- [16] 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), Povodí Moravy, s. p., 2013.
- [17] Příčné a podélné profily toku Moravy v km 121,110 až 153,992 (10/2003) a Odlehčovacího ramena v km 0,000 až 9,160 (8/2010), Povodí Moravy, s. p.
- [18] Manipulační řád pro jez v Uherském Ostrohu na Odlehčovacím rameni řeky Moravy v km 8,976 (dle TPE 0,469) a výustní objekt Dlouhé řeky v km 8,396 Odlehčovacího ramene řeky Moravy. 2013.
- [19] Manipulační řád pro jez Nedakonice na řece Moravě v km 137,921 (dle TPE = km 150,400). Uherské Hradiště. 2017.
- [20] Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, Povodí Moravy, s. p., 2015.
- [21] Dostál, I., Řehánek, T., Papšíková, L. Povodeň na řece Moravě v červenci 1997. Práce a studie, Sešit 30, ČHMÚ, Praha, 2002.
- [22] Gimun, L. Záplavové území Moravy km 133,330 – 142,330. Povodí Moravy, s. p., 01/2015.
- [23] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje. Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí. 2013.
- [24] Rekonstrukce sítě melioračních kanálů v P. T. Klučovánky a Kolébky. Výškopis. Ing. Tomáš Horký, 4/2016.
- [25] Místní šetření v předmětných úsecích Moravy, Odlehčovacího ramene, Dlouhé řeky, Okluk a Olšavy ze dne 18. 2. 2019 provedené pracovníky FAST VUT v Brně.
- [26] Technicko provozní evidence toků – TPE Morava, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [27] Technicko provozní evidence toků – TPE Olšava, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [28] Technicko provozní evidence toků – TPE Okluky, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [29] Technicko provozní evidence toků – TPE Dlouhá řeka, Povodí Moravy s.p., průběžně aktualizováno.
- [30] Vyhodnocení povodní v květnu a červnu 2010. Souhrnná zpráva. VÚV TGM, v.v.i. Brno, 2010.
- [31] Záplavové území Okluky km 0,000 - 27,570. Povodí Moravy, s. p. 07/2003.
- [32] Aktualizace záplavového území toku Moravy – Odlehčovací rameno km 0,000-9,160. Povodí Moravy, s. p. 08/2010
- [33] Morava, VH uzel Nedakonice a Morávka. Povodí Moravy, s. p. 9/2002.
- [34] Aktualizace záplavového území Olšavy, km 0,000 – 36,382, Povodí Moravy, s.p., 04/2010.
- [35] Uherské Hradiště, Morava – Zvýšení kapacity koryta, výškové a polohové zaměření výškových bodů povodňových zdí. CZK s. r. o. 2013.
- [36] Aktualizace záplavového území toku Morava km 142,330-155,300. Povodí Moravy, s. p. 01/2008.
- [37] Měrná křivka průtoků. Stanice Spytihněv, tok Morava, platná od 1. 7. 2012, ČHMÚ, 2. 8. 2012.
- [38] Měrná křivka průtoků. Stanice Strážnice, tok Morava, platná od 1. 1. 2013, ČHMÚ, 13. 2. 2013.
- [39] Manipulační řád pro jez Vnorovy na Odlehčovacím rameni Moravy v km 8,700. Povodí Moravy, s. p. Brno, 2007.
- [40] Manipulační řád pro jez Vnorovy na řece Moravě v km 135,650. Povodí Moravy, s. p., Brno, 2007.
- [41] Manipulační řád pro vodohospodářskou soustavu na řece Moravě ve Veselí nad Moravou. Povodí Moravy, s. p. Brno, 2007.
- [42] Manipulační řád pro jez Kunovský les na řece Moravě v km 144,380, (km 156,919 dle TPE). Povodí Moravy, s. p. Brno, 2008.
- [43] Manipulační řád pro jez Nedakonice na řece Moravě v km 137,921, (dle TPE = km 150,400). Povodí Moravy, s. p. Brno, 2012.
- [44] 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. Povodí Moravy, s. p. Brno, 2006.
- [45] Manipulační řád pro vodní cestu řeky Moravy a průplavu Otrokovice – Rohatec – „Baťův kanál“. Povodí Moravy, s. p. Brno, 2009.

- [46] Plán oblasti povodí Moravy, Pöry Environment a.s., Brno, 12/2009.
- [47] Místní šetření v zájmové oblasti v září a říjnu 2012. Pöry Environment, a. s.
- [48] HEC-RAS: River Analysis System, Hydraulic Reference Manual. 2016. Verze 5.0, U. S. Army Corps of Engineers.
- [49] Jain, S. C. 2001. Open-channel Flow, John Wiley & Sons, INC., New York.
- [50] Vreugdenhil, C. B. 1988. Numerical methods for shallow water flow. Kluwer Academic Publishers. 261 p.
- [51] Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., Fundamentals of Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, INC., New York, 1994, 893 p.
- [52] Čábelka J., Gabriel P.: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice, Academia, Praha, 1987.
- [53] Hydrologické údaje pro akci „Tvorba map povodňových nebezpečí a povodňových rizik pro oblast povodí Moravy a pro oblast povodí Dyje“. Poskytnuto Aquatisem, a. s., vyžádáno od ČHMÚ, 2018.
- [54] Aktualizace záplavového území toku Moravy km 121,110 – 133,020. Povodí Moravy, s. p., 08/2010.
- [55] Zaměření příčných řezů a objektů na Dlouhé řece, bodová pole. 2018.
- [56] Navázání na Kvačickou hráz, k. ú. Kvačice. Geodetické zaměření skutečného provedení. ZK-BRNO s. r. o.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

- [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 a jejich dokumentace.
- [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., 09/2017.
- [XV] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 09/2017.
- [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] Zpracování map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik - pilotní projekt v soutokových oblastech. Povodí Vltavy. Praha, červenec 2011.
- [XVIII] ČSN 73 1000 EN 1997, Eurokód 7. Navrhování geotechnických konstrukcí.

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

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

V roce 2013 byly v rámci [23] sestaveny hydrodynamické modely všech řešených úseků. Jednalo se o tři 2D modely. Mezi modely se horní a dolní OP iterovaly a modely byly přepočítávány. Pro kalibraci modelů byly využity povodňové značky [10] a kalibrace byla provedena na povodeň v roce 1997. Výpočet modelů byl prováděn v programu TELEMAC. Kalibrace modelu byla $\pm 0,2$ m, což je považováno za dostatečné. Kalibrace přesto byla omezena z důvodu neznámého výchozího stavu v roce 1997. Přesnost výsledků modelu však je ve výstupech poněkud zkreslená vlivem použitého převodu dat do rastru 10×10 m.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

Data pro všechny úseky byla zajištěna v rozsahu dostatečném pro spolehlivé stanovení rozlivů Q_{500} . V rámci přípravy vstupních dat byly mimo jiné prováděny převody mezi formáty dat atp. Příkladem je převod bodových polí DMT na rastry použitelné v programu HEC-RAS. Pro zajištění relevantních výsledků bylo potřeba dodržet určitou kvalitu vstupních dat. Pro popis DMT proto byla zvolena nejnovější generace DMR 5G. V případě, kdy bylo v oblasti provedeno geodetické zaměření, bylo toto použito pro zpřesnění DMR5G. Detailnější popisy úprav dat jsou uvedeny v kapitole 3.

4 Popis koncepčního modelu

Na základě zadání projektu a po studiu dostupných podkladů bylo možné části řešených úseků zpracovat do jednoho hydrodynamického modelu. Konkrétně se jedná o úsek MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II a MOV_02-03 Okluky. Úsek MOV_02-04 Dlouhá řeka byl modelován samostatně. U ostatních úseků a částí úseků nebylo zpracování hydrodynamického modelu vyžadováno. Vzhledem k možné komunikaci rozlivů bylo nutné do hydrodynamického modelu zahrnout i část toku Olšavy. Rozsahy hydrodynamických modelů jsou patrné z Obr. č. 3 a 5.

Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava

V částech, ve kterých byl sestavován nový model, byl s ohledem na rozsah řešeného území a charakter dílčích úseků toků použit spřažený 1D+2D model v programu HEC-RAS. Při volbě spřaženého 1D+2D numerického modelu pro hydraulický výpočet byly zohledněny především tyto základní požadavky:

- Zájmová soustava úseků toků Moravy, Odlehčovacího ramene a Okluk byla řešena jako celek. S ohledem na složitost místních podmínek byla omezena možnost rozdělit model do více úseků. K řešeným tokům byl dále připojen úsek Olšavy v ř. km 0,000-7,671 (nad rámec zadání) z důvodu komunikace rozlivů Moravy s tokem Olšavy. Výsledky tohoto hydrodynamického modelu Olšavy budou v mapách nebezpečí, ohrožení a rizik kombinovány s výsledky samostatného modelu vytvořeného v rámci podkladu [23] (viz níže).
- V zájmovém úseku se nachází značné množství objektů ovlivňujících průtočné poměry, které musí být v modelu zohledněny.

Modelovaná oblast byla tvořena úseky toků (1D) Moravy (od profilu v Huštěnovicích po silnici č. 495 spojující Moravský Písek a Uherský Ostroh – ř. km 129,570 - 153,075), Okluk (od soutoku po okraj obce Uherský Ostroh – ř. km 0,000 - 3,360), Olšavy (od soutoku s Moravou po profil nad silničním mostem v obci Věsky – ř. km 0,000 - 7,671) a Odlehčovacím ramenem (od odbočení z Moravy po silnici č. 495 – ř. km 7,375-9,235). Inundační území (2D) byla zvolena v rozsahu předpokládaného rozlivu Q_{500} (podklad [23]) s určitou rezervou. Horní hranici 2D oblasti tvoří profil v Huštěnovicích založený na rozlivech známých povodní v letech 1997 a 2010, dolní hranice je pak dána silnicí č. 495, u které pravděpodobně nedojde k přelítí.

Výpočet je za předpokladu ustáleného proudění, tj. výsledky řešení budou posunuty na stranu bezpečnosti.

MOV_02-04 Dlouhá řeka

Úsek Dlouhé řeky je modelován od nátoky do slepého ramene Obloučí u jezu Nedakonice po železniční most v Nedakonicích – ř. km 0,637-3,115. Pod 1D úsekem Dlouhé řeky je z DMT patrné pokračující koryto toku, které pokračuje až po pohyblivý jez u Uherského Ostrohu. Vzhledem k požadovanému zadání bude pokračující koryto modelováno pouze jako 2D na základě DMT. Inundační území (2D) byla zvolena v rozsahu předpokládaného rozlivu Q_{500} (podklad [23]) s určitou rezervou. Horní hranice 2D oblasti se nachází v Nedakonicích, dolní hranice je pak dána silnicí č. 495, u které pravděpodobně nedojde k přelítí.

Úseky MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I

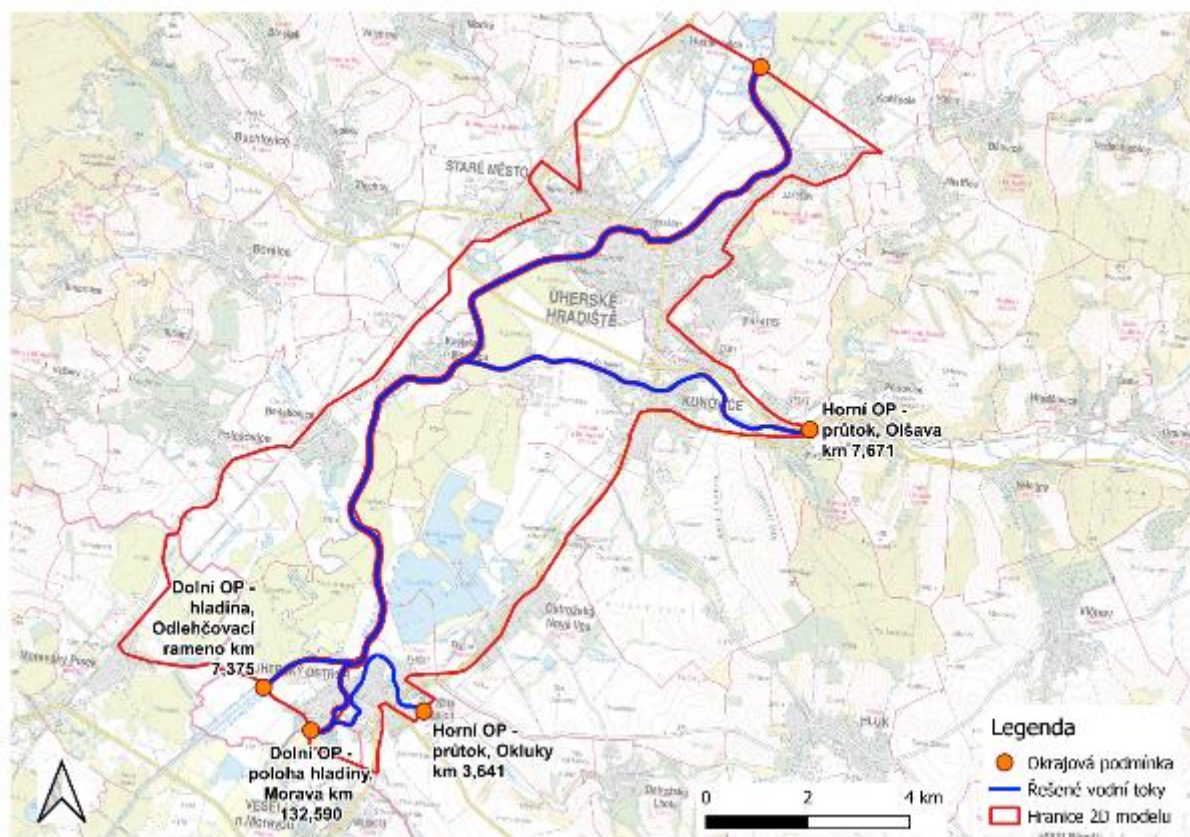
Řešené úseky toků nebyly v rámci projektu modelovány, byla pouze provedena aktualizace DMT pro stávající model provedený v [23] pracovní skupinou Výzkumného ústavu vodohospodářského, v. v. i. ve spolupráci s Povodím Moravy s. p. v roce 2013. Dle podkladu [23] byly řešené úseky toků schematizovány 2D modelem. Výpočet průběhu hladin byl proveden v režimu stacionárním, metodou konečných prvků, s využitím rovnic mělkého proudu v prostředí TELEMAC. Bližší popis koncepčního modelu obsahuje podklad [23].

4.1 Schematizace řešeného problému

4.1.1 Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky, a MOV_02-05 Olšava

Náhradní oblast (Obr. č. 3) je vymezena rozsahem rozlivu při povodni v roce 1997, která byla ohodnocena přibližně na průtok Q_{500} , se zohledněním potřebné rezervy v šířce inundačního území. V rámci koncepčního modelu byla

zvolena schematizace, která je patrná z Obr. č. 3 a 4. Obr. č. 4 přibližuje schematizaci aplikovanou v rámci spřaženého 1D+2D modelu. S použitím 1D modelu bylo v dané oblasti řešeno proudění vody v soustavě toků Moravy (část II), Odlehčovacího ramene (část II), Okluk, Dlouhé řeky a přidružené Olšavy. Příčné řezy a technické objekty byly v 1D modelu zadávány dle geodetického zaměření. Hranici a současně propojení mezi 1D a 2D modelem tvořily ochranné hráze toku, popř. břehové hrany v úsecích bez ohrázení.



Obr. č. 3 Vymezení rozsahu hydrodynamického modelu Moravy, OR, Okluk a Olšavy

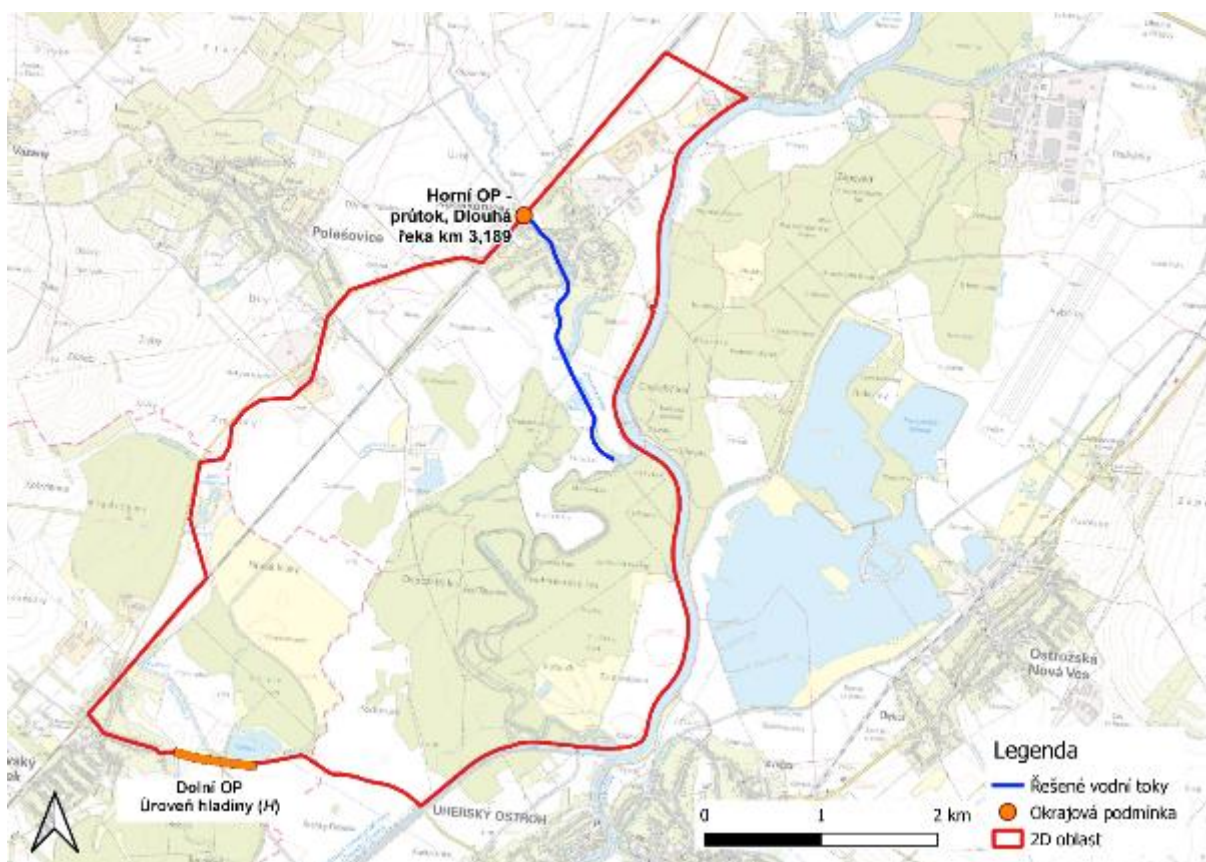


Obr. č. 4 Schematizace spřaženého 1D+2D modelu (detail oblasti)

Celá zájmová oblast pokrytá 2D modelem byla prostorově diskretizována s použitím pravidelné výpočtové sítě s velikostí elementu 20 m. V síti byly doplněny zlomové linie (breaklines), na kterých bylo provedeno zahuštění sítě. Velikost elementů v okolí zlomových linií byla 8 m. Rozsah výpočetní sítě byl zvolen s dostatečnou rezervou tak, aby obsahoval rozliv největšího modelovaného kulminačního průtoku Q_{500} . Řešení proudění ve 2D oblasti bylo provedeno metodou konečných objemů.

4.1.2 MOV_02-04 Dlouhá řeka

Náhradní oblast (Obr. č. 5) je vymezena rozsahem rozlivu při povodni v roce 1997, která byla ohodnocena přibližně na průtok Q_{500} , se zohledněním potřebné rezervy v šířce inundačního území. V rámci koncepčního modelu byla zvolena schematizace, která je patrná z Obr. č. 4 a 5. Obr. č. 4 přibližuje schematizaci aplikovanou v rámci spřaženého 1D+2D modelu. S použitím 1D modelu bylo v dané oblasti řešeno proudění vody v toku Dlouhé řeky. Příčné řezy a technické objekty byly v 1D modelu zadávány dle geodetického zaměření. Hranici a současně propojení mezi 1D a 2D modelem tvořily ochranné hráze toku, popř. břehové hrany v úsecích bez ohrázení.



Obr. č. 5 Vymezení rozsahu hydrodynamického modelu Dlouhé řeky

Celá zájmová oblast pokrytá 2D modelem byla prostorově diskretizována s použitím pravidelné výpočtové sítě s velikostí elementu 20 m. V síti byly doplněny zlomové linie (breaklines), na kterých bylo provedeno zahuštění sítě. Velikost elementů v okolí zlomových linií byla 8-12 m. Rozsah výpočetní sítě byl zvolen s dostatečnou rezervou tak, aby obsahoval rozliv největšího modelovaného kulminačního průtoku Q_{500} . Řešení proudění ve 2D oblasti bylo provedeno metodou konečných objemů.

4.1.3 Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I

Řešené části úseků byly schematizovány 2D modelem a to včetně koryt toků. Rozsah výpočetní sítě byl zvolen s dostatečnou rezervou tak, aby obsahoval rozliv největšího modelovaného kulminačního průtoku Q_{500} . Diskretizace sítě byla provedena pomocí trojúhelníků (délka hrany 15 m v zastavěných oblastech, 35 m na zemědělských plochách) a obdélníků (3×5 m). Veškeré jezové konstrukce byly uvažovány jako pevné jezy s přelivnou hranou na úrovni dle původního fotogrammetrického zaměření v [23]. Plavební komory byly ve výpočtové síti uvažovány jako neprůtočné plochy. 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 [23]. Výpočet průběhu hladin byl proveden v režimu stacionárním, metodou konečných prvků, s využitím rovnic mělkého proudu v prostředí TELEMAC. Další informace o použitých modelech jsou dostupné v pokladu [23].

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Hydraulický výpočet byl proveden za předpokladu 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. S ohledem na relativně dlouhou dobu trvání kulminace povodňové vlny je tento předpoklad oprávněný.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

4.3.1 Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava

Pro řešení model byly OP zadávány na základě kombinací průtoků podle předem definovaných scénářů průtoků. Každý scénář sestává ze zadání horní OP a dolní OP pro právě řešený úsek toku, a horních a dolních OP ostatních toků v modelu. Horní OP v byly zadány hodnotami řešených kulminačních průtoků (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}) patrné z Tab. č. 13 v horních profilech toků Morava (ř. km 153,075), Okluky (ř. km 3,641) a Olšava (ř. km 7,671). Dolní OP vycházely z předchozích výsledků modelu provedeného v rámci projektu sestavení map nebezpečí, ohrožení a rizik [23]. Ty byly analyzovány a upraveny na základě vlastních hydraulických propočtů v místě zadané OP. Konkrétně se jednalo o zadání poloh hladiny v dolních profilech Moravy (ř. km 132,590) a Odlehčovacího ramene (ř. km 7,375) v místě silnice č. 495. Vzhledem ke značné podobnosti modelu se starším modelem z [23] lze konstatovat, že ovlivnění dolní OP nebude významně ovlivňovat výsledky řešení. Navíc jsou jak horní, tak dolní OP voleny dostatečně vzdáleny jak proti, tak po proudu od okrajů řešené oblasti (dle zadání měla být přepočítávána pouze část se šterkovnou u Polešovic).

4.3.2 MOV_02-04 Dlouhá řeka

Horní OP byly zadány hodnotami řešených kulminačních průtoků (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}) patrné z Tab. č. 13 v horním profilu toku (ř. km 3,189). Jako dolní OP 2D oblasti byla zvolena úroveň hladiny v propustku pod silnicí č. 495, který je kombinován s přelivnou konstrukcí. Výpočet proudění přes přeliv a propustkem byl proveden prostředky klasické hydrauliky.

4.3.3 Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I

Horní okrajové podmínky byly do modelu zadány v podobě N -letých průtoků. 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 a obráceně. Dolní okrajové podmínky byly zadány na základě polohy hladiny v odpovídajících příčných profilech z 1,5D modelu [22]. Podrobnější popis zadání OP je uveden v podkladu [23].

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Jako programové vybavení byl použit numerický model HEC-RAS, který umožňuje samostatné modelování 1D, 2D a rovněž spřažení 2D a 1D modelů. Výhodou programu je možnost propojení s nástroji ArcGIS, což usnadňuje přípravu vstupních dat modelu i vyhodnocení a následné zpracování výsledků výpočtů.

Modely byly podle zadání projektu řešeny jako stacionární. V případě modelování spřaženého modelu 1D+2D bylo přistoupeno k modifikaci tohoto zadání a to tak, že řešení bylo koncipováno jako nestacionární s velmi dlouhou kulminací povodňové vlny. Povodňová vlna začínala na hodnotě průtoku, pro kterou byl model numericky stabilní, v čase byl průtok zvyšován až do dosažení kulminace dle Tab. č. 13. Dále byl průtok v čase neměnný a v modelu bylo sledováno ustálení průtoku oblastí. Po dosažení ustálení byla simulace zastavena, čímž byly v posledním časovém okamžiku získány hodnoty platné pro stacionární model. K ustálení průtoku v modelu Morava-OR-Olšava a Okluky došlo po cca 240 hodinách simulovaných hodinách, v modelu Dlouhé řeky došlo k ustálení po 240 simulovaných hodinách.

Vzhledem k použitému přístupu s povodňovou vlnou s dlouhou kulminací, v 1D částech modelu byly řešeny Saint-Venantovy rovnice [49] diferenční metodou. Ve 2D modelu byly řešeny rovnice mělkého proudu metodou konečných objemů [50]. Řízení časového kroku bylo realizováno hodnotou Courantova čísla (max. 1,0). Maximální počet iterací 1D byl zadán 40 pro získání co nejpřesnějšího výsledku v 1D, počet iterací mezi 1D a 2D bylo stanoveno 3 pro upřesnění přetoku vody do 2D oblastí, počet iterací ve 2D oblasti byl nastaven na 25. Počty iterací byly zvoleny za účelem získání přesného výsledku a stabilního postupu výpočtu. Nicméně platí, že neúměrně vysoký počet iterací může vést k výraznému prodloužení výpočtu. Tolerance hladiny byly nastaveny na 0,007 m, tolerance objemu byla nastavena na 0,007. Zvolené tolerance jsou vzhledem ke stabilitě výpočtu dostatečné.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupní data pro numerický model lze využít nejen ve výpočtové části, ale také v části mapové, kdy např. polohy objektů mají vliv na výsledné mapy povodňového nebezpečí, ohrožení i rizika.

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

- mapové podklady (Rastrové mapy ČR 1:10 000) [11],
- ortofotomapy [12],
- DMT v rastrové podobě [15],
- podélné a příčné profily vodního toku Morava a Odlehčovacího ramena [17], [32], [35], [36]
- podélné a příčné profily vodního toku Olšava [34],
- podélné a příčné profily vodního toku Dlouhá řeka [33], [55],
- podélné a příčné profily vodního toku Okluky [31],
- manipulační řády dle [18], [19] a [40] až [45],
- místní šetření v zájmové lokalitě [25], [47],
- hydrologická data [53],
- kalibrační data [9], [10], [37], [38].

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava

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 [15]. Druhý postup sloužil pro zadání morfologie terénu do 1D modelu a vycházel z geodeticky zaměřených příčných profilů toků [17], [31] až [36]. 1D model zahrnoval rovněž související objekty na toku a v ZU, které byly do modelu zadávány na základě manipulačních řádů [18], [19] a [40] až [45] a místních šetření [25] a [47]. Přehled významných objektů na řešených úsecích toků je uveden v Tab. č. 14 až 18.

Tab. č. 14 – Objekty zohledněné při řešení, úsek MOV_02-05 Olšava

Staničení dle projektu	Popis objektu	Staničení dle TPE (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	Mikovice
7,152	silniční most	7,246	Mikovice
7,441	betonový jez	7,537	Mikovice

Tab. č. 15 – Objekty zohledněné při řešení, úsek MOV_02-02 Odlehčovací rameno

Staničení dle projektu	Popis objektu	Staničení dle TPE (ident. obj.)	Lokalita
4,822	silniční most a pěší lávka	-1)	Bzenec – Veselí nad Moravou
7,391	silniční most	-1)	Uh. Ostroh – Mor. Písek
8,908	pohyblivý jez Uherský Ostroh	-1)	Uh. Ostroh

Tab. č. 16 – Objekty zohledněné při řešení, úsek MOV_02-01 Morava

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

Tab. č. 17 – Objekty zohledněné při řešení, úsek MOV_02-03 Okluky

Staničení dle projektu	Popis objektu	Staničení dle TPE (identifikátor obj.)	Lokalita
0,473	cestní ŽB most	-1)	Ostrožské Předměstí
0,703	ocelová lávka DYAS	-1)	Ostrožské Předměstí
1,055	silniční ŽB most	-1)	Ostrožské Předměstí
1,408	silniční ŽB most	-1)	Ostrožské Předměstí
1,588	cestní ŽB most	-1)	Ostrožské Předměstí
2,191	lávka pro pěši	-1)	Ostrožské Předměstí
3,063	silniční ŽB most	2,950	Ostrožské Předměstí
3,157	železniční ŽB most	-1)	Ostrožské Předměstí

1) Chybějící hodnoty ř. km dle TPE v Tab. č. 14 až 18 nebyly uvedeny v žádných podkladech.

MOV_02-04 Dlouhá řeka

Morfologie terénu byla do spráženého modelu zadávána dvěma postupy. První, pro zadání morfologie terénu do 2D modelu, využíval data z digitálního modelu terénu [15]. Druhý postup sloužil pro zadání morfologie terénu do

1D modelu a vycházel ze zaměřených příčných profilů toků [33]. 1D model zahrnuje objekty na toku a v ZÚ, které byly zadávány dle manipulačních řádů [19] a místních šetření [25] a [47]. Přehled objektů na tocích je v Tab. č. 18.

Tab. č. 18 – Objekty zohledněné při řešení, úsek MOV_02-04 Dlouhá řeka

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

¹⁾ Chybějící hodnoty ř. km dle TPE v Tab. č. 14 až 18 nebyly uvedeny v žádných podkladech.

Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I a MOV_02-05 Olšava

Morfologie toku a ZÚ včetně přítoku byla v případě 2D zadána dle geodetického zaměření. Mosty byly ve 2D popsány pomocí významných hran (opěry, omezení rozlivu) se zahuštěním výpočetních elementů o hraně 5 m. U vyšších průtoků byl pro výpočetní elementy v korytě odpovídající mostům odvozen vyšší součinitel drsnosti, čímž byly přiblíženy podmínky tlakového proudění mostem. Podrobnější popis modelu obsahuje podklad [23].

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky, MOV_02-04 Dlouhá řeka a MOV_02-05 Olšava

Údaje o drsnostech povrchu byly do modelu zadávány ve formě součinitele drsnosti dle Manninga (Tab. č. 19). Výchozím podkladem pro odhad součinitelů drsnosti jednotlivých druhů povrchu byly především ortofotomapy a výsledky místních šetření. Pro zadávání drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Hodnoty součinitelů byly dále upřesňovány v průběhu kalibrace modelu.

Tab. č. 19 – Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
cesta	0,02
trávník	0,055
lesy, křoviny	0,15
louky, pole	0,05
vodní toky	0,03
vodní plochy	0,02
zástavba	0,5

Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I

Hodnoty drsností byly zadány na základě pochůzek v terénu a pořízené fotodokumentace. Pro zadávání drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Drsnosti svahů a inundačního území 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 místech 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. Podrobnější popis modelu obsahuje podklad [23].

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava

Hodnoty OP diskutované v kapitole 4.3 jsou uvedeny v následující Tab. č. 21. Horní OP udávají hodnoty zadaných průtoků, dolní OP představují odpovídající polohy hladin. V případě spřaženého 1D+2D modelu bylo třeba, s ohledem na soutokové oblasti, řešit několik kombinací OP v souladu s doporučením dokumentu [XVII].

V případě řešených úseků Moravy a Odlehčovacího ramene byla použita horní OP dle Tab. č. 21. Pro stanovení přítoků bylo stanoveno dělení průtoku Moravy do OR na základě [44], [17] a na základě pomocných hydraulických výpočtů. Předpokládá se, že N -letý průtok v Moravě nad OR po rozdělení vyvolá N -letý průtok v OR i v Moravě pod OR. Hodnoty polohy hladiny, hloubky a rychlosti v OR jsou součástí řešení povodňových scénářů Q_N^{MORAVA} . Při dělení průtoků bylo uvažováno s nekapacitními koryty obou toků s částí průtoku v inundaci. Dělení průtoků je v Tab. č. 20. V některých případech nebylo možné stanovit průtoky doplnkem, jak doporučuje metodika [XVII]. Příkladem je případ, kdy hodnoty průtoků nad přítokem jsou vyšší než pod přítokem. Taková situace nastává v řešené oblasti z důvodu transformace povodňové vlny v inundačním území. Zde bylo přistoupeno k řešení stanovení průtoku pomocí specifického odtoku z povodí. Pro daný blízký profil podobného toku s podobnou konfigurací povodí byl podle plochy povodí stanoven jeho specifický odtok podle zadaných N -letostí. Tyto specifické odtoky pak byly násobeny plochou zájmového povodí, čímž byly stanoveny N -leté doplňky.

Tab. č. 20 – Dělení průtoku Moravy do Odlehčovacího ramene [44]

Morava nad OR [m³/s]	OR v Uherském Ostrohu [m³/s]	Morava pod OR [m³/s]	Inundační území [m³/s]
60	-	60	0
144	24	120	0
210	90	120	0
390	170	220	0
521	261 *)	260 *)	0
565	300	265	0
600	295	305	0
650	320	330	0
661	320 *)	341 *)	0
700	320	380	0
800	320 **)	390 **)	90 **)
831	330 *)	400 *)	101 *)
1011	355 *)	460 *)	196 *)

*) Hodnoty byly stanoveny extrapolací hodnot dle [17] a [44] s přihlédnutím k [2].

***) Hodnoty dle [44] byly upraveny s ohledem na kapacitu Moravy ověřenou při skutečných povodních [2].

Tab. č. 21 – Kombinace OP spřaženého 1D+2D modelu

Povodňový scénář	Horní OP Morava km 153,075 [m³/s]	Horní OP Olšava km 7,671 [m³/s]	Horní OP Okluky km 3,641 [m³/s]	Dolní OP Morava km 129,590 [m n. m.]	Dolní OP OR km 7,375 [m n. m.]
Q_5^{MORAVA}	514	7 ¹⁾	7,2 ²⁾	173,13 ⁴⁾	173,81 ⁴⁾
Q_{20}^{MORAVA}	651	10 ¹⁾	9,2 ²⁾	173,72 ⁴⁾	174,23 ⁴⁾
Q_{100}^{MORAVA}	817	14 ¹⁾	11,5 ²⁾	174,08 ⁴⁾	174,43 ⁴⁾
Q_{500}^{MORAVA}	992	19 ¹⁾	14 ²⁾	174,40 ⁴⁾	174,45 ⁴⁾
$Q_5^{\text{OLŠAVA}}$	407 ¹⁾	114	7,2 ²⁾	173,13 ⁴⁾	173,81 ⁴⁾
$Q_{20}^{\text{OLŠAVA}}$	478 ¹⁾	183	9,2 ²⁾	173,72 ⁴⁾	174,23 ⁴⁾
$Q_{100}^{\text{OLŠAVA}}$	551 ¹⁾	280	11,5 ²⁾	174,08 ⁴⁾	174,43 ⁴⁾
$Q_{500}^{\text{OLŠAVA}}$	614 ¹⁾	397	14 ²⁾	174,40 ⁴⁾	174,45 ⁴⁾
Q_5^{OKLUKY}	384,3 ³⁾	109,5 ³⁾	20,3	173,13 ⁴⁾	173,79 ⁴⁾
Q_{20}^{OKLUKY}	417,9 ³⁾	163,4 ³⁾	40	173,72 ⁴⁾	174,20 ⁴⁾
Q_{100}^{OKLUKY}	408,8 ³⁾	213,2 ³⁾	84	174,08 ⁴⁾	174,39 ⁴⁾
Q_{500}^{OKLUKY}	351,2 ³⁾	234,3 ³⁾	162	174,40 ⁴⁾	174,45 ⁴⁾

1) Hodnoty N -letých průtoků byly stanoveny doplnkem dle metodiky [XVII].

2) Hodnoty průtoků byly stanoveny výpočtem na základě odpovídajícího specifického odtoku z povodí.

3) Hodnoty průtoků stanoveny dle metodiky [XVII] a dle dělení průtoků v Tab. č. 20.

4) Hodnoty stanovené dle podkladů [17].

V případě povodňového scénáře Okluk bylo při stanovování ostatních horních OP postupováno následujícím způsobem: V Oklukách byly jako horní OP nastaveny příslušné N -leté průtoky. Podle metodiky [XVII] je pod soutokem s řešeným tokem vyžadován průtok se stejnou N -letostí jaká je v řešeném toku. Průtok nad soutokem byl stanoven doplňkem. Na základě Tab. č. 20 byly stanoveny průtoky v OR a nad OR. Na základě poměru průtoků v hydrologických datech byly stanoveny průtoky v Olšavě a v Moravě nad Olšavou.

MOV 02-04 Dlouhá řeka

Jako horní OP v Dlouhé řece byly použity průtoky s danými N -letostmi dle Tab. č. 13. Jako dolní OP 2D oblasti byla zvolena úroveň hladiny v propustku pod silnicí č. 495, který je kombinován s přelivnou konstrukcí. Výpočet proudění přes přeliv a propustkem byl proveden prostředky klasické hydrauliky. Všechny OP ukazuje Tab. č. 22.

Tab. č. 22 – OP 1D+2D modelu Dlouhé řeky

Povodňový scénář	Horní OP, Dlouhá řeka km 3,189, [m ³ /s]	Dolní OP, Dlouhá řeka km 0,637, [m n. m.]
$Q_5^{\text{DLOUHÁ ŘEKA}}$	10,1	172,25
$Q_{20}^{\text{DLOUHÁ ŘEKA}}$	20,6	172,30
$Q_{100}^{\text{DLOUHÁ ŘEKA}}$	41,8	172,41
$Q_{500}^{\text{DLOUHÁ ŘEKA}}$	76,3	172,57

Úsek MOV 02-01 Morava – část I, MOV 02-02 Odlehčovací rameno – část I

Podrobný popis zadání OP hydrodynamického modelu obsahuje podklad [23].

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 je přesnost a podrobnost DMT v rastrové podobě [15]. Limitující je udávaná výšková přesnost (0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu) a dále rozlišení rastru (1×1 m). Uvedené zdroje nejistot se projevily zejména u zemních těles menších rozměrů, které místy zásadně ovlivňovaly charakter proudění v ZÚ (např. ochranné hráze, zemní tělesa komunikací apod.). V těchto případech bylo v závislosti na dostupnosti vhodných podkladů provedeno upřesnění DMT na základě pozemního geodetického měření [17] až [19], [31] až [36], [40] až [45]. Obtížně ovlivnitelným zdrojem nejistot jsou možné změny morfologie ZÚ a toku v čase. Během povodňové události dochází k transportu splavenin (zanášení, vznik výmolů), pohybu plovoucích objektů (zanášení mostních profilů a propustků) atd. Možné časové změny morfologie terénu nebyly v rámci hydraulických výpočtů uvažovány.
2. Nejistoty v údajích o objektech v ZÚ – v zájmové oblasti se nachází zemní tělesa dopravních komunikací vč. souvisejících objektů (propustky, mosty, podjezdy), které zásadně ovlivňují charakter proudění v zájmové lokalitě. Pro objekty, které se nenacházely přímo na řešených tocích, byla k dispozici pouze omezená nebo zcela chybějící dokumentace. Absence tohoto druhu podkladů v průběhu řešení kompenzována realizací dodatečných orientačních měření těchto objektů např. v rámci místních šetření [25] a [47]. Pro další omezení tohoto druhu nejistot by bylo nezbytné provést detailní geodetické zaměření zmiňovaných objektů.
3. Nejistoty v drsnosti povrchu – zadání hodnot součinitelů drsnosti povrchu dle Manninga vycházelo ze zkušeností zpracovatele v oblasti hydraulických výpočtů. Navržené hodnoty byly upřesněny kalibrací (viz kap. 5.3). Větší nejistoty je třeba uvažovat v oblastech mimo koryta toků, kde jsou dostupné podklady ke kalibraci modelu omezené. Hodnoty součinitelů drsnosti se mohou též měnit v čase, a to jak z dlouhodobého hlediska (roční období), tak v kratších intervalech (průběh povodňové události). Snižování těchto nejistot je vázáno na množství kalibračních dat a přesnost kalibrace modelu.
4. Nejistoty z nejistot při kalibraci modelu se týkají jednak hodnot odhadnutých průtoků při povodních, dále pak úrovní zastížené hladiny dle povodňových značek. Nepřesnost v záznamech z povodňových značek může činit až 0,1 m, v případě hrubých chyb i více. Odhady průtoků při povodni jsou zatíženy nejistotou přesahující 15 %. Pro účely projektu tak bylo považováno za dostatečné dosažení shody s povodňovými

značkami $\pm 0,20$ m. Přestože se takové odchylky zdají na první pohled významné, vzhledem k rozsahu modelovaného území a vzhledem k uvedeným nejistotám jsou spíše dolní obálkou dosažitelné nejistoty. Nejistoty v hydrologických údajích – v této souvislosti je třeba zohlednit především udávanou třídu přesnosti dostupných podkladů, které odpovídá příslušná hodnota směrodatné chyby dle [III].

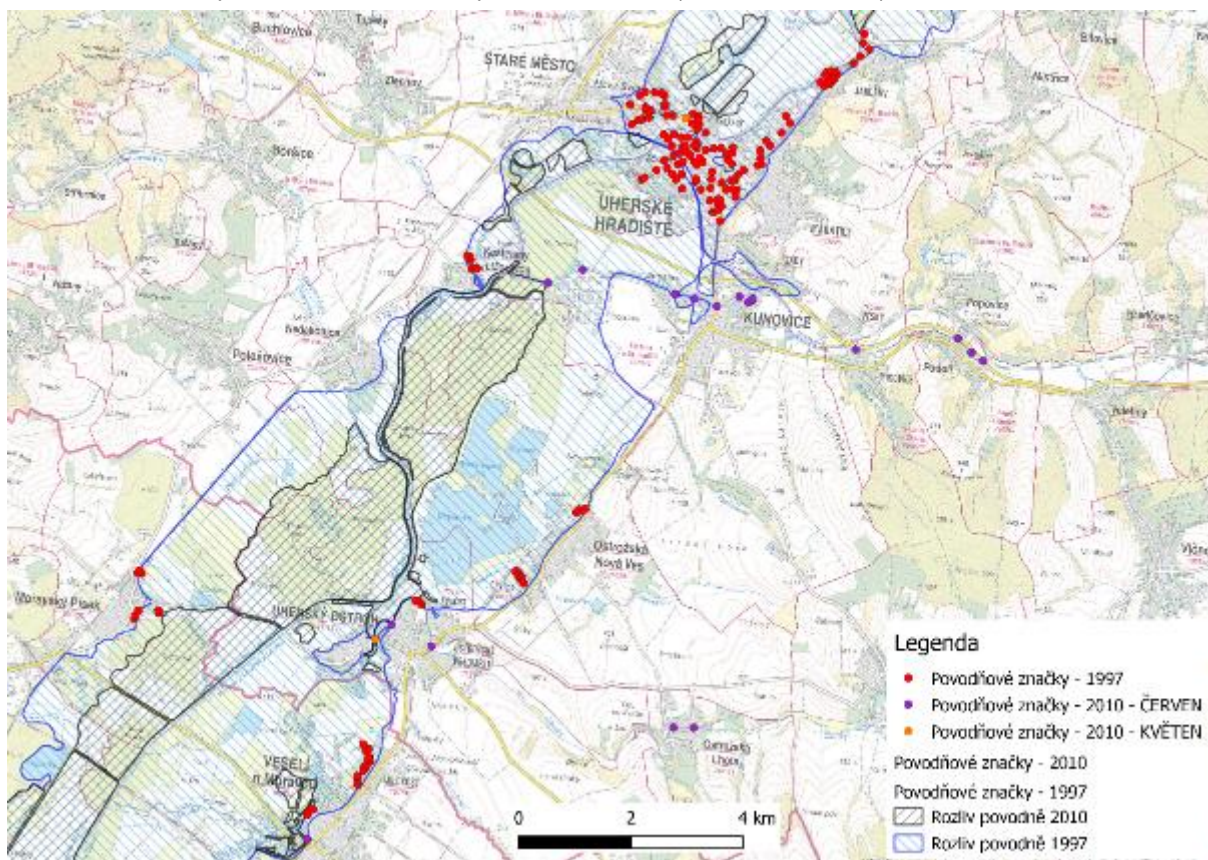
5. Je zřejmé, že vzhledem k výše uvedeným nejistotám ve vstupních datech, ale i ve vlastní metodě řešení nelze provést zcela přesnou a jednoznačnou kvantifikaci možných odchylek. Tak například klasické postupy a závislosti intervalové analýzy nelze jednoduše použít. Možným řešením by bylo stochastické řešení problému, které je vzhledem ke své časové náročnosti zjevně nad rámec zadání.

5.3 Popis kalibrace modelu

Popsané modely byly po sestavení kalibrovány. Z důvodu omezených znalostí o DMT v letech, na které byly provedeny kalibrace, příp. verifikace (roky 1997 a 2010), bylo možné provést kalibraci pouze v omezené míře.

5.3.1 Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava

Pro model toků Moravy, Okluk, Dlouhé řeky, Odlehčovacího ramene a Olšavy byla provedena kalibrace na povodeň v roce 1997, verifikace pak na povodeň v roce 2010. Pro kalibraci a verifikaci modelu by bylo zapotřebí dvou dalších sad geometrických dat popisujících DMT i toky v letech 1997 a 2010. Vzhledem k rozsahu celé oblasti bylo zjištěno, že pro takové sestavení DMT a geometrií toků neexistuje dostatek podkladů. Proto nebylo možné přímo provést kalibraci ani verifikaci nově sestaveného modelu. Avšak díky věrohodně kalibrovanému modelu v podkladech [23 – Tabulky č. 27-29] bylo možné převzít data o kalibrovaných parametrech a použít je v nově sestaveném modelu. Protože nebyl k dispozici DMT z roku 1997 ani 2010 a v území byla provedena řada prostorových změn (těžebny štěrkopisku, PPO), byla verifikace modelu provedena porovnáním dosažených úrovní hladiny v neovlivněných lokalitách a zejména konfrontací rozsahu rozlivů se závěry [2], [3], [5], [7-10]. Současně byly poznatky o průběhu povodní dle uvedených podkladů zohledněny při zadávání OP (viz Tab. č. 20 a 21).



Obr. č. 6 Polohy povodňových značek v modelu Moravy, Odlehčovacího ramene a Olšavy

5.3.2 Úsek MOV_02-04 Dlouhá řeka

Vzhledem ke značně omezeným znalostem o přispívajícím rozlivu Dlouhé řeky k celkovému rozlivu povodně v roce 1997 a vzhledem k absenci povodňových značek v zájmové oblasti, byly možnosti kalibrace modelu také podstatně omezené. Navíc podklady neobsahují dostatek dat pro sestavení 1D úseku toku ani DMT platného v roce 1997. Jako podklad bylo možné použít pouze data z již kalibrovaného modelu z podkladu [23]. Porovnání správnosti kalibrace bylo tedy možné provádět jen mezi výsledky nově vypočtenými a výsledky z [23]. Navíc vzhledem k rozsahu modelu v podkladu [23] opět nelze určit samotný rozliv Dlouhé řeky. Z těchto důvodů nebyla přímá kalibrace provedena a kalibrované parametry byly převzaty z podkladu [23].

Z důvodu nedostatku dat nebyla verifikace modelu provedena.

5.3.3 Úsek MOV_02-01 Morava – část I, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část I

Pro kalibraci modelu byla využita dostupná data o povodni z července 1997 [10]. Několik 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. Další kalibrační data jsou popsána v podkladu [23].

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

6.1.1 Úseky MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava

Základním výstupem z 2D modelu jsou úrovně hladin a bodové hodnoty svislicových rychlostí v celé řešené oblasti pro jednotlivé povodňové scénáře.

Na základě znalosti úrovně hladin v jednotlivých bodech v oblasti byly do map vyneseny čáry rozlivů pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . V prostředí programu QGIS byly vytvořeny rastry úrovní hladin pro jednotlivé povodňové scénáře. Za použití rastrů úrovní hladin a rastru DMT byly vytvořeny rastry hloubek. Dále byly vytvořeny i rastry rychlostí, které společně s hloubkami tvoří mapy povodňového nebezpečí.

Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map záplavových čar a map povodňového nebezpečí.

Q5

Morava – při průtoku Q5 je Morava od km 153,075 (začátek úseku) po km 132,590 (konec úseku) kapacitní. Jediný viditelný rozliv je v místě soutoku Březnice a Moravy na pravém břehu Březnice v místě soutoku. Rozliv na pravém břehu mezi Nedakonicemi a Moravským Pískem je způsoben vyběžením Dlouhé řeky (kapitola 6.1.2).

Olšava – při průtoku Q5 je Olšava v km 7,671 (začátek úseku) až k soutoku s Moravou kapacitní.

Okluky – při průtoku Q5 jsou Okluky kapacitní od km 3,641 až po soutok s Moravou kapacitní.

Odhledčovací rameno – při průtoku Q5 je Odhledčovací rameno Moravy od km 7,375 až po km 9,160 kapacitní.

Q20

Morava – při průtoku Q20 se z výše položeného úseku propaguje na začátek úseku v km 153,075 rozliv vody na levém břehu, který se spojuje s rozlivem z Březnice na jejím pravém břehu. Koryto Moravy je dále kapacitní a pouze v km 145,705 (soutok se Salaškou) dochází ke zpětnému vzduť, kdy zde dochází k rozlivu směrem po toku na pravém břehu Salašky. Dále je na levém břehu rozliv od km 145,0705 po soutok s Olšavou, který je spojen s rozlivem z Olšavy. Na pravém břehu Moravy je zpětné vzduť z Moravy do Zlechovského potoka v cca km 143,500. Pod soutokem s Olšavou je zpětné vzduť na levém břehu Moravy, které vzniká na soutoku Bobrovce v km 136,460. Na pravém a levém břehu Bobrovce jsou odsazené hráze Moravy a k rozlivu dochází z pravého břehu Bobrovce. V úseku km 138,945 až 134,465 je rozliv na pravém břehu, který se propaguje z Dlouhé řeky. Dále je koryto Moravy až po konec řešeného úseku v km 132,590 bez rozlivů.

Olšava – tok je bez rozlivů od začátku úseku v km 7,671 až po km 5,536, kde dochází k rozlivům na pravém a levém břehu. Na pravém břehu pokračuje rozliv přes silnici č. 55 až do km 3,535, kde voda protéká propustkem podél pravého břehu Olšavy až k soutoku s Moravou, kde se spojuje s rozlivem na soutoku Olšavy a Moravy. Rozliv na pravém břehu pokračuje směrem na sever podél komunikace č. 55 do jižní části Uherského Hradiště. K rozlivu vody na levém břehu Olšavy dochází v z km 3,960 až km 5,536. Voda poté protéká podjezdem pod železniční tratí a pokračuje podél Olšavy přes ČOV na levém břehu Olšavy až k Bobrovci. K rozlivu vody dochází na levém břehu v km 0,659, kdy se tento rozliv spojuje s rozlivem z Bobrovce na soutoku Bobrovce a Moravy.

Okluky – při průtoku Q20 jsou Okluky v km 3,641 až km 2,200 kapacitní. V km 2,170 dochází k rozlivu na pravém břehu až po km 1,400. Dále zde dochází ke zpětnému vzduť v toku Petříkovec. Na levém břehu v km 1,600 až km 2,015 jsou odsazené ochranné hráze v blízkosti toku a rozliv je těmito hrázemi omezen. Dále je tok kapacitní a k rozlivu dochází až na soutoku s Moravou.

Odhledčovací rameno – je kapacitní v řešeném úseku km 7,375 až km 9,160.

Q100

Morava – při průtoku Q100 se z výše položeného úseku propaguje na začátek úseku v km 153,075 s rozlivem vody na levém i na pravém břehu, který vzniká na pravém břehu v místě Babic a na levém břehu pod Napajedly (převzato z [9], [17], [23]). Na levém břehu rozliv pokračuje až k soutoku s Březnicí, kde je rozliv v severní části Jarošova. Na pravém břehu pokračuje rozliv pod obcí Huštěnovice podél Baťova kanálu až do prostoru severně nad Uherským Hradištěm (km 149,125 až 153,075 Moravy). Na levém břehu Baťova kanálu je rozliv poté omezen ochrannou hrází

umístěnou severně od Rybáren. Rozliv na pravém břehu Bařova kanálu, který se vlévá do Moravy v km 147,075, dále pokračuje Uherským Hradištěm a vrací se zpět do Moravy nad km 146,595. Níže po toku dochází k rozlivu na pravém břehu od soutoku se Salaškou v km 145,705 až po přítok Zlechovského potoka v km 143,530. Na levém břehu je rozliv vody od km 145,705 po soutok s Olšavou. Tento rozliv je způsoben rozlivem Olšavy a Moravy. Pod soutokem s Olšavou (km 142,330) je na levém břehu rozliv, který je způsoben spojením rozlivů z levého břehu Olšavy v km 0,659, z levého břehu Olšavy v km 2,749 až 3,535 a také rozlivem z levého břehu Moravy v místě zaústění Bobrovce (km 136,440). Rozliv na levém břehu Moravy tedy pokračuje od soutoku s Olšavou k Bobrovcům dále přes těžebnu až k Oklukám, kde se spojuje s rozlivem z Okluk přes Kvačice až k soutoku Okluk a Moravy. Na východě kopíruje rozliv železniční trať. Rozliv na pravém břehu Moravy v km 139,945 přes odbočení Odlehčovacího ramene v km 134,530 je způsoben rozlivem z Moravy a také z Dlouhé řeky. Poté pokračuje rozliv podél Odlehčovacího ramene v km 7,375 až km 9,160. Zde voda protéká propustkem a přes silnici v místě křížení Polešovického potoka a silnice č. 495. Rozliv vody v km 134,530 až km 132,590 (konec úseku) na pravém břehu je způsoben rozlivem vody z Odlehčovacího ramene. Tento rozliv zasahuje západní část Uherského Ostrohu v prostoru mezi Moravou a Odlehčovacím ramenem. Rozliv pokračuje přes silnici 495 podél toku Moravy a Odlehčovacího ramene.

Olšava – koryto je při průtoku Q100 z velké části kapacitní od začátku úseku v km 7,671 po km 6,707 až na lokální rozliv na pravé straně v km 7,432, který jde až za silnici č. 50. V km 6,623 vzniká rozliv na pravé straně toku, který se spojuje s větším rozlivem, který vzniká na pravé straně toku v km 5,436. V km 5,436 zároveň vzniká i rozliv na levé straně. Rozliv na pravé straně pokračuje až do km 3,960 a dále pokračuje podél toku skrz železnici směrem na ČOV a propojuje se s rozlivem z levého břehu Moravy pod soutokem s Olšavou. Na levém břehu Olšavy je rozliv od km 5,536 po km 3,960. Tento rozliv se dále spojuje směrem po komunikaci č. 55 na sever s rozlivem jižní části Uherského Hradiště. Dále voda teče podél toku až soutoku Olšavy s Moravou. Tento rozliv zasahuje jižní část Uherského Hradiště (Stonky, Štěpnice). Koryto je od km 3,960 kapacitní až do km 0,659, kde dochází k rozlivu na levé straně a rozliv se spojuje s rozlivem na levém břehu začínajícím na km 3,960. Na pravém břehu dochází k rozlivu až na soutoku s Moravou.

Okluky – při průtoku Q100 je tok od km 3,641 po km 3,075 nekapacitní a dochází k rozlivu na pravém břehu. Tento rozliv pokračuje podél toku až do km 2,861, kde se spojuje s rozlivem vody na pravém břehu. Tento rozliv pokračuje dále a propojuje se s rozlivem z Olšavy a Moravy. Na levém břehu dochází k rozlivu vody v km 2,754, kdy tento rozliv je v severní části Ostrožského Předměstí a končí v km 1,070. Na pravé straně toku prochází propojený rozliv podél Moravy a ž k soutoku s ní.

Odlehčovací rameno – při průtoku Q100 dochází v řešeném úseku od km 7,375 až po km 9,160 k rozlivům vody na levém a pravém břehu. Na pravém břehu dochází ke spojení rozlivů z Dlouhé řeky. Na levém břehu rozliv zasahuje do západní části Uherského Ostrohu v prostoru mezi Moravou a Odlehčovacím ramenem.

Q500

Morava – od začátku úseku v km 153,075 dochází k rozlivům na pravém i levém břehu toku (převzato z [9], [17], [23]). Rozliv na levém břehu zasahuje severní část Jarošova. Rozliv na pravé straně pokračuje podél Moravy a Bařova kanálu, zasahuje severní část Uherského Hradiště a napojuje se na rozliv na pravé straně Moravy v km 147,075. Na levém břehu Moravy pokračuje rozliv pod Jarošovem kolem toku, zasahuje průmyslovou zónu na severu Uherského Hradiště a pokračuje od km 147,780 přes Uherské Hradiště, kde se napojuje na rozliv v km 145,705. Rozliv zde pak zasahuje jižní a jihozápadní část Uherského Hradiště a napojuje se na rozliv z Olšavy. Tento rozliv pak zasahuje až k soutoku s Olšavou. Na pravém břehu Moravy vzniká rozliv v km 146,535, který zasahuje částečně za železnici v místě prostupu Salašky a pokračuje podél toku až do km 140,855. Tento rozliv zasahuje Kostelany nad Moravou. V km 139,945 je na pravé straně rozliv, který se napojuje na rozliv z Dlouhé řeky, který prochází Nedakonicemi a pokračuje až k silnici 495 mezi železnicí a pravým břehem Moravy, kde poté protéká propustkem Polešovického potoka a přetéká silnici 495. Na levém břehu Moravy rozliv vzniká v km 145,510 a napojuje se na rozliv Olšavy, kdy jde rozliv podél levého břehu Moravy až Oklukám. Tento rozliv je na východě omezen částečně železnicí a zasahuje západní část Ostrožské Nové vsi. Tento rozliv se poté napojuje na rozliv z Okluk a pokračuje až k soutoku s Okluky.

Olšava – při průtoku Q500 vznikají od začátku úseku rozlivy na pravém i levém břehu. Rozliv na pravém břehu pokračuje podél toku mezi tokem a železnicí až do km 3,960. Tento rozliv se poté odpojuje od toku a severně se napojuje na rozliv z Moravy a také pokračuje podél toku Olšavy až k rozlivu vznikajícímu na soutoku Olšavy a

Moravy. Tento rozliv na pravém břehu zasahuje do jižní a jihozápadní části Uherského Hradiště. Rozliv vody na levém břehu vzniká od km 7,671 do 7,154. Částečný rozliv vzniká mezi km 6,707 a 6,613. Další rozliv vody na levém břehu vzniká v km 5,779 a pokračuje do km 3,679, kdy zasahuje sever Kunovic. Rozliv dále pokračuje skrz železnici, kde část jde směrem na ČOV a část směrem na jih. Rozliv, který pokračuje na ČOV se spojuje s rozlivem vznikajícím na levém břehu v km 0,424. Další část rozlivu pokračuje jižně na těžebny a propojuje se s rozlivem z Moravy a s rozlivem Olšavy z km 0,424.

Okluky – při průtoku Q500 vzniká rozliv na začátku úseku v km 3,641 do km 3,030 na pravém břehu. Tento rozliv jde skrz železnici a poté jde podél toku až k soutoku s Moravou, kde se napojuje na rozliv z Olšavy a Moravy. Na levém břehu vzniká rozliv vody již v km 3,030 a ten pokračuje do km 0,920. Tento rozliv zasahuje severní a severozápadní část Ostrožského Předměstí. Rozliv dále pokračuje od soutoku s Moravou podél toku.

Odlehčovací rameno – při průtoku Q500 dochází v řešeném úseku od km 7,375 až po km 9,160 k rozlivům vody na levém a pravém břehu. Na pravém břehu dochází ke spojení rozlivů z Dlouhé řeky. Na levém břehu rozliv zasahuje do západní části Uherského Ostrohu v prostoru mezi Moravou a Odlehčovacím ramenem.

6.1.2 MOV_02-04 Dlouhá řeka

Základním výstupem z 2D modelu jsou úrovně hladin a bodové hodnoty svislicových rychlostí v celé řešené oblasti pro jednotlivé povodňové scénáře.

Na základě znalosti úrovně hladin v jednotlivých bodech v oblasti byly do map vyneseny čáry rozlivů pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . V prostředí programu QGIS byly vytvořeny rastry úrovní hladin pro jednotlivé povodňové scénáře. Za použití rastrů úrovní hladin a rastru DMT byly vytvořeny rastry hloubek. Dále byly vytvořeny i rastry rychlostí, které společně s hloubkami tvoří mapy povodňového nebezpečí.

Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map záplavových čar a map povodňového nebezpečí.

Při průtoku Q_5 je koryto Dlouhé řeky kapacitní v úseku od km 3,089 (železniční most v Nedakonicích) po ČOV za Nedakonicemi v km 1,900. Pod tímto úsekem dochází k rozlivům na levém břehu do prostoru jižně pod Nedakonicemi. Tento rozliv vody se propaguje do lokality Štěpnice a částečně do jižní části Nedakonic na levém břehu Dlouhé řeky. Voda při průtoku Q_5 dále natéká zčásti do mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonic, zčásti pokračuje jižně k odlehčovacímu ramenu a zčásti postupuje Shnilým potokem díky rozlivům vody na pravém břehu v km 0,594 až cca 0,900 směrem na Moravský Písek, který má protipovodňovou ochranu ve formě zemních hrází. Voda zaplavuje prostor Ostrožského lesa, Podhrudí a Hrubých luk u Shnilého potoku a prostor Předměstského lesa směrem od levého břehu pokračování Dlouhé řeky, které dále pokračuje od místa mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonic. Část vody se také dostává propustky pod železniční trať jižně pod Polešovice. Při úvaze uzavřeného tabulového uzávěru na sběrném příkopu v místě křížení silnice č. 495 a Odlehčovacího ramene a omezeně funkční shybky pod pohyblivým jezem Uherský Ostroh na odlehčovacím ramenu, voda odtéká propustkem v místě křížení silnice č. 495 a pokračuje Polešovickým potokem.

Při průtoku Q_{20} je koryto Dlouhé řeky kapacitní v úseku od km 3,089 (železniční most v Nedakonicích) po cca km 2,100, kdy dochází k částečnému rozlivu na pravém břehu do jižního a jihozápadního místa pod Nedakonicemi. Tento rozliv vody pokračuje do prostoru Klučovanky a spojuje se s rozlivem, který vzniká rozlivem vody z pravého břehu Dlouhé řeky v místě mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonic. K dalším rozlivům z Dlouhé řeky dochází v km 0,594 až cca 1,700 na levém břehu a v km 0,594 až cca 1,300 na pravém břehu. Voda rozlévající se z levého břehu poté pokračuje stejně jako u průtoku Q_5 do prostoru Štěpnice do jižní části Nedakonic. Voda v Dlouhé řece při průtoku Q_{20} dále vtéká zčásti do mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonic, zčásti pokračuje jižně k odlehčovacímu ramenu a zčásti postupuje Shnilým potokem díky rozlivům vody na pravém břehu v km 0,594 až cca 0, směrem na Moravský Písek, který má protipovodňovou ochranu zemní hrází. Voda zaplavuje většinu prostoru Ostrožského lesa, Podhrudí a Hrubých luk u Shnilého potoku a prostor Předměstského lesa směrem od levého břehu pokračování Dlouhé řeky, které dále pokračuje od místa mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonic. Část vody se také dostává propustky pod železniční trať jižně pod Polešovice. Při úvaze uzavřeného tabulového uzávěru v místě křížení silnice č. 495 a Odlehčovacího ramene a omezeně funkční shybky pod pohyblivým jezem Uherský Ostroh na odlehčovacím ramenu, tak voda poté odtéká propustkem v místě křížení silnice č. 495 a pokračuje Polešovickým potokem.

Při průtoku Q_{100} dochází k rozlivu vody v km 2,850 (most přes Dlouhou řeku v Nedakonicích) a to na levém a pravém břehu. Voda z rozlivu na levém břehu pokračuje podél toku až do km 2,450 (siliční most přes Dlouhou řeku v Nedakonicích), kde dochází k dalším rozlivům na levém břehu a voda poté teče do jižního a jihozápadního místa pod Nedakonicemi. Tento rozliv vody pokračuje do prostoru Klučovanky a spojuje se s rozlivem, který vzniká rozlivem vody z pravého břehu Dlouhé řeky v místě mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonice (km 0,594). Voda rozlévající se v km 2,850 na pravém břehu postupuje přes Nedakonice do severovýchodní části Nedakonic a do prostoru Mlýnské a Nivky, kde vyplňuje prostor od východní části města až k Moravě. Část vody také postupuje Nedakonicemi podél toku až do km 2,500, kde dochází na pravém břehu k rozlivu. V tomto místě dochází ke spojení rozlivů a voda zde zaplavuje jižní část pod Nedakonicemi na levém břehu až k mrtvému ramenu u pohyblivého jezu Nedakonice. K dalším rozlivům dochází na pravém břehu v km 0,594 až 1,400 a levém břehu v km 0,594 až 2,450. Voda v Dlouhé řece při průtoku Q_{100} dále vtéká zčásti do mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonice, zčásti pokračuje jižně k odlehčovacímu ramenu a zčásti postupuje Shnilým potokem díky rozlivům vody na pravém břehu v km 0,594 až cca 0,900 přes těžebnu směrem na Moravský Písek, který má protipovodňovou ochranu ve formě zemních hrází. Rozliv zasahuje většinu prostoru Ostrožského lesa, Podhrudí a Hrubých luk u Shnilého potoku a prostor Předměstského lesa směrem od levého břehu pokračování Dlouhé řeky, které dále pokračuje od místa mrtvého ramene u pohyblivého jezu Nedakonice. Rozliv postupuje propustky pod železniční tratí jižně pod Polešovice. Při úvaze zavřeného tabulového uzávěru na příkopu v místě křížení silnice č. 495 a Odlehčovacího ramene a omezeně funkční shybky pod pohyblivým jezem Uherský Ostroh na odlehčovacím ramenu, tak voda odtéká propustkem a přepadem přes nejnížší část silnice č. 495 v místě jejího křížení s Polešovickým potokem.

Rozliv při průtoku Q_{500} je mírně větší než rozliv při Q_{100} , kdy je patrný větší rozsah zejména v Nedakonicích. Současně dochází k rozlivu vody za železniční trať v křížení s Polešovickým potokem na jeho pravém břehu.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

V řešených úsecích MOV_02-01 Morava – část II, MOV_02-02 Odlehčovací rameno – část II, MOV_02-03 Okluky a MOV_02-05 Olšava v kombinaci s úsekem MOV_02-04 Dlouhá řeka jsou maximálním rozlivem (polygonem rozlivu Q_{500}) dotčeny obce uvedené v tab. 23.

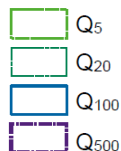
Tab. č. 23 – Území obcí zasažené při průtoku Q_{500} (abecedně)

Průtok	Zasažené obce
Q_{500}	Huštěnovice, Jarošov, Kostelany nad Moravou, Kunovice, Nedakonice, Ostrožská Nová Ves, Polešovice, Uherské Hradiště, Uherský Ostroh

Záplavové čáry dle metodiky [XIV]

Záplavové čáry jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. Záplavové čáry jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na ZRM v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [XIV] - viz Obr. č. 7.

Záplavové čáry



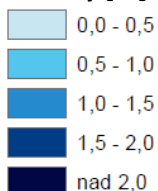
Obr. č. 7 – Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

Záplavové čáry byly zkonstruovány pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Podkladem pro ně byly polohy hladiny získané výpočtem pomocí nakalibrovaného hydraulického modelu. Od úrovní hladin v jednotlivých bodech na oblasti byl odečten terén definovaný DMT. Tím byly získány hodnoty hloubek. V místě přechodu kladných hodnot hloubek do záporných byly vymezeny záplavové čáry pro jednotlivé průtoky. Linie záplavových čar byly následně ověřeny místním šetřením a upraveny dle skutečných podmínek rozlivů in situ.

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

Hloubky vody byly odvozeny nástroji QGIS jako rozdíl plochy hladiny definované úrovněmi vypočtenými v jednotlivých bodech a polohy terénu dle DMT zpřesněného s využitím geodetického zaměření. Hloubky vody z numerického jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je ukázána v Obr. č. 8.

Hloubky [m]

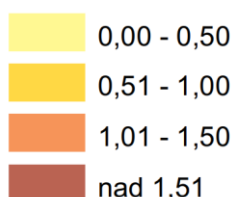


Obr. č. 8 – Definice barev a intervalů hloubek

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

Hodnoty rychlostí proudění pro jednotlivé uvažované průtoky byly součástí výpočtu. Jelikož se jednalo o model 1D+2D byly k dispozici výsledné rychlosti jak v korytě, tak i v inundačním území. Polohy bodů v korytě byly odvozeny jako průsečík osy toku a výpočetních profilů. Přiřazené hodnoty odpovídaly průměrným profilovým rychlostem v korytě stanoveným pomocí hydraulického modelu. Následně bylo možné přímo stanovit rastry rychlostí na celé oblasti. Rychlosti vody z numerického modelu jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Barevná škála rychlostí dle metodiky [XIV] je ukázána v Obr. 9.

Rychlosti [m/s]



Obr. č. 9 – Definice barev a intervalu hloubek

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty v podkladech i v samotném hydraulickém výpočtu byly komentovány v kapitole 5.2.5. Tyto nejistoty byly do jisté míry omezeny kalibrací modelu (kap. 5.3) – s přesností do $\pm 0,20$ m.

Dalšími nejistotami ve vyhotovení výše uvedených map jsou:

1. Přesnost DMT.
2. Provedení spojení 1D a 2D pomocí tzv. laterálních struktur – souvisí s přesností DMT.

Celkovou nejistotu při kvantifikaci povodňového ohrožení nejvíce ovlivňuje přesnost DMT a v některých případech také odhad rychlostí v inundačním území. Zde obvykle obecně platí, že menší rychlosti odpovídají vyšším vodním stavům (po naplnění prostoru) a vyšší rychlosti jsou při natékání vody z koryta do inundačního území. Při vyhodnocování povodňového ohrožení dle metodiky [XIV] nemá rychlost do 1 m/s vliv na povodňové ohrožení. Rychlosti přesahující 1 m/s se v inundačním území při velkých hloubkách vyskytují zcela ojediněle. Singularity s takovým výskytem byly hodnoceny individuálně s přihlédnutím k podmínkám v místech nátoky vody do inundačního území.

Při řešení v daném území bylo třeba vyrovnat se s konkrétními problémy s digitálním modelem terénu. V rámci poskytnutého DMR5G chybělo v dodaných datech území Chylecka mezi Moravou a Ostrožskou Novou Vsí. Na základě odhadu úrovně hladiny vodní plochy Chylecka, vodárenského jezera a Čtverce byla doplněna do DMR5G vodní plocha. Při výpočtu poté bylo zjištěno, že v daném území schází těleso železnice. Digitální model terénu byl tedy doplněn částí modelu z DMR4G a také interpolovaným tělesem železnice, který byl vytvořen profilů železnice u krajů chybějící oblasti.

Při vytváření 1D a 2D modelu se ukázalo, že odsazené hráze Pstruhovce nejsou místy v digitálním modelu terénu zastíženy, geodetické zaměření nebylo k dispozici. Tyto odsazené hráze v místě soutoku Pstruhovce a Moravy pak výrazně ovlivňovaly rozlivy na levém břehu Moravy. Další hráze, které mohou významněji ovlivnit proudění jsou hráze kolem Březnice, ke kterým taktéž chybělo geodetické zaměření. Tyto hráze mohou ovlivnit proudění vody v inundaci levého břehu Moravy, kdy při průtoku Q100 dochází k přelití hrází a částečnému zaplavení Jarošova a při průtoku Q500 dochází na levém břehu Moravy k rozlivu, který pokračuje kolem hrází Moravy do Uherského Hradiště. Hráze u Pstruhovce a Březnice byly doplněny v hydraulickém modelu.

Nejistotami byl rovněž zatížen výpočet v části Dlouhé řeky při jezu Nedakonice, kde nebylo k dispozici dostatečné zaměření a informace o způsobu manipulaci s objekty v prostoru mrtvého ramene. Obdobně nebyl k dispozici způsob manipulace s uzávěry sběrných příkopů v místě křížení Odlehčovacího ramene a silnice č. 495. Předpokládalo se tedy, že se s těmito uzávěry při povodni nemanipuluje, povodňový průtok se převádí přes objekt v křížení Polešovického potoka a silnice č. 495, popř. přepadem přes silniční těleso.

Uvedené problémy byly dořešeny při sestavení modelu na základě místního šetření.

V rámci dalších hydraulických výpočtů by bylo vhodné doměřit hlavní toky (především tok Moravu), doměřit ochranné hráze a tyto zaměření zakomponovat do hydraulických modelů. Vhodné se také jeví vyřešit zaměření terénu v Ostrožské Nové vsi, které v DMR5G zcela schází. Dále se jeví jako vhodnější realizovat přepočty celého hydraulického modelu namísto využití starších výsledků hydraulických modelů.