OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

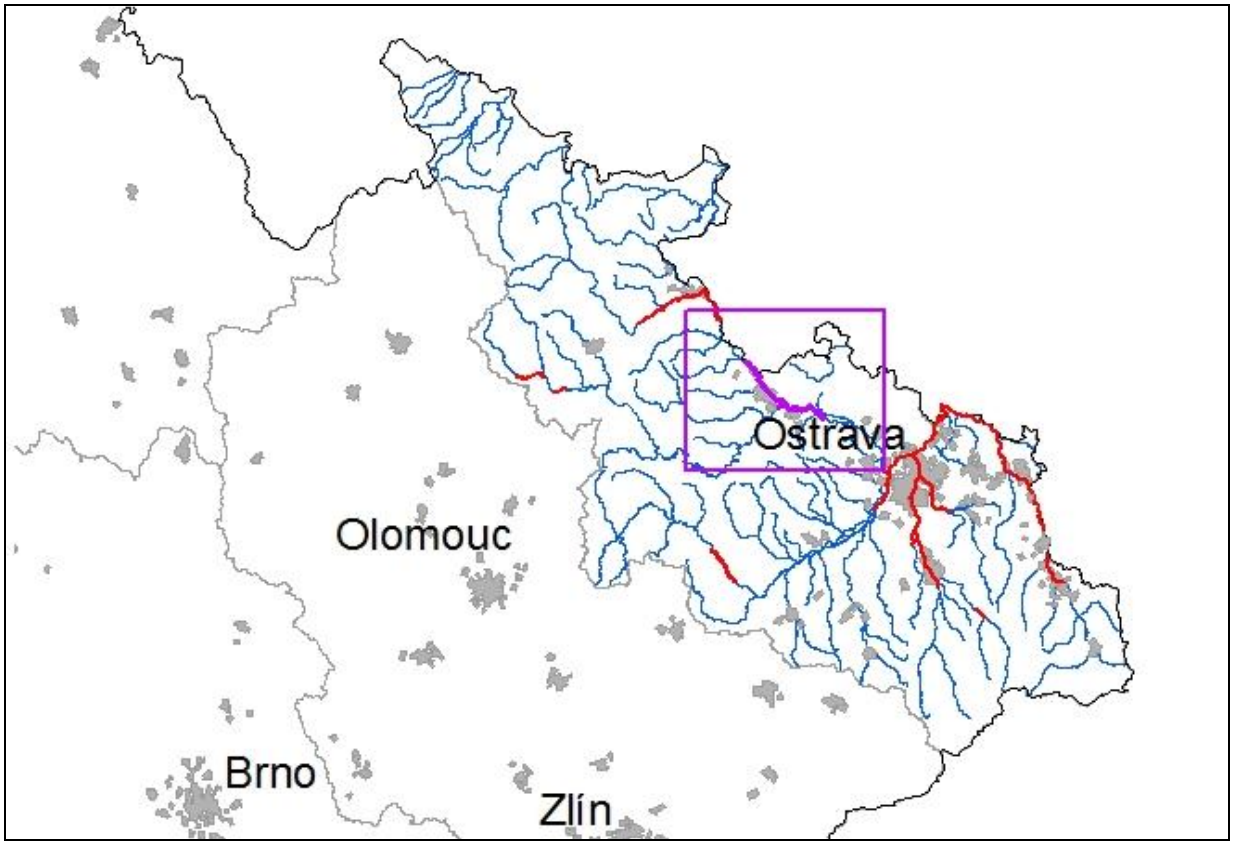
Pro vodu, vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Kravaře – Držkovice)

POVODÍ OPAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OPAVA – POD-12 - Ř. KM 22,000 – 46,960
MORAVICE – POD-2 - Ř. KM 0,000 – 1,187



BŘEZEN 2013

Povodí Odry
státní podnik

OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu, vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Kravaře – Držkovice)

POVODÍ OPAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OPAVA – POD-12 - Ř. KM 22,000 – 46,960
MORAVICE – POD-2 - Ř. KM 0,000 – 1,187

Pořizovatel:

Povodí Odry
státní podnik

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

Zhotovitel:

ADRESA
AQUATIS spol. s r. o.
Botanická 834/56
Brno, PSČ 602 00

Subdodavatel:

PÖYRY

ADRESA
Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
Brno, PSČ 602 00

V Brně, BŘEZEN 2013

Obsah:

1 Základní údaje 4
1.1 Seznam zkratek 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 7
2.1.1 Stručný popis zájmového území 7
2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně) 7
3 Přehled podkladů 9
3.1 Topografická data 9
3.1.1 Mapové podklady 9
3.1.2 Geodetické podklady 9
3.2 Hydrologická data 9
3.3 Místní šetření 10
3.4 Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura 10
3.5 Normy, zákony, vyhlášky 11
3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů 12
4 Metodika tvorby modelu 13
4.1 Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT) 13
4.2 Hydrodynamický model 13
4.3 Sestavení hydrodynamického modelu 14
4.3.1 Schematizace oblasti 15
4.3.2 Objekty na toku 16
4.3.3 Hydraulické drsnosti 17
4.3.4 Okrajové podmínky 19
4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu 21
5 Výstupy z modelu 23
5.1 Záplavové čáry pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} 23
5.2 Hloubky pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} 23
5.3 Rychlosti pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} 23
5.4 Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} 24
6 Přílohy 25
6.1 Psaný podélný profil Opavy 25
6.2 Psaný podélný profil Moravice 27
6.3 Fotodokumentace významných objektů 28
6.4 Posudek hydraulického výpočtu 48

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].

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 10.0-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.

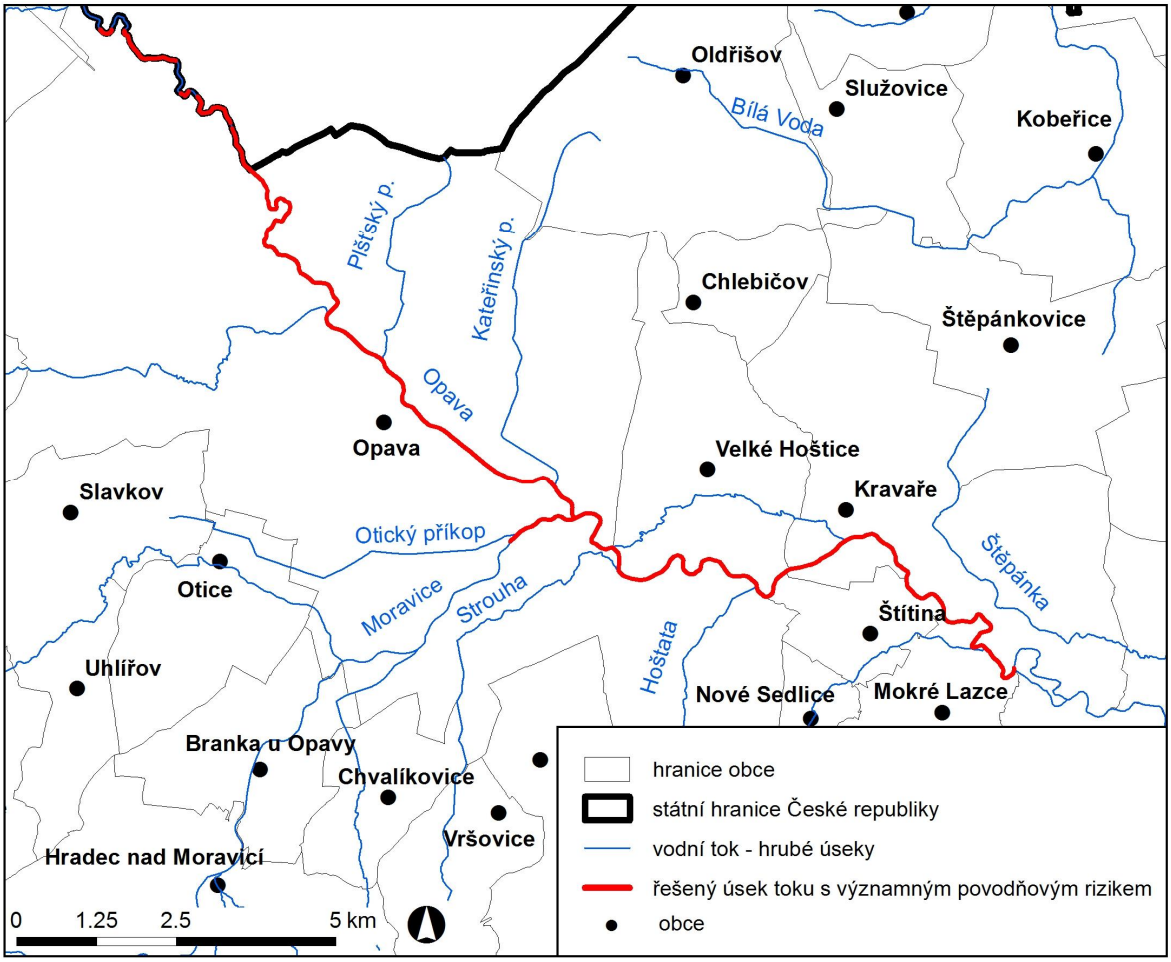
2 Popis zájmového území

Specifikace toků:

Název toku: Opava
ID úseku: 10100014, identifikátor vycházející z Centrální evidence vodních toků (IDVT CEVT)
Identifikátor oblasti s potenciálně významným rizikem: POD-12
Číslo hydrologického pořadí toku: 2-02-01-082, 2-02-01-084, 2-02-01-085, 2-02-01-086, 2-02-01-088, 2-02-01-091, 2-02-03-001, 2-02-03-003, 2-02-03-005, 2-02-03-007, 2-02-03-009.

Název toku: Moravice
ID úseku: 10100015, identifikátor vycházející z Centrální evidence vodních toků (IDVT CEVT)
Identifikátor oblasti s potenciálně významným rizikem: POD-2
Číslo hydrologického pořadí toku: 2-02-01-099

Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Řešený úsek toku Opavy je dlouhý 24,96 km a je vymezen od jezu Lhota ř. km 22,428 (TPE 22,000, podle JTSK X = 1091622,950 a Y = 486931,445) po spádový stupeň v Držkovicích ř. km 47,800 (TPE 46,960, podle JTSK X = 1081563,822 a Y = 501244,650). Opava protéká obcemi Držkovice, Vávrovice, Opava, Malé Hoštice, Velké Hoštice, Komárov a Kravaře včetně jejich místních částí v širokém záplavovém území s rozsáhlou zástavbou, mnoha průmyslovými podniky a významnou infrastrukturou.

Úsek Moravice je vymezen soutokem s Opavou (podle JTSK X = 1089267,000 a Y = 493810,131) po železniční most (TPE 1,187, podle JTSK X = 1089633,490 a Y = 494824,062). Délka řešeného úseku Moravice je 1,187 km.

V obci Držkovice dochází k vybřežování vody již při Q_2, rozliv je po celé šířce údolní nivy. Koryto ve Vávrovicích je zúženo z 15 m na 8 m [11] a jeho břehová kapacita je Q_1, zástavba je zaplavována při Q_5. V Opavě je řeka upravena do dvojitého lichoběžníku se šířkou ve dně 15 m. Ochrana Malých Hoštic je dostatečně zajištěna ohrázováním. Velké Hoštice jsou chráněny hrází, která je v části blíže k toku přelévána při Q_{20}. Pravobřežní zástavba Kravaře-Dvořisko je zaplavována od Q_2.

Tabulka 2 – Současný stupeň protipovodňové ochrany obcí

Obec	Stupeň ochrany Q_N
Držkovice	Q_2
Vávrovice	Q_5
Opava (řeka Opava)	$Q_{20} - Q_{50}$
Opava (řeka Moravice)	Q_{20}
Malé Hoštice	Q_{100}
Komárov	Q_{100}
Velké Hoštice	< Q_{20} (ovlivněný průtok)
Kravaře - Dvořisko	$Q_1 – Q_2$ (ovlivněný průtok)

V dokumentaci je použita říční kilometráž z podkladů studie [11, 12], pro úseky ve studii nezohledněné je kilometráž rozšířena. U jednotlivých objektů (mosty, jezy) je uvedena kilometráž podle technicko-provozní evidence (TPE) správce povodí.

2.1.1 Stručný popis zájmového území

V úseku Držkovice – Kravaře protéká Opava otevřeným údolím charakteru nížiny a dosahuje velkých rozlivů. Jejími přítoky jsou Velká, Ostrá, Moravice a Raduňka.

Rozliv Moravice pod železničním mostem dosahuje až ke komunikaci S 461, která je přelévána a zaplavuje Komárov. Na levobřežní inundaci je částečně zaplavován průmyslový areál. Do Komárova vtéká Raduňka.

2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně)

Největší zaznamenaná povodeň od roku 1895 na řece Opavě je datována k červenci 1997, kde způsobila značné škody, ale i ztráty na životech. Ke kulminaci došlo 7. 7. 1997 a ve městě Opavě bylo dosaženo 647 $m^3 \cdot s^{-1}$ [22], tj. cca Q_{500}. Limnigraf v Opavě zaznamenal vodní stav 460 cm [33], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu (413 cm) byla v roce 2007.

Z vyhodnocených hydrogramů Moravice mohla kulminace v 1997 dosáhnout 157 $m^3 \cdot s^{-1}$ [35], kde povodňová vlna byla zachycena dokončovaným VD Slezská Harta. Reálný průtok pod VD Kružberk byl 39,4 $m^3 \cdot s^{-1}$ [35].

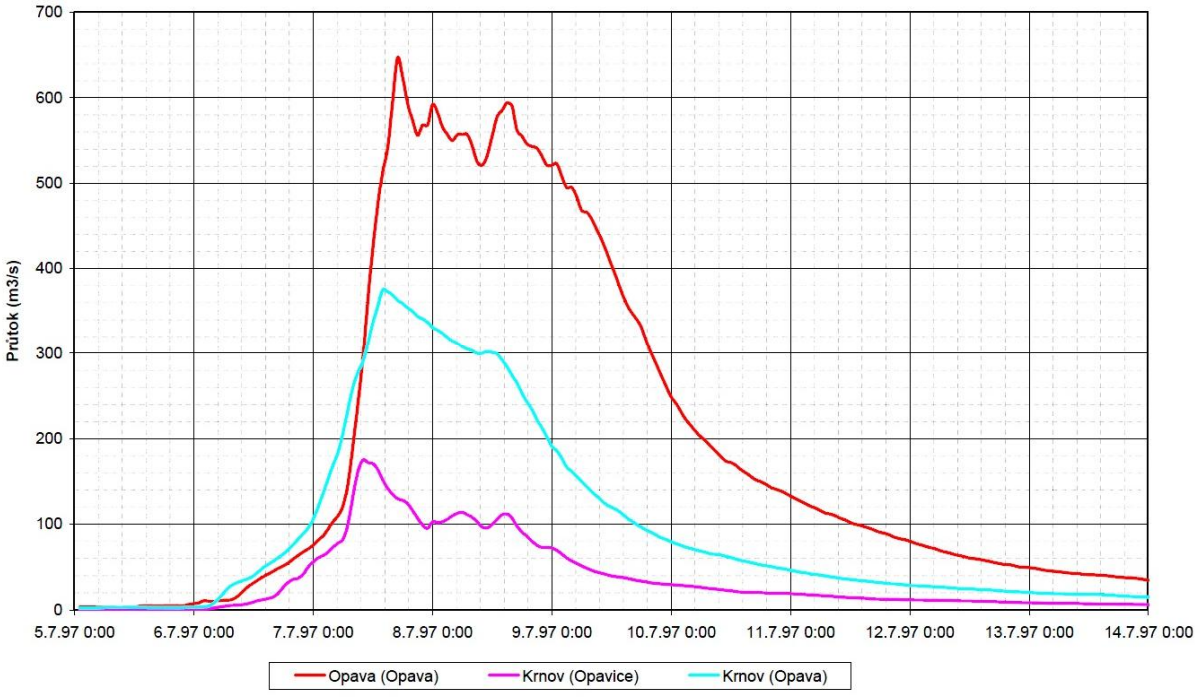
Průtok v Opavě výrazně překročil její kapacitu a situace byla zhoršena vytvořením zátarasů a bariér na mostních objektech. Protržením výše ležící hráze v Palhanci došlo k zaplavení horní pravobřežní části města [12].

K nejpostiženějším obcím patřila místní část Dvořisko města Kravaře.

Hranice záplavového území obcí viz [19, 28].

Obrázek 2 – Fotografie povodňové údalosti 1997, na obrázku je zachycen silniční most v Opavě, ulice Ratibořská [26]

Obrázek 3 – Hydrogram průběhu povodně v červenci 1997 v povodí Opavy pro profily limnigrafů uvedených v legendě [22, 23, 24]



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.

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 2800 ha 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.

Stereofotogrammetrickou metodou nebyla zaměřená zídka na hrázi ve Velkých Hosticích, její doplnění do DMT bylo na základě zaměření skutečného provedení [21].

Zaměřená data jsou v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém horizontu Balt po vyrovnání.

3.2 Hydrologická data

Použité hydrologické údaje jsou uvedeny v následujících tabulkách. V profilech nad soutokem s Moravicí byly uvažovány neovlivněné průtoky [09, 17], v profilu pod soutokem a pro Moravici ovlivněné průtoky [14].

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

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Opava – pod Heraltickým potokem	26. 8. 2011	48,530	118	215	367	-	II.
Velká – ústí do Opavy	26. 8. 2011	0,000	10,4	18,8	32,0	-	III.
Opava – nad Plšťským potokem	26. 8. 2011	38,100	121	221	380	-	II.
Opava – nad Moravicí	26. 8. 2011	33,800	125	227	390	607	II.
Moravice – ústí do Opavy	26. 8. 2011	0,000	148	222	315	443	II.
Opava – pod Moravicí	26. 8. 2011	33,700	221	363	566	810	II.

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Opava – Kravaře - Kouty (nad Sedlinkou)	26. 8. 2011	26,900	232	374	569	-	II.

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

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Moravice – ústí	-	0,000	95	130	180	-	-
Opava – pod Moravicí	-	33,700	195	305	455	-	-
Opava ústí	-	0,000	200	315	470	-	-

3.3 Místní šetření

Terénní průzkum proběl ve třech etapách. První etapa rekognoskace z 1. 7. 2011 byla zaměřena na prvotní průzkum řešené lokality s cílem prošetřit oblast pro stanovení potřebného rozsahu geodetického zaměření a předběžně určit charakter proudění. Prošetřen také byl charakter území ve vazbě na zastavěnost, výrazné překážky a druh vegetačního pokryvu. Z průzkumu byla pořízena fotodokumentace. Druhá etapa průzkumu lokality z 29. 3. 2012 (viz kapitola 4.3) byla podrobněji zaměřena na objekty ovlivňující proudění jako např. propustky, mosty, ploty, náhony a sběr kalibračních dat. Během průzkumu byla pořízena fotodokumentace objektů (příloha 6.2). Třetí etapa místního šetření z 25. 1. 2013 byla zaměřena na průzkum inundačního území Moravice, území pod soutokem Moravice s Opavou, hráze ve Velkých Hošticích a zastavěného území Kravaře – Dvořisko.

3.4 Doplňující 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 řece Opavě, úsek Kravaře – Držkovice. 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 Opavy v úseku Kravaře – Držkovice, Pöyry Environment, a.s., AQUATIS, spol. s r.o.

[08] Zaměření digitálního modelu terénu řeky Opavy v úseku Kravaře – Držkovice. Geodis, září 2011.

[09] Hydrologické údaje povrchových vod, značka P11005428/571. ČHMÚ, září 2011.

[10] Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Kravaře – Držkovice). Podkladová část. AQUATIS, spol. s r.o., září 2011.

[11] Studie záplavového území a protipovodňových opatření na řece Opavě km 36,5 – 69,0. AQUATIS a.s., listopad 2002.

[12] Studie záplavového území a protipovodňových opatření na řece Opavě km 0,00 – 37,2. AQUATIS a.s., únor 1999.

[13] Opava - Vávrovice, km 42,500 - 43,900 ochranná hráz PB hr. znaky II/71 - 72/6. Dokumentace pro územní řízení. LESOPROJEKT KRNOV s.r.o., srpen 2009.

[14] Hydrologické údaje povrchových vod, ovlivněné průtoky. Povodí Odry, Biksadský, únor 2013.

[15] Opatření na snížení povodňových rizik v povodí horního toku řeky Opavy. Informace o záměru. Pöyry Environment, a.s., květen 2008.

[16] Studie ochranných opatření v záplavovém území obce Kravaře. Diplomová práce, Kouba M., 65 s. VUT v Brně, FAST, ÚVST, 2007.

[17] Opatření na horní Opavě, příprava akce v období 2008 – 2010. Investiční záměr. Návrh technického řešení úprav na tocích pro jednotlivé stavební objekty. Pöyry Environment, a.s., 2009.

[18] Transformované povodňové snímky. Povodeň 1997, Opava. AQUATIS a.s., 1998.

[19] Stanovené hranice záplavového území Opavy pro Q_5, Q_{20}, Q_{100} a hranice záplavového území pro nejvyšší zaznamenanou povodeň 1997. Povodí Odry.

[20] Studie menší nádrže Nové Heřminovy v kombinaci s dalšími opatřeními v povodí horního toku řeky Opavy. Studie, Pöyry Environment, a.s., prosinec 2007.

[21] Velké Hoštice-protipovodňová hráz-zaměření skutečného provedení stavby. Dokumentace skutečného provedení. Vodohospodářské stavby Javorník-CZ, listopad 2006.

[22] Urbanisticko-hydrotechnická studie zkapacitnění řeky Opavy přes zástavbu města Krnova. Hydrologické údaje řeky Opavy. Studie. Aquatis, březen 2002.

[23] Současné přístupy k řešení protipovodňové ochrany na příkladu povodí horní Opavy. Langhammer, J., Šobr, M., Vaněk, T.

[24] Ochrana před povodněmi v povodí horní Opavy. Rešeršní studie. Praha: MZe. 2004.

[25] Hodnotící zpráva o územích nedostatečně chráněných před povodněmi v oblasti povodí Odry. Povodí Odry, státní podnik. Ostrava, listopad 2005.

[26] http://sarasanders.blog.cz/en/0709/povodne-opava-2007 (ověřený přístup 5. 3. 2013).

[27] http://m.rozhlas.cz/zpravy/regiony/_zprava/727202 (ověřený přístup 12. 3. 2013).

[28] Digitální báze vodohospodářských dat. www.dibavod.cz (ověřený přístup 5. 3. 2013).

[29] User´s Manual for FESWMS Flo2DH. Two-dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport Model. Froelich, D. Release 3. September 2002. FHWA-RD03-053.

[30] http://web.utk.edu/~btschant/manning%20n/index.html (ověřený přístup 5. 3. 2013).

[31] https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home (ověřený přístup 5. 3. 2013).

[32] Parametrická studie vlivu stupně drsnosti záplavového území na výšku ochranných hrází. Diplomová práce, Roušar, L., 118 str. VUT v Brně, FAST, ÚVST, 2011.

[33] Evidenční list hlásného profilu č. 273, tok Opava, limnigrafická stanice Opava. Aktualizace říjen 2009.

[34] Evidenční list hlásného profilu č. 277, tok Moravice, limnigrafická stanice Branka u Opavy. Aktualizace březen 2006.

[35] Povodeň na řece Odře v červenci 1997. Práce a studie. ČHMÚ, Řehánek, T., Praha, 2002.

[36] 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 řády 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 setříděny 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 vystihnut. Zájmová lokalita je polohopisem, výškopisem a hydrologickými daty dostatečně pokryta. Podrobnost ortofotomap je pro určení druhu pokryvu vynikající, lze stanovit počet šablon střešní krytiny rodinného domu. *N*-leté průtoky řeky Opavy 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 v programu SMS-FESWMS 10.0. Charakter území naznačuje, že 1D přístup výpočtu by byl pro stanovení rychlostí nebo hloubek nedostačující (rozsáhlé inundační prostory, časté dělení proudu). 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 sítě (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 jádro FESWMS (Finite Element Surface-Water Modeling System) řeší 2D neustálené proudění s volnou hladinu za předpokladu, že svislá složka rychlosti je v porovnání se složkami v podélném i příčném směru zanedbatelná.

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

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:

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

Výpočet turbulentní viskozity podle Smagorinského:

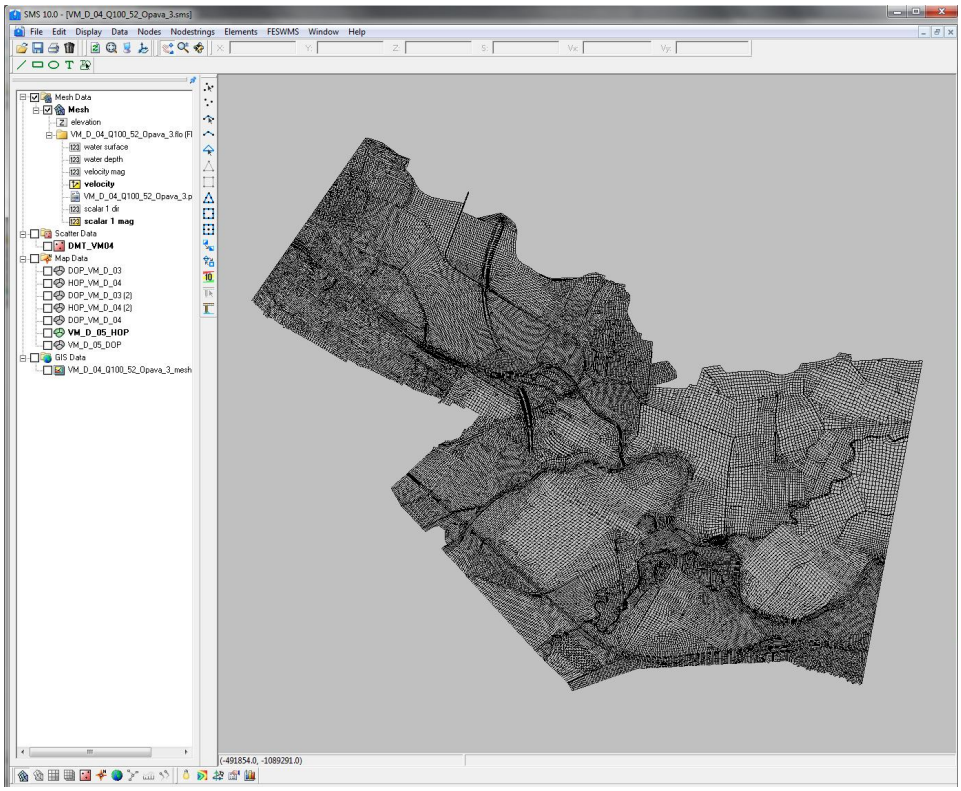
$$\upsilon_t=\upsilon_{t0}+c_1 v_* h+c_2|J|\sqrt{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v_y}{\partial y}\right)^2+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial v_x}{\partial y}+\frac{\partial v_y}{\partial x}\right)^2}\ .$$

Vliv tření o omočený obvod:

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

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

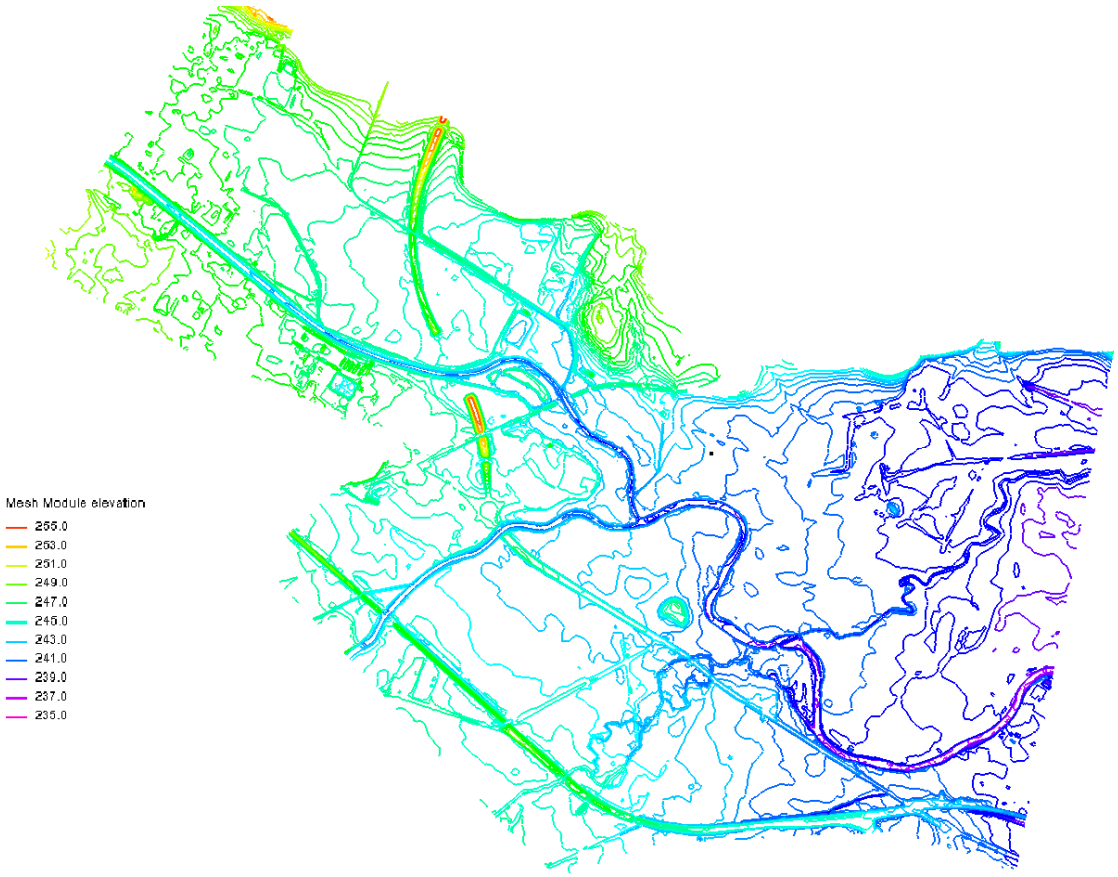
Obrázek 4 – Prostředí programu SMS 10.0 se zobrazením náhradní oblasti soutoku Opavy a Moravice



4.3 Sestavení hydrodynamického modelu

Topografie řešené oblasti byla vytvořena načtením bodového pole z DMT do modulu Scatter a následně body byly triangulovány. Použitá verze programu neumožňuje zahrnutí povinných hran, proto vytvořený povrch musel být manuálně upraven podle načteného polohopisu. Tento postup poukázal na chyby původního DMT, které byly manuálně upraveny. Diskretizace náhradní oblasti je řešena v modelu Map, kde je zájmové území rozděleno na makroprvky, pro které jsou definovány součinitele drsnosti, způsob výpočtu turbulentní viskozity, přidělení výškových souřadnic nebo tvar konečného prvku. Drsnost území (pole, ulice) byla specifikována z místního šetření a ortofotomap. Tvary konečných prvků byly použity čtyřúhelníkové i trojúhelníkové s geometrickými kritérii popsanými v [29].

Obrázek 5 – Topografie soutoku Opavy a Moravice



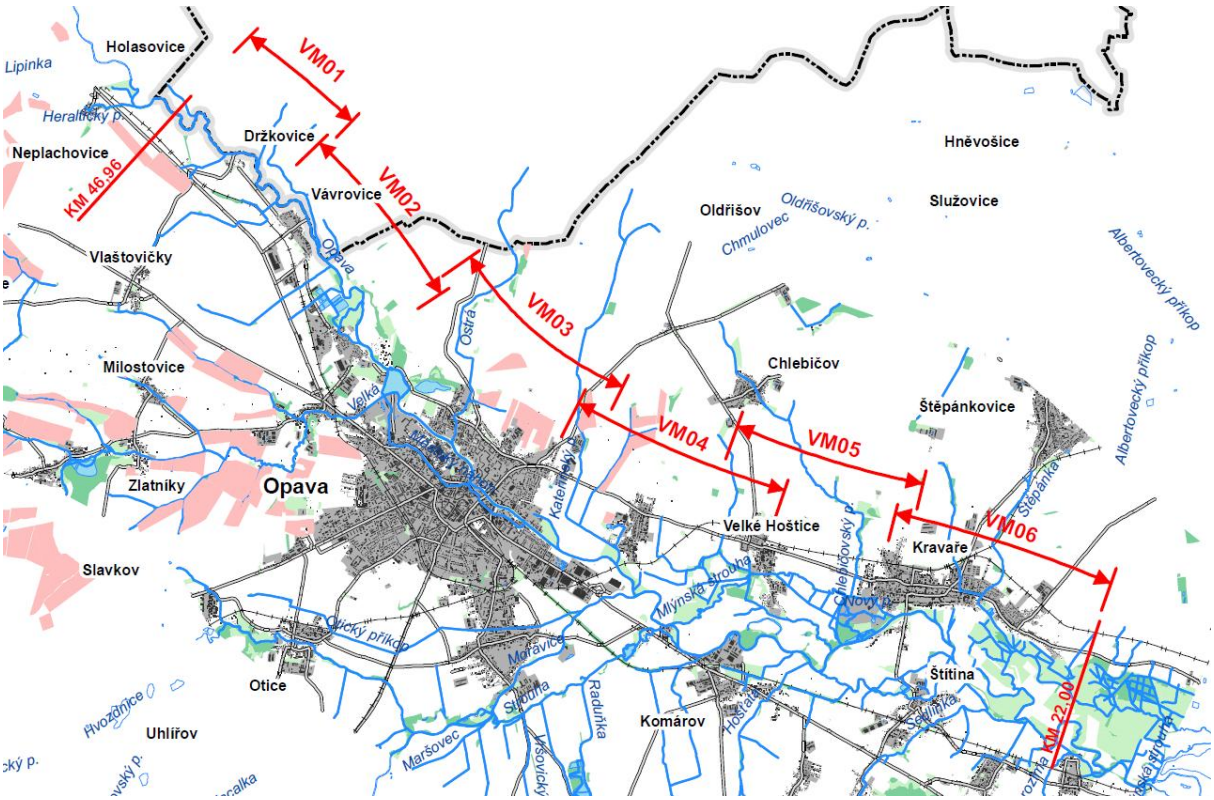
4.3.1 Schematizace oblasti

Pro urychlení výpočetních prací, zmenšení objemu dat a z důvodu omezení programu byl model rozdělen na dílčí modely, tzv. výpočtové. Rozdělení výpočtových modelů (VM) je znázorněno na obrázku 6. Sousední modely byly dostatečně překryty alespoň o šířku inundace, což vedlo k odstranění vlivů okrajových podmínek. Každý VM byl rozdělen na 2 dílčí VM, kde prvním byly řešeny průtoky Q_{100} a Q_{500}, u druhého se zmenšenou oblastí Q_{20} a Q_5. Nejdelší strana konečného prvku byla do 5 % celkové šířky rozlivu. Svahy a koryto bylo pro vyjádření rychlostního pole popsáno detailněji.

Tabulka 5 – Základní parametry jednotlivých výpočtových modelů pro Q_{500} a Q_{100}

Označení výpočtového modelu	Zahrnuté obce	Počet prvků	Počet bodů
VM01	Držkovice	43 306	104 269
VM02	Vávrovice	49 813	122 408
VM03	Opava	106 636	243 388
VM04	Malé Hoštice	75 067	221 188
VM05	Velké Hoštice	138 784	325 281
VM06	Kravaře	128 538	308 363

Obrázek 6 – Schéma rozdělení řešené oblasti na výpočtové modely (VM)



4.3.2 Objekty na toku

Zahrnuty byly všechny násypy liniových staveb, ploty, zdi, budovy, významné propustky, mosty, pokud to bylo možné tak i podezdívky plotů. Pro částečně průtočné ploty (pletivo tvořené neprůtočnými plechy s otvorem nad základovou zídkou) byla podle interní analýzy zpracovatele předpokládaná zvýšená hodnota drsnosti v závislosti na hloubce vody. Pečlivá pozornost byla věnována možným vstupním branám a zdem kolem budov a areálů. Odpor objektů menších než 2 m x 2 m (kůlny) byl vyjádřen zvýšeným součinitelem drsnosti. Jezová tělesa a spádové stupně byly modelovány dvourozměrně. Manipulace na jezech se nepředpokládá, hradící konstrukce jsou vyhrazeny. Uzávěry na náhonech a malých vodních elektrárnách jsou uzavřeny. Tlakové proudění ve významných propustcích bylo simulováno 1D přístupem. Výčet mostů s uvedením úrovní dolní a horní mostovky je v následující tabulce, fotodokumentace viz příloha 6.2.

K významnému pohybu sedimentů nebo transportu unášených předmětů dochází v celém řešeném úseku, což má vliv zejména na nekapacitní mosty na toku, které jsou vyznačeny v mapách povodňového nebezpečí (mapy úrovní hladin) při jednotlivých povodňových scénářích. V příloze 6.1 Psaný podélný profil jsou uvedeny hladiny před mostními profily červenou barvu tučným řezem písma, jedná se o mosty, které nepřevedou vypočtenou hladinu s převýšením 0,5 m.

Tabulka 6 – Výčet mostů v řešeném úseku Opavy

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Pěší lávka ve Štítině	24,733	24,285	232,77	233,36
Silniční most, Kravaře - Dvořisko, ul. Tyršova	27,128	26,680	235,80	236,97
Trubní most plynovodu, Komárov, ul. Ostravská	31,616	31,168	241,75	
Trubní most vodovodu, Komárov, ul. Ostravská	31,686	31,340	241,60	
Lávka pro pěší, Komárov, ul. Ostravská	32,079	31,580	242,24	242,93

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Lávka pro pěší, Malé Hoštice, ul. Ostravská	32,789	32,380	243,43	243,85
Trubní most plynovodu, Malé Hoštice	34,041	33,520	244,11	245,80
Železniční most, Opava, ul. Dolní	34,403	33,935	245,51	246,28
Lávka pro pěší, Opava, ul. Luční	34,560	34,080	245,42	245,66
Silniční most silnice S11, Opava	34,800	34,400	246,10	248,80
Trubní most plynovodu, Opava, ul. Mlýnská	36,152	35,675	251,42	251,70
Lávka pro pěší, Opava, Kolofíkovo nábřeží	36,212	35,730	248,68	249,15
Silniční most, Opava, ul. Ratibořská	36,960	36,480	249,22	250,43
Lávka pro pěší, Opava, ul. Vodní	37,203	36,740	251,03	251,69
Silniční most, Opava, ul. Pekařská	37,744	37,250	251,62	252,95
Silniční most, Opava, ul. Mostní	38,383	37,890	252,72	253,99
Silniční most, Opava, ul. Rolnická	39,482	38,989	255,60	257,17
Silniční most, Opava, ul. Jaselská	39,908	39,400	254,39	255,14
Silniční most, Opava, ul. U Lávky	40,932	40,420	256,99	257,78
Trubní most plynovodu, Komárov, ul. Ostravská	42,181	41,545	262,64	
Silniční most, Vávrovice, ul. K Celnici	43,528	43,190	261,37	262,58
Silniční most, Držkovice, ul. Polská	45,805	45,440	263,67	264,65

Tabulka 7 – Výčet mostů v řešeném úseku Moravice

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Silniční most silnice S11, Opava	0,599	0,599	244,38	246,15
Železniční most, Opava	1,187	1,187	247,24	248,94

4.3.3 Hydraulické drsnosti

Součinitele drsnosti byly zadávány proměnné po hloubce a pro charaktery území jsou popsané v tabulce 8. Stanovení jejich hodnot bylo na základě studií řeky Opavy (kalibrovaných i nekalibrovaných) [11, 12, 16], drsnostních katalogů [30, 31], rešerše [32] a vlastních zkušeností.

Tabulka 8 – Ohodnocení povrchů součinitelem drsnosti

Název	Popis	Součinitel drsnosti
Inundační území		
trávník	Udržovaný travní porost dvakrát ročně sekaný.	**0,035**
pole	Plošný osev nízko rostoucích rostlin např. obiloviny.	**0,040**
louka	Pastviny jednou ročně sekané.	**0,045**
zahrada	Záhony s ojedinělými stromy a průtočnými ploty.	**0,050**
park	Travní pokryv dvakrát ročně sekaný s řídce rozmístěnými stromy a keři.	**0,055**
sad	Travní pokryv jednou ročně sekaný s řadově rozmístěnými stromy či keři.	**0,060**
les_řídký	Les s dominantním pásmem stromovým a bylinným.	**0,070**
křovina	Souvislý porost z jednotlivých keřů případně s řídce rozmístěnými stromy.	**0,080**
les_hustý	Les se všemi pásmy (bylinné, keřové, stromové).	**0,100**
les_lužní	Lesní porost se všemi pásmy vegetace, přírodní porost s minimem zásahů člověka.	**0,140**
Koryto a trvale zatopené plochy		
voda	Trvale zatopené plochy (rybníky, tůně atd.).	**0,015**
kanál	Zarostlý kanál či odstavené zarostlé rameno.	**0,090**
kyneta_svah	Opevnění či tvar svahu udává stupeň drsnosti.	**Pozn. 1**
kyneta_dno	Zahrnuje dno kynety a štěrkové lavice - jesepy, zrnitost udává stupeň drsnosti. Vyšší ze Stricklera či Müllera; při pohybu splavenin dle Camennen.	**Pozn. 2**
Umělé povrchy		
beton	Betonový povrch běžného provedení.	**0,016**
živice	Silnice.	**0,016**
cesta	Polní a lesní cesty.	**0,025**
štěrk	Neurovnané pohozy.	**0,038**
kameny	Neurovnané záhozy.	**0,050**
ulice	Živičné plochy s chodníky, překážky proudění v podobě automobilů, zábradlí, stromů, laviček, sloupů.	**0,050**
balvany	Neurovnané balvanité skluzy.	**0,060**
zástavba	Plocha s objekty, které nelze popsat výpočtovou sítí (objekt < 2,5 m x 2,5 m).	**0,250**

Poznámka 1: Analogicky dle částí tabulky popisující umělé povrchy, a přirozené povrchy (inundační území).

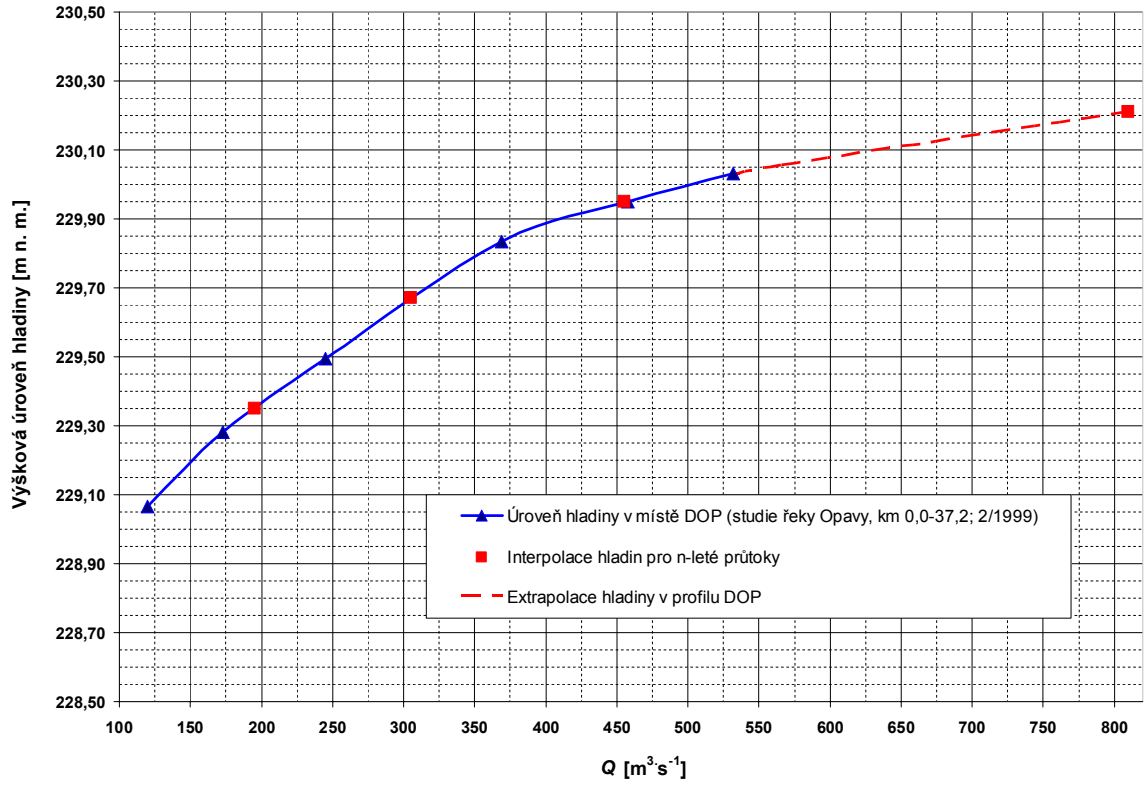
Poznámka 2: Vyšší hodnota stanovená metodikou dle Stricklera a Müllera; při pohybu splavenin dle Camennen.

4.3.4 Okrajové podmínky

Horní okrajové podmínky v podobě průtoku byly zadány podle hydrologických profilů (kap. 3.2), kde souběh povodňových vln Opavy (Moravice) a významných přítoků byl určen tak, že průtok pro přítok byl stanoven z rozdílů průtoků Opavy nad a pod soutokem. Pod soutokem Opavy s Moravicí byly zadávány ovlivněné průtoky, kromě povodňové scénáře Q_{500}. Dělení průtoků v korytě a inundacích bylo určeno z předchozího VM. Proudění bylo simulováno ustáleně.

V prvním kroku za dolní okrajové podmínky (DOP) byly voleny úrovně hladin z následujícího VM, který byl předem rozpočítán pro dané průtoky. To umožnilo zadat více OP, kde DOP je pro VM06 umístěna v meandru Opavy v dostatečné vzdálenosti za jezem Lhota. Úroveň hladiny je interpolována z profilu PF 247 ze studie [12]. Pro průtok Q_{500} je odhadnut trend konsumpční křivky znázorněné na obrázku 7. Ve druhém kroku byly DOP změněny tak, aby v místě napojení VM byly dosaženy stejné hranice rozlivů, úrovní hladin a rychlosti proudu. Dostatečným překrytím VM byl vliv okrajových podmínek odstraněn.

Obrázek 7 – Konsumpční křivka pro profil DOP



Tabulka 9 – Hodnoty horních a dolních okrajových podmínek výpočetních modelů

Výpočetní model	Povodňový scénář	Dělení průtoku [$m^3 \cdot s^{-1}$]	DOP [m n. m.]
VM01	Q_5	**118** (koryto)	261,40 (Opava), 262,20 (pravá inundace)
	Q_{20}	**215** (koryto)	261,55 – 261,75 (koryto proměnné), 262,40 (pravá inundace)
	Q_{100}	**367** (koryto)	262,15 – 262,25 (koryto proměnné), 262,72 (pravá inundace)
	Q_{500}	**607** (koryto)	262,72 (Opava), 263,00 (pravá inundace)
VM02	Q_5	**118** (koryto)	256,11 – 256,16 (koryto proměnné)
	Q_{20}	**215** (koryto)	256,34 – 256,47 (koryto proměnné), 255,64 (inundace)

Výpočetní model	Povodňový scénář	Dělení průtoku [$m^3 \cdot s^{-1}$]	DOP [m n. m.]
	Q_{100}	**367** (koryto)	256,52 – 256,64 (koryto proměnné), 256,18 (inundace)
	Q_{500}	**607** (koryto)	256,94 – 257,13 (koryto proměnné), 256,73 – 256,80 (inundace proměnná)
VM03	Q_5	**125** (118 – koryto, 3 – Velká, 4 – Plšťský potok)	246,77 (koryto)
	Q_{20}	**227** (201 – Opava, 13 – levá inundace, 7 – Velká, 6 – Plšťský potok)	247,65 (koryto)
	Q_{100}	**390** (218 – Opava, 149 – levá inundace, 13 – Velká, 10 – Plšťský potok)	248,52 (Opava), 248,33 (střed inundace), 248,1 (levá inundace)
	Q_{500}	**630** (282 – Opava, 325 – levá inundace, 13 – Velká, 10 – Plšťský potok)	248,85 (Opava), 248,61 – 248,73 (levá inundace proměnná)
VM04 - Opava	Q_5	**125** pro Opavu. **70** pro Moravici (60 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,08 – 239,40 (koryto proměnné), 239,08 – 239,60 (střed inundace), 240,45 (levá inundace)
	Q_{20}	**227** pro Opavu. **78** pro Moravici (68 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,25 (koryto), 239,21 – 240,52 (levá inundace proměnná)
	Q_{100}	**390** pro Opavu (372 – Opava, 18 – levá inundace). **65** pro Moravici (55 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,40 (koryto), 239,50 – 240,62 (levá inundace proměnná)
	Q_{500}	**630** pro Opavu (470 – Opava, 137 – levá inundace). **180** pro Moravici (170 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,80 (koryto), 239,80 – 240,74 (levá inundace proměnná)
VM04 - Moravice	Q_5	**100** pro Opavu. **95** pro Moravici (85 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,08 – 239,40 (koryto proměnné), 239,08 – 239,60 (střed inundace), 240,45 (levá inundace)
	Q_{20}	**175** pro Opavu. **130** pro Moravici (120 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,25 (koryto), 239,21 – 240,52 (levá inundace proměnná)
	Q_{100}	**275** pro Opavu. **180** pro Moravici (170 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,40 (koryto), 239,50 – 240,62 (levá inundace proměnná)
	Q_{500}	**367** pro Opavu. **443** pro Moravici (433 – Moravice, 5 – levý potok, 5 – pravý potok).	239,80 (koryto), 239,80 – 240,74 (levá inundace proměnná)
VM05	Q_5	**195** (128 - koryto, 58 – levá inundace, 9 – pravá inundace)	234,70
	Q_{20}	**305** (158 - koryto, 130 – levá inundace, 17 – pravá inundace)	235,08 (koryto), 234,50 – 234,68 (pravá inundace proměnná)
	Q_{100}	**455** (169 - koryto, 265 – levá inundace, 21 – pravá inundace)	235,30 (koryto), 234,55 – 234,73 (pravá inundace proměnná)
	Q_{500}	**810** (256 - koryto, 465 – levá inundace, 45 – pravá inundace, 44 – pravá inundace Moravice)	235,53 (koryto), 235,04 (pravá inundace)
VM06	Q_5	**195** (137 - koryto, 8 – levá inundace, 50 – pravá inundace)	229,35
	Q_{20}	**305** (162 - koryto, 69 – levá inundace, 70 – pravá inundace, 4 – pravá inundace u náhon)	229,67
	Q_{100}	**455** (172 - koryto, 156 – levá inundace, 122 – pravá inundace, 5 – pravá inundace u náhon)	229,95
	Q_{500}	**810** (183 - koryto, 301 – levá inundace, 306 – pravá inundace, 20 – pravá inundace u náhon)	230,20

Poznámka: Pojmem koryto se rozumí profil Opavy a její inundace.

4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu

Verifikace modelu proběhla porovnáním dostupných úrovní hladin a hranic rozlivů povodňové události 1997 s vypočtenými. Vypočítané hladiny pro Q_5 a Q_{100} byly porovnány s hladinami z dostupných studií [11, 12]. Povodňové značky uvedené ve studiích nebo zjištěné z místního šetření pokrývají celou řešenou oblast a jejich věrohodnost je v některých případech diskutabilní. Podrobnější šetření věrohodnosti je provedeno v následující tabulce, kde jsou pro ucelenost informací uváděny všechny námi známé. Hodnoty uvedené bez závorek jsou pravděpodobné hladiny při povodni určené bližším přezkoumáním a hodnoty v závorkách jsou úrovně povodňových značek uvedených ve studiích. Hranice rozlivů jsou k dispozici v podkladech [19, 28].

Vypočítaná hladina v Držkovicích nad mostním profilem je o 0,40 m nižší než z 1997. O povodni 1997 se uvádí, že zvýšená koncentrace dřevní hmoty snížila průtočnost mostních objektů a zpětným vzdutím zvětšila rozliv. Druhá povodňová značka vykazuje určitou nesrovnalost. Úroveň hladiny pod mostním profilem je výše než nad mostem, kde lze zpětným vzdutím předpokládat hladinu vyšší.

Ve Vávrovicích je dosažena velmi dobrá shoda, rozdíl hladin 0,02 m.

Protržením hráze v Palhanci [23] byla zaplavena severní část Opavy. Simulací nebylo protržení uvažováno, ale vypočítaná úroveň hladiny dosahuje koruny hráze. Ve středu Opavy je vypočítaná hladina o 0,05 m výše a postupně je po proudu ovlivňována mostem na ulici Ratibořská, který byl povodní zničen. Rozsah jeho poškození a velikost zátarasy není znám. Vypočítaná hladina je o 0,71 m nižší. Na konci města Opavy, pokud se přihlédne ke zjištěným informacím, je rozdíl hladin na limnigrafu 0,03 m.

U soutoku Opavy s Moravicí proběhla od roku 1997 výstavba I. etapy silničního obchvatu Opavy a hráze kolem Malých Hoštic. Hráz je přelévána, ale nedojde k vyrovnání hladin v Opavě a Malých Hošticích.

V dolní části řešeného úseku je vypočítaná hladina výše, pouze u objektu MVE je níže o 0,50 m. Vzhledem k postavení MVE kolmo na proud a nejasnosti vzniku a okolností zaměření značky, může být změřená hladina zvýšena vlnovými jevy při nárazech na stěnu MVE.

Rozdíly v úrovních hladin jsou v řešeném úseku ovlivněné mostními profily. Složitost proudových poměrů v městské zástavbě a v neprůtočných mostních profilech lze do výsledných hladin považovat za dostačující. V úsecích jimi neovlivněných je dosahováno dobré shody.

Pro vypočítané úrovně hladin porovnané s hladinami ze studií [11, 12] a při průtocích Q_5 a Q_{100} lze konstatovat:

- Pro **Q_5** je v řešeném úseku Opavy vypočítaná hladina nižší v průměru o 0,20 m. Ve středu města Opavy je dosažen nejmenší rozdíl v hladinách 0,01 m.
- Pro **Q_{100}** je vypočítaná hladina výše o 0,40 m než ze studií, zejména v horní části modelu (Držkovice, Vávrovice, Opava). V dolní části modelu je absolutní rozdíl v hladinách 0,30 m.

Hranice vypočtených a simulovaných rozlivů se od sebe liší. V Držkovicích a Vávrovicích se vypočítané rozlivy ve srovnání s povodní 1997 na české straně shodují. Vypočítaný rozliv v Opavě je poměrně přesný, v dolní části Opavy je na pravém břehu menší. U soutoku Opavy a Moravice byl výstavbou obchodního centra navýšen terén na pravém břehu Opavy. Pod soutokem zmenšená PB hranice rozlivu vyplývá z ochrany průmyslové části Komárova. Pro celý model lze konstatovat, že vypočítané rozlivy jsou nejvíce ovlivněné liniovými stavbami, mosty, budovami a v menší míře propustky a příkopy, které ve výpočtových modelech byly zahrnuty.

Tabulka 10 – Povodňové značky a informace z povodně 1997, Opava, průtok cca Q_{500}

Ř. km	Místo povodňové značky – popis umístění	Výška zaměřené hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
27,133	Silniční most v Kravařích, pravý břeh (ze studie [12] není přesná poloha)	235,24	235,40	- 0,16
28,930	Objekt MVE, jez Kravaře (ze studie [12] není přesná poloha)	237,42	236,92	+ 0,50

Ř. km	Místo povodňové značky – popis umístění	Výška zaměřené hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
34,403	Chata na pravém břehu, pod železničním mostem (ze studie [12] není přesná poloha) Stavbou obchvatu zanikla část chatové oblasti.	245,44	245,51	- 0,07
34,560	Malé Hoštice, ul. Luční, domek na levém břehu (ze studie [12] není přesná poloha) Změna oproti 1997: postaven silniční obchvat města Opavy, ohrázovány Malé Hoštice.	245,48 (246,26)	245,48	0,00 (+ 0,78)
35,800	Opava, limnigraf [33] Nejnižší úroveň dna v místě limnigrafu 243,22 m n. m.; v podkladu [33] uvedena nula vodočtu 242,32 m n. m. a hloubka vody 4,6 m; rozdíl den 0,90 m. Dále na fotografii z terénního šetření je povodňová značka umístěna 0,5 m nad úrovní břehu, hladina vody by byla 247,81 m n. m.	247,81 (246,92)	247,79	+ 0,02 (- 0,87)
36,967	Opava, ul. Ratibořická, most na levém břehu (ze studie [12] není přesná poloha) Z fotografií, podklad [23] a kapitola 2.2 této zprávy, zachycených z kulminace je hladina na úrovni horní mostovky 250,43 m n. m., dochází k mírnému přelévání, most byl povodní zničen.	250,43 (251,22)	250,51	- 0,08 (+ 0,71)
37,744	Opava, ul. Pekařská, nad silničním mostem na pravém břehu	252,81	252,44	+ 0,37
38,733	Opava, pravý břeh	253,49	253,54	- 0,05
40,550	Opava, pravý břeh, v místě křížení s vedením VN Při povodni 1997 došlo k prolomení hráze v Palhanci [23], při simulaci nebylo uvažováno.	256,94	-	-
43,600	Vávrovice, pravá inundace, povodňová značka na domě	262,14	262,12	+ 0,02
45,780	Držkovice, pravá inundace pod mostem Vypočítána hloubka je 0,86 m, v případě věrohodnosti povodňové značky by musely být 1,81 m.	(264,94)	263,99	(+ 0,95)
45,785	Držkovice, během terénního šetření se našla na pravé inundaci povodňová značka nad mostním profilem na kapličce ve výšce 1,1 m nad terénem 263,58 m n. m.	(264,68)	264,28	(+ 0,40)

5 Výstupy z modelu

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

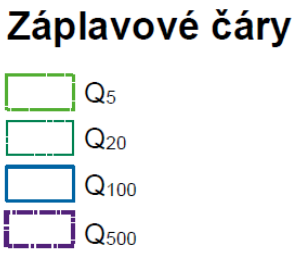
- Úroveň hladiny.
- Hloubka vody.
- Svislicová rychlost.

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 dokládaných v tištěné podobě nebo na přiloženém DVD. Pro mapy úrovní hladin je použita proměnná barevná škála s výškovým rozdílem intervalu zobrazení 0,5 m . Psaný podélný profil je v příloze 6.1.

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].

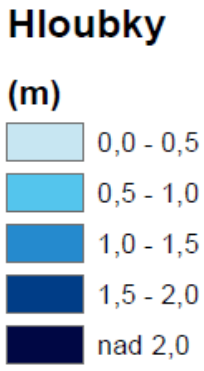
Obrázek 8 – Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky



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].

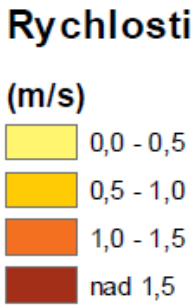
Obrázek 9 – Definice barev a intervalů hloubek



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



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 doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Obrysy budov uvažovaných v numerickém modelů jsou zobrazeny bez linie. Charakteristiky jsou podložené RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 1 m.

6 Přílohy

6.1 Psaný podélný profil Opavy

Objekt	Ř. km	TPE	Výšky hladin (m n. m.) pro scénáře:			
			Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Jez Lhota	22,428	22,000	230,16	230,25	230,34	230,54
	22,500		230,20	230,28	230,37	230,55
	23,000		230,74	230,82	230,88	231,01
	23,500		231,22	231,33	231,45	231,67
	24,000		231,47	231,53	231,60	231,79
	24,500		231,83	231,92	232,00	232,17
Pěší lávka ve Štítině	24,733	24,285	232,07	232,16	232,26	**232,43**
	25,000		232,39	232,53	232,65	232,84
	25,500		232,79	232,90	233,02	233,23
	26,000		233,25	233,35	233,48	233,72
	26,500		233,84	233,94	234,01	234,17
	27,000		234,36	234,55	234,65	234,77
Silniční most Kravaře - Dvořisko	27,128	26,680	234,62	234,95	235,15	**235,40**
	27,500		234,83	235,22	235,37	235,65
	28,000		235,37	235,77	235,98	236,23
	28,500		235,85	236,24	236,44	236,71
Jez Kravaře	28,930	28,450	236,05	236,41	236,62	236,92
	29,000		236,08	236,43	236,63	236,93
	29,500		237,14	237,29	237,42	237,70
	30,000		237,86	238,02	238,15	238,42
	30,500		238,48	238,63	238,76	239,04
	31,000		239,24	239,31	239,35	239,57
	31,500		240,02	240,10	240,14	240,44
Trubní most plynovodu, Komárov	31,616	31,168	240,15	240,23	240,26	240,52
Trubní most vodovodu, Komárov	31,686	31,340	240,25	240,33	240,36	240,61
	32,000		240,65	240,81	240,83	241,14
Lávka pro pěší, Komárov	32,079	31,580	240,79	240,92	241,03	241,31
	32,500		241,32	241,50	241,64	241,85
Jez Komárov	32,649	32,190	241,52	241,71	241,86	242,10
Lávka pro pěší, Malé Hoštice	32,789	32,380	241,88	**242,08**	**242,20**	**242,44**
	33,000		242,19	242,34	242,47	242,69
	33,500		242,63	242,74	242,88	243,09
	34,000		243,36	243,60	243,85	244,15
Trubní most plynovodu, Malé Hoštice	34,041	33,520	243,40	243,65	243,91	244,19
Železniční most, Opava, ul. Dolní	34,403	33,935	243,80	244,14	244,57	**245,07**
	34,500		243,89	244,27	244,78	245,33
Lávka pro pěší, Opava, ul. Luční	34,560	34,080	243,99	244,41	244,86	**245,41**

Objekt	Ř. km	TPE	Výšky hladin (m n. m.) pro scénáře:			
			Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Silniční most silnice S11, Opava	34,800	34,400	244,37	244,73	245,45	**245,87**
	35,000		244,67	245,20	245,77	246,10
	35,500		245,63	246,38	246,73	246,99
	36,000		246,27	247,14	247,79	248,03
Trubní most plynovodu, Opava, ul. Mlýnská	36,152	35,675	246,47	247,36	248,07	248,36
Lávka pro pěší, Opava, Kolofíkovo nábřeží	36,212	35,730	246,55	247,44	**248,21**	**248,53**
	36,500		246,96	247,82	248,75	249,13
Silniční most, Opava, ul. Ratibořská	36,960	36,480	247,88	**248,87**	**249,74**	**250,51**
	37,000		247,90	248,89	249,78	250,58
Lávka pro pěší, Opava, ul. Vodní	37,203	36,740	248,30	249,20	250,34	**251,17**
	37,500		248,85	249,67	250,89	251,64
Silniční most, Opava, ul. Pekařská	37,744	37,250	249,30	250,07	**251,25**	**251,78**
	38,000		249,75	250,54	251,70	252,58
Silniční most, Opava, ul. Mostní	38,383	37,890	250,34	251,17	**252,26**	**253,14**
	38,500		250,46	251,33	252,37	253,30
	39,000		251,00	251,91	252,94	253,76
Silniční most, Opava, ul. Rolnická	39,482	38,989	251,49	252,37	253,46	254,25
	39,500		251,52	252,40	253,48	254,32
Silniční most, Opava, ul. Jaselská	39,908	39,400	252,24	253,31	**254,32**	**255,70**
Jez Opava	40,000	39,490	254,01	254,27	254,87	255,88
	40,500		255,60	255,90	256,14	256,64
Silniční most, Opava, ul. U Lávky	40,932	40,420	256,46	**256,90**	**257,32**	**257,70**
	41,000		256,60	257,12	257,52	257,87
Jez Mlýn Herber (Palhanecký)	41,415	40,895	256,93	257,40	258,00	258,35
	41,500		257,26	257,86	258,34	258,67
	42,000		258,22	258,43	258,82	259,12
Trubní most plynovodu, Komárov, ul. Ostravská	42,181	41,545	258,46	258,68	259,09	259,39
	42,500		258,87	259,08	259,50	259,85
	43,000		259,49	259,68	260,05	260,37
	43,500		260,17	260,45	260,87	261,19
Silniční most ve Vávrovicích	43,528	43,190	260,24	260,65	**261,44**	**261,95**
	44,000		260,82	261,22	261,89	262,51
	44,500		261,41	261,61	262,15	262,73
	45,000		262,35	262,50	262,70	263,02
	45,500		263,15	263,44	263,63	263,82
Silniční most v Držkovicích	45,805	45,440	**263,92**	**263,98**	**264,17**	**264,30**
	46,000		264,12	264,22	264,47	264,71
	46,500		264,64	265,00	265,28	265,49
	47,000		265,47	265,78	265,94	266,19
	47,500		266,24	266,39	266,54	266,79
Spádový stupeň v Držkovicích	47,800	46,960	267,03	267,28	267,57	267,88

6.2 Psaný podélný profil Moravice

Objekt	Ř. km	TPE	Výšky hladin (m n. m.) pro scénáře:			
			Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Soutok s Opavou	0,000	0,000	243,10	243,30	243,50	243,75
	0,500	0,500	243,83	243,90	244,01	244,23
Silniční most silnice S11, Opava	0,599	0,599	243,99	244,08	244,24	244,63
	1,000	1,000	244,42	244,54	244,73	245,20
Železniční most, Opava	1,187	1,187	244,64	244,77	245,00	245,70

6.3 Fotodokumentace významných objektů

Obrázek 11 – Pohled na jez Lhota km 22,428 (TPE 22,000)

Obrázek 12 – Nátokový objekt do mlýnského náhonu na PB, km 22,450

Obrázek 13 – Ocelový most pro pěší, pohled po proudu, km 24,733 (TPE 24,285)

Obrázek 14 – Pohled na silniční most po proudu, Kravaře – Dvořisko, ul. Tyršova, km 27,128 (TPE 26,680)

Obrázek 15 – Pohled na jez Kravaře s MVE na PB, km 28,930 (TPE 28,450)

Obrázek 16 – Pohled po proudu na ocelovou lávku pro pěší, km 32,079 (TPE 31,580)

Obrázek 17 – Pohled na jez Komárov s MVE z PB, km 32,649 (TPE 32,190)

Obrázek 18 – Ocelová lávka pro pěší, pohled proti proudu km 32,789 (TPE 32,380)

Obrázek 19 – Soutok Opavy a pravobřežního přítoku Moravice, pohled po proudu nad soutokem, km 33,760

Obrázek 20 – Pohled na silniční most přes Moravici, ul.Ostravská, sil. I/11, km 0,599

Obrázek 21 – Pohled na jeden ze 3 propustků (šířka 6,0 m; výška 1,4 m) pod sil. I/11, Moravice km 0,599

Obrázek 22 – Pohled proti proudu na železniční most přes Moravici, km 1,187

Obrázek 23 – Pohled na železniční most v levé inundaci Moravice, tvoří významné natokové okno, km 1,187

Obrázek 24 – Pohled na železniční most po proudu, km 34,403 (TPE 33,935)

Obrázek 25 – Ocelová lávka pro pěší, pohled po proudu, km 34,560 (TPE 34,080)

Obrázek 26 – Pohled na silniční most silnice S11 po proudu, km 34,800 (TPE 34,400)

Obrázek 27 – Pohled po proudu na potrbuní most plynovodu a pravobřežní výust Městského náhonu, ul. Mlýnská, km 36,152 (TPE 35,675)

Obrázek 28 – Pohled po proudu na ocelovou lávku pro pěší, Kolofíkovo nábřeží km 36,212 (TPE 35,730)

Obrázek 29 – Pohled na silniční most ul. Ratibořská, proti proudu km 36,960 (TPE 36,480)

Obrázek 30 – Pohled na pěší lávku ul. Vodní, proti proudu 37,203 (TPE 36,740)

Obrázek 31 – Pohled na silniční most ul. Pekařská, proti proudu km 37,744 (TPE 37,250)

Obrázek 32 – Pohled na levobřežní přítok pot. Ostrá, proti proudu km 38,075

Obrázek 33 – Silniční most na ul. Mostní, pohled proti proudu, km 38,383 (TPE 37,890)

Obrázek 34 – Pohled proti proudu na pravobřežní přítok toku Velká, km 39,276

Obrázek 35 – Pohled po proudu na silniční most, ul. Rolnická, km 39,482 (TPE 38,989)

Obrázek 36 – Pohled na Stříbrné jezero v levém inundačním území z tělesa hráze, km 39,540

Obrázek 37 – Pohled na silniční most na ul. Jaselská po proudu, km 39,908 (TPE 39,400)

Obrázek 38 – Pohled na jez Opava s tréninkovým kanálem, km 40,000 (TPE 39,490)

Obrázek 39 – Nátokový objekt do Městského náhonu na PB, km 40,190

Obrázek 40 – Pravobřežní vyústění Mlýnského náhonu zpět do Opavy, km 70,710

Obrázek 41 – Pohled na most na ul. U Lávky, km 40,932 (TPE 40,420)

Obrázek 42 – Nátokový objekt do Mlýnského náhonu v ochranné protipovodňové hrázi v pravém inundačním území, km 41,020

Obrázek 43 – Pohled na jez Mlýn Herber z LB, km 41,415 (TPE 40,895)

Obrázek 44 – Pohled na kalové pole z cukrovaru v pravém inundačním území, km 42,060

Obrázek 45 – Most plynového potrubí, pohled proti proudu, km 42,181 (TPE 41,545)

Obrázek 46 – Pohled proti proudu na silniční most, ul. K Celnici, Vávrovice, km 43,528 (TPE 43,190)

Obrázek 47 – Pohled na most v levém inundačním území na polském území, km 43,530

Obrázek 48 – Pohled proti proudu na silniční most v Držkovicích, ul. Polská, km 45,805 (TPE 45,440)

Obrázek 49 – Pohled proti proudu na spádový stupeň, km 47,800 (TPE 46,960)

6.4 Posudek hydraulického výpočtu

OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

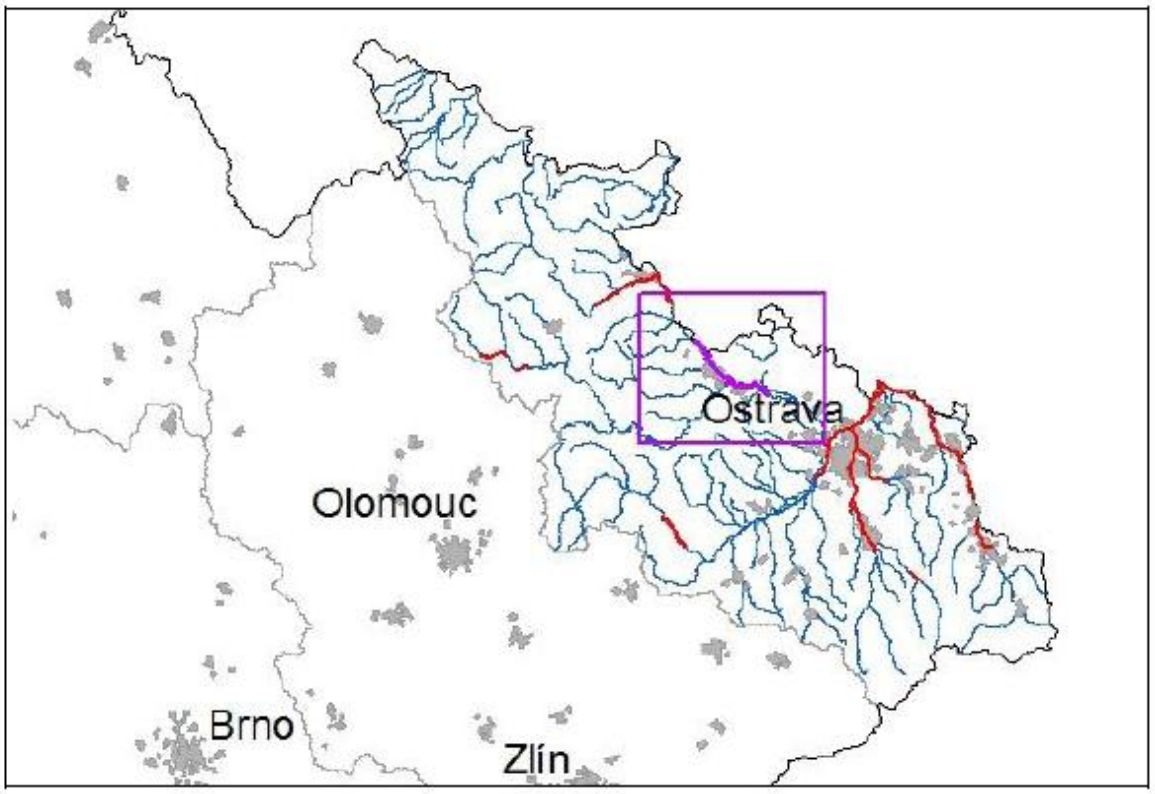
Pro vodu, vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Kravaře – Držkovice)

POVODÍ OPAVY

6.3 POSUDEK HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

OPAVA – POD-12 - Ř. KM 22,000 – 46,960
MORAVICE – POD-2 - Ř. KM 0,000 – 1,187



Březen 2013

Povodí Odry

OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

EVROPSKÁ UNIE | Pro vodu, vzduch a přírodu
Fond soudržnosti

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Kravaře – Držkovice)

POVODÍ OPAVY

6.3 POSUDEK HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

OPAVA – POD-12 - Ř. KM 22,000 – 46,960
MORAVICE – POD-2 - Ř. KM 0,000 – 1,187

Pořizovatel:

Povodí Odry, státní podnik
Varenská 49
701 26 Ostrava

Zhotovitel:

Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:

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

Posudek zpracoval: **Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.**

Brno, březen 2013

Obsah:

1 Cíle a předmět posudku ... 4
2 Popis zájmového území ... 4
3 Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů ... 4
3.1 Topografická data ... 4
3.1.1 Mapové podklady ... 4
3.1.2 Geodetické podklady ... 4
3.2 Hydrologická data ... 5
3.3 Místní šetření ... 5
3.4 Doplňující podklady ... 5
3.5 Normy, zákony, vyhlášky ... 5
3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů ... 5
4 Metodika tvorby modelu ... 5
4.1 Vytvoření digitálního modelu terénu ... 5
4.2 Hydrodynamický model ... 5
4.3 Sestavení hydrodynamického modelu ... 6
4.3.1 Schematizace oblasti ... 6
4.3.2 Objekty na toku ... 6
4.3.3 Hydraulické drsnosti ... 6
4.3.4 Okrajové podmínky ... 6
4.3.5 Kalibrace a verifikace ... 6
5 Výstupy z modelu ... 6
5.1 Záplavové čáry pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} ... 7
5.2 Hloubky pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} ... 7
5.3 Rychlosti pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} ... 7
6 Přílohy ... 7
7 Závěry a doporučení ... 7

1 Cíle a předmět posudku

Zpracování map povodňového nebezpečí ve smyslu Směrnice 2007/60/ES vyžaduje jednotný způsob vyhodnocení charakteristik průběhu povodní, jako jsou rozsah záplavy, hloubka a rychlost proudění vody. Vzhledem ke značnému rozsahu prací na území celé České republiky lze při realizaci požadavků Směrnice 2007/60/ES očekávat značný počet zpracovatelů jak hydraulické části (mapy povodňového nebezpečí), tak vlastní rizikové analýzy (mapy rizika).
Ukazuje se jako potřebné, hospodárné a efektivní „ošetřit" mezistupeň mezi hydraulickým řešením (a jeho výstupy) a mezi využitím výsledků při procesu hodnocení rizika. Toto je provedeno prostřednictvím „Posudku hydraulických výpočtů" zpracovaného vybranými odbornými subjekty. Posudek je realizován ve dvou etapách:

1. Etapa zahrnuje hodnocení úplnosti zajištěných podkladů a návrh koncepčního modelu. Koncepčním modelem se rozumí formulace vstupních předpokladů s jejich zdůvodněním, schematizace řešeného problému v návaznosti na vymezené cíle s ohledem na numerický model použitý k výpočtu a s přihlédnutím k následnému zpracování map nebezpečí a rizika.
2. Etapa je zaměřena na posouzení numerického řešení a dále na zhodnocení věcné správnosti a úplnosti výstupů řešení.

Dokládán je posudek po uzavření druhé etapy posuzování.

Struktura posudku odpovídá předepsanému obsahu technické zprávy hydraulického výpočtu (příloha B). Práce zahrnuje především tyto činnosti:

- studium podkladů,
- účasti na jednáních,
- kontrola výpočtů,
- vyhotovení posudku.

Cílem posudku je stručně zhodnotit úplnost a relevantnost použitých podkladů, adekvátnost koncepčního modelu, použitelnost numerického modelu, kvalitu hydraulických výpočtů a věcnou správnost a úplnost výsledků při kulminačních průtocích Q_5, Q_{20}, Q_{100}, Q_{500} pro tvorbu map povodňového nebezpečí (záplavových čar, hloubek a rychlostí, doplněné zde o mapy úrovně hladiny) pro úseky na vodním toku Opava označené OPAVA – POD-12 - Ř. KM 22,000 – 46,960 a MORAVICE – POD-2 - Ř. KM 0,000 – 1,187.

Předkládaný posudek je v členění předložené Technické zprávy, která je vyhotovena dle verze standardizačního minima k 13. 3. 2012 (staženo 28. 5. 2012).

2 Popis zájmového území

Popis zájmového území je proveden stručně, úplně a věcně. Je pospaný současný stav ochrany území a historické povodně, především největší zdokumentovaná povodeň v roce 1997.

3 Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů

3.1 Topografická data

3.1.1 Mapové podklady

Mapové podklady jsou relevantní a úplné pro použití. Podrobnost ortofotomap je nadstandardní.

3.1.2 Geodetické podklady

Geodetické podklady jsou svým rozsahem vyhovující, podrobností a přesností nadstandardní, plně použitelné pro další práce.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data jsou aktuální a úplná v profilech dostatečně popisujících změny průtoku po délce toku. Nadstandardně jsou uvedena hydrologická data přítoků, což umožňuje lépe pochopit chování proudění v síti toků a ty zahrnout do výpočtu. Uvedeny jsou průtoky neovlivněné i ovlivněné nádržemi.

Ve zprávě (Obr. 3) jsou uvedeny hydrogramy povodně v červenci 1997 (cca Q_{500}) ve dvou profilech na Opavě a v jednom na Opavici, která je nejvýznamnějším přítokem v zájmovém úseku. Souběh povodňových vln nevytváří anomálie, které by bylo třeba zahrnout do výpočtu.

Starší hydrologická data nejsou uvedena, pro výpočty jsou použita aktuální.

Vzhledem k tomu, že hydrologické údaje o průtocích jsou ve II. třídě přesnosti, je přesnost relativně velká a nejistota ve stanovení nebude dominantně ovlivňovat výsledky, ale je třeba zdůraznit, že to bude jeden z hlavních zdrojů nejistot.

3.3 Místní šetření

Rozsah a počet místních šetření odpovídá požadavkům na zpracování numerického modelu. Během šetření byly získány informace použitelné pro jeho vyhotovení a kalibraci.

3.4 Doplňující podklady

Mezi doplňujícími podklady jsou uvedeny všechny relevantní podklady použité pro zpracování technické zprávy. Doplňující podklady umožnily získání kalibračních dat především z dříve provedených studií a hlásných profilů, informací o objektech a technické a provozní informace. Jsou zde uvedeny i pokyny a metodiky pro zpracování.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Jsou uvedeny normy, zákony a vyhlášky, podle kterých zpracovatel postupoval.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Z hlediska plošného pokrytí zájmové oblasti jsou podkladová data vyhovující, jsou aktuální a úplná a není třeba je dále upravovat, aktualizovat ani doplňovat. Jejich kvalita je v popisu topografe a využití území nadstandardní.

4 Metodika tvorby modelu

Zvolená koncepce řešení „2D model ustáleného proudění za průtoků Q_5, Q_{20}, Q_{100}, Q_{500}" je pro danou lokalitu, podkladová data, požadavky na zpracování a vyhodnocení vyhovující.

4.1 Vytvoření digitálního modelu terénu

Digitální model terénu (DMT) má rozsah větší než předpokládaný rozsah zaplaveného území při největším posuzovaném průtoku, což je přibližně rozsah za povodně v roce 1997, tedy rozsah modelu je vyhovující. Jeho způsob sestavení odpovídá požadavkům pro maximalizaci přesnosti a věrohodnosti popisu území jako podkladu pro numerický model proudění. DMT zahrnuje i všechny objekty na toku a není třeba další výkresové dokumentace pro jeho doplnění.

4.2 Hydrodynamický model

Pro sestavení numerického modelu řešícího výše uvedené 2D ustálené proudění je použit softwarový prostředek, který umožňuje toto proudění s odpovídající přesností simulovat. Uvedeny jsou i relevantní řídící rovnice, které jsou při řešení použity.

4.3 Sestavení hydrodynamického modelu

Postup sestavení modelu využívá paralelizace pracovních postupů zvyšující efektivitu práce a využití specialistů na dílčí práce, což vede k minimalizaci chyb a jednotnosti koncipování numerických modelů. Uvedený postup je pro sestavení modelu vhodný.

4.3.1 Schematizace oblasti

Vzhledem k rozsahu zpracovávaného území a požadavkům na přesnost zpracování je proudění v území popsáno překrývajícími se dílčími modely (6 dílčích modelů), jejichž výsledky jsou při vyhodnocení výstupních dat sloučeny. Uvedený postup je akceptovatelný za splnění podmínek existence stejných výsledků v linii přibližně kolmé na směr proudění v oblasti překryvu. Volba rozsahu dílčích modelů a jejich vzájemných překryvů (o šířku zaplaveného území) uvedené podmínky s vysokou pravděpodobností umožňuje splnit. Zpracovatelem místa se splněním výše uvedených podmínek byla nalezena.

4.3.2 Objekty na toku

Do výpočtu byly přímo zakomponovány všechny významné objekty (budovy, jezy, mosty, spádové stupně, propustky) i nadstandardně méně významné objekty (ploty, budovy s alespoň jedním z půdorysných rozměrů větším než 2 m). Méně významné objekty byly do výpočtu zahrnuty nepřímo zvýšením drsnosti. Uvedený způsob zadání je velmi pracný, ale umožňuje proudění v oblasti řešit velmi věrohodně.

4.3.3 Hydraulické drsnosti

Součinitele drsnosti byly v modelu zadány dle využití území z dlouhodobě upravované tabulky vzniklé na základě odborných publikací, databází a kalibrovaných simulací proudění při dřívějších studiích. Proměnnost drsnosti s hloubkou lépe vystihuje chování drsnosti při proudění (rostliny – polehnutí, deformace povrchu – dnové útvary atd.). Drsnost území je popsána detailně a tabulka s drsnostmi je plně použitelná.

4.3.4 Okrajové podmínky

Pro všechny dílčí modely byl použit jednotný koncept zadávání okrajových podmínek. Horními okrajovými podmínkami byly průtoky a dolními okrajovými podmínkami byly úrovně hladiny. Dělení průtoku pro zadání horních okrajových podmínek je vyhovující, hodnoty přítoků jsou rozdílem průtoků mezi horním a dolním profilem oblasti stanovené poměrově dle hydrologických dat. Pod soutokem Opavy s Moravicí byly zadávány ovlivněné průtoky, kromě povodňového scénáře Q_{500}. Dolní okrajové podmínky jsou zadány na základě výpočtu proudění v níže položeném modelu. Dolní okrajová podmínka pro nejníže položený model (pod jezem Lhota) byla stanovena z jednorozměrného výpočtu, hladina pro Q_{500} byla stanovena odhadem trendu měrné křivky v daném profilu. Uvedený způsob zadávání okrajových podmínek je vyhovující.

4.3.5 Kalibrace a verifikace

Kalibrace byla provedena plošně na zaznamenaný rozsah povodně v roce 1997, která odpovídala přibližně Q_{500}. Podkladem pro kalibraci byly i zaznamenané úrovně hladiny při kulminaci povodně v témže roce ve formě značek a fotodokumentace.

Některá kalibrační data o úrovni hladiny – povodňové značky byly v rozporu s rozlivem a v rozporu s fotodokumentací za povodně. Prioritně byla proto brána fotodokumentace a rozliv.

Nejsou uvedena žádná kalibrační data pro menší průtoky.

Model lze považovat v rámci rozsahu dat a jejich věrohodnosti za kalibrovaný.

5 Výstupy z modelu

Výstupy z modelu zahrnují úroveň hladiny, hloubku a svislicovou rychlost včetně vyobrazení vektorů. Doplněny jsou i málo kapacitní mosty. Pro další zpracování jsou úplné.

Výstupy z modelů jsou sloučeny a je možné je použít pro vyhotovení map nebezpečí.

Použité škály a jejich barevná stupnice jsou odpovídající požadavkům na vizualizaci výstupních dat.

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

Záplavové čáry jsou vyneseny na základě výsledků z výpočtů správně. V místě objektů, které je přerušují, je pro jejich vykreslení použita lineární interpolace.

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

Mapy hloubek jsou vyneseny z výsledků výpočtů taktéž správně, objekty jsou obtékané, a proto je v daných místech nulová hloubka.

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

Rychlosti jsou vyneseny z výsledků výpočtů také správně, objekty jsou obtékané, a proto je v daných místech nulová rychlost. Pro popis směru proudění jsou vyobrazeny vektory svislicové rychlosti.

6 Přílohy

Psaný podélný profil je úplný.

Fotodokumentace podává základní pohled na řešenou oblast s důrazem na objekty na toku.

7 Závěry a doporučení

Konstatuji, že použité podklady jsou úplné a relevantní, koncepce modelu je adekvátní daným podmínkám, numerické modely jsou plně použitelné, hydraulické výpočty byly provedeny kvalitně a věcně správně, výsledky při kulminačních průtocích Q_5, Q_{20}, Q_{100}, Q_{500} jsou dle dostupných znalostí a možností věrohodné a úplné. Mapy povodňového nebezpečí (mapy záplavových čar, hloubek a rychlostí, doplněné zde o mapy úrovně hladiny) pro úsek na vodním toku Opava označený POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000 jsou vyhovující pro následné zpracování map povodňového ohrožení a rizika.

Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.
zpracovatel posudku

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
vedoucí Ústavu vodních staveb

V Brně dne 29. 3. 2013.