

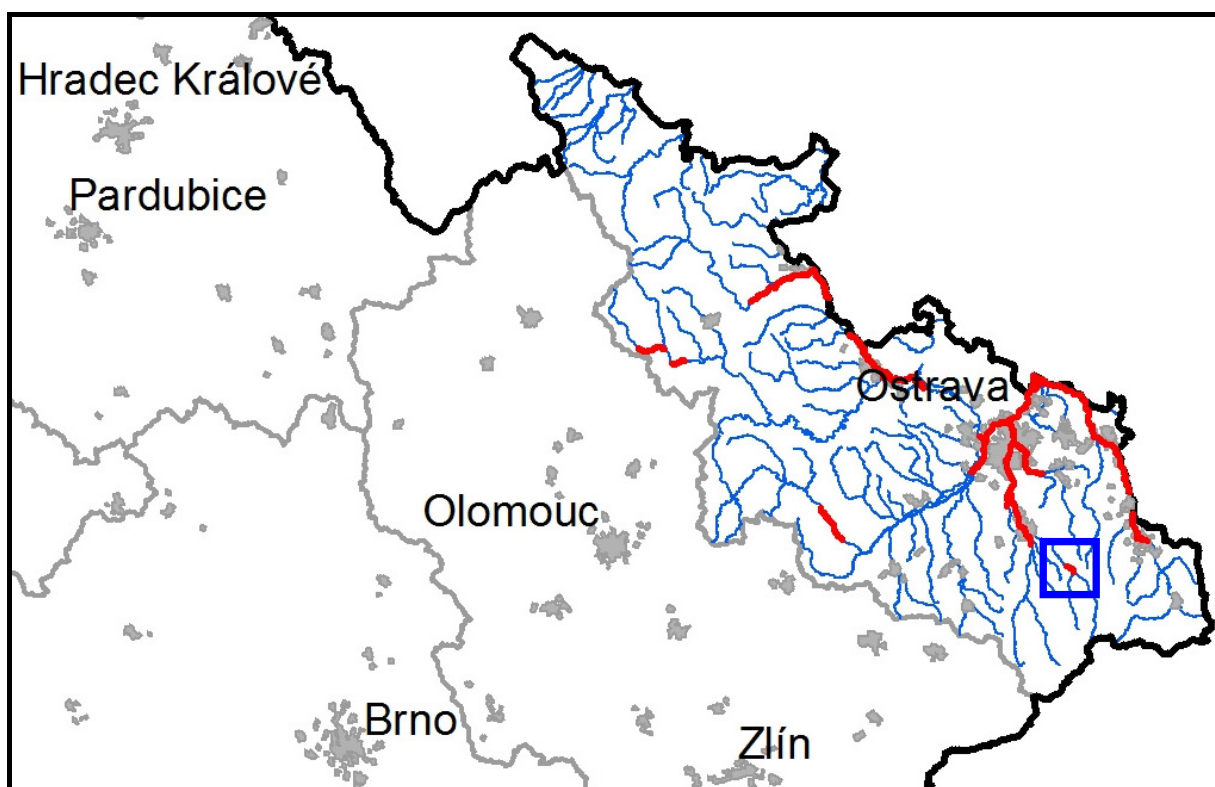


Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Morávce (úsek Raškovice – soutok s Mohelnicí)

POVODÍ MORÁVKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

MORÁVKA – POD- 4 - Ř. KM 11.13 – 13.21



BŘEZEN 2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Morávce (úsek Raškovice – soutok s Mohelnicí)

POVODÍ MORÁVKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

MORÁVKA – POD-4 - Ř. KM 11.13 – 13.21

Pořizovatel:



ADRESA

Povodí Odry, státní podnik
Varenská 49
Ostrava, PSČ 701 26

Zhotovitel:



ADRESA

Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. - Revital
Suchý vršek 13
Praha 5, PSČ 158.00

Obsah:

1	Základní údaje	4
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje	6
2.1.1	Stručný popis zájmového území	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší známé povodně)	7
3	Přehled podkladů	8
3.1	Topografická data	8
3.1.1	Mapové podklady	8
3.1.2	Geodetické podklady	8
3.2	Hydrologická data	8
3.3	Místní šetření	9
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	9
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	9
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	10
4	Metodika tvorby modelu	11
4.1	Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT)	11
4.2	Hydrodynamický model	11
4.3	Sestavení hydrodynamického modelu	12
4.3.1	Schematizace oblasti	12
4.3.2	Hydraulické řešení objektů	15
4.3.3	Hydraulické parametry výpočtu	15
4.3.4	Okrajové podmínky	16
4.3.5	Kalibrace a verifikace modelu	16
5	Výstupy z modelu	18
5.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	18
5.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	18
5.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	18
5.4	Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6	Přílohy	20
6.1	Psaný podélný profil	20
6.2	Posudek hydraulických výpočtů	20

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
FESWMS	Finite element surface-water modeling system
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku podle Centrální evidence vodních toků
RZM	Rastrová Základní mapa
S-JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SMS	Surface-water modeling system
SOP	Studie odtokových poměrů
TPE	Technicko-provozní evidence
VD	Vodní dílo
VM	Výpočtový model
ZÚ	Záplavové území

1.2 Cíle prací

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

- Hranice rozlivů.
- Hloubky vody v záplavovém území.
- Rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik průběhu povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty budou sloužit následně jako podklad pro kvantifikaci rizika s využitím metod uvedených v „Metodice stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území“ [04].

Pro získání základní informace o povodňovém nebezpečí budou v první fázi využity existující podklady (např. dokumentace záplavových území (ZÚ) přirozených a zvláštních povodní, studie odtokových poměrů (SOP), mapy a atlasy ZÚ, záznamy z historických povodní apod.), které však obsahují pouze omezený počet řešených kulminačních průtoků (zpravidla průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , popř. průtoky odpovídající zaznamenané historické povodni). Nevýhodou uvedených podkladů je ve většině případů absence údajů o hloubkách, popř. rychlostech proudění vody v ZÚ.

1.3 Předmět práce

Práce bude zahrnovat tyto činnosti:

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

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Zpracování dokumentace proběhlo v následujícím postupu:

- V prvotních úkonech byly získány dostupné podklady (SOP, ZÚ, hydraulické posudky) doplněné místním šetřením posuzované lokality, které pomohly popsat zájmovou oblast pro stanovení rozsahu geodetického zaměření a předběžně určit charakter proudění.
- Příprava podkladů pro geodetické zaměření a jeho zadání.
- Pořízení a aktualizace hydrologických dat.
- Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT).
- Sestavení dvourozměrného hydrodynamického modelu v programu SMS 11.0-FESWMS a podrobnější rekognoskace lokalit pro výpočtové modely.
- Testovací výpočty a hydraulické simulace pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .
- Presentace výsledků výpočtů v podobě map povodňového nebezpečí.
- Sestavení technické zprávy, verze standardizačního minima 13. 3. 2012 (datum stažení 28. 5. 2012) [36].
- Zajištění hydraulického posudku.

2 Popis zájmového území

Specifikace toku:

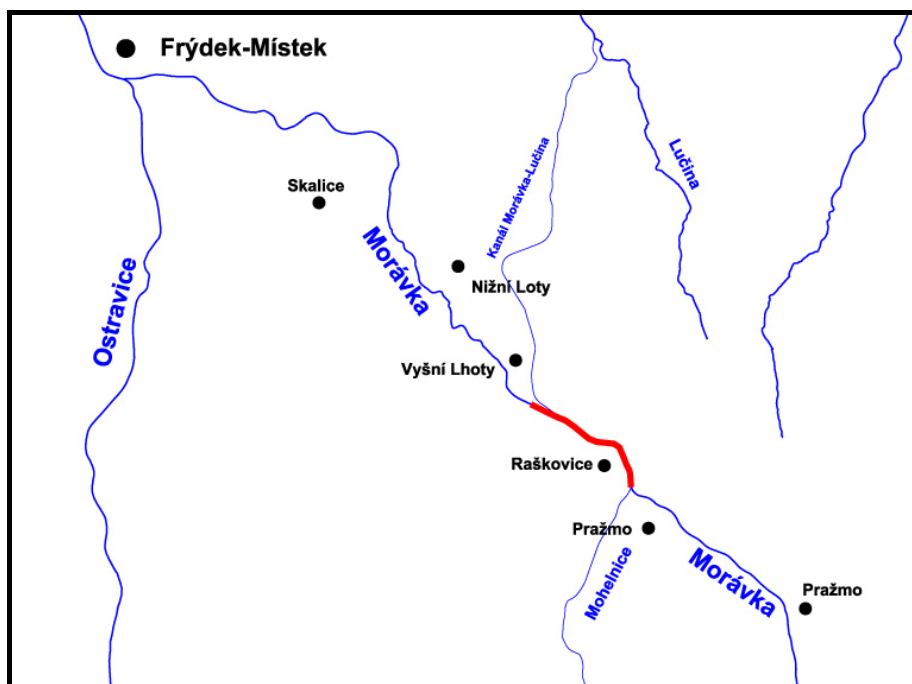
Název toku: Morávka, spádový objekt Raškovice - soutok s Mohelnicí

ID úseku: 10100159, identifikátor vycházející z Centrální evidence vodních toků (IDVT CEVT)

Identifikátor oblasti s potenciálně významným rizikem: POD-04

Číslo hydrologického pořadí toku: 2-03-01-0500.

Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Na Morávce se řeší jen velmi krátký úsek dlouhý 2.08 km a je vymezen od profilu soutoku s Mohelnicí (dle TPE km 13.21, podle X = 1127055.597 a Y = 458243.853) až po spádový objekt v Raškovicih (TPE km 11.13, podle X = 1125794.910 a Y = 459648.334).

Tabulka 2 – Současný stupeň protipovodňové ochrany obcí

Obec	Stupeň ochrany Q_N
Pražmo	Q_{100}
Raškovice	Q_{100}
Vyšní Lhoty	Q_{100}

Staničení toku bylo převzato ze studie Návrh na stanovení záplavových území na řece Morávce, ústí – údolní nádrž Morávka. U jednotlivých objektů (mosty, jezy) je uvedena i kilometráž podle technicko-provozní evidence (TPE) správce povodí.

2.1.1 Stručný popis zájmového území

Koryto Morávky je v řešeném úseku soustavně upraveno. Protože se jedná o úsek s přirozeně silně splaveninovým režimem a nedaleko (směrem proti proudu) stojí profil VD Morávka, který přirozený chod splavenin přerušuje, má voda pod profilem přehrady tendenci odebírat ve zvýšené míře splaveniny ze dna koryta. Hovoří se o tak zvané „hladové“ vodě. Proto byl podélný profil Morávky v řešeném úseku stabilizován kaskádou spádových objektů.

Vodohospodářsky významnou stavbou je rozdělovací objekt ve Vyšních Lhotách, který slouží k převádění části průtoku do sousedního povodí Lučiny. Součástí stavby je i jezový objekt v korytě Morávky.

2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně)

Vzhledem k tomu, že se Morávka nachází pod VD Morávka, jehož jedním z účelů je i protipovodňová ochrana podařilo se v průběhu katastrofální povodně v roce 1997 přítok do nádrže transformovat do neškodného odtoku, který nezpůsobil škody na objektech. Z tohoto důvodu nejsou k dispozici ani žádné údaje o úrovni povodňových hladin, které by bylo možné použít pro kalibraci modelu.

3 Přehled podkladů

Použité podklady pro zpracování studie byly čerpány z archivů zpracovatelů a správce toku. Hydrologická data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem - pobočkou v Ostravě a Povodím Odry, s.p.

3.1 Topografická data

Topografická 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 topografické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Mapové podklady

- Rastrové základní mapy (RZM) 1:10 000.
- Ortofotomapy řešeného území [10] (rok pořízení 2011, velikost nejmenšího elementu ortofotomapy 5 cm).

3.1.2 Geodetické podklady

Řešená oblast o ploše cca 1.2 km² byla geodeticky zmapována kombinací podrobného geodetického zaměření a stereofotogrammetrické metody v roce 2011 [07, 08]. Totální stanicí a soupravou GPS byly zaměřeny části údolní nivy, koryto toku a objekty. Pro výškopisné a polohopisné mapování stereofotogrammetrickou metodou bylo použito digitálních leteckých měřičských snímků pořízených kameou UltraCAMXp a přednáletové signalizace zaměřené v terénu. Mapování proběhlo dle metodického pokynu [03]. Stereofotogrammetrickou metodou byly zaměřeny následující prvky polohopisu a výškopisu:

- Podrobné body výškopisu, které jsou zaměřeny v pseudopravidelné síti s krokem 20 m až 30 m, podle lokální konfigurace terénu.
- Povinné spojnice (terénní hrany) s vzájemným převýšením dvou sousedních hran vyšším než 25 cm a delším než 20 m.
- Ploty tvořící překážku v proudění vody.
- Budovy bez rozlišení (budovy jsou zaměřeny po obvodě střešního pláště).
- Základní obrysy komunikací.

Zaměřená data jsou v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém horizontu Balt po vyrovnání. Rozsah zaměření byl větší než největší zaznamenaný rozliv i větší než rozliv při průtoku Q_{500} .

3.2 Hydrologická data

Protože je hydrologický režim ovlivněn nádrží Morávka, byl pro Morávku použit z neovlivněných průtoků jen průtok Q_{500} , tato data byla zajištěna u ČHMÚ [09], tabulka [3]. Pro ostatní N-letosti poskytli ovlivněné průtoky VD Morávka správce toku podnik Povodí Odry, s.p. [10], tabulka [4]. Tyto podklady byly zpracovány ke dni 31.12.2012.

Tabulka 3 - N-leté neovlivněné průtoky pro Morávku (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Plocha povodí	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Morávka, jez Vyšní Lhoty	11.11.2011	130.74	130.74	96.5	175	300	466	II.

Tabulka 4 - N-leté ovlivněné průtoky pro Morávku (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Plocha povodí	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Morávka, nad Mohelnicí	31.12.2012	13.25	88.6	65	80	95		
Morávka, pod Mohelnicí	31.12.2012	13.20	129.2	90	120	145		

3.3 Místní šetření

Podrobná rekognoskace terénu byla provedena v červenci roku 2012.

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

- [01] Zadávací dokumentace k veřejné zakázce, podle zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách. Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na dílčích úsecích řek Morávce, Lučině, Podolském potoce, Moravice a Odře. Zadavatel: Povodí Odry, s.p., Varenská 49, 701 26 Ostrava 1. Ostrava, 2010.
- [02] Posílení rizikové analýzy a stanovení aktivních zón v českém vodním hospodářství. Ministerstvo zemědělství ČR, květen 2004.
- [03] Metodický pokyn č.j.: 28181/2005-16000 k zadávání fotogrammetrických činností pro potřeby vymezování záplavových území. Ministerstvo životního prostředí. Praha, listopad 2005.
- [04] Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území. Ministerstvo životního prostředí. Brno, prosinec 2008.
- [05] Metodika tvorby map povodňových nebezpečí a povodňových rizik. Ministerstvo životního prostředí, březen 2012.
- [06] Sdělení ZP17/2011 odboru ochrany vod MŽP o aktualizaci Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. 2011.
- [07] Geodetické zaměření řeky Morávky v úseku Raškovice –ústí Mohelnice, Aquageodet, Praha, září 2011.
- [08] Zaměření digitálního modelu terénu řeky Morávky v úseku Raškovice –ústí Mohelnice, září 2011.
- [09] Zpracování N-letých průtoků, ČHMÚ, Ostrava 2011.
- [10] Tlumení povodní údolními nádržemi v dílčím povodí Horní Odry., Povodí Odry, s.p.
- [11] Návrh na stanovení záplavových území na řece Morávce, ústí – údolní nádrž Morávka, Pory 2006.
- [12] Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Odře v úseku Bohumín – Pohanka. Revital, Praha, 2009.
- [13] User's Manual for FESWMS Flo2DH. Two-dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport Model. Froelich, D. Release 3. September 2002. FHWA-RD03-053.
- [14] Povodňový informační systém. www.povis.cz (ověřený přístup 5. 3. 2013).

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

- [51] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [52] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [53] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [54] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [55] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [56] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [57] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.

- [58] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [59] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [60] 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).
- [61] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [62] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [63] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Podklady byly seříděny a analyzovány. Pro potřeby 2D numerického modelování jsou vstupní data velmi podrobná. Zaměření dvou hran s výškovým rozdílem 25 cm, výškový rozdíl komunikace a chodníku, nemusí být topografií při diskretizaci náhradní oblasti vystihnout. Zájmová lokalita je polohopisem, výškopisem a hydrologickými daty dostatečně pokryta. Podrobnost ortofotomap je pro určení druhu pokryvu vynikající. *N*-leté průtoky řeky Morávky jsou ve II. třídě přesnosti a jejich směrodatná chyba pro průtok větší než Q_{20} je 30 % [52].

4 Metodika tvorby modelu

Proudění v zájmovém území bylo simulováno 2D numerickým modelem FESWMS [12], který je založen na metodě konečných prvků. Příprava výpočetní sítě, další parametry modelu a prezentace výsledků byly řešeny s využitím programu SMS. Tento přístup byl vhodný zejména v případě proudění průtoků Q_{500} , kdy dochází k rozsáhlému vybřežení hladiny. Naopak v případě povodňových průtoků Q_5 až Q_{100} , kdy je veškerý průtok proveden upraveným korytem (zejména oblast v okolí jezu a rozdělovacího objektu ve Vyšních Lhotách), by řešení s využitím 1D přístupu přineslo alespoň z pohledu průběhu hladin možná přesnější výsledky. Sestavení hydrodynamického modelu je popsáno v následujících kapitolách.

4.1 Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT)

DMT je sestaven z geodeticky zaměřeného koryta doplněného ve zbylé části výškopisem a polohopisem stereofotogrammetrické metody. Data před spojením byla zkontrolována a následně spojena v prostředí Microstationu. Se zakomponováním povinných hran byl DMT sestaven v AutoCadu Civil 3D 2012 a výsledný povrch byl vyexportován do formátu DWG 2012 a XML. DMT je referencován v souřadném systému S-JTSK a výškovém horizontu Balt po vyrovnání.

4.2 Hydrodynamický model

Výpočtový program SMS-FESWMS 10.0 (Surface Modelling System) je prostředek určený především k modelování 2D přibližně horizontálního proudění s volnou hladinou. Jedná se o komplexní nástroj, který umožňuje vytvářet a upravovat síť (Mesh modul, Map modul a Scatter modul), provádět výpočty proudění pomocí některého z modelů založených na 2D přístupu, zpracovávat, vyhodnocovat a prezentovat výsledky. Řešení hydrodynamických rovnic je založeno na metodě konečných prvků. Výpočtové schéma modelu FESWMS (Finite Element Surface-Water Modeling System) řeší 2D neustálené proudění s volnou hladinou za předpokladu, že svislá složka rychlosti je v porovnání se složkami v podélném i příčném směru zanedbatelná. Předpokládá se relativně menší hloubka vody („shallow water“), model tedy není určen k simulaci proudění v nádržích. Modelování proudění vody v záplavovém území tuto podmínku plně splňuje.

Teoreticky se vychází z obecných trojrozměrných rovnic vyjadřujících zákony zachování hybnosti (pohybové rovnice) a hmotnosti (rovnice spojitosti). Z trojrozměrných na dvourozměrné rovnice se přejde zprůměrováním rychlosti po svislici, za předpokladu, že pohyb ve svislém směru je zanedbatelný v porovnání s vodorovným pohybem. Nejvýznamnější řídicí rovnice 2D proudění jsou:

$$\text{Rovnice spojitosti: } \frac{\partial Z_h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = q_m.$$

Pohybové rovnice:

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{q_x^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\beta \frac{q_x q_y}{h} \right) + gh \frac{\partial Z_d}{\partial x} + \frac{h}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \Omega q_y + \frac{1}{\rho} \left[\tau_{dx} - \tau_{hx} - \frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} - \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] = 0,$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\beta \frac{q_y^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \right) + gh \frac{\partial Z_d}{\partial y} + \frac{h}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \Omega q_x + \frac{1}{\rho} \left[\tau_{dy} - \tau_{hy} - \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial x} - \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] = 0.$$

Způsob výpočtu Reynoldsových napětí: Bousinesq – princip turbulentní viskozity:

$$\tau_{xx} = \rho \nu_t \left(2 \frac{\partial v_x}{\partial x} \right); \tau_{xy} = \tau_{yx} = \rho \nu_t \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right); \tau_{yy} = \rho \nu_t \left(2 \frac{\partial v_y}{\partial y} \right).$$

Výpočet turbulentní viskozity podle Smagorinského:

$$v_t = v_{t0} + c_1 v_* h + c_2 |J| \sqrt{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y}\right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x}\right)^2}.$$

Vliv tření o omočený obvod:

$$\tau_{zx} = \rho \frac{gn^2}{h^{1/3}} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial y}\right)^2} \frac{q_x \sqrt{q_x^2 + q_y^2}}{h^2},$$

$$\tau_{zy} = \rho \frac{gn^2}{h^{1/3}} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial y}\right)^2} \frac{q_y \sqrt{q_x^2 + q_y^2}}{h^2}.$$

4.3 Sestavení hydrodynamického modelu

Základem řešení je výpočtová síť. Polygony pro její tvorbu byly zpracovány nad digitálním modelem terénu a osazenými ortofotomapami. Linie polygonů byly tak vytvářeny jak z pohledu odporů terénu (materiálové typy), tak z potřeby zachycení zejména významných terénních hran, kterými byly břehové hrany koryta, paty břehových svahů, hrany koruny hrází a případně i komunikací. Dále linie polygonů respektovaly i všechny významné stavby a další neprůtoční objekty. V takových to místech potom nebyla výpočetní síť vytvářena a byla zajištěna neprůtočnost. Polygony byly dále tvořeny s úmyslem preferovat při vyplnění polygonů elementy čtyřúhelníkového tvaru nad trojúhelníkovými. Velikost elementů byla volena v rozsahu od 6 do 8 metrů. V páscech břehů a dna koryta byly použity i elementy o menším rozměru, naopak v širokých nezastavěných říčních nivách bez výrazných terénních nerovností byl rozměr elementů zvýšen na cca 10 m.

Ze sestavené výpočetní sítě (u čtyřúhelníkových elementů byla použito 9 bodové řešení) byly následně převzaty souřadnice všech výpočtových bodů, pro které byly z digitálního modelu terénu [09] pomocí programového prostředku Atlas napočítány výšky přesně v místě výpočtových bodů. Tím byla zajištěna správnost těchto hodnot i v okolí terénních hran (ochranné hráze apod.). Takto získaný soubor byl následně načten Scatter a s využitím nástroje lineární interpolace byly výšky přiřazeny výpočtovým bodům. Protože byla poloha bodů Scatter souboru shodná s polohou bodů výpočetní sítě, nebylo již potřeba dělat žádnou úpravu výšek

4.3.1 Schematizace oblasti

Relativně úzké záplavové území umožnilo přes svou délku přesahující 10 km sestavit pro toto území jeden geometrický model, tak aby po numerické stránce výpočetní technika řešení zvládla. Tím odpadlo složité napojování modelů. Počátek modelu byl vložen necelých 500 m nad soutok s Mohelnicí (km 13.46, dle TPE) do profilu km 13.93, konec modelu v profilu km 11.05, to je 300 m pod kamenným stupněm ve Vyšních Lhotách v km 11.356 (dle TPE km 11.13). Rozsah řešeného úseku je znázorněn na obrázku [2].

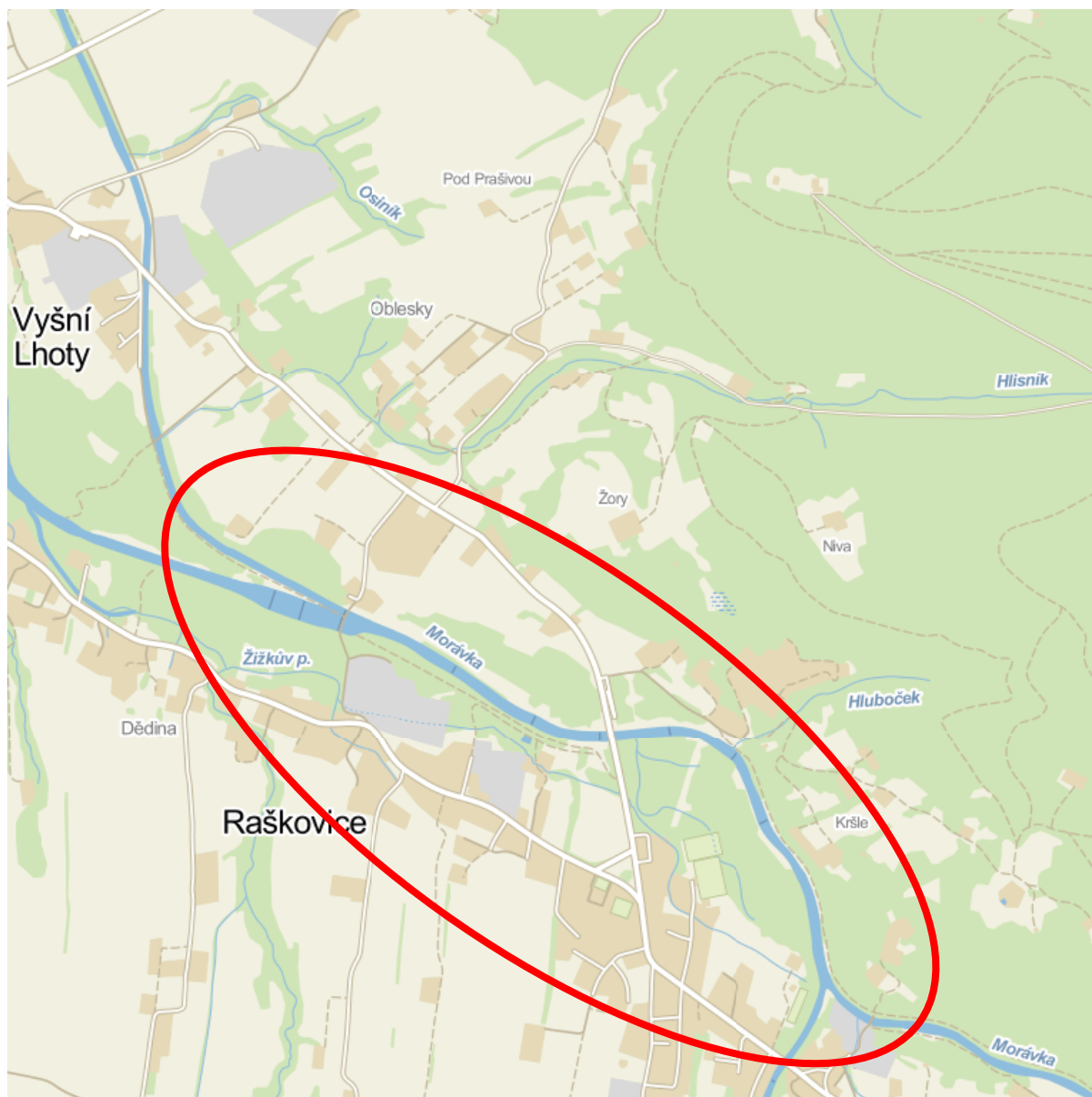
Při přípravě výpočetní sítě byla věnována pozornost všem neprůtočným objektům, kterých se v záplavovém území příliš nevyskytovalo. Šlo zejména o objekty průmyslového provozu v levé inundaci. Základní parametry výpočetní sítě modelu **Moravka** jsou uvedeny v tabulce [5].

Jezové objekty byly řešeny v modelu jako balvanité skluzy s postupně vysvahovaným dnem. Až do průtoku Q100 bylo proudění jedním mostem s volnou hladinou. Tlakový režim u zatopeného mostní konstrukce nebyl z důvodu zajištění stability uvažován. Vliv mostovky byl náhradně zohledněn mírným zúžením mostního profilu vyřazením úzkých elementů u břehové opěry

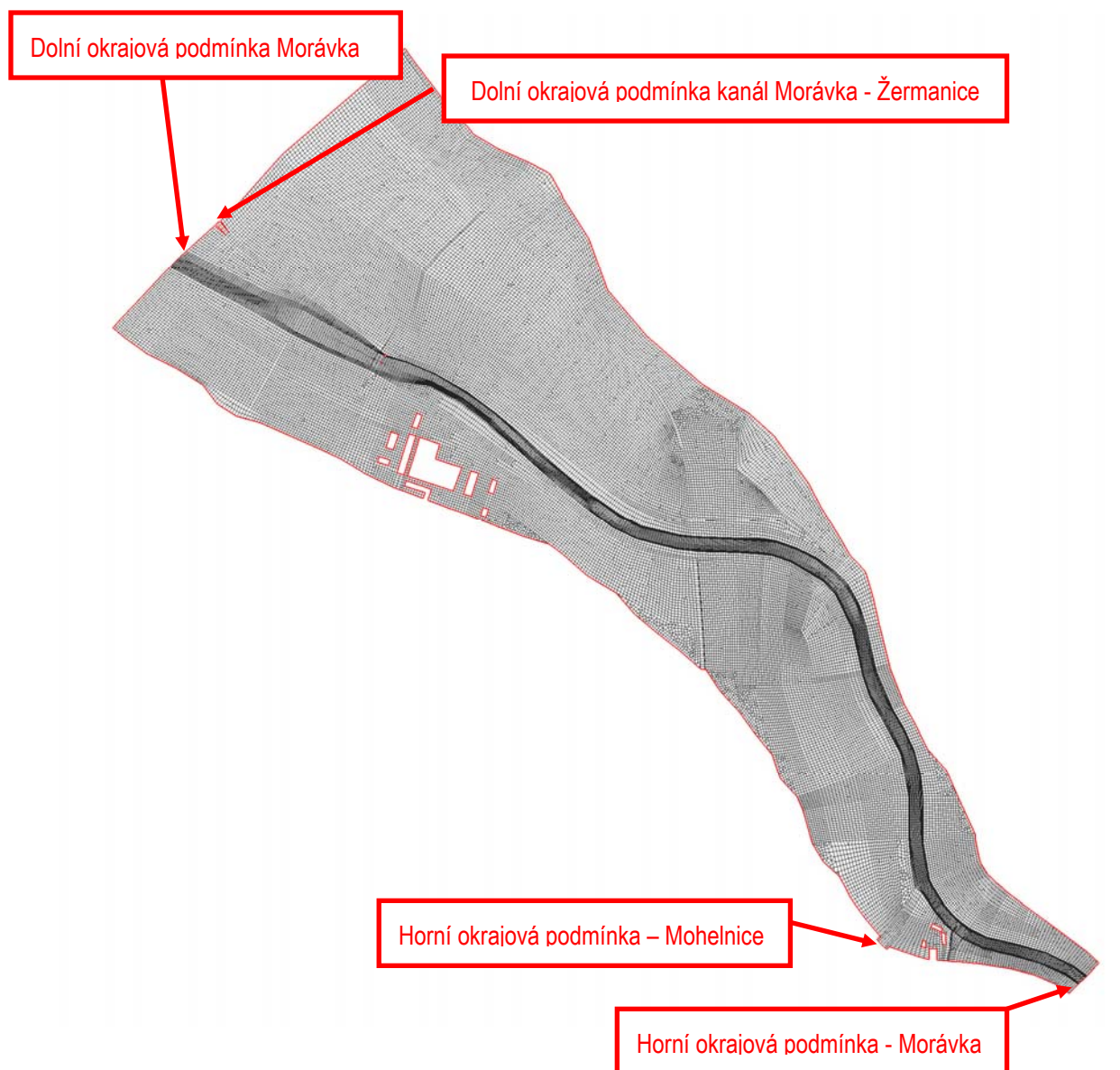
Tabulka 5 – Základní parametry výpočtového modelu řeky Morávky pro řešený úsek

Označení výpočtového modelu	Zahrnuté obce	Počet prvků	Počet bodů
Moravka	Pražmo, Raškovice, Vyšní Lhoty	45 193	180 167

Obrázek 2 – Rozsah řešeného úseku na Morávce



Obrázek 3 – Schéma výpočetní sítě modelu Moravka



Výčet mostů s uvedením úrovní dolní a horní mostovky je v následující tabulce [6]. Významné spádové objekty jsou uvedeny v tabulce [7].

Tabulka 6 – Výčet mostů v řešeném úseku Morávky

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Silniční most	12.400	12.198	400.68	401.88

Tabulka 7 – Výčet významných spádových objektů v řešeném úseku Morávky

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Přelivná hrana [m n. m.]
Kamenný stupeň	11.356	11.130	388.02
Jez Vyšní Lhoty s rozdělovacím objektem	11.563	11.334	390.6

4.3.2 Hydraulické řešení objektů

V řešeném úseku Morávky se nachází pouze jeden silniční most, ten byl řešen pomocí 2D přístupu. Velikost výpočetních buněk v profilech mostů byla volena tak, aby byla přesně modelována šířka mostního otvoru mezi mostními břehovými opěrami. Mostní konstrukce neměla středové pilíře. Protože i za průtoku Q_{500} byla hladina dle 2D výpočtu nižší než spodní líc mostovky, nebyl při výpočtech použit výpočetní nástroj modelu FESWMS umožňující řešení tlakového proudění.

Jezové objekty byly také řešeny pomocí 2D přístupu. Z důvodu potřeby zajištění stability výpočtu byly skokové výškové rozdíly mezi přelivnou hranou a podjezím oproti skutečnosti nahrazeny postupným vysvahováním dna se zvýšenou drsností – tedy jako balvanitý skluz. Hlavní jezový objekt v místě rozdělovacího objektu je tvořen 2 poli se středovým pilířem. Jeho vliv na proudění byl zohledněn tak, že v jeho okolí byla výpočetní síť přizpůsobena jeho šířce a délce a v jeho místě nebyly výpočetní elementy vytvořeny.

4.3.3 Hydraulické parametry výpočtu

V případě modelování pomocí 2D matematické modelů je potřeba při řešení zvolit správné parametry modelující odpory, vyvolané tečným napětím a to jak „turbulentním“, tak tečným napětím na obtékaném povrchu. Zatímco v případě 1D modelů jsou oba tyto jevy vyčísleny velikosti součinitele drsnosti, v případě 2D modelů vstupují do řešení ještě i modely turbulence. Na základě zkušeností s výpočty v rámci rozsáhlé studie [12] byla při výpočtech změněna hodnota viskozity z hodnoty default hodnoty 5 na 0.5.

Vzhledem k tomu, že dominantní část průtoku protéká korytem, je třeba věnovat zásadní pozornost stanovení hodnoty součinitele drsnosti koryta. Pro ostatní plochy z hlediska velikosti odporů povrchu má zásadní roli hloubka, například v hustě zarostlém lese při hloubkách v desítkách cm nebude voda prakticky vůbec proudit a hodnoty součinitele drsnosti třeba použít větší, než při velkých hloubkách. Tento princip byl při výpočtu použit u většiny povrchů.

Tabulka 8 – Ohodnocení povrchů součinitelem drsnosti

Název	Popis	Součinitel drsnosti
Koryto Morávky		
Koryto	Lučina v celém úseku upravena	0.045
Vybrané plochy inundace (hodnoty součinitele drsnosti závislé na hloubce vody)		

Název	Popis	Součinitel drsnosti
<i>Pole</i>	Středně zarostlé pole	0.05 až 0.1
<i>Trávníky</i>	Zarostlý kanál či odstavené zarostlé rameno.	0.03 – 0.05
<i>Silnice</i>	Silnice a asfaltové plochy s možným výskytem parkujících vozů	0.03 – 0.05
<i>Zahrady</i>	Zahrádkářské kolonie s kůlnami a ploty	0.1 – 0.2
<i>Křoviny</i>	Plochy nepravidelně zarostlé křovinami	0.06 – 0.15
<i>Les</i>	Hustý les	0.10 – 0.20

4.3.4 Okrajové podmínky

Hydrologické poměry na Morávce jsou významně ovlivněny funkcí nádrže Morávka. Proto po dohodě se správcem toku byly při výpočtech až do průtoku Q_{100} použity ovlivněné hodnoty *N-letých* průtoků, které poskytli právě podnik Povodí Odry, s.p., pouze v případě průtoku Q_{500} již vliv nádrže uvažován nebyl a byly převzaty hodnoty z podkladů ČHMÚ [10] viz tabulky [3] a [4]. Vliv nárůstu průtoku z mezipovodí byl v modelu zohledněn horní okrajovou podmínkou pro levostranný přítok Mohelnice.

Úrovně hladiny v profilu dolní okrajové podmínky byly převzaty ze studie na stanovení záplavových území na řece Morávce, ústí – údolní nádrž Morávka dle tabulky

Tabulka 9 – Hodnoty úrovní hladin v místě dolní okrajové podmínky pro model Morávka

Výpočetní model	Staničení [ř.km]	Hladina Q_5 [m n.m.]	Hladina Q_{20} [m n.m.]	Hladina Q_{100} [m n.m.]	Hladina Q_{500} [m n.m.]
Morávka	11.05	381.85	382.20	382.50	384.60

4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu

Vzhledem k tomu, že nebyly k dispozici údaje o úrovni povodňových hladin z posledních povodní, nemohla být provedena přesná kalibrace modelu. Proto přistoupil řešitel alespoň k porovnání výsledků výpočtů 2D modelu s výsledky studie [11], která byla zpracována na základě 1D přístupu. Obě porovnávané studie byly řešeny na shodných ovlivněných průtocích.

Protože hlavním cílem této studie bylo posouzení povodňového ohrožení průmyslového areálu na levém břehu, který je zařazen mezi potenciálně nebezpečné podniky z pohledu možného úniku znečišťujících látek do řeky, byly pro srovnání vybrány objekty v této části, a to jak oba spádové objekty v oblasti rozdělovacího objektu ve Vyšních Lhotách, tak nedaleký silniční most. Porovnání výsledků je zpracováno v tabulce 10.

Tabulka 10 – Porovnání výsledků 2D a 1D modelu na Morávce ve Vyšních Lhotách

Staničení	Popis]	Hladina Q_{20} - 1D [m n.m.]	Hladina Q_{20} - 2D [m n.m.]	Hladina Q_{100} - 1D [m n.m.]	Hladina Q_{100} - 2D [m n.m.]
11.356	Kamenný stupeň	389.37	389.23	389.49	389.31
11.563	Jez Vyšní Lhoty	392.40	392.48	392.51	392.65
12.400	Silniční most	389.89	398.86	399.12	399.05

Hladiny pro oba průtoky vykazují srovnatelný průběh. Rovněž porovnání rozsahu záplavových území dle 2D výpočtu s dříve stanovenými hranicemi nepřineslo žádné rozpory.

5 Výstupy z modelu

Výstupy jsou dokládány ve formě dvourozměrných polí posuzovaných veličin pokrývajících řešenou oblast, v jednotlivých uzlech modelu jsou doloženy tyto proměnné:

- Úroveň hladiny.
- Hloubka vody.
- Svislicová rychlost.

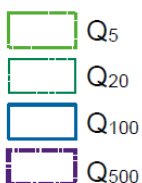
Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map záplavových čar, map povodňového nebezpečí, map úrovní hladin, datových polí (*.txt) a psaného podélného profilu dokládáných v tištěné podobě nebo na přiloženém DVD. Pro mapy úrovní hladin je použita proměnná barevná škála s výškovým rozdílem intervalu zobrazení 0,5 m.

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

Záplavové čáry jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní a jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na Základní rastrové mapě v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [05].

Obrázek 8 – Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

Záplavové čáry

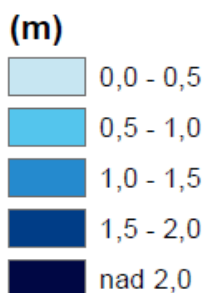


5.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Hloubky vody z numerického programu jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [05].

Obrázek 9 – Definice barev a intervalů hloubek

Hloubky



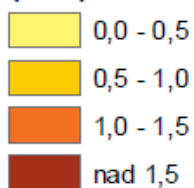
5.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Svislicové rychlosti vody jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Rozdělení intervalů rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [05].

Obrázek 10 – Definice barev a intervalů rychlostí

Rychlosti

(m/s)



5.4 Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí jako hloubka a rychlost proudu jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovázeny informacemi pro příslušné scénáře. Obrysy budov uvažovaných v numerickém modelu jsou zobrazeny bez linie. Charakteristiky jsou podloženy RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 1 m.

6 Přílohy

6.1 Psaný podélný profil

V tabulce [11] je uveden psaný podélný profil Morávky. Jediný silniční most provede i extrémní povodňový průtok Q_{500} s volnou hladinou a s větším rozdílem mezi úrovní hladiny a spodním lícem mostovky než 0.5 m.

Tabulka 11 – Podélný profil Morávky

Staničení	TPE	Popis objektu	Úroveň hladiny [m n.m.] při průtoku			
[ř.km]	[ř.km]		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
11.356	11.13	Kamenný stupeň	389.2	389.33	389.43	390.08
11.5			390.3	390.45	390.56	391.24
11.563	11.334	Jez Vyšní Lhoty	392.34	392.54	392.71	393.79
12			394.69	394.98	395.21	396.17
12.4	12.198	Silniční most	398.53	398.79	398.96	399.99
12.5			399.32	399.6	399.81	401.4
13			404.9	405.16	405.34	405.92
13.5			409.29	409.61	409.83	410.94

6.2 Posudek hydraulických výpočtů