



Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Labe včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe)

DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

BYLANKA (10100241) – HSL 14-01 - Ř. KM 0,000 – 5,000



listopad 2019

Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Labe včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe)

DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

BYLANKA (10100241) – HSL 14-01 - Ř. KM 0,000 – 5,000

Pořizovatel:



Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
Hradec Králové
500 03

Zhotovitel: Společnost „VRV + SHDP + DHI“, jejímiž společníky jsou



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Nábřeží 4
Praha 5
150 56



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16



DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
Praha 10
100 00

Řešitel:



Sweco Hydroprojekt a.s.

Táborská 31

Praha 4

140 16

V Praze, listopad 2019

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací	7
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	7
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	9
3	Přehled podkladů	9
3.1	Topologická data	10
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	10
3.1.2	Mapové podklady	10
3.1.3	Geodetické podklady	10
3.2	Hydrologická data	11
3.3	Místní šetření	12
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	12
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	12
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	12
4	Popis koncepčního modelu	13
4.1	Schematizace řešeného problému	13
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	13
4.3	Způsob zadávání OP a PP	13
5	Popis numerického modelu	13
5.1	Použité programové vybavení	14
5.2	Vstupní data numerického modelu	14
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	14
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	14
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	15
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	15
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	16
5.3	Popis kalibrace modelu	16
6	Výsledky	16
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	17
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	23
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	23

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění
2D model	Matematický model dvourozměrného proudění
ADM	Administrativní kilometráž správce vodního toku
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografický informační systém
LGS	Limnigrafická stanice
PPO	Protipovodňová opatření
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SZU	Stanovení záplavových území
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území

1.2 Cíle prací

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

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Výchozím podkladem při zajišťování vstupů pro sestavení hydraulického modelu byl dříve zpracovaný hydraulický model studie záplavového území poskytnutý pořizovatelem.

Dále podkladem bylo geodetické zaměření, které bylo poskytnuto pořizovatelem. Jedná se o zaměření Bylanky v rozsahu ústí – Morašice (řkm 0,0-17,0) z roku 2006 od firmy GEOŠRAFO s.r.o.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden v listopadu 2011 terénní průzkum s cílem zjistit, zda poskytnutý rozsah geodetického zaměření je aktuální a dostatečný pro hydraulické modelování anebo bude třeba provést dodatečné zaměření. V průběhu terénního průzkumu byla pořízena nová fotodokumentace všech objektů na toku a vybraných profilů. Na základě místního šetření byly označeny profily a objekty které byly následně doměřeny v dubnu 2012 firmou GEOŠRAFO s.r.o.

V rámci prací druhého cyklu proběhly v daném úseku geodetické práce z důvody změny morfologie vodního toku po průchodu povodně v roce 2017, výstavby nových příčných objektů přes vodní tok a dále z požadavků na zpřesnění DMT vodního toku pro nově vystavěný 2D hydraulický model, který v celém úseku nahrazuje 1D hydraulický model z 1. cyklu.

Výchozím podkladem pro sestavení hydrodynamického modelu je digitální model terénu toku a inundace, který byl vytvořen z DMR 5G a geodetického zaměření v podrobnosti požadované pro 2D hydraulický model.

Od ČHMÚ byla objednána aktuální hydrologická data (N-leté průtoky) pro scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} .

2 Popis zájmového území

Název toku: Bylanka

ID úseku (IDVT CEVT): HSL 14-01 (10100241)

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-06-04-0210, 1-06-04-0220, 1-06-04-0220, 1-06-04-0250

Na Bylance je vymezena 1 oblast s potenciálně významným povodňovým rizikem a to v rozsahu od ř.km 0,0 až do ř.km 5,0. V tomto rozsahu byl sestaven hydraulický model.

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmové oblasti toku byly simulovány matematickým modelem HEC – RAS 5.0.7. Software umožňuje sestavovat 1D, 2D a kombinované 1D/2D modely.

Hlavním podkladem pro sestavení hydrodynamického modelu je digitální model terénu (DMT). DMT zájmové oblasti byl vytvořen z DMR 5G, který byl zpřesněn o vymodelované koryto Bylanky včetně objektů na toku. Koryto bylo vystaveno pomocí lineární interpolace zaměřených říčních příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Takto vznikl z digitálního modelu terénu geometrický model terénu a tím tedy vytvoření 3D říční sítě s 3D souřadnicemi, které jsou pak vstupem pro hydraulický model.

Hydrodynamický model schematizuje řešené území pomocí příčných profilů (1D) pro oblast koryta toku a pomocí 2D mnohoúhelníkové nepravidelné výpočetní sítě v inundačním území. Oba způsoby schematizace 1D a 2D jsou vzájemně provázány.

Drsnosti koryta jsou do řešení zahrnuty Manningovým součinitelem drsnosti n . Hodnoty lze zadávat v různých bodech příčného profilu, daná hodnota pak platí, až k bodu další změny hodnoty parametru n . Základní postup zavádí moduly průtoku pro pásy příčného profilu mezi místy změn hodnot zadávaných drsností. Z dílčích hodnot modulů průtoku získává program hodnoty modulů průtoku pro levou a pravou inundaci. Tyto hodnoty pak přičítá k modulu průtoku vlastního koryta. Rozdělení průtoků bylo počítáno v dílčích pásech jak vlastního koryta, tak i obou inundací včetně stanovení rozdělení rychlostí. Model tedy poskytne, kromě dalších hydraulických charakteristik i charakteristiky rychlostního pole v hlavním korytě i v inundacích.

Jezové objekty a spádové stupně jsou počítány jako přepad přes obecné jezové těleso se zahrnutím součinitele zatopení na základě známé úrovně dolní vody, jež vzešla z výpočtu úseku pod objektem. Mostní objekty jsou počítány až do doby zahlcení jako vlastní profil koryta, po zahlcení jsou pak počítány jako objekty skládající se z kombinace výtoku vody otvorem a přepadu přes širokou korunu – přepad vody přes mostovku. I tyto objekty jsou uvažovány se správnou úrovní dolní vody vzešlou z výpočtu spodního úseku.

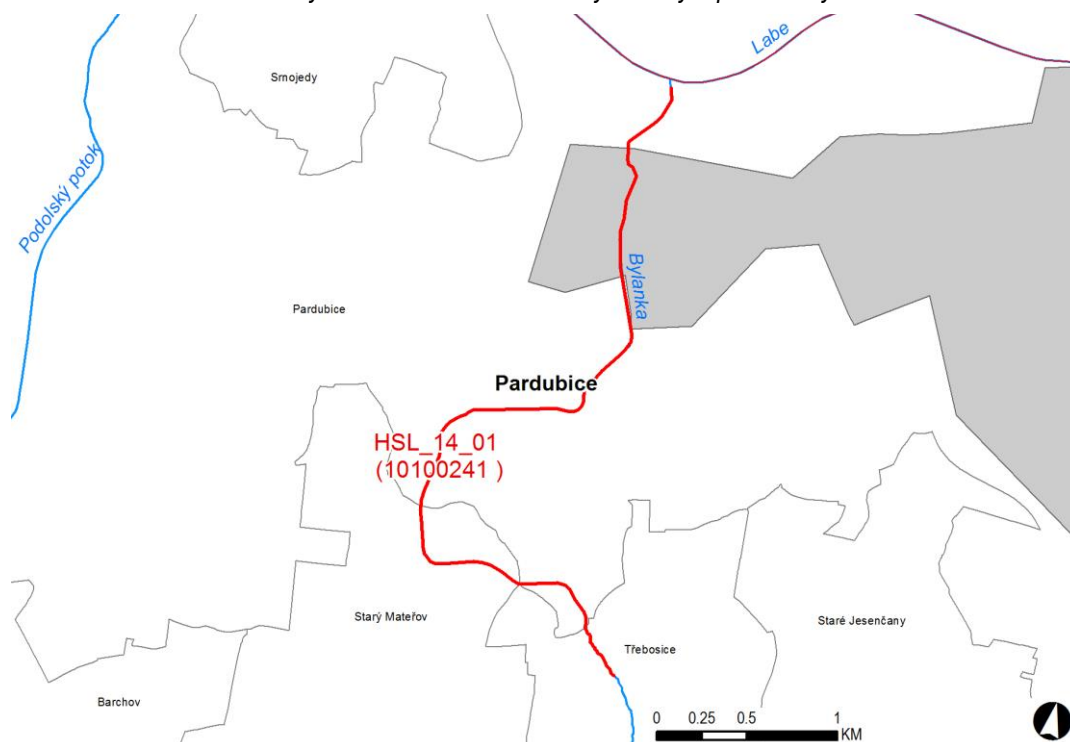
V takto sestavené výpočetní trati proběhl výpočet pro zadané povodňové scénáře – Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} a pomocí RAS Mapperu byly vygenerovány záplavové čáry, které vznikly průnikem vypočtené hladiny v daném příčném profilu s terénem. Rozsah záplavových území byl poté ještě upravován s přihlédnutím na skutečný možný rozliv a znalosti z terénního průzkumu.

Z dosažených výsledků byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

- záplavové čáry (hranice rozlivů),
- mapy hloubek,
- mapy rychlostí,
- mapy hladin

na základě kterých byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

Obrázek 1 – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem



2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek Bylanky byl určen od ř.km 0,00 do ř.km 5,00 dle kilometráže poskytnuté pořizovatelem a přesně vymezen zadanými souřadnicemi S JTSK začátku a konce toku:

začátek úseku: X = - 650 628,45 Y = -1 060 722,88

konec úseku: X = - 650 945,26 Y = -1 063 981,98

Staničení uvedené ve výpočetním modelu a použité při zpracování map povodňového nebezpečí bylo v řešeném úseku přepočteno podle skutečné délky osy vodního toku. Pro tento daný úsek byl sestaven model od ř.km 0,000 až do ř.km 5,249. Rozsah modelu zohledňuje celý úsek začínající pod obcí Třebosice a končící ústím Bylanky do Labe.

Řešený úsek začíná pod obcí Třebosice a končí ústím Bylanky do Labe.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Nejsou k dispozici žádné záznamy o průběhu ani o dosažených vodních stavech historických povodní, protože na tomto vodním toku není automatizovaný hlásný profil.

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 79/2018 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

- Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku Dolního Labe, prosinec 2012
- Základní mapy 1:10 000 – digitální, rastrové - ZAGAGED, poskytlo Povodí Labe, státní podnik.
- Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), ČÚZK, 2017
- Geodetické zaměření provedené firmou Geošrafo, s.r.o. v roce 2006
- Geodetické zaměření provedené firmou Geošrafo, s.r.o. v dubnu 2012
- Geodetické zaměření provedené firmou Geošrafo, s.r.o. v dubnu 2019
- Hydrologická data: n-leté průtoky - ČHMÚ Hradec Králové, 2012, revize 2019
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v listopadu 2011, zaměřený na zmapování stavu koryta, inundací a objektů na toku
- Informace poskytnuté podnikem Povodí Labe, státní podnik, závodem Pardubice v listopadu 2018
- Vyhláška MŽP 79/2018 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- Metadata poskytnutá Zeměměřičským ústavem k aktuální verzi ZM 10

3.1 Topologická data

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

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu byl sestaven z Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) a geodetického zaměření. DMT zájmového území se skládá z DMT koryta vodního toku a DMT inundačního území. DMT koryta vodního toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Vytvoření a složení DMT proběhlo v softwaru společnosti ESRI v ArcGIS pomocí extenze 3D Analyst. Trojúhelníková síť (TIN) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný TIF o velikosti pixelu 2 m x 2 m.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém systému Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla použita Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10). Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů. Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť. Předměty obsahu mapy jsou znázorněny pouze na území České republiky. Míra generalizace polohopisu je na takové úrovni, že nedochází k rozsáhlejšímu spojování jednotlivých staveb do bloků a ke zjednodušování tvarů. Mapa tak poskytuje velmi podrobnou představu o zobrazovaném území.

Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2009 a dříve byly odvozovány z vektorových výstupů, které vznikaly v průběhu tvorby vizualizací ZABAGED®. Jejich rasterizací a následnou transformací do souřadnicového systému S-JTSK vznikl obraz státního území, který byl strukturovaný po listech ZM 10. Dalším zpracováním byla pořízena barevná bežešvá rastrová mapa s barevnou hloubkou 4 bit, jednotnou barevnou paletou a hustotou 400 dpi. Z důvodu nižší kvality rozlišení těchto výstupů bylo v roce 2011 přistoupeno k nahrazení těchto souborů

novými rastry, které vznikly přímým odvozením z tiskových podkladů ZM 10. Tyto rastry mají barevnou hloubku 24 bit a rozlišení 800 dpi. Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2010 a později jsou odvozovány přímo z postscriptových souborů nové technologické linky. Tyto soubory jsou službou aplikačního serveru rastrovány s rozlišením 800 dpi, barevnou hloubkou 8 bit a jednotnou barevnou paletou. Do doby pokrytí celého území ČR soubory z nové technologické linky budou uživatelům poskytovány vždy obě datové sady. Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2x2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 3149x3149 (72DPI).

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byly ORTOFOTOMAPY ČR– čtverce 2,5 x 2,0 km ve formátu tif, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 2500x2000, rozlišení 96 x 96 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

3.1.3 Geodetické podklady

Pro vytvoření DMT koryta toku bylo použito geodeticky zaměřených příčných profilů, které bylo provedeno v roce 2006 firmou Geošrafo s.r.o. v úseku ústí – Morašice (řkm 0,0-17,0). Dále bylo použito doměření provedené firmou Geošrafo s.r.o. v dubnu roku 2012 již jen v řešeném úseku Bylanky.

V rámci 2. cyklu proběhly v daném úseku geodetické práce z důvodu ověření změny morfologie vodního toku po průchodu povodně v roce 2017, výstavby nových příčných objektů přes vodní tok a dále z požadavků na zpřesnění DMT vodního toku pro nově vystavěný 2D hydraulický model, který v celém úseku nahrazuje 1D hydraulický model z 1. cyklu.

Dalším podkladem pro tvorbu DMT na celém řešeném úseku byl DMR 5G od ČÚZK, který představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data byla převzata z projektu „Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik pro oblasti povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku dolního Labe“, která byla pořízena od ČHMÚ v rámci 1. cyklu. V rámci prací na druhém cyklu tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik byla provedena revize hydrologických dat a k žádné změně nedošlo.

Pro zadané povodňové scénáře byl dle metody ploch povodí dopočten 1 profil na ř. km 5,1 nad vodním tokem Dubanka.

Tabulka 2 - N-leté 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
Bylanka - ústí	2012 revize 2019	0,0	16,6	27,3	42,6	61,3	III.
nad Dubankou	2012 revize 2019	5,1	14,7	24,2	37,8	54,3	dopočet

3.3 Místní šetření

Místní šetření bylo provedeno v listopadu 2011, při kterém byla pořízena aktuální fotodokumentace objektů na toku, významných částí toku, charakteru inundačního území a překážek v něm. Toto šetření bylo pro zpracovatele významné z hlediska stanovení drsnostních parametrů použitých v matematickém modelu.

Při místním šetření také proběhla kontrola stávajícího geodetického zaměření, zda nedošlo ke změně mostních objektů, jsou-li objekty zaměřené v potřebné míře pro sestavení hydraulického modelu, jestli jsou zaměřené objekty a stavby, které mohou významně ovlivňovat proudění atd. Na základě místního šetření byly určeny místa ke geodetickému doměření.

Charakter území:

Řešený úsek Bylanky začíná pod obcí Třebosice a končí ústím Bylanky do Labe.

Mezi částí obce Svítkov a ústím do Labe je koryto vodního toku upravené, v intravilánu obce má koryto pravidelný lichoběžníkový profil, v některých částech s opevněnými břehy. Nad obcí Svítkov, podél letiště, má koryto nadále lichoběžníkový profil značné kapacity, břehy jsou porostlé keři a stromy. Až v horní části řešeného úseku získává koryto více přírodní charakter s hustě porostlými břehy stromy a keři.

Inundace v obci Svítkov je tvořena zejména obytnou zástavbou rodinných domů, v extravilánu nad a pod obcí potom inundaci tvoří plochy zemědělsky obhospodařované.

V úseku ř.km 0,975 - 1,785 byly opraveny dlažby koryta ve stávajících parametrech.

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

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování studie byly v souladu s níže uvedenými dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění, které lze popsat jak 1D, tak 2D modely. Pro tento typ výpočtů byl zvolen program HEC RAS 5.0.7, který umožňuje sestavovat modely ve schematizaci 1D, 2D a kombinované 1D/2D.

4.1 Schematizace řešeného problému

Pro výpočet charakteristik proudění byl vybrán kombinovaný jedno- a dvourozměrný hydraulický model. Schematizace proudění vody v korytě vodního toku je provedena jako jednorozměrná. Koryto vodního toku je charakterizováno příčnými profily umístěnými ve vhodně zvolených vzdálenostech tak, aby byla správně postihnuta charakteristika koryta a zohledněny objekty na vodním toku. Oblast inundace byla schematizována pomocí výpočetní sítě s proměnlivou úrovní detailu, resp. velikostí konečného objemu. Buňky výpočetní sítě jsou čtvercového i mnohoúhelníkového tvaru. Výpočetní síť je sestavena tak, aby správně zohledňovala terénní hrany, koryta drobných toků, liniové stavby, překážky proudění, atd. Hustota výpočetní sítě byla zvolena tak, aby zabezpečovala dostatečnou přesnost výsledků modelování a numerickou stabilitu simulací. Vzájemné interakce mezi jednorozměrným řešením koryta a dvourozměrným řešením inundace je zajištěno definováním vazeb na jejich rozhraní. V zásadě lze konstatovat, že hranice mezi oblastmi řešenými 1D a 2D schematizací je definována zpravidla v osách břehových hran koryta nebo linií korun hrázek (či jiných liniových staveb) vedoucích podél hlavního toku v jeho těsné blízkosti. V rámci modelu je tak jasně oddělena část s dominantně jednorozměrným prouděním vody a ostatními oblastmi, kde lze očekávat snížení dominance proudění v jednom směru a kde se jeví jako účelná dvourozměrná schematizace. Přetok vody na hranici jednorozměrné a dvourozměrné části modelu je definován z rovnice bočního přepadu přes speciální samostatné objekty.

Takto provedená schematizace je naprosto dostatečná a danému toku a účelu odpovídající.

S ohledem na charakter a zejména sklonitost území bylo nutné přihlédnout k rozsahu řešeného území se zachováním rozumného rozsahu, úrovně detailu dvourozměrné schematizace a výpovědní hodnoty. V horní části řešeného území dochází k převodu části průtoku v pravé inundaci podél letiště směrem na Staré Jesenčany. Dále dochází k převodu části průtoku levobřežní Čivickou svodnicí směrem na obec Srnojedy. Vzhledem k tomuto faktu dojde k poklesu hodnot průtoku v úseku od ř.km 3,5 směrem po proudu. V případě extrémního průtoku Q_{500} pak dochází k převodu části průtoku cca v ř. km 1,8 souběžně s ulicí Pražská směrem na dostihové závodiště Pardubice. V dolní části řešeného území pak dochází k převodu části průtoku směrem na Srnojedy (křížení železniční tratě Pardubice-Přelouč se silnicí III. třídy č. 32221). V těchto výše zmíněných místech je hranice zátopy příslušného N-letého průtoku přerušena a šipkou naznačeno pokračování rozlivu.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Použitá metodika výpočtu charakteristik proudění nepočítá s vlivem neustáleného proudění na odtokové poměry v souladu s Metodikou zpracování SZÚ a požadavky Směrnice 2007/60/ES.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Provedený výpočet nerovnoměrného neustáleného proudění v zájmovém území uvažuje jako horní okrajovou podmínku konstantní hodnotu průtoku a jako dolní okrajovou podmínku konstantní hodnotu úrovně hladiny vodního toku Labe. Z metody výpočtu vychází neustálený výpočet, který byl proveden pro dostatečně dlouhý časový krok, abychom dostali ustálené výsledky. Dalšími okrajovými podmínkami pak jsou změny průtoku v místech významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje. V rámci výpočtu charakteristik proudění pro scénáře s vyšší N-letostí jsou jako počáteční podmínky (polohy hladin a rychlosti) využity scénáře s nižší N-letostí. Vnitřními podmínkami jsou pak údaje o drsnostních charakteristikách a ztrátových součinitelích.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočty byly prováděny metodou neustáleného nerovnoměrného proudění v programu HEC–RAS 5.0.7. Software vyvinutý Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers umožňuje provádění simulací jednorozměrného ustáleného proudění, rovněž pak i simulace jedno- a dvourozměrného neustáleného proudění.

Program umožňuje rovněž výpočet nerovnoměrného proudění v otevřených korytech i v neustáleném režimu, a to jak pro jednorozměrnou, tak dvourozměrnou schematizaci proudění. Je integrovaným prostředkem, který umožňuje interaktivní provoz, obsahuje moduly hydraulické analýzy, obsluhy datové báze, vizualizaci vstupních dat i výsledků. Významné jsou jeho možnosti výpočtu objektů na toku, příčných i podélných staveb. Umožňuje numerickou simulaci stromových sítí, bifurkací a okružních říčních systémů. Jako produkt federálního rozsahu, je standardním prostředkem pro plánování, návrh a protipovodňovou ochranu ve Spojených státech.

Základní verze programu HEC–RAS je vyvinuta armádou Spojených států jako federální institucí a je volně dostupná na internetu. Současná verze HEC-RAS disponuje nadstavbou umožňující práci s daty GIS prostředí a v kombinaci s výsledky simulací pak jednoduchou a efektivní možností vizualizace výsledků.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Hlavním podkladem pro sestavení hydrodynamického modelu je geometrický model terénu, tj. 3D říční síť s 3D souřadnicemi, které jsou vygenerované z digitálního modelu terénu v TIN. Důležitými podklady pak byly linie staveb PPO, zemních valů a hrázek nacházející se podél toků, respektive v inundaci. Domy a bloky domů byly modelovány pomocí vyvýšeného terénu (nepřelítné překážky); ploty a jiné překážky podobného charakteru byly simulovány pruhy zvýšené drsnosti.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již podrobně popsán v kap. 3.3 Místní šetření.

Jezové objekty a spádové stupně jsou počítány jako přepad přes obecné jezové těleso se zahrnutím součinitele zatopení na základě známé úrovně dolní vody, jež vzešla z výpočtu úseku pod objektem. Mostní objekty jsou počítány až do doby zahlcení jako vlastní profil koryta, po zahlcení jsou pak počítány jako objekty skládající se z kombinace výtoku vody otvorem a přepadu přes širokou korunu – přepad vody přes mostovku. I tyto objekty jsou uvažovány se správnou úrovní dolní vody vzešlou z výpočtu spodního úseku. Při výpočtu se jeden objekt skládá minimálně ze dvou profilů a to profilu pod objektem, který slouží pro správné určení dolní vody těsně pod objektem a dále z profilu objektu, který je uvažován v místě jeho návodní strany, často bývají tyto profily doplněny i profilem nad objektem, který je umístěn cca 2 – 5 m nad návodní hranou objektu.

Výpis objektů na toku je uváděn ve směru po proudu a je použita administrativní kilometráž správce vodního toku. (toto staničení nesouhlasí se staničením hydraulického modelu)

AKM 4,720	cestní most-St.Máteřov I.
AKM 4,230	most vojenský u letiště I.,St.Máteřov
AKM 3,235	Pardubice, u vojenských prostorů
AKM 2,755	Pardubice- vojenský mostek
AKM 2,630	Pardubice- silnice, k vojenským prostorům
AKM 1,800	most silniční, Popkovice I.
AKM 1,785	most silniční, Popkovice II.
AKM 1,464	most dřevěný, cykl.stezka, Svítkov
AKM 1,085	most silniční, Svítkov I.
AKM 0,975	most silniční, Svítkov II.
AKM 0,740	lávka pro pěší, betonová, Svítkov
AKM 0,525	most silniční, Svítkov III.

AKM 0,445 most železniční
AKM 0,425 most polní, Svítkov

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnostní charakteristiky použité ve výpočetním modelu jsou zadány pomocí Manningova drsnostního součinitele. Hodnoty drsností jsou zadávány v odlišných hodnotách jak pro jednotlivé části inundací, tak i pro jednotlivé části koryta. Vliv vegetace je do výpočtů zahrnut vždy v nejméně příznivé situaci, to znamená při plném vegetačním období.

Tabulka 3 - Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
beton	0,020 – 0,035
dlažba	0,025 – 0,045
tráva	0,035 – 0,045
keře	0,060 – 0,090

Tabulka 4 - Použité drsnosti dle Manninga v inundaci

Popis	n
silnice, chodníky – asfalt, beton	0,020 – 0,025
louky, pole	0,035 – 0,045
stromy, keře	0,060 – 0,120
hustý porost	0,120 – 0,160
zahrady s ploty, zástavba	0,160 – 0,200 nebo vypuštěné z výpočtu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Jako horní okrajové podmínky jsou uvažovány konstantní hodnoty N-letých průtoků. Dalšími okrajovými podmínkami pak jsou konstantní hodnoty změny průtoků v místech významných přítoků. Dolní okrajové podmínky pro jednotlivé průtokové scénáře jsou zadány konstantní hodnotou úrovně hladiny.

Tabulka 5 - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Popis úseku	Úsek toku (ř.km)	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Poznámka
nad Dubankou	5,249 – 4,51	14,7	24,2	37,8	54,3	
Bylanka - ústí	4,51 – 0,0	16,6	27,3	42,6	61,3	

Dolní okrajová podmínka je ovlivněna vzdušným od řeky Labe. Hodnoty byly poskytnuty pořizovatelem, Povodím Labe, státní podnik.

Tabulka 6 – dolní okrajové podmínky

Soutok	H ₅ (m n.m.)	H ₂₀ (m n.m.)	H ₁₀₀ (m n.m.)	H ₅₀₀ (m n.m.)
Bylanka a Labe	213,51	214,41	215,25	215,98

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Pro hydraulický model byly jako počáteční podmínky pro scénáře s vyšší N-letostí využity výsledné polohy hladin a rychlosti scénářů s nižší N-letostí. Simulace byla prováděna tak dlouho, aby došlo k ustálení hladin v zájmovém území a ustálení průtoků u dolních okrajových podmínek. Výhodou použití počátečních podmínek za předpokladu

pomalého ustalování k požadovaným hodnotám jednotlivých scénářů je především snaha úspory plnění velkých objemů v širokém záplavovém území.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Každý výpočetní model je vždy schematizací skutečnosti. Chyba výsledných vypočtených charakteristik proudění (úroveň hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, špatný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

Model nebyl kalibrován, neboť nejsou k dispozici kalibrační značky.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Jedním z hlavních výstupů z matematického modelu je psaný podélný profil, který byl zpracován pro všechny průtokové epizody. Psaný podélný profil kromě vypočtené úrovně hladiny obsahuje i informaci o výšce dna (nejhlubší dno) a je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Tabulka 7 – Psaný podélný profil

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
5.249	225.77	14.70	227.97	24.20	228.47	37.80	228.99	54.30	229.46	
5.035	225.49	14.70	227.58	24.20	227.87	37.80	228.13	54.30	228.34	
4.986	225.26	14.70	227.43	24.20	227.63	37.80	227.79	54.30	227.91	
4.917	225.13	14.70	227.25	24.20	227.38	37.80	227.50	54.30	227.61	
4.900	225.09	14.70	227.18	24.20	227.31	37.80	227.42	54.30	227.53	
4.881	225.04	14.70	227.05	24.20	227.16	37.80	227.23	54.30	227.29	
4.864	225.02	14.70	227.05	24.20	227.17	37.80	227.26	54.30	227.34	
4.800	225.00	14.27	226.95	22.44	227.08	32.93	227.18	45.36	227.27	převod části průtoku směrem na Staré Jesenčany
4.757	224.80	14.27	226.79	22.44	226.90	32.93	226.99	45.36	227.07	
4.756										cestní most-St.Máteřov I., jev_ID: 400130155, AKM: 4,720 (F18)
4.751	224.80	14.27	226.76	22.44	226.84	32.93	226.91	45.36	226.97	
4.745	224.01	16.17	226.78	25.54	226.86	25.54	226.94	52.36	227.01	pod Dubankou, levostranný přítok
4.510	224.48	16.17	226.49	25.54	226.57	25.54	226.65	52.36	226.73	
4.245	224.29	16.17	226.27	25.54	226.41	25.54	226.52	52.36	226.62	
4.245										most vojenský u letiště I., St.Máteřov, jev_ID: 400130154, AKM: 4,230 (F17)
4.237	224.29	16.17	226.17	25.54	226.35	25.54	226.47	52.36	226.57	
4.229	224.46	16.17	226.17	25.54	226.34	25.54	226.47	52.36	226.57	
4.013	223.86	16.17	226.09	25.54	226.30	25.54	226.42	52.36	226.51	
3.749	223.55	16.17	225.75	25.54	225.94	25.54	226.07	52.36	226.17	
3.579	223.27	16.17	225.16	25.54	225.35	25.54	225.47	52.36	225.56	
3.575	223.27	16.17	225.15	25.54	225.34	25.54	225.46	52.36	225.55	

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
3.575										Pardubice, u vojenských prostorů, jev_ID: 400130153, AKM: 3,235 (F16)
3.555	223.27	16.17	224.93	25.54	225.11	25.54	225.21	52.36	225.24	
3.467	223.07	16.17	224.68	25.54	224.83	25.54	224.90	52.36	224.98	
3.344	222.99	16.17	224.45	25.54	224.65	25.54	224.72	52.36	224.75	
3.321	222.95	16.17	224.41	25.54	224.61	25.54	224.68	52.36	224.69	
3.306	222.94	16.17	224.42	25.54	224.58	25.54	224.66	52.36	224.68	
3.294	222.92	16.17	224.38	25.54	224.58	25.54	224.64	52.36	224.67	
3.283	222.91	16.17	224.40	25.54	224.59	25.54	224.65	52.36	224.70	
3.277	222.91	16.17	224.40	25.54	224.59	25.54	224.66	52.36	224.71	
3.273										Čivická svodnice, převod části průtoku
3.233	222.80	12.05	224.36	19.29	224.57	29.88	224.64	42.71	224.67	
3.113	222.49	12.05	224.18	19.29	224.37	29.88	224.44	42.71	224.49	
2.974	222.24	12.05	224.02	19.29	224.22	29.88	224.30	42.71	224.35	
2.887	222.46	12.05	223.96	19.29	224.17	29.88	224.25	42.71	224.30	
2.788	221.96	12.05	223.85	19.29	224.06	29.88	224.15	42.71	224.21	
2.740	221.90	12.05	223.77	19.29	223.98	29.88	224.07	42.71	224.11	
2.675	222.05	12.05	223.56	19.29	223.78	29.88	223.87	42.71	223.94	
2.667	221.86	12.05	223.55	19.29	223.77	29.88	223.86	42.71	223.92	
2.667		12.05		19.29		29.88		42.71		Pardubice- silnice, k vojenským prostorům, jev_ID: 400130153, AKM: 2,630 (F14)
2.657	221.98	12.05	223.57	19.29	223.80	29.88	223.89	42.71	223.95	
2.497	221.54	12.05	223.35	19.29	223.58	29.88	223.68	42.71	223.74	

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
2.489	221.20	12.05	223.34	19.29	223.58	29.88	223.67	42.71	223.73	
2.239	221.17	12.05	223.04	19.29	223.27	29.88	223.36	42.71	223.43	
2.237	221.14	12.05	223.04	19.29	223.27	29.88	223.36	42.71	223.43	
2.057	221.14	12.05	222.76	19.29	223.01	29.88	223.15	42.71	223.22	
2.047	221.12	12.05	222.77	19.29	223.01	29.88	223.15	42.71	223.22	
1.868	220.63	12.05	222.31	19.29	222.68	29.88	222.89	42.71	223.09	
1.830	220.57	12.05	222.03	19.29	222.33	29.88	222.50	42.71	222.62	převod části průtoku směrem na dostihové závodíště Pardubice
1.830										most silniční, Popkovice I, jev_ID: 400130095, AKM: 1,800 (F13)
1.823	220.57	12.05	221.84	19.29	222.08	29.88	222.20	42.46	222.34	
1.816	220.45	12.05	221.95	19.29	222.24	29.88	222.40	42.46	222.55	
1.816										most silniční, Popkovice II, jev_ID: 400130094, AKM: 1,785 (F12)
1.803	220.45	12.05	221.92	19.29	222.22	29.88	222.37	42.46	222.51	
1.790	220.22	12.05	221.88	19.29	222.18	29.88	222.33	42.46	222.47	
1.600	219.41	12.05	221.32	19.29	221.65	29.88	221.79	42.46	221.91	
1.458	219.14	12.05	220.84	19.29	221.14	29.88	221.24	42.46	221.33	
1.458		12.05		19.29		29.88		42.46		most dřevěný, cyklostezka Svítkov, jev_ID: 400165805, AKM: 1,464 (F11)
1.454	219.14	12.05	220.82	19.29	221.12	29.88	221.21	42.46	221.28	
1.438	219.00	12.05	220.78	19.29	221.08	29.88	221.17	42.46	221.25	
1.309	218.67	12.05	220.40	19.29	220.66	29.88	220.79	42.46	220.90	
1.230	218.67	12.05	220.22	19.29	220.60	29.88	220.78	42.46	220.91	
1.120	218.40	12.05	219.94	19.29	220.38	29.88	220.58	42.46	220.74	

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
1.112	218.45	12.05	219.92	19.29	220.36	29.88	220.56	42.46	220.71	
1.112										most silniční, Svítkov I., jev_ID: 400130073, AKM: 1,085 (F10)
1.094	218.25	12.05	219.85	19.29	220.20	29.88	220.33	42.46	220.43	
1.004	217.99	12.05	219.67	19.29	220.04	29.88	220.22	42.46	220.33	
0.988	218.08	12.05	219.64	19.29	219.99	29.88	220.17	42.46	220.28	
0.988										most silniční, Svítkov II., jev_ID: 4001130061, AKM: 0,975 (F9)
0.980	218.08	12.05	219.60	19.29	219.89	29.88	220.04	42.46	220.13	
0.976	218.01	12.05	219.57	19.29	219.86	29.88	220.01	42.46	220.10	
0.894	218.00	12.05	219.34	19.29	219.59	29.88	219.70	42.46	219.77	
0.894										bývalý jez, nyní stupeň s propustí, jev_ID: 4001130057, AKM: 0,880 (F7,8)
0.888	216.69	12.05	217.71	19.29	218.05	29.88	218.25	42.46	218.37	
0.846	216.00	12.05	217.52	19.29	217.90	29.88	218.13	42.46	218.26	
0.742	215.72	12.05	217.04	19.29	217.35	29.88	217.40	42.46	217.42	
0.741										lávka pro pěší, betonová, Svítkov, jev_ID: 4001130056, AKM:0,740 (F6)
0.740	215.72	12.05	217.10	19.29	217.46	29.88	217.55	42.46	217.61	
0.726	215.49	12.05	217.06	19.29	217.43	29.88	217.52	42.46	217.58	
0.554	214.91	12.05	216.49	19.29	216.88	29.88	217.04	42.46	217.15	
0.525	214.79	12.05	216.33	19.29	216.60	29.88	216.75	42.46	216.86	
0.525										most silniční, Svítkov III., jev_ID: 400130055, AKM: 0,525 (F4,5)
0.515	214.79	12.05	216.24	19.29	216.39	29.88	216.46	42.46	216.60	
0.503	214.62	12.05	216.28	19.29	216.49	29.88	216.59	42.46	216.73	

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
0.451	214.54	12.05	216.20	18.74	216.42	27.64	216.53	39.10	216.69	převod části průtoku směrem na Srnojedy (křížení železniční tratě Pardubice-Přelouč se silnicí III. třídy č. 32221)
0.451										most železniční, jev_ID: 400130033, AKM: 0,445 (F3)
0.439	214.54	12.05	216.16	18.74	216.36	27.64	216.47	39.10	216.65	
0.425	214.17	12.05	216.15	18.74	216.37	27.64	216.48	39.10	216.68	
0.417	214.24	12.05	216.08	18.74	216.27	27.64	216.39	39.10	216.63	
0.417										most polní, Svítkov, jev_ID: 400130013, AKM: 0,425 (F2)

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Analýzou průniku maximálního rozlivu (při průtoku Q_{500}) a správních územích byly zajištěny informace o následujících dotčených správních územích obcí uvedené v následující tabulce.

Tabulka 8 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
5309	Pardubice	575739	Starý Mateřov
		572985	Třebosice
		555134	Pardubice

Mapy povodňového nebezpečí zobrazují rozsah zaplaveného území, hloubky a rychlosti proudění.

Záplavové čáry byly vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Vzhledem k použití kombinovaného 1D/2D hydraulického modelu vychází zakreslení záplavových čar z vypočtených hydraulických charakteristik v rámci výpočetní sítě, a to pro jednotlivé průtokové scénáře. Nepřesnost tak vychází především z úrovně detailu a způsobu schematizace výpočetní sítě a zejména pak vlastní nepřesnosti digitálního modelu terénu vytvořeného primárně na podkladě mračna bodů z leteckého laserového snímkování.

Hloubka byla vypočtena jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Výsledkem je potom rastr hloubek o velikosti pixelu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízla záplavovou čarou pro daný scénář.

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u dvourozměrného modelu jsou známy ve všech výpočetních bodech. Rastr rychlostí o velikosti pixelu 2 x 2 m byl vyexportován pomocí RAS Mapperu.

Výsledné zobrazení rychlostí je součástí mapy rizik, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty mohou vstupovat do výpočtů a dále do výsledků v každé dílčí fázi zpracování. Jedná se zejména o nejistoty hydrologických dat, geodetických dat, ve zpracování digitálního modelu terénu, v schematizaci řešeného území v rámci hydrodynamického modelu, v přesnosti hydrodynamického modelu, v hydraulické drsnosti řešeného území, kalibračních značek, nejistoty kulminačních průtoků historických povodní atd.

Nutno též zmínit faktor, s nímž model nepočítá. Tím je množství plavenin postupujících tokem při povodni. Ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu, tyto plaveniny mohou způsobit zejména v prostoru objektů zcela zásadní změny průtočného profilu (částečné nebo úplné ucpání), které pak mají na průběh hladiny zásadní vliv.

Závěrem lze konstatovat, že způsob zpracování vycházel z použití nejmodernějších a nejaktuálnějších vstupních podkladů, hydrodynamických modelů, metod zpracování hydrodynamických modelů a prezentace jejich výsledků s cílem minimalizovat nejistoty ve výsledcích výpočtů.