

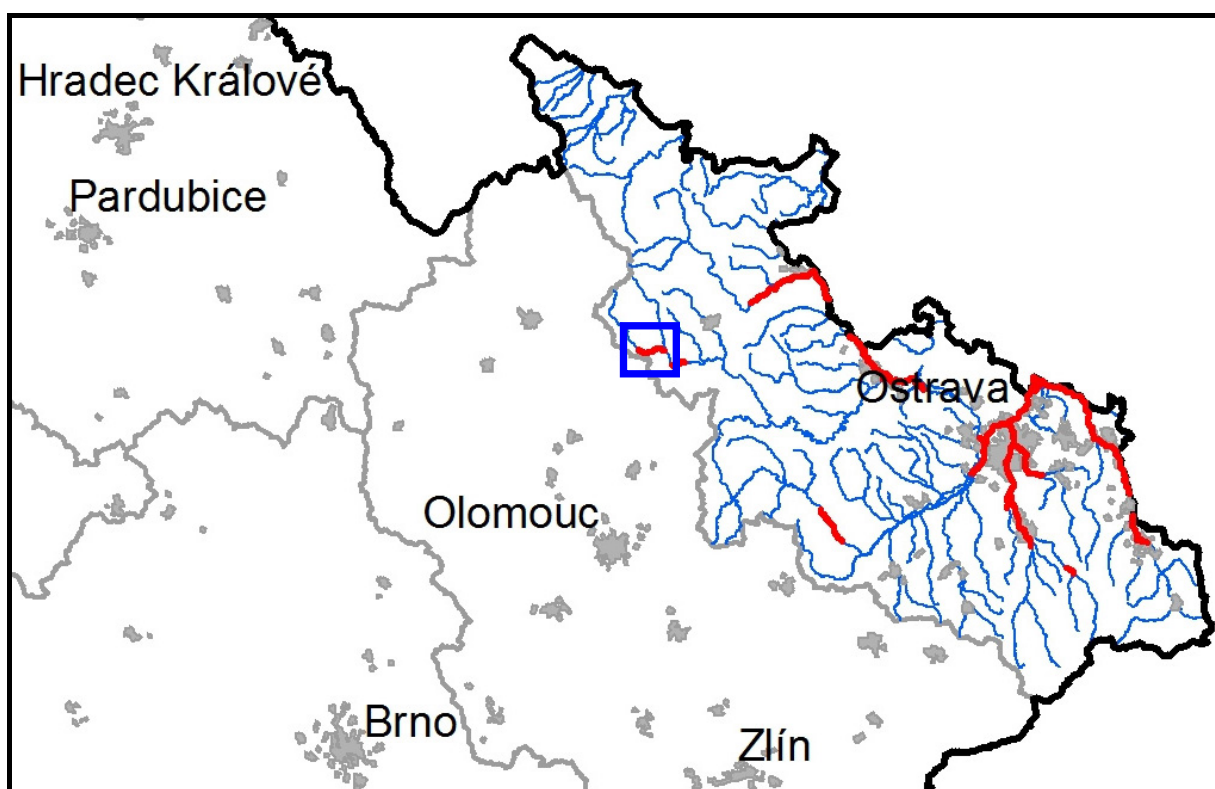


Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Podolském potoce (úsek ústí - Rýmařov)

POVODÍ PODOLSKÉHO POTOKA

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

PODOLSKÝ POTOK – POD-16 - Ř. KM 0.0 – 6.215



BŘEZEN 2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Podolském potoce (úsek ústí - Rýmařov)

POVODÍ ODRY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELÝ A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

PODOLSKÝ POTOK – POD-16 - Ř. KM 0.0 – 6.215

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

V PRAZE, BŘEZEN 2013

Obsah:

1	Základní údaje	4
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
2	Popis zájmového území	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
	Místní šetření	9
3.3	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	9
3.4	Normy, zákony, vyhlášky	9
3.5	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	14
4.3.3	Hydraulické parametry výpočtu	15
4.3.4	Okrajové podmínky	15
4.3.5	Kalibrace a verifikace modelu	15
5	Výstupy z modelu	17
5.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
5.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
5.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
5.4	Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	18
6	Přílohy	19
6.1	Psaný podélný profil	19
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 existujících 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} .
- Prezentace 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:

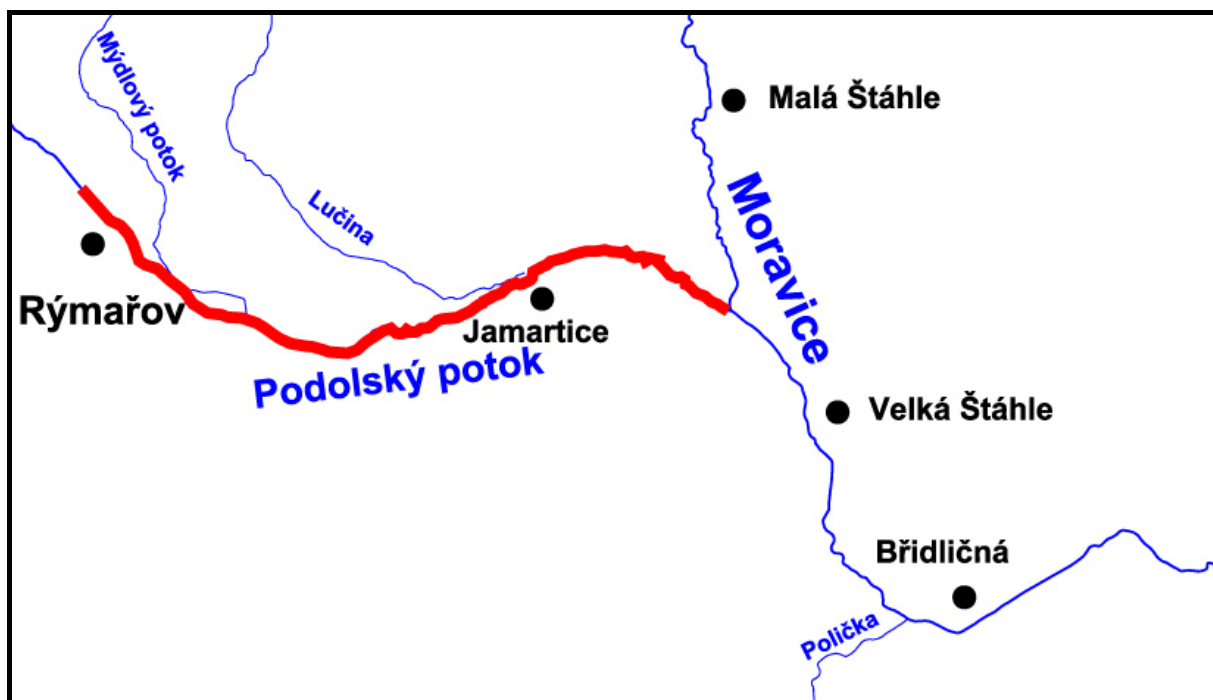
Název toku: Podolský potok, úsek ústí - Rýmařov

ID úseku: 10100299 identifikátor vycházející z Centrální evidence vodních toků (IDVT CEVT)

Identifikátor oblasti s potenciálně významným rizikem: POD-16

Číslo hydrologického pořadí toku: 2-02-02-0200.

Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území



V řešeném území se přímo nenachází žádná chráněná oblast uvedená v příloze IV odst. 1 písm. i), iii) a v) směrnice 2000/60/ES.

2.1 Všeobecné údaje

Na Podolském potoce se řešil poměrně úsek dlouhý 6,215 km a je vymezen od začátku správy Povodí Odry (podle JTSK; X = 1084002.600 a Y = 541724.000) až po ústí do Moravice (podle JTSK X = 1114768.473 a Y = 506688.271)

Tabulka 2 – Současný stupeň protipovodňové ochrany obcí

Obec	Stupeň ochrany Q_N
Rýmařov	Q_{20}
Jamartice	$<Q_5$

Staničení toku bylo provedeno na digitální ose převzaté z databáze Povodí Odry. U jednotlivých objektů (mosty) je uvedena i kilometráž podle technicko-provozní evidence (TPE) správce povodí.

2.1.1 Stručný popis zájmového území

Podolský potok je tok s poměrně velkým sklonem, na řešeném úseku překonává výškový rozdíl více 60 m. V zástavbě města Rýmařov je koryto upraveno, často do obdélníkového profilu stabilizovaného svislými nebo velmi strmými opěrnými zdmi. Od konce zástavby se koryto vlní v již v širší inundaci bez jakékoliv zástavby. Ta začíná zase až u části zvané Jamartice. Koryto zde zůstává neupraveno s malou kapacitou, obytné budovy jsou rozptýleny v celé šíři inundace. Od konce Jamartic protéká až k ústí do Moravice Podolský potok opět nezastavěným územím.

2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně)

Nejvýznamnější povodeň z poslední doby zasáhla Rýmařov v roce 1997. Její intenzita však byla na nižší úrovni než v sousedních povodích a pravděpodobně nepřesáhla Q_{20} . Nedošlo zde proto k velkým škodám a nejsou také k dispozici stopy po kulminačních hladinách.

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 1.82 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.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data pro N-leté průtoky na Podolském potoce byla vyžádána u ČHMÚ [09], tabulka [3].

Tabulka 3 - N-leté neovlivněné průtoky pro Podolský potok (Q_N) v m³·s⁻¹

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Plocha povodí	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Podolský potok, Rýmařov most, km 6.5	11.11.2011	6.5	56.79	19.9	33.1	52.5		II.
Podolský potok, ústí	11.11.2011	0	81.51	22.4	37.6	49.9	90.6	II.

Místní šetření

Podrobná rekognoskace terénu byla provedena v červenci roku 2012.

3.3 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 Podolského potoka v úseku ústí Rýmařov, Aquageodet, Praha, září 2011.
- [08] Zaměření digitálního modelu terénu řeky Podolského potoka v úseku ústí Rýmařov, září 2011.
- [09] Zpracování N-letých průtoků, ČHMÚ, Ostrava 2011.
- [10] Studie odtokových poměrů a preventivních protipovodňových opatření na Podolském potoce. Revital 2001.
- [11] Návrh na stanovení záplavových území na řece Moravici, Valšov – Malá Morávka, Poyry 2006.
- [12] User's Manual for FESWMS Flo2DH. Two-dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport Model. Froelich, D. Release 3. September 2002. FHWA-RD03-053.
- [13] Povodňový informační systém. www.povis.cz (ověřený přístup 5. 3. 2013).

3.4 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.

3.5 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 Podolského potoka 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 malých povodňových průtoků (například Q_5 a Q_{20}) v korytě často obdélníkové průřezu 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 Autocad 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:

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

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

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 pásech břehů a dna koryta byly použity i elementy o menším rozměru.

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

I přes velkou délku a velký výškový rozdíl 60 m se podařilo sestavit pro celý úsek jeden geometrický model. Počátek modelu umístěn do profilu km 6.215, počátku správy podniku Povodí Odry, s.p., konec pod zaústění do Mohelnice. Součástí modelu je proto i část úseku koryta Moravice. Rozsah řešeného úseku je znázorněn na obrázku [2], schéma sestavené výpočetní sítě na obrázku dalším.

Při přípravě výpočetní sítě byla věnována pozornost všem neprůtočným objektům, a to jak obytným objektům, tak i průmyslovým halám v levé inundaci. Základní parametry výpočetní sítě modelu **Podolsky** jsou uvedeny v tabulce [4].

V profilech mostních objektů byla velikost výpočetních buněk volena tak, aby byla správně modelována šířka mostního otvoru mezi mostními opěrami. Proudění za průtoku Q_{20} bylo ve všech mostních obehdech s volnou hladinou, za průtoku Q_{100} došlo u několika mostů k nevýraznému zatopení horního čela maximálně do 20 cm. Talkové proudění bylo v těchto případech zanedbáno.

Tabulka 4 – Základní parametry výpočtového modelu Podolsky

Označení výpočtového modelu	Zahrnuté obce	Počet prvků	Počet bodů
Podolsky	Rýmařov	65 410	262 888

Obrázek 2 – Rozsah rozhodující části řešeného úseku na Podlském potoce.



Obrázek 3 – Schéma výpočetní sítě modelu Podolsky



Výčet mostů s uvedením úrovně dolní a horní mostovky je v následující tabulce [5].

Tabulka 5 – Výčet mostů v řešeném úseku Podolského potoka

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Silniční most	0.043	0.040	246.47	547.24
Cestní	0.386	0.360	547.8	548.3
Lávka	2.03	1.978	556.27	556.57
Lávka	2.12	2.070	556.64	556.94
Silniční most	2.357	nemá	558.23	559.11
Silniční most na bočním korytě	---	nemá	557.21	558.11
Cestní most na bočním korytě	---	nemá	557.56	557.76
Lávka	3.653	3.580	566.1	566.31
Cestní most	5.595	5.570	581.9	582.34
Cestní most	5.803	5.775	582.79	583.77
Silniční most	5.988	5.955	583.85	584.67
Lávka	6.123	6.095	586.19	586.56
Silniční most	6.25	6.215	586.91	587.8
Silniční most	6.509	nemá	589.08	589.34
Silniční most	6.662	nemá	589.77	590.83
Lávka	6.917	nemá	592.63	592.97
Silniční most	7.307	nemá	597.14	597.86

4.3.2 Hydraulické řešení objektů

Všechny mostní objekty v modelovaném úseku Podolského potoka byly řešeny pomocí 2D přístupu. Velikost výpočetních buněk v profilech mostů byla volena tak, aby byla přesně modelována šířka mostního otvoru mezi mostními břehovými opěrami. Středové pilíře byly součástí pouze konstrukce dálničního mostu. Protože byla do tohoto profilu umístěna dolní okrajová podmínka, vliv úzkých pilířů v široké inundaci nebyl uvažován.

K významnému zatopení horního čela došlo při průtoku Q_{100} dle 2D výpočtů pouze u dvou mostů (ř.km 6.25 a 6.509), u zbývajících byly úrovně hladiny menší nebo velmi blízké úrovni spodního líce mostovky. Protože se u dvou výše uvedených mostů hladina dle 2D výpočtu od 1D výpočtu lišila jen minimálně, výpočetní nástroj modelu FESWMS umožňující řešení tlakového proudění nebyl z důvodu upřednostnění stability iterací při výpočtech použit.

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.

4.3.3 Hydraulické parametry výpočtu

V případě modelování pomocí 2D matematické modelů je potřeba při řešení zvolit správné parametry modelující odpory, volané tečným napětím a to jak „turbulentním“, tak tečným napětím na obtékaném povrchu. Zatímco v případě 1D modelů jsou oba tyto jevy vyčísleny velikostí 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 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 6 – Ohodnocení povrchů součinitelem drsnosti

Název	Popis	Součinitel drsnosti
Koryto Podolského potoka		
Koryto	Upravené koryto Podolského potoka	0.050
Vybrané plochy inundace (hodnoty součinitele drsnosti závislé na hloubce vody)		
Pole	Středně zarostlé pole	0.05 až 0.1
Trávníky	Trávníky s ojedinělými dřevinami	0.03 – 0.05
Silnice	Silnice	0.03 – 0.04
Křoviny	Plochy nepravidelně zarostlé křovinami	0.06 – 0.15
Průmysl	Asfaltové plochy s překážkami	0.04 – 0.06

4.3.4 Okrajové podmínky

Výpočty byly provedeny pro neovlivněné *N-leté* průtoky zpracované ČHMÚ, viz tabulka [3].

Úrovně hladiny v profilu dolní okrajové podmínky byly převzaty ze studie Návrh na stanovení záplavových území na řece Moravici, Valšov – Malá Morávka dle tabulky [7].

V místě soutoku s Moravicí byly v místě dolní okrajové podmínky použity hodnoty úrovní hladin stanovené v rámci řešení Návrh na stanovení záplavových území na řece Moravici, Valšov – Malá Morávka. Protože se nepředpokládá souběh povodní na Moravici a Podolském potoce o stejné N-letosti, byly použity následné předpoklady. Pro průtok na Podolském potoce Q_{500} byla uvažována úroveň hladiny v místě soutoku na Ostravici pro průtok Q_{100} . Obdobné to bylo i pro další případy (Q_{100} Podolský potok $\leftrightarrow$ Q_{20} Moravice, Q_{20} Podolský potok $\leftrightarrow$ Q_5 Moravice a Q_5 Podolský potok $\leftrightarrow$ Q_2 Moravice).

Tabulka 7 – Hodnoty úrovní hladin v místě dolní okrajové podmínky pro model Podolsky

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.]
Podolsky	11.05	544.80	545.55	546.10	546.50

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 [10], která byla zpracována na základě 1D přístupu. Obě porovnávané studie byly řešeny na téměř shodných neovlivněných průtocích.

Studie [10] vycházela z odlišných dolních okrajových podmínek, pro porovnání proto byly vybrány profily mostních objektů, kam již dosah ovlivnění hladiny z Moravice nezasahoval. Porovnání pro průtoky Q_{20} a Q_{100} je zpracováno v tabulce [8].

Tabulka 8 – Porovnání výsledků 2D a 1D modelu na Podolském potoce

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.]
2.357	Silniční most	557.72	558.06	558.17	558.40
---	Silniční most na vedlejším korytě	557.22	558.00	558.28	558.35
3.653	Lávka	566.96	567.02	567.20	567.24
5.595	Cestní most	581.35	581.53	581.81	581.95
5.803	Cestní most	582.4	582.63	582.82	583.15
5.988	Silniční most	583.2	583.85	583.66	584.29
6.25	Silniční most	586.8	587.49	587.81	587.80
6.509	Silniční most	587.36	588.35	588.31	588.54
6.662	Silniční most	589.36	589.68	589.96	589.89
6.917	Lávka	592.35	592.63	592.83	592.8
7.307	Silniční most	596.18	596.27	596.68	597.13

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.

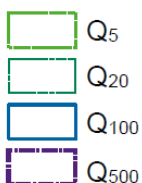
Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map záplavových čar, map povodňového nebezpečí, map úrovní hladin, datových polí (*.txt) a psaného podélného profilu dokládáných v tištěné podobě nebo na přiloženém DVD. Pro mapy úrovní hladin je použita proměnná barevná škála s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

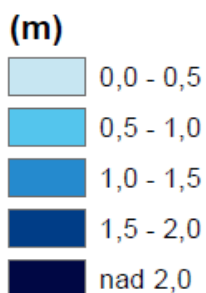


5.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

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



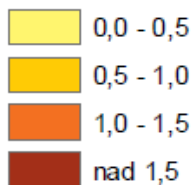
5.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

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 [9] je uveden psaný podélný profil Podolského potoka. V případě mostních objektů je hodnota úrovně hladiny vyznačena modrou barvou pro ty případy, kdy je rozdíl mezi touto veličinou a úrovní spodního líce mostovky menší než 0.5 m, ale nedojde k zatopení horního čela mostovky, a červenou čarou, pokud dojde k zatopení horního čela mostovky.

Tabulka 9 – Podélný profil Podolského potoka

Staničení [ř.km]	TPE [ř.km]	Popis objektu	Úroveň hladiny [m n.m.] při průtoku			
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
0.000			545.97	546.13	546.61	547.04
0.043	0.040	Silniční most	546.15	546.46	547.16	547.47
0.386	0.360	Cestní most	547.38	548.20	548.66	549.11
0.500			548.07	548.40	548.78	549.20
1.000			551.06	551.28	551.49	551.69
1.500			553.59	553.64	553.72	553.79
2.000			556.05	556.40	556.75	557.00
2.030	1.978	Lávka	556.10	556.51	556.88	557.14
2.357		Silniční most	557.49	557.62	557.86	558.31
2.500			558.71	558.84	558.89	559.06
3.000			562.32	562.42	562.52	562.63
3.500			565.90	566.21	566.47	566.56
4.000			569.20	569.40	569.64	569.79
4.500			572.50	572.88	573.01	573.15
5.000			576.70	576.84	574.94	577.26
5.500			580.64	580.97	581.11	581.21
5.595	5.570	Cestní most	580.95	581.32	581.66	582.13
5.803	5.775	Cestní most	582.07	582.43	583.13	583.25
5.988	5.955	Silniční most	583.19	583.83	584.14	584.61
6.000			583.19	583.85	584.07	585.00
6.123	6.095	Lávka	585.35	585.79	585.91	586.27

Staničení	TPE	Popis objektu	Úroveň hladiny [m n.m.] při průtoku			
[ř.km]	[ř.km]		Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
6.250	6.215	Silniční most	586.61	587.40	587.68	587.92
6.500			588.16	588.58	588.82	589.40
6.509		Silniční most	588.27	588.70	589.03	589.63
6.662		Silniční most	589.14	589.71	589.88	590.00
6.917		Lávka	592.07	592.65	592.84	593.03
7.000			592.85	593.31	594.03	594.28
7.307		Silniční most	595.65	596.24	597.06	597.76

6.2 Posudek hydraulických výpočtů

Příložený posudek hydraulických výpočtů zpracoval Ing. Zbyněk Zachoval, PhD., VÚT v Brně, Ústav vodních staveb.