



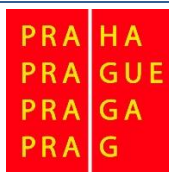
Analýza oblasti s významným povodňovým rizikem Botič v územní působnosti hlavního města Prahy včetně zpracování návrhu záplavového území

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Botič – 10100145 (DVL_06_01) - Ř. KM 0,000 – 20,354



prosinec 2021

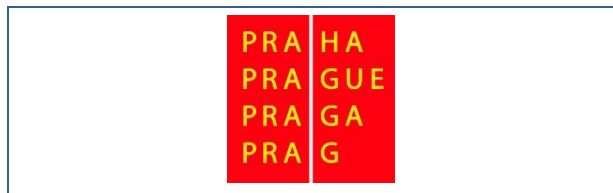


Analýza oblasti s významným povodňovým rizikem Botič v územní působnosti hlavního města Prahy včetně zpracování návrhu záplavového území

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Botič – 10100145 (DVL_06_01) - Ř. KM 0,000 – 20,354

Pořizovatel: Hlavní město Praha



Hlavní město Praha
Mariánské nám. 2
Praha 1
110 01

Zhotovitel: ČVUT v Praze, Fakulta stavební



ČVUT v Praze
Fakulta stavební
Tháškova 7
166 29 Praha 6

Zpracovatel posudku: VÚV TGM



Výzkumný ústav vodohospodářský TGM
Podbabská 30
160 00 Praha 6

Obsah

1	Základní údaje	8
1.1	Seznam zkratk a symbolů	8
1.2	Cíle prací	8
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	9
2	Popis zájmového území	9
2.1	Všeobecné údaje	11
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	11
3	Přehled podkladů	12
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	12
3.2	Související předpisy	12
3.3	Topologická data	13
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	13
3.3.2	Mapové podklady	13
3.3.3	Geodetické podklady	13
3.4	Hydrologická data	13
3.5	Místní šetření	14
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	14
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	15
4	Popis koncepčního modelu	17
4.1	Schematizace řešeného problému	17
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	19
4.3	Způsob zadávání OP a PP	19
5	Popis numerického modelu	21
5.1	Použité programové vybavení	21
5.2	Vstupní data numerického modelu	21
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	21
5.2.2	Drsnosti koryta a inundačních území	24
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	25
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	30
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	30
5.3	Popis kalibrace modelu	31
6	Výsledky	32
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	32
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	34

6.2.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	34
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	34
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	35
6. 3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	35
Přílohy		36

1 Základní údaje

Účelem zpracování kapitoly 1 Základní údaje jako celku je shrnout všechny důležité informace vztahující se k řešenému území v rámci projektu zpracování analýzy povodí.

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D	Jednorozměrný
2D	Dvourozměrný
CEVT	Centrální evidence vodních toků
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	Číslo hydrologického povodí
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ČUZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografický informační systém
ID	Identifikátor
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PpZPR	Plán pro zvládání povodňových rizik
PVPR	Předběžné vyhodnocení povodňových rizik
Q _n	N-letý průtok představuje takový průtok, který je dlouhodobě dosažen nebo překročen jednou za N let.
S-JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
ÚAP	Územně analytické podklady
ÚPD	Územní plán
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce
ZABAGED	Základní báze geodetických dat

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí pro úsek na vodním toku **Botič – 10100230 (DVL_06_01) ř.km 0,000 - 20,354** na základě stanovení následujících charakteristik průběhu povodně:

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

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

Kroky nezbytné k dosažení cíle byly:

- zajištění vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.);
- sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace;
- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

V následující tabulce (Tab. č. 2) je uvedeno porovnání rozsahu řešení území 1. a 2. plánovacího cyklu

Tab. č. 1 Porovnání rozsahu řešeného území 1. a 2. plánovacího cyklu

Ozn. v 1. plán. cyklu	Ozn. v 2. plán. cyklu	Tok	Délka úseku [km]	nové
-	DVL_06_01	Botič	20,354	Beze změn

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování a metoda řešení byly:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením
- Příprava podkladů pro případné geodetické zaměření a jeho zadání.
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu.
- Hydraulické výpočty proudění v toku včetně objektů a inundačního území. Výpočty se provádí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .
- Výsledky výpočtů jsou následně prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí.

Výchozím podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a následnou rizikovou analýzu jsou hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavového území

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na toku Botič ř.km 0,000 – 20,354 (Obr. č. 1).

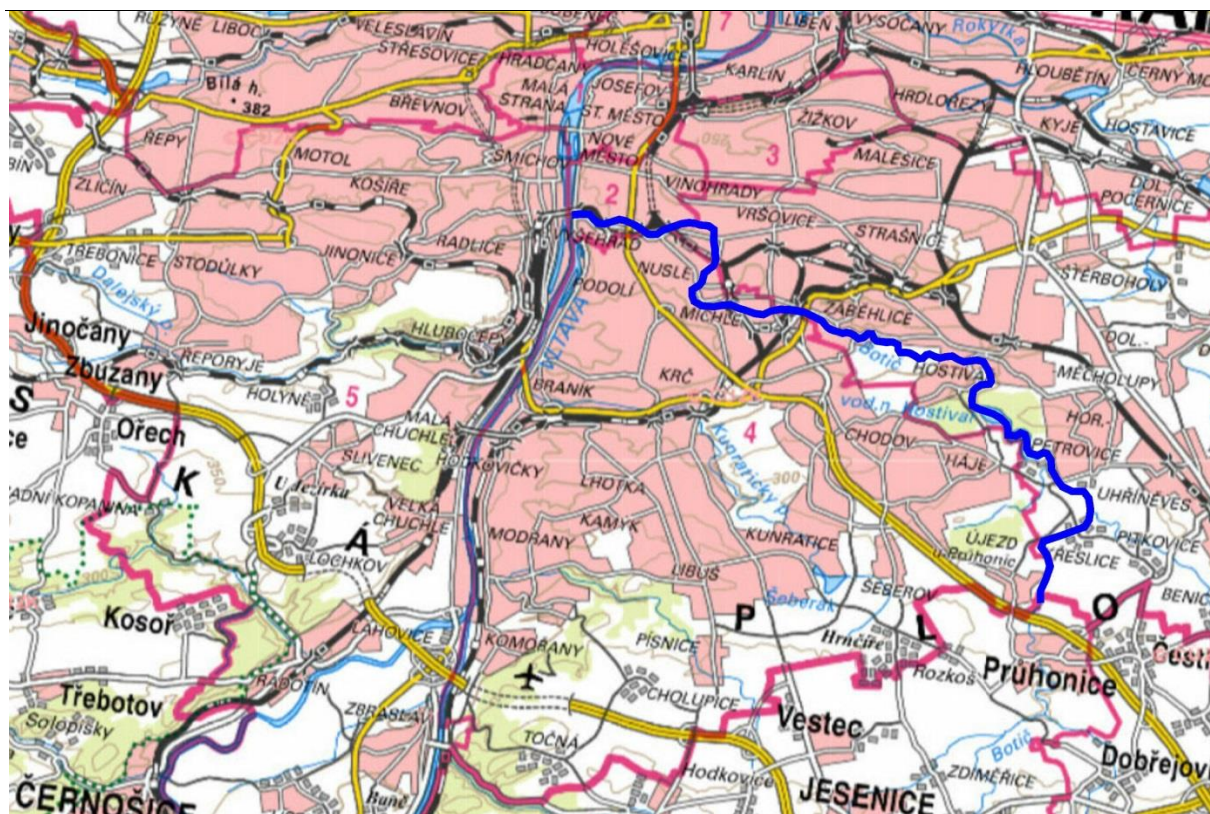
Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100145	DVL_06_01	Botič	0,000 - 20,354	1-12-01-0200-2-00 1-12-01-0200-1-00 1-12-01-0200-0-00 1-12-01-0180-0-00

*) Komentář k používané kilometrāži toků

V celém projektu bude používána kilometrāž, která vychází z nově zaměřeného stavu

Na zájmovém úseku Botiče bylo v minulosti postaveno VD Hostivař. Začátek zájmového úseku Botiče řkm 0,0 se nachází cca na v toku do Vltavy v Praze Výtoni těsně nad železničním mostem.



Obr. č. 1 Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem

2.1 Všeobecné údaje

Botič

Botič tvoří významný biokoridor jak v úseku nad vzdutím VD Hostivař, tak i v úseku od VD po Záběhlce. Pramení severně od Křížkovského Újezdce v lese u Okrouhlíku, teče severozápadním směrem a zprava ústí do Vltavy v Praze-Výtoni. Tok je dlouhý 34,5 km a jeho povodí zaujímá plochu 135,76 km². Před zaústěním do Vltavy protéká potokem průměrně 144 l/s. Levostrannými přítoky Botiče jsou Miličovský, Hájecký, Košíkovský a Chodovecký potok, pravostrannými pak Černý, Pitkovický, Uhříněvský (Dobrá voda), Měcholupský a Slatinský potok.

V úseku nad vzdutím VD Hostivař s výjimkou úseků v obci Osnice a Křeslice a krátce v Průhonicích protéká volnou krajinou. Zejména pak tvoří krajinotvorný prvek ve známém Průhonickém parku. Zde se také nachází rybníky Bořín, Labeška a Podzámecký. Studie se zabývá úsekem těsně nad soutokem s Černým potokem.

I pod profilem VD Hostivař si Botič ponechává ještě zcela přirozený charakter. Tento úsek se také někdy označuje jako Meandry Botiče. V úseku podél Zahradního města se na toku nachází 2 významné jezy – Marcela a Záběhlický. Od prvního odbočuje náhon na Práčský rybník, od druhého na rybník Hamr. Zde se již Botič dostává do blízkosti městské zástavby a podél ulice Práčské nebo Záběhlické má již Botič upravený charakter se svislými opornými zdmi. Na úrovni rybníka Hamr protéká Botič rozsáhlým stejnojmenným sportovním areálem.

K zásadní změně charakteru toku dochází o profilu křížení s Jižní spojkou. Pod ním přechází tok do zakrytého úseku pod nákladovým nádražím, další zakrytý úsek leží podél areálu plynáren a třetí v místě dalšího křížení s železnicí. Od výtoku z tohoto zakrytí teče až k zaústění do Vltavy Botič napřímeným kapacitním technicky upraveným korytem. Poslední zakrytím se pak nachází ve výustní trati od Folimanky až k Výtoni.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V posledních desetiletích bylo na Botiči zaznamenáno hned několik významných povodní.

V průběhu známé povodňové situace z roku 2002 se vyskytly vysoké průtoky i zde. Dne 13.8. odtékalo z VD Hostivař cca 43 m³.s⁻¹, v nižších úsecích byl odhadnut průtok až 50 m³.s⁻¹.

V roce 2007 došlo 19.8 k zaplavení parku na Folimance.

Nejextrémnější povodeň se pak vyskytla v roce 2013. Průtok na výtoku z VD Hostivař byl 2.6 stanoven jako 74 m³.s⁻¹ v profilu limnigrafické stanice ČHMÚ na Folimance pak jako 68.4 m³.s⁻¹. V části pod VD Hostivař byl kulminační průtok mírně větší než Q_{100} , v dolní části pak mírně menší než Q_{100} . Povodeň byla velmi dobře vyhodnocena ve Zprávě o povodni 1.6. – 2.6. 2013 na vodním toku Botič. Její výstupy byly následně využity pro kalibraci 2D modelu.

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Stanovení záplavového území vodního toku Botič a jeho přítoků na území hl.m. Prahy, Hydroprojekt CZ duben 2006
- [2] Digitální model reliéfu zájmové oblasti. DMR 5G. ČÚZK, Praha, 2018.
- [3] Ortofotomapy zájmového území. ČÚZK, Praha, 2018.
- [4] Základní báze geografických dat ZABAGED – polohopis, ČÚZK, Praha 2017.
- [5] Základní báze geografických dat ZABAGED – výškopis, ČÚZK, Praha, 2017.
- [6] Geodetické zaměření koryta od ústí do Vltavy po soutok s Černým potokem, km 0 – 20.354, Geoline, 2021.
- [7] Zaměření úpravy v okolí Kozinova náměstí z roku 2009.
- [8] Zaměření úpravy revitalizační Botiče v okolí Kozinova náměstí z roku 2017.
- [9] Zaměření koryta Botiče a prostoru sportovního areálu HANR Sport a.s., D-PLUS projektová a inženýrská a.s. 2015.
- [10] Zaměření Botiče pro studii Stanovení záplavového území vodního toku Botič a jeho přítoků na území hl. m. Prahy, Hydroprojekt CZ a.s. 2006
- [11] Vrstevnice převzaté z DMT Magistrátu v úsecích provedených terénních úprav
- [12] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 2021.
- [13] HEC-RAS 6.0 River Analysis System – Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, 2021.
- [14] HEC-RAS 6.0 River Analysis System – 2D Modeling User's Manual, US Army Corps of Engineers, 2021.
- [15] Zpráva o povodni 1.6. – 2.6. 2013 na vodním toku Botič, Magistrát hl.m. Prahy, červenec 2013
- [16] Manipulační a provozní řád pro vodní dílo Hostivař, Vodní díla – TBD, říjen 2014.
- [17] Místní šetření a fotodokumentace, A. Havlík, červenec až listopad 2021.

3.2 Související předpisy

- [I] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie.
- [II] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [III] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [IV] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [V] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [VI] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [VII] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [VIII] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [IX] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [X] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [XI] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [XII] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [XIII] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [XIV] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M.v.v.i., 03/2012.
- [XV] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011.
- [XVI] Předběžné vyhodnocení povodňových rizik v České republice 2011. Implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik (verze 5.0). Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 16.3. 2012). Praha. 12/2011.
- [XVII] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M.v.v.i., aktualizace 30.9.2017.
- [XVIII] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 08/2014

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

3.3 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.

3.3.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programů Atlas, ProgeCad a QGis. Model pokrývá celé zájmové území v rozsahu předpokládaného rozlivu Q_{500} s dostatečným přesahem. Výsledný DMT je zpracován z DMR 5G [2], který je doplněn o geodetické zaměření koryta [6],[7], [8], [9], [10] a [11]. DMT má tyto vlastnosti: formát ESRI GRID, velikost pixelu byla použita 0.33 m, přesnost výškových údajů do 0.5 m, polohopisný systém S-JTSK, výškopisný systém Balt po vyrovnání.

3.3.2 Mapové podklady

Mapové podklady byly:

- **Rastrová základní mapa 1 : 10 000** (RZM 10), z vektorového topografického modelu ZABAGED, ČÚZK, 2017, Měřítko 1 : 10 000, velikost pixelu 0,63 m
- **Ortofotomapy**, formát JPG, velikost pixelu 0,25 m, ČÚZK, 2018.
- **ZABAGED, komplexní digitální geografický model území ČR**, formát SHP, ČÚZK, 2017.

3.3.3 Geodetické podklady

V roce 2021 bylo dokončeno kompletní 3D zaměření Botiče firmou Geoline s r. o. od ústí do Vltavy nad soutok s Černým potokem ř.km 0,000 – 20.354 [6].

Kromě toho byly k dispozici další dílčí geodetické podklady, zaměření okolí Kozinova náměstí z let 2009 a 2017 [7], [8], zaměření okolí sportovní areálu Hamr z roku 2013 [9] a starší zaměření Botiče pro studii ZÚ z roku 2006 [10]. V místech nové obytné výstavby, kde byly provedeny terénní úpravy až po vytvoření DMR 5G [2], byly použity vrstevnice z novějšího DMT Magistrátu hl.m. Prahy [11]

Pro území mimo zaměřené koryto byl použit digitální model reliéfu ČÚZK 5. generace [2].

3.4 Hydrologická data

V Tab. č. 3 jsou uvedena aktuální hydrologická data, která zpracovala pobočka ČHMÚ v Praze v průběhu podzimu 2021

Tab. č. 3 Aktuální N–leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$ [12] zpracované ČHMÚ v roce 2021

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
ústí do Vltavy	20.8.2021	0	30.2	47.8	73.2	104	III.
Vršovická ulice	20.8.2021	3.265	29.1	46.2	70.7	100	III.
pod Slatinským potokem	20.8.2021	6.69	29.2	46.3	70.9		III.
nad Slatinským potokem	20.8.2021	6.893	27.3	43.3	66.3	93.7	III.
pod Chodoveckým potokem	10.8.2021	8.580	27.0	42.8	65.5		III.
nad Měcholupským potokem	20.8.2021	11.160	26.0	41.2	63.1		III.
VD Hostivař	20.8.2021	13.660	25.0	39.6	60.7	86.0	III.
pod Miličovským potokem	20.8.2021	15.920	24.5	38.9	59.5	84.2	III
pod Uhříněvským potokem	10.8.2021	17.095	23.6	37.4	57.3		III
pod Pitkovickým potokem	20.8.2021	17.450	23.4	37.2	56.9	80.8	III
nad Pitkovickým potokem	20.8.2021	17.460	17.0	27.0	41.3	58.8	III
pod Černým potokem	10.8.2021	20.270	16.8	26.6	40.7		III

3.5 Místní šetření

Podrobné místní šetření pro horní úsek Botiče nad VD Hostivař úsek provedl A. Havlík 6. 11. 2021, pro střední úsek 17. 6. 2021 a pro dolní úsek 2. 8. 2021. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Při terénním průzkumu byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření, dále byly ověřeny hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundačním území. Kromě toho bylo provedeno několik dalších místních prohlídek k citlivým úsekům společně s pracovníky správce toku, a to zejména tam, kde údaje digitálního modelu reliéfu 5G neodpovídaly současnému stavu.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

V roce 2006 byl Hydroprojektem CZ a.s. v rámci zpracování Stanovení záplavového území vodního toku Botiče a jeho přítoků na území hl.m. Prahy vytvořen matematický model 1D matematickým modelem Mike 11. Dle vyhl. 236/2002 byly zpracovány záplavové čáry pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a AZZÚ.

Kalibrační podklady byly převzaty ze Zprávy o povodni 1.6. – 2.6. 2013 na vodním toku Botič, která se zabývala vyhodnocením extrémní povodně z roku 2013.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT vytvořený z DMR 5G [2]a ze zaměření koryta toku pokrývá celé zájmové území v ploše předpokládaného rozlivu při Q_{500} s přesahem.

Mapové podklady (RZM 10 [2], ortofotomapy [3] a ZABAGED [4], [5]) pokrývají celé zájmové území.

Pozemní geodetické zaměření pokrývá celé zájmové území. Zaměření koryta bylo provedeno tachymetrickým způsobem, výstupem nebyly příčné profily, ale linie břehových pat, břehových hran, minimálních kót dna a případně dalších singularit.

Hydrologická data [12] použitá ve stávajícím výpočtu byla nově stanovena ČHMÚ.

Terénní průzkum byl proveden v září 2019 v rámci 2. plánovacího cyklu. Byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření a stavební změny, které se od doby zaměření v okolí tokou staly.

Ostatní podklady (TPE, studie a koncepční dokumenty) byly shromážděny a využity při hydraulických výpočtech.

Podkladem pro výpočet byly výstupy stávajícího numerický1D modelu Botiče z roku 2006 a vyhodnocení průběhu extrémní povodně z roku 2013.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl použit dvourozměrný (2D) model neustáleného proudění. Výsledky simulace popisují stav ustáleného proudění při požadovaných N -letých průtocích v celé zájmové oblasti. Model vymezených úseků byl sestaven Alešem Havlíkem v roce 2021.

Vzhledem k důležitosti toku a dostupným zejména geodetickým podkladům data byl zvolen přístup 2D schematizace. Výhodou 2D modelu proudění oproti 1D, 1D+ a kombinaci 1D a 2D modelu je přesnější popis proudění v území, snadná vizuální kontrola výsledků a možnost přímého vygenerování výstupů pro vyhotovení map povodňového nebezpečí. Kombinací DMR 5G a podrobného DMT koryta je možné vytvořit velmi detailní výpočetní síť. V případě složitější topografie dna a břehů toku umožňuje 2D schematizace přesnější popis rozložení rychlostí v korytě a nabízí individuální volbu součinitelů drsnosti pro každou výpočetní buňku (prvek).

Pro řešení byl použit softwarový prostředek HEC-RAS.

3 dílčími 2D modely bylo popsáno proudění vlastním korytem Botiče od zaústění Černého potoka pod Průhonicemi až po ústí do Vltavy. Do modelu byly kromě tohoto zahrnuty krátké úseky významnějších přítoků.

4.1 Schematizace řešeného problému

Vzhledem k rozsahu řešeného úseku Botiče a existenci významného vodního díla Botiče, byly pro výpočet sestaveny 3 samostatné geometrické modely, které jsou schematicky vyznačeny na obrázku 2:

- Model 1 – od profilu ř. km 6.978 nad vtokem do zakrytého úseku pod nákladovým nádražím u Záběhlic až do ústí do Vltavy ř. km 0.000.
- Model 2 – od výtoku pod VD Hostivař v ř. km 13.510 až ke vtoku do zakrytého úseku pod nákladovým nádražím ř. km 6.927.
- Model 3 – od začátku nového zaměření koryta Botiče nad zaústěním Černého potoka až k profilu hráze VD Hostivař v ř. km 13.66.

U všech 3 modelů byl použit obdobný metodický přístup. V rámci vytváření 2D modelu byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě. Mostní a spádové objekty byly důsledně řešeny pomocí vložených 1D objektů. V případě mostních objektů tak bylo umožněno řešení i tlakového proudění. Pro detailnější návrh výpočetní sítě byly pro uvedené modely použity tyto přístupy:

- Model 1 – v pásu širokém 32 m podél osy koryta byla použita velikost buněk 1.0 m, která se postupně zvyšovala na velikost buněk 4 m pro zbývající část modelu, výpočetní síť byla tvořena 353 502 buňkami (obrázek 3). Model obsahuje 5 zakrytých úseků řešených jako propustky, 28 mostních objektů a 4 jezy.
- Model 2 – v pásu širokém 32 m podél osy koryta byla použita velikost buněk 1.0 m, která se postupně zvyšovala na velikost buněk 4 m pro zbývající část modelu, výpočetní síť byla tvořena 331 262 buňkami (obrázek 4). Model obsahuje 12 mostních objektů a 5 jezů.
- Model 3 – v pásu 8.0 až 9.6 podél osy koryta byla použita velikost buněk 0.4 m, ta se pak pomalu zvyšovala 4 pro zbývající část modelu, výpočetní síť byla tvořena 292 226 buňkami (obrázek 5). Model obsahuje 5 mostních objektů.

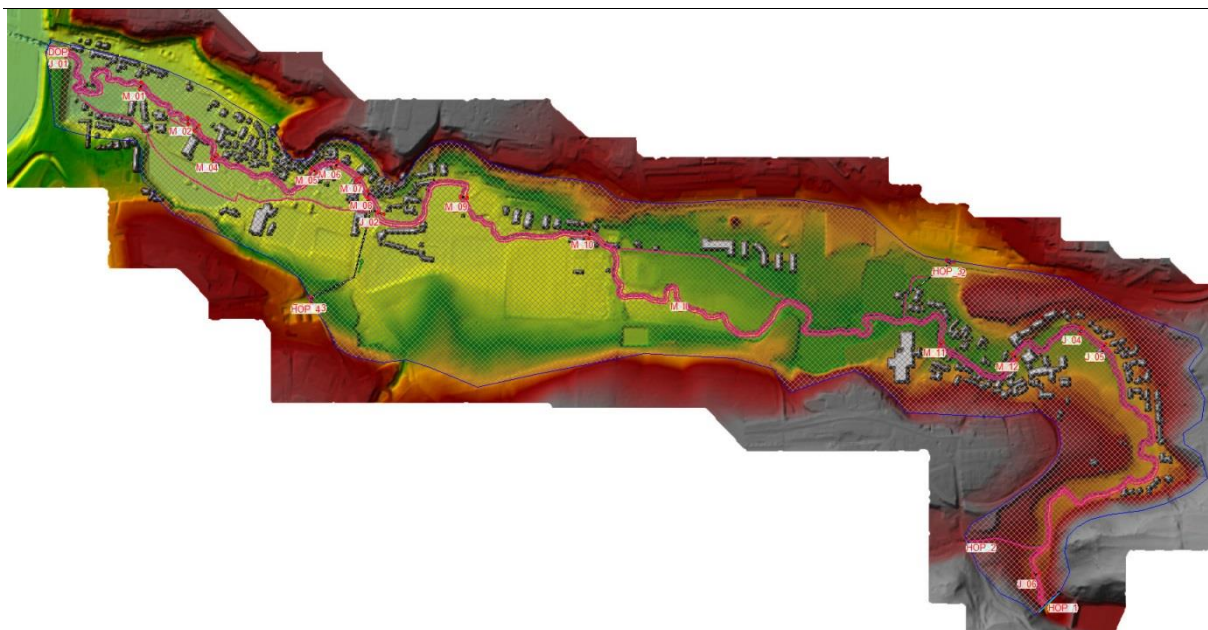
Doplňkově pak byla výpočetní síť ještě přizpůsobena povinnými hranami v profilech objektů, hrází a dalších liniových prvků apod. V případě mostních objektů byly břehové opěry podrobně vymodelovány v DMT. Pomocí vložených 1D objektů mostů pak byly vlivy mostovek v případě tlakového proudění. Velikost ortogonální rastrové sítě DMT byla proto použita velmi malá a to velikostí jednotlivých prvků hodnotou jen 50 cm u všech 3 modelů. Detail výpočetní sítě pro oblast koryta je zobrazen na obrázku 5.



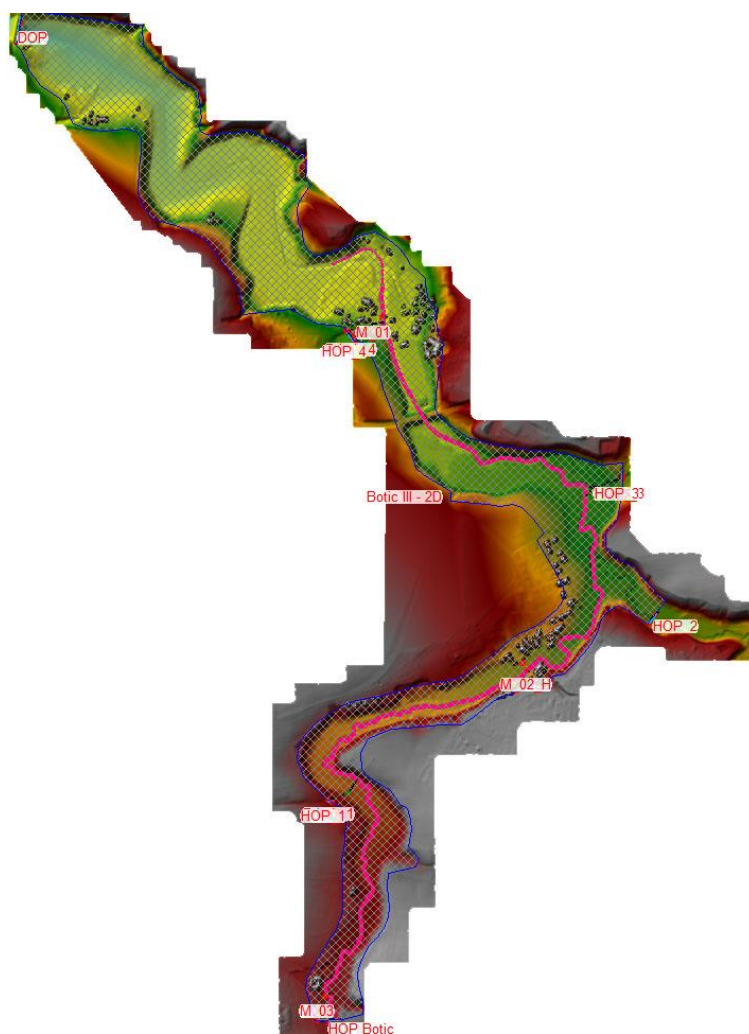
Obr. č. 2 Schéma na sebe navazujících 3 modelů záplavového území Botiče



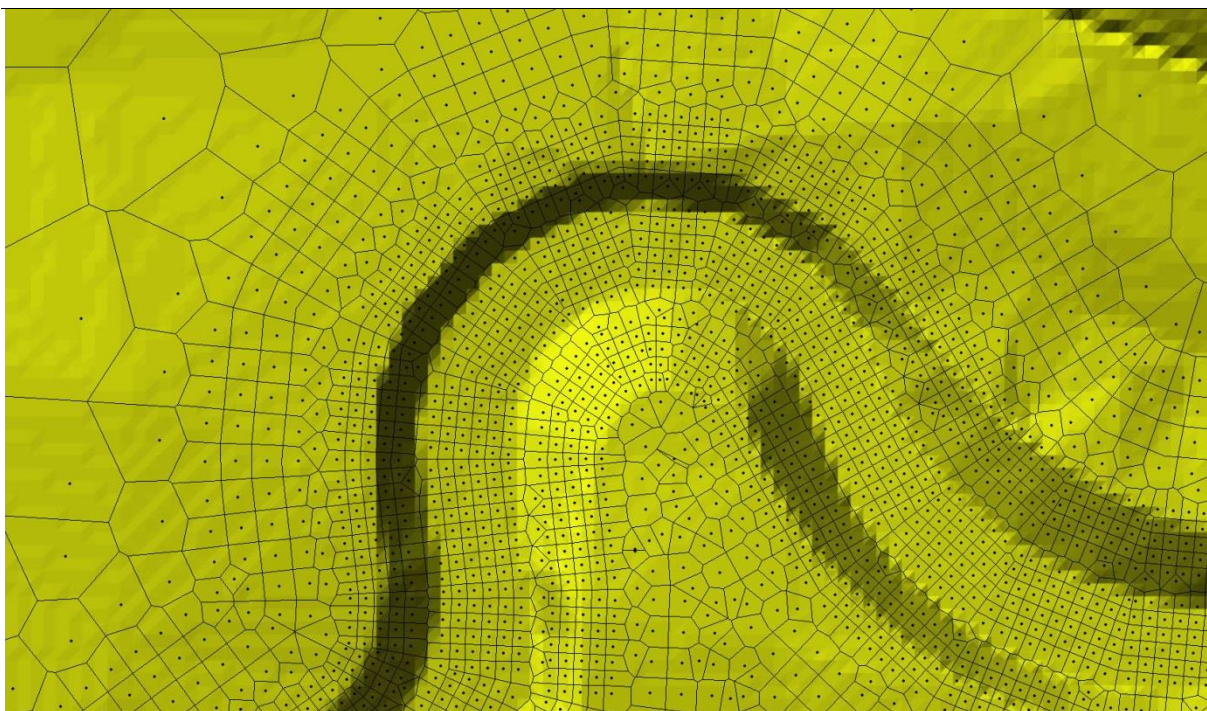
Obr. č. 3 Schéma výpočetní sítě Modelu 1 pro úsek od prvního Zakrytí u Záběhlic po ústí do Vltavy



Obr. č. 4 Schéma výpočetní sítě Modelu 2 pro úsek od výtoku z VD Hostivař ke vtoku do zakrytého úseku pod nákladovým nádražím u Záběhlic



Obr. č. 5 Schéma výpočetní sítě Modelu 3 pro úsek od zaústění Černého potoka po vzduť VD Hostivař



Obr. č. 6 Detail výpočetní sítě v místě zakřivené tray potoka

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výsledky předkládaných hydraulických výpočtů odráží teoretický stav, při kterém by došlo k ustálenému proudění s hodnotou průtoku Q_N v celém zájmovém úseku i v přilehlém inundačním území. Zvolený přístup má za následek vychýlení některých výsledků (rozsah rozlivu, hodnoty hloubek) mírně na stranu bezpečnosti oproti reálnému stavu, především při modelovém průchodu povodňových vln vyšších N -letostí (s kulminačními průtoky Q_{100} a Q_{500}). Důvodem zmíněného nadhodnocení je skutečnost, že reálné povodně se vyznačují neustáleným prouděním, tedy mají nižší objemovou složku (kulminační průtok odpovídající vyšetřované N -letosti se vyskytuje omezenou dobu) a při proudění dojde k jejich transformaci územím. Výsledek proudění při ustáleném stavu vystihuje stav, kdy by nejhorší fáze povodně nastala v celém vyšetřovaném úseku ve stejný okamžik.

Pro důsledné uplatnění řešení v podmínkách neustáleného proudění by bylo zapotřebí definovat ke každému N -letému průtoku návrhový hydrogram s vhodně zvolenou podmíněnou pravděpodobností překročení objemu. Lze předpokládat, že podrobný hydrodynamický výpočet by vedl k různým hodnotám N -letých kulminací v dílčích profilech vyšetřovaného úseku vodního toku. Detailní způsob řešení průchodu N -leté povodně v režimu neustáleného proudění klade velké nároky na množství i kvalitu vstupních hydrologických dat a přináší řadu otázek, které by bylo zapotřebí metodicky vyjasnit.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Okrajové podmínky jsou zadány následovně:

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou průtoky. Při ustálení odpovídají hodnotám N -letých průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Pro Botič byla tato data zpracována ČHMÚ celkem pro 14 profilů dle tabulek uvedených v kapitole 3 v tabulce 3. Nejvýznamnější nárůst hodnot je patrný především v případě Pitkovského potoka a částečně Slatinského potoka, v ostatních případech jsou změny již velmi malé.

V případě Modelu 1, byla dolní okrajová podmínka (dále DOP) umístěna do profilu soutoku s Vltavou. Po dohodě se správcem toku byla zvolena varianta, aby na průběh hladin ve výústní trati neměla vliv úroveň hladiny jen ve Vltavě. Kromě hlavní horní okrajové podmínky (dále HOP) na začátku modelu další HOP simulovaly přítoky Slatinského potoka a zaústění trubních přítoků pod ulicí U Seřadiště a pod Havlíčkovými sady.

U Modelu 2 byla hlavní DOP vložena do profilu těsně nad vtokem do zakrytého úseku pod nákladovým nádražím u Záběhlic, hlavní HOP pod výtokem z VD Hostivař. Další HOP pak zajišťovaly, aby byl při výpočtech zohledněn nárůst průtoků zaústěním Košíkovského, Měcholupského a Chodoveckého potoka.

Poslední Model 3 měl DOP v profilu tělesa VD Hostivař a hlavní HOP těsně nad soutokem s Černým Popotkem. Vedlejší HOP dovozovaly simulovat nárůst průtoků pod bezejmenným levostranným přítokem nad Křeslicemi, pod zaústěním Pitkovského potoka, Uhříněvského potoka (Dobrá voda) a Milíčovského potoka.

U modelů 1 a 2 byly první výpočty řešeny pro malé průtoky, aby došlo k základnímu „zavodnění“ koryta Botiče. Z takto získaného souboru typu Restart File byl pak spuštěn průběh hladin pro průtok Q_5 . V případě Modelu 3 byl výpočet pro průtok Q_5 spuštěn přímo bez souboru Restart File. Výpočty pro větší průtoky Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , byly pak vždy spuštěny ze souboru Restart File pro menší průtok. Potřebné nárůsty průtoky byly řešeny plynulým zvýšením zpravidla během 1 hodiny, počítané průtoky potom v HOP trvaly tak dlouho, až došlo k plnému ustálení výpočtu.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet proudění byl proveden pomocí programu HEC-RAS 6.0 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) vyvinutého US Army Corps of Engineers pro výpočet jednorozměrného a dvourozměrného proudění. HEC-RAS umožňuje komplexní modelové řešení pro simulaci proudění v otevřených korytech a inundačních územích. Výpočtové rovnice jsou uvedeny v manuálu [13]. Pro řešení proudění byla zvolena metoda difuzní vlny (resp. její aproximace). Numerická schematizace se opírá o kombinaci metody konečných diferencí a konečných objemů. Uvedená verze softwaru [14] umožňuje nově formou 1D objektů řešit i tlakové proudění mostními objekty.

Výsledky dosažené metodou difuzní vlny byly na vybraných zájmových úsecích porovnány s metodou využívající úplných Saint Venantových rovnic (zahrnující mimo jiné vliv Coriolisovy síly). Na převážné většině území výpočetní síť dávala obě zmiňované metody srovnatelné výsledky, přičemž metoda difuzní vlny vykazovala vyšší míru stability a kratší dobu výpočtu. V souladu s předpoklady se významnější rozdíly ve výsledcích obou metod objevily v místech s výskytem silně turbulentního proudění. Vzhledem k ostatním nejistotám a přijatým zjednodušením se použití metody difuzní vlny jeví jako praktická a adekvátní technika pro řešení úlohy.

Numerickým modelem je popsán průtok vlastním korytem Botiče souvisejících inundačních území a veškerých objektů.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6], [7], [8] a [9], [10] a [11] v podobě tachymetrického zamření břehových hran, břehových pat a osy koryta, z nichž je vygenerován model koryta Botiče. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě DMR 5G [2]. Budovy a bloky budov jsou ve výpočetní síti uvažovány jako neprůtočné plochy s výrazným zvýšením terénu. Digitální povrch terénu použitý ve výpočtu je vytvořen propojením zaměření koryt, digitálního modelu reliéfu a neprůtočných objektů (budov). HOP jsou hodnoty N -letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v profilech popsanych přesně v kapitole 4.3. Pro stanovení součinitele drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace pořízená při terénním průzkumu v roce 2019 [17].

Při výpočtu bylo nutné vzhledem k malému rozměru některých výpočetních elementů nutno v souladu Courrantovým kritériem pracovat s malým časovým krokem 0.5 s až 1 s. Maximální počet iterací byl uvažován hodnotou 30. Přípustná odchylka pro vypočtené výšky hladin a objemy (přepočtené na výšky hladin) byla uvažována na úrovni 3 mm.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového modelu byly zahrnuty všechny významné objekty, u kterých se předpokládalo ovlivnění hladiny povodňových průtoků. Jejich soupis je zpracován v tabulkách 4, 5 a 6.

V případě mostů byla deformace rychlostního vlivem obtékání břehových opěr důsledně řešena jejich podrobným vymodelováním v digitálním modelu povrchu. Vliv vzduší hladiny při tlakovém proudění vlivem zatopení mostovky byl řešen vložením 1D mostních objektů. U všech mostních objektů byl pro kontrolu prováděn i standardní ruční výpočet. Jezy a další příčné objekty byly modelovány 1D jako přelivy. Součinitel přepadu byl volen individuálně na základě vlastností daného objektu. Budovy byly v modelu řešeny zvýšením terénu v místě jejich polohy.

Tab. č. 4 Objekty vstupující do Modelu 1

Km	Popis objektu
0.722	Vtok do zakrytí mezi Folimankou a Výtoní
0.750	Silniční a tramvajový most v ulici Na Slupi
1.009	Lávka pro pěší na Folimance na úrovni ulice Nezamyslova
1.232	Pevný jez pod LS na Folimance
1.257	Most pro pěší na Folimance na úrovni ulice Svatoplukova
1.422	Silniční most na ulici Spoytihněvova
1.537	Silniční most na ulici Na Folimance
1.566	Železniční most
1.722	Silniční most na ulici Závěšova
2.022	Silniční most na ulici Bělehradská
2.288	Vtok do zakrytí pod železniční tratí v Nuslích
2.394	Lávka pro pěší pod Havlíčkovými sady
2.444	Stupeň ve dně
2.763	Silniční most na ulici U Vršovického nádraží
2.960	Silniční most na ulici Petrohradská
3.275	Silniční most na ulici Vršovická
2.040	Lávka pro pěší na ulici Přípotoční
3.649	Silniční most na ulici Petrohradská
3.652	Stupeň ve dně
3.698	Železniční most
4.030	Lávka pro pěší
4.080	Stupeň ve dně
4.162	Silniční most na ulici Kapitulská
4.357	Silniční most na ulici Nuselská
4.494	Lávka pro pěší na ulici Na Kolejním statku
4.768	Lávka pro pěší na ulici U Michelského mlýna
4.866	Silniční most na ulici Michelská
5.003	Cestní most na ulici Heleny Kočvarové
5.190	Cestní most na ulici na ulici U Botiče
5.396	Provizorní most pod vyústěním ze Zakrytí
5.572	Vtok do Zakrytí pod železniční tratí
5.628	Zdrsňený skluz
6.358	Vtok do Zakrytí u areálu plynáren
6.420	Silniční a tramvajový most v ulici Chodovská
6.874	Vtok do Zakrytí pod nákladovým nádražím
6.895	Lávka pro pěší

Tab. č. 5 Objekty vstupující do Modelu 2

Km	Popis objektu
7.525	Cestní most na ulici Na Lávce
7.740	Lávka pro pěší v areálu Hamrsport
7.783	Lávka pro pěší v areálu Hamrsport
7.914	Místní most na ulici K prádelně
8.328	Mostek na ulici Záběhlická
8.413	Mostek na ulici Záběhlická
8.505	Mostek na ulici Záběhlická
8.574	Silniční most na ulici U záběhlického zámku
8.635	Záběhlický pevný jez
9.085	Lávka pro pěší
9.605	Cestní most na ulici Nad meandry
10.601	Pohyblivý jez Marcela
11.401	Lávka pro pěší na ulici Kozinova
11.742	Silniční most na ulici K Horkám
11.825	Lávka pro pěší
12.024	Jez
12.120	Vzdouvací práh u rybárny
13.402	Stabilizační práh
13.477	Propustek na cestě pod výtokem z VD Hostivař

Tab. č. 6 Objekty vstupující do Modelu 3

Km	Popis objektu
15.922	Silniční most na ulici Edisonova
16.333	Silniční most na ulici Novopetrovická
16.556	Práh ve dně
17.094	Cestní most na ulici Na Dobré vodě
18.138	Silniční most s inundačním otvorem v Křeslicích
20.273	Lávka pro pěší u Koníčkova Mlýna

5.2.2 Drsnosti koryta a inundačních území

Hodnoty součinitele drsnosti koryt řešených toků byly zadány na základě pochůzky v terénu a při ní pořízené fotodokumentaci [17]. Vzhledem k rozměrům koryta byly hodnoty stanovovány samostatně pro dno a břehové svahy.

Pro zadávání hodnot součinitelů drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Hodnoty vybraných použitých součinitelů drsnosti jsou v Tab. č. 7.

Tab. č. 7 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
Přirozené zarostlé meandrující koryto	0,060
koryto neupravené	0,050
obdélníkové koryto upravené	0,040
lichoběžníkové koryto zatravněné	0,035
silnice	0,015
louka	0,030
křoviny	0,080
pole	0,060
zástavba volná	0,050
zástavba s ploty a překážkami	0,150
zahrádky	0,150

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Model 1

Horní okrajové podmínky vycházely z hodnot N -letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} dle tabulek uvedených v kapitole 3. Kromě horní okrajové podmínky pro profil nad Slatinským potokem byly použity boční HOP pro Slatinský potok a přítoky z mezipovodí od ulice U Seřadiště a pod Havlíčkovými sady. Vzhledem k tomu, že se N -leté průtoky mezi profily pod Slatinským potokem a Vršovickou ulicí dle ČHMÚ mírně snižují, i když v úseku není prostor na přirozenou transformaci, byly průtoky pro boční přítoky upraveny tak, aby od profilu pod Slatinským potokem až k ústí do Vltavy docházelo k mírnému plynulému zvýšení. Doby pro ustálení byly kontrolovány jednak porovnáním úrovní hladin ve vybraných bodech modelu mezi sousedními časovými kroky, jednak kontrolou velikosti průtoku protékajícím v závěrečném profilu po použité době ustálení. Použité hodnoty jsou uvedeny v Tab. č. 11 až 15.

Tab. č. 11 Hodnoty pro hlavní HOP pro vtok do Zakrytí pod nákladovým nádražím

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	10	
2	25	Výchozí stav pro výpočet Q_5 i Q_{20}
3	27.3	
7	27.3	Ustálený stav pro Q_5
3	43.3	
7	43.3	Ustálený stav pro Q_{20}
8	66.3	
11	66.3	Ustálený stav pro Q_{100}
12	93.7	
24	93.7	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 12 Hodnoty pro HOP pro přítok ze Slatinského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.9	
2	0.9	Výchozí stav pro výpočet Q_5 i Q_{20}
3	0.9	
7	0.9	Ustálený stav pro Q_5
3	0.2	
7	0.2	Ustálený stav pro Q_{20}
8	3.6	
11	3.6	Ustálený stav pro Q_{100}
12	5.5	
24	5.5	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 13 Hodnoty HOP pro přítok z kanalizačního řadu pod ulicí U Seřadiště

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.9	
2	0.9	Výchozí stav pro výpočet Q_5 i Q_{20}
3	0.9	
7	0.9	Ustálený stav pro Q_5
3	0.9	
7	0.9	Ustálený stav pro Q_{20}
8	0.8	
11	0.8	Ustálený stav pro Q_{100}
12	0.8	
24	0.8	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 14 Hodnoty HOP pro přítok z kanalizačního řadu pod Havlířkovými sady

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	1.1	
2	1.1	Výchozí stav pro výpočet Q_5 i Q_{20}
3	1.1	
7	1.1	Ustálený stav pro Q_5
3	1.6	
7	1.6	Ustálený stav pro Q_{20}
8	2.5	
11	2.5	Ustálený stav pro Q_{100}
12	4.0	
24	4.0	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 15 Hodnoty DOP v profilu soutoku s Vltavou

Čas [hod]	Hladina [m n.m.]	Popis
0	188.00	
2	188.00	Výchozí stav pro výpočet Q_5 i Q_{20}
3	188.00	
7	188.00	Ustálený stav pro Q_5
3	188.00	
7	188.00	Ustálený stav pro Q_{20}
8	188.20	
11	188.20	Ustálený stav pro Q_{100}

12	188.30	
24	188.30	Ustálený stav pro Q_{500}

Model 2

Horní okrajové podmínky vycházely z hodnot N -letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} dle tabulek uvedených v kapitole 3.

Kromě horní okrajové podmínky pro výtok z VD Jiviny byly použity boční HOP pro přítok z obory Hvězda a přítok do Libockého rybníka. Pro HOP výtoku pod VD Jiviny byly převzaty hodnoty z tabulky 3, v ostatních případech to jsou rozdíly mezi hodnotami N -letých průtoků pro sousední profily. Použité hodnoty jsou uvedeny v Tab. č. 16 až 20. Doby pro ustálení byly kontrolovány jednak porovnáním úrovní hladin ve vybraných bodech modelu mezi sousedními časovými kroky, jednak kontrolou velikosti průtoku protékajícím v závěrečném profilu po použité době ustálení.

Tab. č. 16 Hodnoty HOP pro výtok pod bezpečnostními přelivy VD Hosrtivař

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	20	
2	20	
3	25	
6	25	Ustálený stav pro Q_5
7	39.6	
11	39.6	Ustálený stav pro Q_{20}
12	60.7	
17	60.7	Ustálený stav pro Q_{100}
18	86.0	
24	86.0	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 17 Hodnoty HOP pro přítok od Košíkovského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	1.0	
2	1.0	
3	1.0	
6	1.0	Ustálený stav pro Q_5
7	1.6	
11	1.6	Ustálený stav pro Q_{20}
12	2.4	
17	2.4	Ustálený stav pro Q_{100}
18	3.5	
24	3.5	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 18 Hodnoty HOP pro přítok od Měcholupského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	1.0	
2	1.0	
3	1.0	
6	1.0	Ustálený stav pro Q_5
7	1.6	
11	1.6	Ustálený stav pro Q_{20}
12	2.4	
17	2.4	Ustálený stav pro Q_{100}
18	2.5	

24	2.5	Ustálený stav pro Q_{500}
----	-----	-----------------------------

Tab. č. 19 Hodnoty HOP pro přítok od Chodoveckého potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.3	
2	0.3	
3	0.3	
6	0.3	Ustálený stav pro Q_5
7	0.5	
11	0.5	Ustálený stav pro Q_{20}
12	0.8	
17	0.8	Ustálený stav pro Q_{100}
18	1.7	
24	1.7	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 20 Hodnoty DOP v profilu nad vtokem do Zakrytí pod nákladovým nádražím

Čas [hod]	Hladina [m n.m.]	Popis
0	213.00	
3	213.00	
6	213.00	Ustálený stav pro Q_5
7	213.55	
11	213.55	Ustálený stav pro Q_{20}
12	215.00	
17	215.00	Ustálený stav pro Q_{100}
18	215.30	
24	215.30	Ustálený stav pro Q_{500}

Model 3

Horní okrajové podmínky vycházely z hodnot N -letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} dle tabulek uvedených v kapitole 3.

Kromě hlavní HOP pro profil nad soutokem s Černým potokem byly použity boční HOP pro levostranný bezejmenný přítok nad Křeslovicemi, pro Pilníkovský, Uhříněvský a Milíčovský potok. Pro HOP výtoku pod VD Jiviny byly převzaty hodnoty z tabulky 3, v ostatních případech to jsou rozdíly mezi hodnotami N -letých průtoků pro sousední profily. Použité hodnoty jsou uvedeny v Tab. č. 21 až 26. V případě DOP pro profil vd Džbán byla pro průtoky Q_5 a Q_{20} uvažována úroveň hladiny udržovaná v letním období, pro průtoky Q_{100} a Q_{500} byla po dohodě se správcem toku uvažována maximální možná provozní hladina. Doby pro ustálení byly kontrolovány jednak porovnáním úrovní hladin ve vybraných bodech modelu mezi sousedními časovými kroky, jednak kontrolou velikosti průtoku protékajícím v závěrečném profilu po použité době ustálení.

Tab. č. 21 Hodnoty hlavní HOP v profilu těsně nad Černým potokem

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	5	
1	16.8	
5	16.8	Ustálený stav pro Q_5
9	26.6	
10	26.6	Ustálený stav pro Q_{20}
11	40.7	
17	40.7	Ustálený stav pro Q_{100}

18	57.9	
22	57.9	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 22 Hodnoty HOP pro bezejmenný přítoknad Křeslicemi

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.2	
1	0.2	
5	0.2	Ustálený stav pro Q_5
9	0.4	
10	0.4	Ustálený stav pro Q_{20}
11	0.6	
17	0.6	Ustálený stav pro Q_{100}
18	0.9	
22	0.9	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 23 Hodnoty HOP pro přítok Pitkovického potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	2.0	
1	6.4	
5	6.4	Ustálený stav pro Q_5
9	10.2	
10	10.2	Ustálený stav pro Q_{20}
11	15.6	
17	15.6	Ustálený stav pro Q_{100}
18	22.0	
22	22.0	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 24 Hodnoty HOP pro přítok Uhřetvského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.2	
1	0.2	
5	0.2	Ustálený stav pro Q_5
9	0.2	
10	0.2	Ustálený stav pro Q_{20}
11	0.4	
17	0.4	Ustálený stav pro Q_{100}
18	0.5	
22	0.5	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 25 Hodnoty HOP pro přítok Miličovského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.5	
1	0.9	
5	0.9	Ustálený stav pro Q_5
9	1.5	
10	1.5	Ustálený stav pro Q_{20}
11	2.2	
17	2.2	Ustálený stav pro Q_{100}

18	2.9	
22	2.9	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 26 Hodnoty DOP pro profil hráze VD Hostivař

Čas [hod]	Hladina [m n.m.]	Popis
0	246.60	
1	246.60	
5	246.60	Ustálený stav pro Q_5
9	246.70	
10	246.70	Ustálený stav pro Q_{20}
11	249.30	
17	249.30	Ustálený stav pro Q_{100}
18	249.30	
22	249.30	Ustálený stav pro Q_{500}

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Požaduje se výsledek ustáleného proudění. U všech 3 modelů vycházel vždy pouze první výpočet ze suchého modelu. Další postupné výpočty pak vždy jako počáteční podmínku použily výstupy z přechozího výpočtu ve formě souboru Restart File.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Nejistota může být v podrobnosti a přesnosti geodetických dat. Udávaná přesnost DMR 5G je 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu [2]. Zaměřené příčné profily koryta byly doplněny o pomocné interpolované řezy tak, aby jejich průměrná vzájemná vzdálenost byla cca 50 m. Provedená schematizace koryta mezi příčnými řezy tak může mít vliv na zkreslení výsledků výpočtů.

Popis drsností vychází z terénního průzkumu a zohledňuje tzv. letní stav, kdy jsou koryto a inundační území výrazněji zarostlé.

Nejistotou může být rovněž aktuální stav koryta a inundačního území za povodně, množství transportovaných splavenin a tvoření zátaras z plovoucích předmětů. Ve výpočtu je uvažováno se stavem „čistého“ koryta, bez omezení průtočnosti. Kapacitu koryta dále ovlivňuje stav nánosů nebo naopak zahlubování koryta. Při větších povodních navíc dochází k porušení opevnění koryta, výmolům, břehovým nátržím, k porušení hrází nebo násypů a valů. Povodeň je rovněž značně ovlivněna aktuálním stavem inundačního území.

Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N -letých průtocích nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou tedy posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady – tedy současně platné se porovnávají s historickými i „nedávno minulými“. Rozptýl hodnot N -letých údajů bývá někdy značný. Je nutno zhodnotit i třídu přesnosti poskytovaných hydrologických údajů.

Kromě výše uvedeného je třeba vnímat zvýšenou nejistotu výsledků spojenou s absencí kalibračních dat z průběhu povodňových situací. Model byl kalibrován pro údaje z měrných křivek limnigrafických stanic, a to pro průtoky do Q_{100} . V některých případech, kdy bylo možné uvažovat vstupní charakteristiky v širším rozmezí, jsme volili raději hodnoty méně příznivé z hlediska dopadů povodňových událostí. Ve smyslu výše uvedeného mohou být výsledky mírně zkresleny na stranu bezpečnosti.

5.3 Popis kalibrace modelu

Všechny 3 modely byly podrobně kalibrovány na významnou povodeň z června 2013.

K tomuto účelu byla využita zpráva věnovaná vyhodnocení povodně [15]. Ta obsahuje pro celý úsek Botiče grafické znázornění rozsahu záplavového území v průběhu povodně, v řadě profilů je alespoň přibližně naznačeno, kam za povodně hladina dosahovala. Zpráva také uvádí hydrogramy povodňových vln pro profil LS Nusle a výtoku z VD Hostivař. Přesně jsou pak uvedeny úrovně hladiny v profilu lávky na ulici U Michelského mlýna, mostku na ulici Záběhlické, silničního mostu na ulici K Horkám, silničního mostu na ulici Euklidova, silničního mostu na ulici Novopetrovická a v profilu Fantův mlýn. Kulminační hladinu z profilu profil LS Nusle poskytla pobočka ČHMÚ Praha.

Při kalibraci modelu 3 použil autor údaje z vlastního vyhodnocení povodně 2013, které zpracoval pro pobočku ČHMÚ Praha.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Mezi výsledky výpočtů patřily především údaje o hloubkách vody, rychlostech proudění vody, úrovních hladin a rozlivech. Z programu HEC-RAS byly vygenerovány výstupy v příslušných N -letostech, při kterých došlo k ustálení povodňových průtoků. Jednalo se o polygony rozlivů ve formátu *.shp a rastrové vrstvy hloubek, svislicových rychlostí a úrovní hladin ve formátu *.tif. Grafickým výstupem jsou mapy povodňového nebezpečí, a to mapy rozlivů, hloubek a mapy svislicových rychlostí pro jednotlivé řešené kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Psané podélné profily pro profily v místě objektů jsou postupně uvedeny v tabulkách 27, 28 a 29.

Tab. č. 27 Psaný podélný profil průběhů hladin povodňových průtoků pro úsek ústí až ke vtoku do zakrytí

Km	Popis	H ₅	H ₂₀	H ₁₀₀	H ₅₀₀
0.722	Vtok do zakrytí	191.48	192.06	192.88	193.93
0.750	Silniční a tramvajový most	191.54	192.12	192.93	194.34
1.009	Lávka pro pěší	192.12	192.64	193.27	194.47
1.232	Pevný jez pod LS	192.78	193.28	193.83	194.73
1.257	Most pro pěší	192.85	193.35	194.02	195.19
1.422	Silniční most	193.19	193.70	194.36	195.73
1.537	Silniční most	193.43	193.94	194.65	195.85
1.566	Železniční most	193.50	194.01	194.72	195.89
1.722	Silniční most	193.93	194.42	195.11	196.47
2.022	Silniční most	194.65	195.13	195.80	197.18
2.288	Vtok do zakrytí	195.28	195.84	196.64	198.02
2.394	Lávka pro pěší	195.64	196.14	196.87	198.13
2.444	Stupeň ve dně	196.31	196.55	197.09	198.22
2.763	Silniční most	198.32	198.70	199.32	200.23
2.960	Silniční most	198.70	199.13	199.75	200.57
3.275	Silniční most	199.46	199.91	200.51	201.22
3.388	Lávka pro pěší	199.69	200.14	200.74	201.42
3.649	Silniční most	200.29	200.75	201.53	202.37
3.652	Stupeň ve dně	200.97	201.42	202.06	202.54
3.698	Železniční most	201.11	201.56	202.20	202.64
4.030	Lávka pro pěší	202.14	202.59	203.27	203.67
4.080	Stupeň ve dně	202.52	202.98	203.63	204.02
4.162	Silniční most	202.85	203.29	203.91	204.60
4.357	Silniční most	203.56	204.00	204.62	205.70
4.494	Lávka pro pěší	203.98	204.44	205.09	206.01
4.768	Lávka pro pěší	204.63	205.10	205.86	206.73
4.866	Silniční most	204.88	205.34	206.07	206.95
5.003	Cestní most	205.23	205.68	206.35	207.20
5.190	Cestní most	205.94	206.37	206.98	207.68
5.396	Provizorní most	206.70	207.12	207.67	208.24
5.572	Vtok do zakrytí	207.62	208.27	209.02	210.52
5.628	Zdrsněný skluz	207.86	208.43	209.37	210.55

Km	Popis	H ₅	H ₂₀	H ₁₀₀	H ₅₀₀
6.358	Vtok do zakrytí	211.99	212.75	214.17	214.50
6.420	Silniční a tramvajový most	212.05	212.80	214.20	214.52
6.874	Vtok do zakrytí	212.86	213.47	214.89	215.19
6.895	Lávka pro pěší	212.88	213.49	214.97	215.27

Tab. č. 28 Psaný podélný profil průběhů hladin povodňových průtoků pro úsek od zakrytí pod nákladovým nádražím po výtok z VD Džbán

Km	Popis	H ₅	H ₂₀	H ₁₀₀	H ₅₀₀
7.525	Cestní most	215.83	216.35	216.88	217.23
7.740	Lávka pro pěší	216.27	216.82	217.50	217.67
7.783	Lávka pro pěší	216.40	216.94	217.58	217.77
7.914	Místní mostek	217.00	217.52	218.29	218.58
8.328	Místní mostek	218.76	219.26	219.66	219.77
8.413	Místní mostek	219.05	219.60	220.14	220.19
8.505	Místní mostek	219.34	220.04	220.76	220.98
8.574	Silniční most	219.41	220.10	220.81	221.06
8.635	Záběhlický pevný jez	219.57	220.14	220.83	221.10
9.085	Lávka pro pěší	221.06	221.22	221.38	221.56
9.605	Cestní most	222.22	222.69	223.21	223.72
10.601	Pohyblivý jez Marcela	226.51	226.64	226.89	227.17
11.401	Lávka pro pěší	228.81	229.23	229.63	229.91
11.742	Silniční most	230.15	230.74	231.01	231.20
11.825	Lávka pro pěší	230.34	230.86	231.15	231.44
12.024	Jez	230.78	231.06	231.32	231.59
12.120	Vzdouvací práh	231.21	231.44	231.65	231.88
13.402	Stabilizační práh	235.91	236.34	236.77	237.14
13.477	Propustek	236.02	236.45	236.89	237.27

Tab. č. 29 Psaný podélný profil průběhů hladin povodňových průtoků pro úsek od vzdutí VD Džbán po VD Jiviny

Km	Popis	H ₅	H ₂₀	H ₁₀₀	H ₅₀₀
15.635	Přeliv VD Hostivař	246.60	246.70	249.30	249.30
15.922	Silniční most	247.83	248.12	249.42	249.51
16.333	Silniční most	249.24	249.69	250.32	250.71
16.556	Práh ve dně	250.66	250.98	251.40	251.80
17.094	Cestní most	253.43	253.80	254.23	254.65
18.138	Silniční most	259.88	260.06	260.27	260.50
20.273	Lávka pro pěší	269.30	269.71	270.07	270.35

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

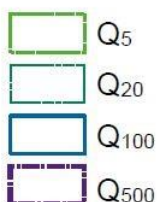
Charakteristiky povodně specifikuji povodňové nebezpečí, jako hloubka a rychlost proudu, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a rychlosti z výpočtů 2D modelů mají podobu rastru. Charakteristiky jsou podloženy RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 1 m.

6.2.1 Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Rozlivy jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. Byly vygenerovány z programu HEC-RAS do vektorového formátu *.shp a následně zpracovány s použitím nástrojů GIS a to na základě vyhodnocení rastrových dat o hloubkách vody (viz kap. 6.2.2).

Rozlivy jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na RZM v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [XVII] - viz Obr. č. 6.

Rozlivy



Obr. č. 7 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

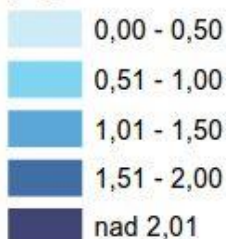
6.2.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Údaje o hloubkách vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů hloubek vody odpovídá požadavkům [XV], tj. 1 m × 1 m.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 7.

Hloubky

[m]

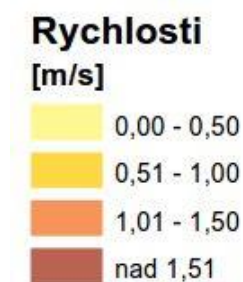


Obr. č. 8 Definice barev a intervalů hloubek

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

Údaje o svislicových rychlostech vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů rychlostí proudění vody odpovídá požadavkům [XV], tj. 1 m × 1 m.

Rozdělení intervalů svislicových rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 8.



Obr. č. 9 Definice barev a intervalů rychlostí

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty v podkladech i v samotném hydraulickém výpočtu byly komentovány v kapitole 5.2.5. Pro další praktické využití výsledků hydraulických výpočtů je vždy nezbytné zohlednit míru nejistoty, kterou jsou tato data nevyhnutelně zatížena. Dále je nutné posoudit aktuálnost výsledků především ve vztahu k případným změnám, ke kterým mohlo dojít od doby realizace výpočtů. Jedná se především o změny:

- hydrologických podkladů,
- morfologie koryta a inundačního území vč. realizace významných stavebních objektů (např. protipovodňové ochrany, vodohospodářských staveb na toku, liniových dopravních staveb, mostů apod.),
- charakteru povrchu koryta a inundačního území.

V této souvislosti se v budoucnu předpokládá průběžná aktualizace výsledků hydraulických výpočtů.