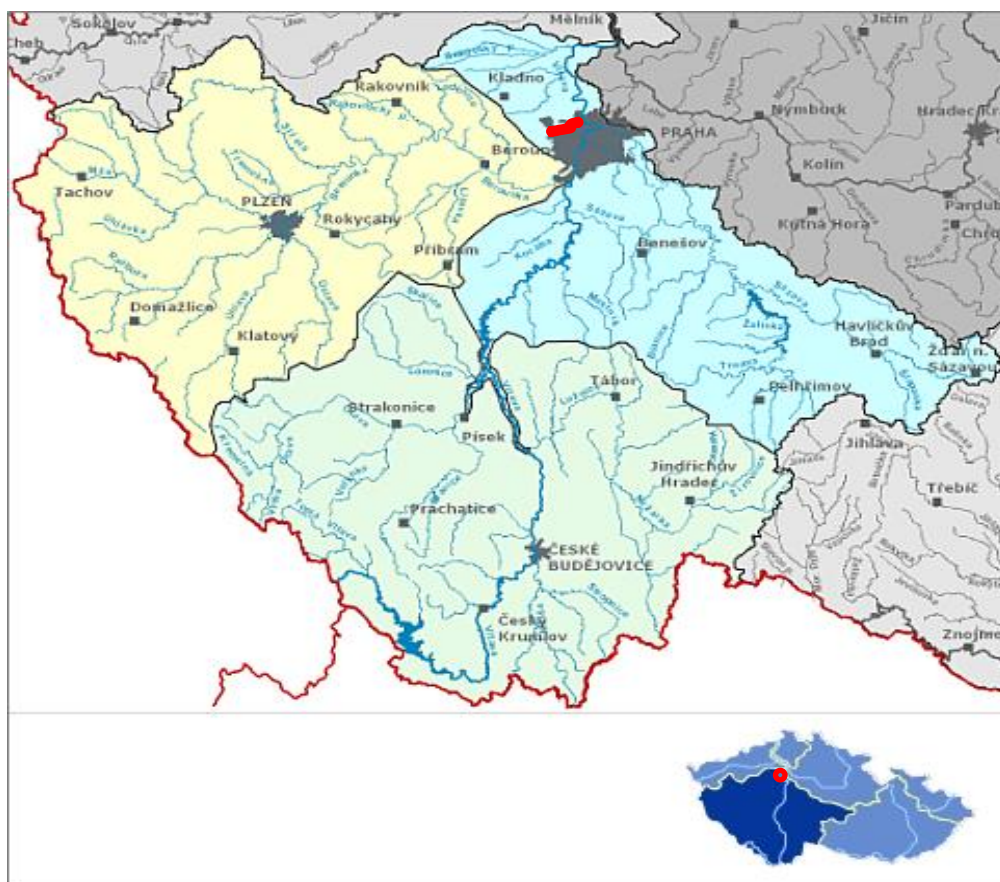




Zpracování analýzy povodí Litovicko-Šáreckého potoka

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Litovicko-Šárecký potok – 10100230 (DVL_04_01) - Ř. KM 0,000 – 19,996



listopad 2019

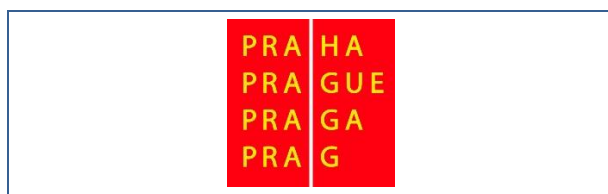
PRA
PRA
PRA
PRA
HA
GUE
GA
G

Zpracování analýzy povodí Litovicko-Šáreckého potoka

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Litovicko-Šárecký potok – 10100230 (DVL_04_01) - Ř. KM 0,000 – 19,996

Pořizovatel:



Hlavní město Praha
Mariánské nám. 2
Praha 1
110 01

Zhotovitel: Společnost MV projekt spol. s r.o



MV projekt spol. s r.o
V Zahrádkách 2838/43
Praha 3
130 00

Zhotovitel: Revital



Revital
Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc.
Srncí 9
158 00 Praha 5

Zpracovatel posudku:



ČVUT v Praze
Fakulta stavební
Thákurova 7
166 29 Praha 6

V Praze, listopad 2019

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)	12
3	Přehled podkladů	13
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	13
3.2	Související předpisy	13
3.3	Topologická data	14
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	14
3.3.2	Mapové podklady	14
3.3.3	Geodetické podklady	14
3.4	Hydrologická data	14
3.5	Místní šetření	15
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	16
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	16
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 zkratk a symbolů

Tabulka – Seznam zkratk 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
ČÚZK	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 **Litovicko-Šárecký potok – 10100230 (DVL_04_01) ř.km 0,000 - 19,996** 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_04_01	Litovicko-Šárecký p.	19,996	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 Litovicko-Šárecký potok ř.km 0,000 - 19,996 (Obr. č. 1).

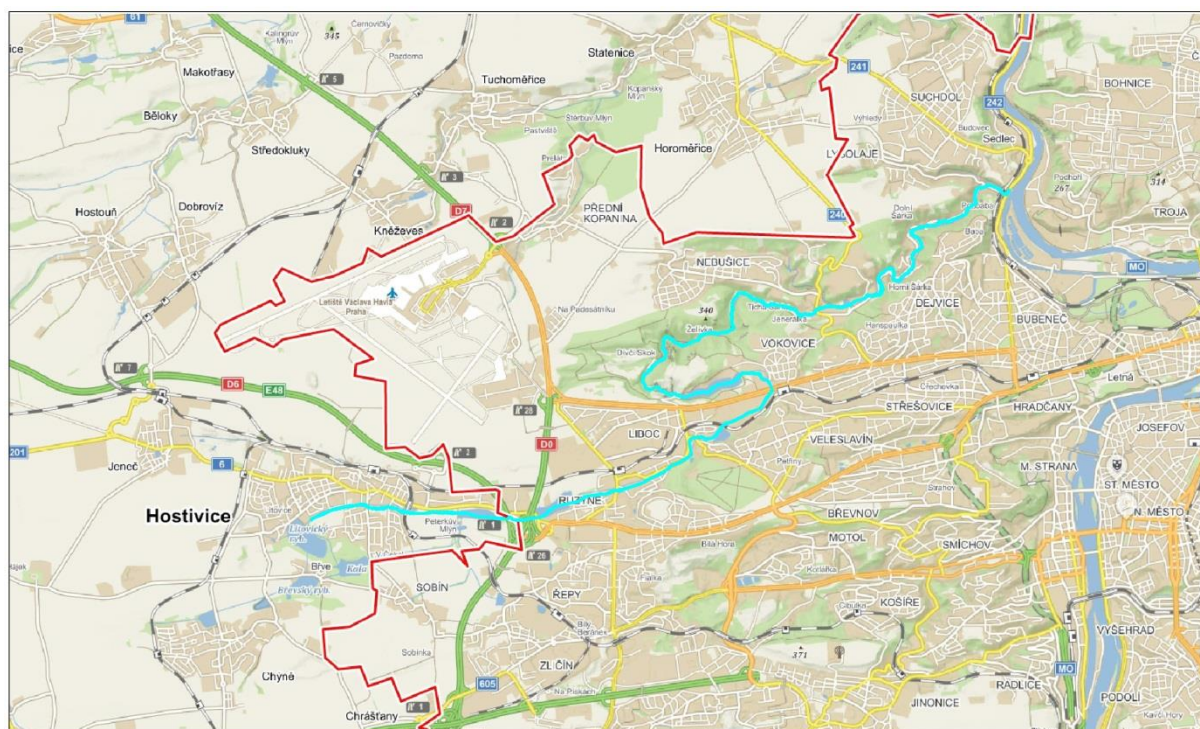
Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100230	DVL_04_01	Litovicko-Šárecký p.	0,000 -19,996	1-12-02-002 1-12-02-004 1-12-02-005 1-12-02-006

*) Komentář k používané kilometrácii toků

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

Na zájmových úsecích toků nejsou vybudována žádná významná vodní díla. Začátek zájmového úseku Litovicko-Šáreckého potoka řkm 0,0 se nachází cca na v toku do Vltavy v Praze Podbabě řk km 43,5



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

2.1 Všeobecné údaje

Litovicko-Šárecký potok

Litovický potok (nebo přesněji Litovicko-Šárecký potok) tvoří významný biokoridor na území Hostivice. Pramení v polích západně od obce Chýně v nadmořské výšce asi 380 m n. m. Teče východním směrem a zleva ústí do Vltavy v Praze-Podbabě. Tok je dlouhý 22 km a jeho povodí zaujímá plochu 63 km². Před zaústěním do Vltavy protéká potokem průměrně 144 l/s. Levostrannými přítoky Litovického potoka jsou Jenečský potok, Nebušický potok a potok Housle. Z pravé strany do něj ústí Zličinský potok.

Od svých pramenů teče Litovický potok východně a protéká okrajem obce Chýně, při horním okraji obce je na něm založen rybník Bašta. Dále potok napájí hostivickou rybníční soustavu tvořenou rybníky Břevským, Kalou a Litovickým, odkud je proveden napřímeným korytem přes Hostivici do nádrže Strnad.

Za nádrží Strnad se Litovický potok dostává na území hlavního města Prahy, plní retenční nádrž Jiviny a protéká Ruzyní (částečně v zakrytém korytě) do Liboce, kde se z Libockého rybníka odděluje voda pro pražský Hradní vodovod. Potok se dále nazývá Šárecký a pod rekreační nádrží Džbán vytváří nádherné údolí Divoké, Tiché a Dolní Šárky. V Praze-Podbabě ústí zleva do Vltavy v nadmořské výšce 176,5 m n. m.

Úsek ř.km 0,000 - 19,996 10100230 (DVL_04_01), Litovicko-Šárecký potok

Od Litovického rybníka teče potok napřímeným technicky upraveným korytem. Následuje revitalizovaný úsek v okolí Husova náměstí, kde přitéká levostranný přítok Jenečský potok. Revitalizace pokračuje k železničnímu náspu na kraji Hostivice, kolem ČOV až k retenční nádrži Strnad.

Nádrž Strnad byla dokončena kolem roku 1958 a zpočátku sloužila jako suchá nádrž k retenci velkých vod při průchodu povodní. Po roce 1969 byla nádrž Strnad upravena, trvale napuštěna a slouží dodnes především ke zlepšení kvality vody Litovického potoka nad rekreační nádrží Džbán. Pod nádrží Strnad Litovický potok opouští území Hostivice.

Voda z nádrže Strnad posléze natéká do retenční nádrže Jiviny, která byla postavena v letech 1980 – 1984 na Litovickém potoce v Praze 6 za účelem zachycení přívalových vod z dešťové kanalizace zaústěné do Litovického potoka nad profilem hráze.

Litovický potok následně protéká Ruzyní směrem k Liboci. Pod oborou Hvězda je do Litovického potoka vyústěna voda ze štol Světluška, která byla vybudována pro systém Hradního vodovodu. V současné době byly před zaústěním do Litovického potoka vybudovány rybníky Světluška a rybník Tereška. Libocký rybník je boční nádrž napájená vodou z Litovického potoka.

Dále protéká Litovický potok pod mostem ul. Evropská do Vokovického rybníka, který slouží k zachycení splavenin nad rekreační nádrží Džbán. Tvar nádrže je protáhlý ve směru východ-západ s největší šířkou zátopy v prostoru koupaliště. Hráz VD Džbán je zemní homogenní, sypaná ze sprašových hlín. Ve sruženém funkčním objektu je umístěn bezpečnostní přeliv a spodní výpusti. Voda od přelivu je odváděna odpadní štolou. Na pravém břehu nádrže je umístěno koupaliště Džbán další sportoviště a parky. Levý strmý břeh je zalesněn.

Pod nádrží Džbán Litovický resp. Šárecký potok vytéká do přírodního parku Šárka – Lysolaje (údolí Tiché a Divoké Šárky).

Šárecký potok v úseku nad Horoměřickou ulicí dále protéká údolím se strmými, bohatě dřevinami zarostlými svahy a s plochou, volnou inundací v šířce 100 až 120 metrů

V Jenerálce přitéká do Litovického potoka zleva potok Nebušický. V úseku Jenerálka-Podbaba není Litovický potok souvisle upraven. Cca od km 4,543 již šárecký potok protéká roztroušenou zástavbou, která směrem k ústí postupně přechází v soustředěnou kolem ulice V Podbabě. V Podbabě přibírá Litovický potok levostranný přítok od Lysolaje, tj. potok Housle. Pod Trojským ostrovem ústí Litovický potok do řeky Vltavy jako její levostranný přítok.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na Litovecko – Šáreckém potoce se v minulosti vyskytly jak zimní, tak i letní povodně.

Významné zimní povodně byly zaznamenány v letech 1940 a 1947. Při druhé z uvedených došlo v Hostivici dokonce k přelití karlovarské silnice.

Další povodně byly již letního typu, jedna byla zaznamenána v roce 1985, poslední známá povodeň je z roku 2013, kdy se kulminační průtok pohyboval kolem Q_{10} .

K žádným z povodní však nejsou k dispozici údaje, které by bylo možné využít ke kalibraci modelu.

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Generel Litovicko-Šáreckého potoka MV projekt 2007
- [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 rybník Strnad, km 0 – 17.5, Geoline, 2016 - 2019.
- [7] Zaměření revitalizovaného úseku km 17.5 – 19.9 v Hostivici, Viták, 2015
- [8] Zaměření úpravy břehů u Žežulky, km 1.6 – 1.7, Applet, 2016
- [9] Zaměření revitalizovaného úseku podél rybníka Tereška, km 13.6 – 16.35, Gedex 2018
- [10] Zaměření otevření zatrubnění v Ruzyni, km 14. – 14.55, Geomap, 2019
- [11] Zaměření části úseku v Hostivici, km 17.5 – 20.0, Kotík, 2019
- [12] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 11/2018.
- [13] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [14] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User's Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [15] Komplexní posouzení povodňové ochrany území Litovicko – Šáreckého potoka, CVUT v Praze, 06/2017
- [16] Místní šetření a fotodokumentace v průběhu září 2019. A.Havlík, Praha
- [17] Komplexní posouzení protipovodňové ochrany území Litovicko - Šáreckého potoka, MV Projekt, 2005.

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 řády 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 2013-2014 bylo zpracováno geodetické 3D zaměření Litovicko-Šáreckého potoka firmou Geoline s r. o. od ústí do Vltavy po rybník Strnad ř.km 0,000 – 1,750. Dále byly aktualizovány dílčí úseky realizovaných změn na potoce.

2015 řkm 17,5 – 19,9 Ing. Zdeněk Viták - revitalizace Hostivice.

2016 řkm 1.6 – 1.7 úprava břehů LŠ potoka u Žezulky Ing. Martin Appelt.

2018 řkm 13,6 – 13,65 Revitalizace LŠ potoka na třech lokalitách - Rybník Terežka firma Gedex

2019 řkm 14,4 – 14,55 Revitalizace LŠ potoka na třech lokalitách – otevření Ruzyně GEOMAP s.r.o

V roce 2019 byly Janem Kotíkem doměřeny chybějící úseky v Hostivicích řkm 17,5 – 20,0.

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

3.4 Hydrologická data

V Tab. č. 3 jsou uvedena aktuální hydrologická data, která zpracovala pobočka ČHMÚ v Praze v roce 2019.

Tab. č. 3 Aktuální N-leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$ [12] zpracované ČHMÚ v roce 2019

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
ústí do Vltavy	05. 09.	0.000	10.8	20.5	39.0	66.0	III.
nad přítokem Housle (Lysolajský potok)	05. 09.	0.431	9.6	19.7	37.5	63.5	III.
most u Žežulky	05. 09.	1.326	9.5	19.6	37.3	63.2	III.
most k usedlosti Emilka	05. 09.	2.046	9.5	19.5	37.1	62.8	III.
most v ul. pod Mlýnkem (Dejvice)	05. 09.	2.801	9.4	19.4	36.9	62.5	III.
pod přítokem K Dubovému mlýnu	05. 09.	4.702	9.4	19.2	36.6	62.0	III.
nad přítokem Nebušický potok	11. 09.	4.885	8.8	17.9	34.1	57.7	III.
pod přítokem Krůtecký potok	11. 09.	5.472	8.6	17.6	33.5	56.7	III.
most k usedlosti Vizerka	11. 09.	6.542	8.5	17.4	33.2	56.2	III.
pod přítokem Zlodějka	11. 09.	8.980	8.2	16.9	32.1	54.3	III.
Džbán hráz	11. 09.	10.171	7.9	16.2	30.8	52.2	III.
most ul. Evropská	11. 09.	11.809	7.9	16.1	30.6	51.9	III.
pod Libockým Rybníkem	11. 09.	12.828	7.8	16.0	30.4	51.5	III.
pod přítokem Světluška	17. 09.	13.721	7.6	15.6	29.7	50.3	III.
most ul. Statenická (Ruzyně)	17. 09.	15.599	7.5	15.2	29.0	49.1	III.
RN Jiviny hráz	17. 09.	15.655	7.2	14.8	28.1	47.6	III.
RN Strnad hráz	17. 09.	16.767	6.8	13.9	26.4	44.7	III.
nad Zličínským potokem	17. 09.	17.494	6.0	12.2	23.2	39.3	III.
pod Jenečským potokem	17. 09.	19.089	5.8	11.8	22.5	38.1	III.
pod Litovickým rybníkem	17. 09.	19.996	3.6	7.4	14.0	23.7	III.

3.5 Místní šetření

V rámci zpracování 2. plánovacího cyklu bylo provedeno místní šetření v březnu a pořízení fotodokumentace byla pořízena v rámci terénního průzkumu, který provedl A. Havlík v září 2019 [26]. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Toto šetření proběhlo v září roku 2019. Při terénním průzkumu byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření, dále byly ověřeny hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundačním území. V rámci terénní pochůzky nebyly zjištěny zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku oproti geodetickému zaměření a DMT použitých pro tvorbu modelu v podkladu.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

V roce 2005 byl Jiřím Zezulákem a Františkem Křovákem v rámci zpracování Generelu Litovicko - Šáreckého potoka vytvořen matematický model 1D Hec-Ras 3.1.3 LŠ potoka včetně jeho přítoků na podkladech zaměření celkem 398 profilů a 205 objektů (Eidlpež 2005) a aktuálních podkladech ČHMÚ. Dle vyhl. 236/2002 byly zpracovány záplavové čáry pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} .

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 toku staly.

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

Podkladem pro výpočet byl stávající numerický 1D+ model Litovecko Šáreckého potoka, který byl vytvořen v roce 2005 a výpočty provedené v rámci řešení studie Komplexní posouzení protipovodňové ochrany území Litovicko - Šáreckého potoka.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl použit dvourozměrný (2D) model Hec-Ras pro výpočet neustáleného proudění. Výsledky simulace popisují stav ustáleného proudění při požadovaných N -letých průtocích v celé zájmové oblasti. Model vymezených úseků byl sestaven firmou doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. – Revital v roce 2019.

Vzhledem k důležitosti toku a na dostupná zejména geodetická 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.

2D modelem bylo popsáno proudění vlastním korytem Litovecko-Šáreckého potoka od hráze Litoveckého rybníka potoka až po ústí do Vltavy. Do modelu byly kromě tohoto zahrnuty krátké úseky významnějších přítoků.

4.1 Schematizace řešeného problému

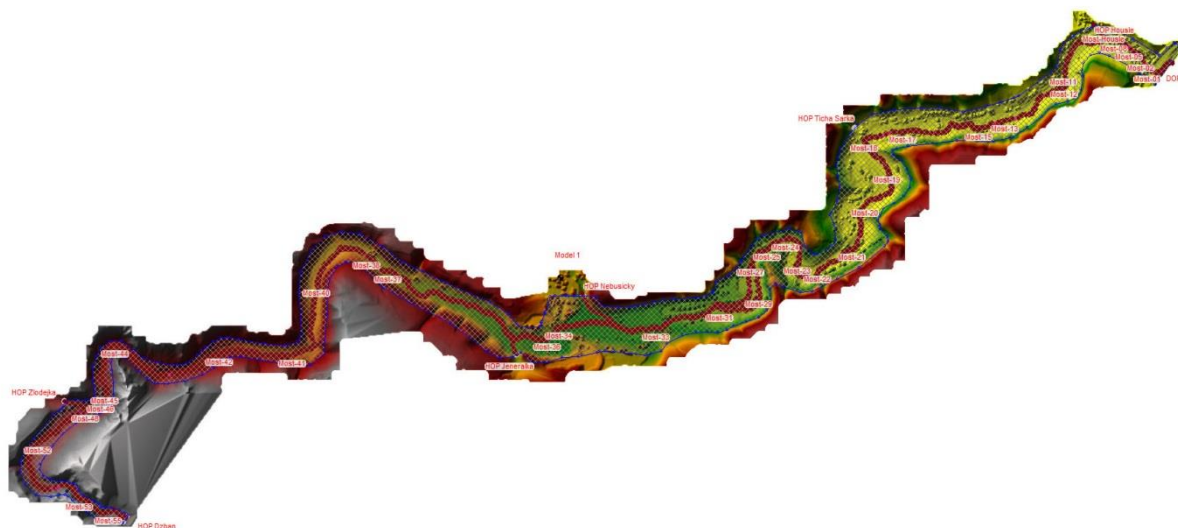
Vzhledem k rozsahu řešeného úseku Litovecko-Šáreckého potoka a existenci významných vodních děl Džbán a Jiviny, byly pro výpočet sestaveny 3 samostatné geometrické modely:

- Model 1 – výtok pod VD Džbán až ústí do Vltavy
- Model 2 – výtok pod VD Jiviny až vzdutí nádrže Džbán
- Model 3 – profil soutoku výtoku pod hrází Litovického rybníka s pravostranným přítokem až vzdutí VD Jiviny

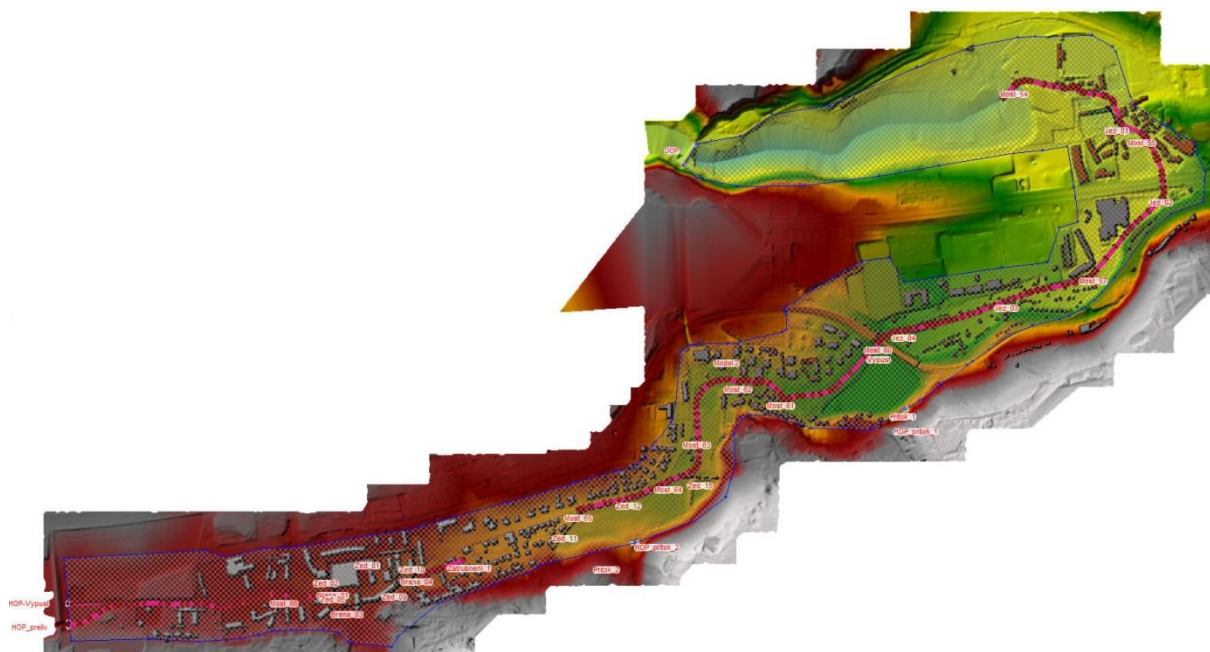
U všech 3 modelů byl použit obdobný metodický přístup. V rámci vytváření 2D modelu byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě. Pro detailnější návrh výpočetní sítě byly pro uvedené modely použity tyto přístupy:

- Model 1 – v pásu širokém 6.4 m podél osy koryta byla použita velikost buněk 0.4 m, v navazujících pásích šířky 3.2 m velikost buněk 0.8 m, která se postupně zvyšovala na velikost buněk 4 m pro zbývající část modelu, výpočetní síť byla tvořena 623 615 buňkami (obrázek 2)
- Model 2 – v pásu širokém 6.4 m podél osy koryta byla použita velikost buněk 0.4 m, v navazujících pásích šířky 3.2 m velikost buněk 0.8 m, která se postupně zvyšovala na velikost buněk 4 m pro zbývající část modelu, výpočetní síť byla tvořena 288 491 buňkami (obrázek 3).
- 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 4).

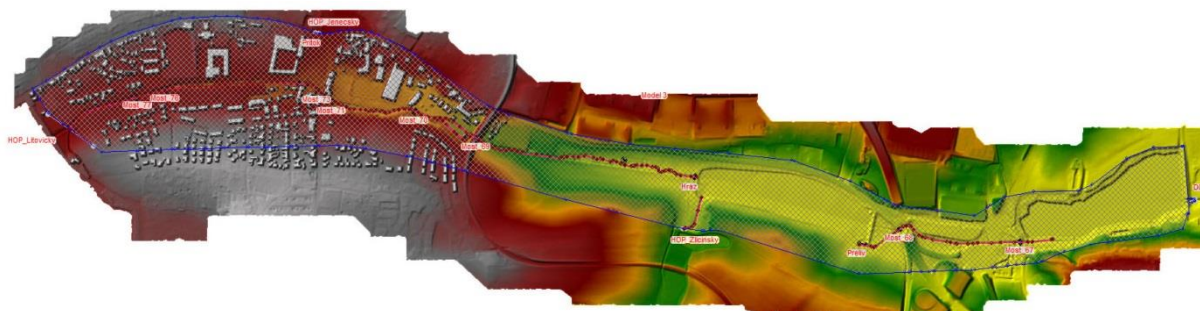
Doplňkově pak byla výpočetní síť ještě přizpůsobena povinnými hranami v profilech objektů, hrází a dalších liniových prvků apod. V případě mostních objektů byly břehové opěry podrobně vymodelovány v DMT. Velikost rastrové sítě DMT byla proto použita velmi malá a to hodnotou 33 cm. Detail výpočetní sítě pro oblast koryta je zobrazen na obrázku 5.



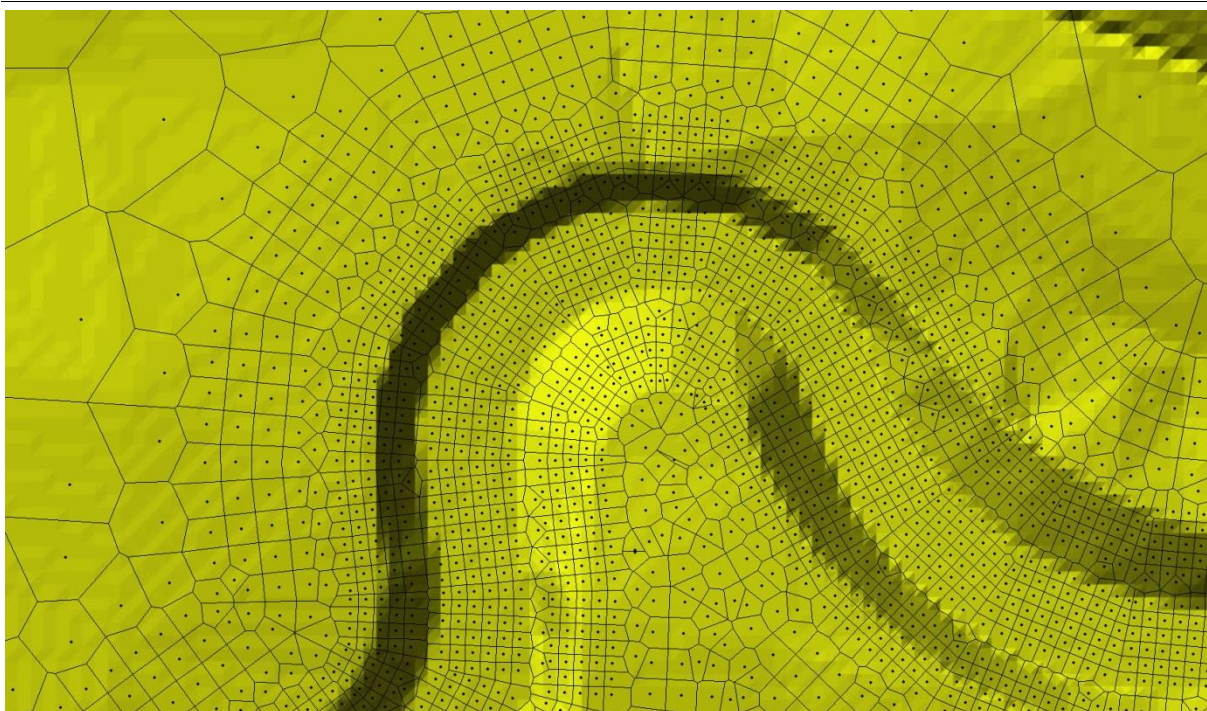
Obr. č. 2 Schéma výpočetní sítě Modelu 1 pro úsek od výtoku z VD Džbán po ústí do Vltavy



Obr. č. 3 Schéma výpočetní sítě Modelu 2 pro úsek od výtoku z VD Jiviny po vzdutí VD Džbán



Obr. č. 4 Schéma výpočetní sítě Modelu 3 pro úsek od hráze Litovického rybníka po vzdutí VD Jiviny



Obr. č. 5 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 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 Litovecko-Šárecký potok byla tato data zpracována ČHMÚ celkem pro 20 profilů dle tabulek uvedených v kapitole 3. V případě, že hodnoty průtoků vykazovaly mezi sousedními profilem zanedbatelné nárůsty, byly nárůsty průtoků v bočních HOP spojeny.

V případě Modelu 1, byla dolní okrajová podmínka umístěna do profilu soutoku s Vltavou. Po dohodě se správcem toku byla zvolena varianta, aby byl průběh hladin ve výústní trati jen minimálně ovlivněn hladinou z Vltavy. Kromě hlavní okrajové podmínky pod výtokem z VD Džbán byly HOP simulující nárůst průtoku vloženy do přítoků Zlodějka, Krutecký potok a Nebušický potok a Housle. Pro dlouhý úsek mezi Jenerálkou a Břetislavkou, kde se žádný významný přítok nevlévá, byl nárůst průtoku vložen do profilu ř.km 2.040.

U Modelu 2 byla HOP na výtoku z VD Jiviny rozdělena na část pod bezpečnostním přelivem a část pod výtokem ze spodní výpusti. Nárůsty průtoků byly simulovány bočními HOP v místech drobné bezejmenné vodoteče odvodňující oboru Hvězda a bočního přítoku do Libockého rybníka. DOP byla umístěna hráze VD Džbán, použité hodnoty byly převzaty z konzumční křivky bezpečnostního přelivu díla.

Poslední Model 3 měl HOP v profilu těsně pod soutokem výtoku s Litovického rybníka a jeho pravostranného přítoku. DOP byla umístěna do profilu hráze VD Jiviny, použité hodnoty byly převzaty z konzumpční křivky bezpečnostního přelivu díla.

Protože v případě složitějších modelů s více přítoky u softwaru HEC-RAS někdy selhává postup založený na využití tak zvaného hotstartfile z předchozího výpočtu, proto byly výpočty pro všechny 4 průtoky řešeny jedním výpočetním plánem. Výpočty byly vždy zahájeny na suchém modelu, na začátku simulace pro průtok Q_5 byl u všech horních okrajových podmínek uvažován významně nižší, který byl po dobu 1 hodiny plynule zvyšován až na hodnotu Q_5 , která byla po nezbytnou dobu pro ustálení modelu již neměnná. Doba trvání tohoto stavu vyplynula z podmínky, aby došlo k ustálení výpočtu, to znamená, aby i ve výtokovém profilu bylo dosaženo průtoku Q_5 . Následně byly během 1 hodiny průtoky zvýšeny na hodnoty Q_{20} , které zůstaly neměnné opět až do ustálení výpočtu. Obdobný postup pak platil i pro zbývající N -leté průtoky.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet proudění byl proveden pomocí programu HEC-RAS 5.0.6 (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 [14]. Pro řešení proudění byla zvolena metoda difuzní vlny (resp. její aproximace). Numerická schematizace se opírá o kombinaci metody konečných diferencí a konečných objemů.

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 převážně většině území výpočetní síť dávaly 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 Litovicko-Šáreckého potoka včetně 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 toku Litovicko-Šáreckého potoka a krátkých úseků jeho přítoků. 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} na 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 [16].

Při výpočtu bylo nutné vzhledem k malému rozměru některých výpočetních elementů nutno v souladu Courrantovým kritériem pracovat s malým časovým krokem 0.5 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 byly použity dva přístupy. V případě, že úroveň hladiny nedosahovala dolní hrany mostovky, byl mostní objekt zadán úpravou geometrie koryta v profilu mostu zahrnutím mostních pilířů. Mostovka v takovém případě uvažována nebyla. V případě, že úroveň hladiny byla výš než úroveň dolní hrany mostovky, bylo zvýšení hladiny vlivem tlakového proudění a případného přepadu přes mostovku řešeno pomocí objektu 1D a využitím rovnice přepadu tak, aby vzdutí odpovídalo kontrolnímu „ručnímu“ výpočtu 1D přístupem.

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	Km dle TPE (identifikátor objektu)
0.218	Zakrytí	0.209
0.236	Lávka	0.231
0.256	Cestní most	0.251
0.301	Cestní most	0.273
0.327	Lávka	0.29
0.347	Lávka	0.324
0.393	Lávka	0.372
0.411	Cestní most	0.406
0.462	Silniční most	0.446
0.790	Cestní most	0.773
0.838	Lávka	0.832
1.232	Cestní most	1.224
1.334	Cestní most	1.322
1.376	Cestní most	1.369
1.394	Cestní most	1.384
1.840	Cestní most	1.78
2.040	Cestní most	1.99
2.264	Cestní most	2.213
2.544	Cestní most	2.47
2.804	Cestní most	2.732
3.027	Lávka	2.954
3.253	Silniční most	3.172
3.421	Cestní most	3.347
3.536	Cestní most	3.458
3.576	Cestní most	3.498
3.664	Cestní most	3.583
3.680	Cestní most	
3.908	Cestní most	
4.332	Cestní most na starém korytě	
4.257	Cestní most	
4.352	Cestní most	4.022
4.633	Cestní most	4.307
5.185	Silniční most	4.876
5.217	Silniční most	4.926
5.276	Cestní most	
6.398	Cestní most	5.95
6.542	Cestní most	6.097

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)
6.576	Lávka	6.131
6.937	Cestní most	6.482
7.415	Cestní most	6.949
7.817	Cestní most	7.352
7.886	Cestní most	7.424
8.512	Cestní most	8.024
8.825	Cestní most	8.327
8.874	Lávka	8.375
8.879	Cestní most	8.379
8.980	Cestní most	8.478
8.995	Lávka	8.494
9.032	Lávka	8.531
9.056	Lávka	8.557
9.295	Cestní most	8.79
9.845	Cestní most	9.332
9.885	Cestní most	9.375
10.036	Cestní most	9.523

Tab. č. 5 Objekty vstupující do Modelu 2

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)
10.527	Bezpečnostní přeliv	
11.208	Cestní most	10.675
11.575	Jez	
11.656	Silniční most	11.130
11.825	Zakrytí	11.265
11.845	Jez	
12.157	Cestní most	11.628
12.406	Vodovod	11.878
12.420	Jez	11.888
12.744	Jez	
12.828	Železniční most	12.296
13.175	Cestní most	12.520
13.334	Silniční most	12.806
13.587	Cestní most	
13.767	Lávka	13.060
14.045	Cestní most	
14.425	Zakrytí	

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)
14.830	Zakrytí	
14.270	Silniční most	14.434

Tab. č. 6 Objekty vstupující do Modelu 3

Km	Popis objektu
15.635	Bezpečnostní přeliv
16.3	Silniční most
16.765	Cestní most
16.88	Bezpečnostní přeliv
17.545	Propustek
18.428	Železniční most
18.69	Silniční most
19.011	Lávka
19.06	Silniční most
19.083	Cestní most
19.127	Cestní most
19.17	Cestní most
19.352	Cestní most
19.652	Propustek

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 [16]. 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
koryto zarostlé	0,05
koryto neupravené	0,0475
koryto upravené	0,040
koryto revitalizované	0,035
cesta	0,025
silnice	0,015
louka	0,03
křoviny	0,08
pole	0,06
strniště	0,075
zástavba volná	0,05
zástavba s ploty a překážkami	0,15
zahrádky	0,15

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 výtok z VD Džbán byly použity boční HOP pro Zlodějku, Krutecký potok a Nebušický potok, přítok z mezipovodí Tiché Šárky a potok Housle. Pro HOP výtok pod VD Džbán 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. 11 až 16. Tabulka pro DOP má číslo 17. 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. 11 Hodnoty HOP pro výtok pod VD Džbán

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	3	
1	7.9	
7	7.9	Ustálený stav pro Q_5
8	16.2	
12	16.2	Ustálený stav pro Q_{20}
13	30.8	
16	30.8	Ustálený stav pro Q_{100}
17	52.2	
20	52.2	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 12 Hodnoty HOP pro potok Zlodějka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.3	
1	0.3	
7	0.3	Ustálený stav pro Q_5
8	0.7	
12	0.7	Ustálený stav pro Q_{20}
13	1.3	
16	1.3	Ustálený stav pro Q_{100}
17	2.1	
20	2.1	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 13 Hodnoty HOP pro potok Krutecký potok

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.3	
1	0.6	
7	0.6	Ustálený stav pro Q_5
8	1.0	
12	1.0	Ustálený stav pro Q_{20}
13	2.0	
16	2.0	Ustálený stav pro Q_{100}
17	3.4	
20	3.4	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 14 Hodnoty HOP pro potok Nebušický potok

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.3	
1	0.7	
7	0.7	Ustálený stav pro Q_5
8	1.6	
12	1.6	Ustálený stav pro Q_{20}
13	3.0	
16	3.0	Ustálený stav pro Q_{100}
17	5.1	
20	5.1	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 15 Hodnoty HOP pro přítok z mezípodolí Tiché Šárky

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.1	
1	0.1	
7	0.1	Ustálený stav pro Q_5
8	0.2	
12	0.2	Ustálený stav pro Q_{20}
13	0.4	
16	0.4	Ustálený stav pro Q_{100}
17	0.7	
20	0.7	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 16 Hodnoty HOP pro potok Housle

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.5	
1	1.2	
7	1.2	Ustálený stav pro Q_5
8	0.8	
12	0.8	Ustálený stav pro Q_{20}
13	1.5	
16	1.5	Ustálený stav pro Q_{100}
17	2.5	
20	2.5	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 17 Hodnoty DOP v profilu soutoku s Vltavou

Čas	Hladina [m n.m.]	Popis
0	177.3	
1	177.3	
7	177.3	Ustálený stav pro Q_5
8	177.8	
12	177.8	Ustálený stav pro Q_{20}
13	180.2	
16	180.2	Ustálený stav pro Q_{100}
17	181.2	
20	181.2	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. 18 až 21, pro DOP v tabulce 22. 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. 18 Hodnoty HOP pro výtok pod bezpečnostními přelivy VD Jiviny

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	4	
1	6.2	
7	6.2	Ustálený stav pro Q_5
8	13.3	
13	13.3	Ustálený stav pro Q_{20}
14	26.1	
19	26.1	Ustálený stav pro Q_{100}
20	45.1	
24	45.1	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 19 Hodnoty HOP pro výtok pod spodní výpustí VD Jlviny

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.5	
1	1.0	
7	1.0	Ustálený stav pro Q_5
8	1.5	
13	1.5	Ustálený stav pro Q_{20}
14	2.0	
19	2.0	Ustálený stav pro Q_{100}
20	2.5	
24	2.5	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 20 Hodnoty HOP pro přítok z obory Hvězda

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.4	
1	0.4	
7	0.4	Ustálený stav pro Q_5
8	0.8	
13	0.8	Ustálený stav pro Q_{20}
14	1.6	
19	1.6	Ustálený stav pro Q_{100}
20	2.7	
24	2.7	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 21 Hodnoty HOP pro přítok do Libockého rybníka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	0.3	
1	0.3	
7	0.3	Ustálený stav pro Q_5
8	0.5	
13	0.5	Ustálený stav pro Q_{20}
14	0.9	
19	0.9	Ustálený stav pro Q_{100}
20	1.6	
24	1.6	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 22 Hodnoty DOP v profilu hráze VD Džbán

Čas [hod]	Hladina [m n.m.]	Popis
0	300.00	
1	300.00	
7	300.00	Ustálený stav pro Q_5
8	300.40	
13	300.40	Ustálený stav pro Q_{20}
14	300.75	
19	300.75	Ustálený stav pro Q_{100}
20	301.25	
24	301.25	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 horní okrajové podmínky pro profil pod Litoveckým rybníkem Jiviny byly použity boční HOP pro přítoky z Jenečského a Zličinského potoka. 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 HOP jsou uvedeny v Tab. č. 23 až 25, pro DOP v Tab. č. 26. 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. 23 Hodnoty HOP pro profil pod Litovickým rybníkem

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	1.5	
1	3.6	
8	3.6	Ustálený stav pro Q_5
9	7.4	
14	7.4	Ustálený stav pro Q_{20}
15	14	
19	14	Ustálený stav pro Q_{100}
20	23.7	
24	23.7	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 24 Hodnoty HOP pro přítok Jenečského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	1	
1	2.2	
8	2.2	Ustálený stav pro Q_5
9	4.4	
14	4.4	Ustálený stav pro Q_{20}
15	8.5	
19	8.5	Ustálený stav pro Q_{100}
20	14.4	
24	14.4	Ustálený stav pro Q_{500}

Tab. č. 25 Hodnoty HOP pro přítok Zličinského potoka

Čas [hod]	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	Popis
0	1.0	
1	1.0	
8	1.0	Ustálený stav pro Q_5
9	2.1	
14	2.1	Ustálený stav pro Q_{20}
15	3.9	
19	3.9	Ustálený stav pro Q_{100}
20	6.6	
24	6.6	Ustálený stav pro Q_{500}

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

Čas	Hladina [m n.m.]	Popis
0	324.6	
1	324.6	
8	324.6	Ustálený stav pro Q_5
9	325.1	
14	325.1	Ustálený stav pro Q_{20}
15	325.7	
19	325.7	Ustálený stav pro Q_{100}
20	326.6	
24	326.6	Ustálený stav pro Q_{500}

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Požaduje se výsledek ustáleného proudění. Vzhledem k tomu, že u všech modelů byly ustálené průběhy hladin všech 4 řešených průtoků zpracovány jedním výpočtem s postupným nárůstem průtoků, bylo potřeba použít počáteční podmínku jen před výpočtem pro Q_5 . Model HEC-RAS v tomto případě vycházel ze suchého modelu.

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 [1]. 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“. Rozptyl 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

V případě Litovicko-Šáreckého potoka nebyly k dispozici žádné přesné údaje použitelné pro kalibraci. Model tedy nebyl klasickým způsobem kalibrován. V profilech významných mostních objektů a zakrytých úseků byl však proveden kontrolní výpočet objektů s využitím výsekového 1D modelu nebo dokonce klasickým ručním výpočtem na kalkulačce.

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 VD Džbán

Km	Popis	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
0.150	Zakrytí	179.47	180.22	181.49	181.98
0.218	Zakrytí	179.46	180.21	181.49	181.98
0.236	Lávka	179.60	180.27	181.49	181.99
0.256	Cestní most	180.25	180.62	181.54	182.02
0.301	Cestní most	180.99	181.39	181.81	182.27
0.327	Lávka	181.19	181.57	181.94	182.40
0.347	Lávka	181.50	181.86	182.14	182.57
0.393	Lávka	181.90	182.32	182.66	183.16
0.411	Cestní most	182.15	182.53	182.86	183.35
0.462	Silniční most	182.91	183.43	183.90	184.36
0.790	Cestní most	185.01	185.39	185.86	186.40
0.838	Lávka	185.49	185.95	186.39	186.96
1.232	Cestní most	189.05	189.21	189.37	189.63
1.334	Cestní most	189.85	190.09	190.34	190.69
1.376	Cestní most	189.99	190.24	190.51	190.84
1.394	Cestní most	190.11	190.35	190.63	190.94
1.840	Cestní most	193.53	193.94	194.28	194.74
2.040	Cestní most	195.36	195.71	196.15	196.75
2.264	Cestní most	198.48	198.63	198.77	198.97
2.544	Cestní most	201.59	201.72	201.95	202.44
2.804	Cestní most	203.74	203.97	204.24	204.71
3.027	Lávka	206.07	206.30	206.50	206.74
3.253	Silniční most	208.17	208.49	208.84	209.33
3.421	Cestní most	209.97	210.34	210.75	211.29
3.536	Cestní most	211.63	212.05	212.39	212.90
3.576	Cestní most	211.87	212.19	212.52	212.99
3.664	Cestní most	212.10	212.38	212.66	213.11
3.680	Cestní most	212.23	212.42	212.69	213.13
3.908	Cestní most	212.32	212.54	212.78	213.20
4.257	Cestní most	213.93	214.53	214.87	215.02
4.352	Cestní most	215.24	215.49	215.80	216.16
4.633	Cestní most	218.79	219.20	219.71	220.44
5.185	Silniční most	225.59	225.92	226.29	226.75
5.217	Silniční most	225.78	226.18	226.66	227.25
5.276	Cestní most	226.04	226.37	226.84	227.45
6.398	Cestní most	232.28	232.52	232.77	233.05

Km	Popis	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
6.542	Cestní most	233.13	233.35	233.63	233.96
6.576	Lávka	233.34	233.55	233.84	234.19
6.398	Cestní most	232.28	232.52	232.77	233.05
7.415	Cestní most	241.52	241.83	242.17	242.56
7.817	Cestní most	246.82	247.15	247.57	248.00
7.886	Cestní most	247.76	248.09	248.47	248.90
7.817	Cestní most	246.82	247.15	247.57	248.00
8.825	Cestní most	264.46	264.84	265.22	265.54
8.874	Lávka	265.34	265.68	266.08	266.52
8.879	Cestní most	265.49	265.86	266.31	266.79
8.980	Cestní most	268.11	268.44	268.83	269.17
8.995	Lávka	269.47	269.76	270.11	270.45
9.032	Lávka	270.34	270.72	270.98	271.17
9.056	Lávka	270.64	271.00	271.31	271.56
9.295	Cestní most	274.21	274.32	274.51	274.72
9.845	Cestní most	284.78	285.01	285.36	285.71
9.885	Cestní most	285.91	286.24	286.60	286.96
10.036	Cestní most	292.09	292.45	292.76	293.07

Tab. č. 28 Psaný podélný profil průběhů hladin povodňových průtoků pro úsek od vzdutí VD Džbán po VD Jiviny

Km	Popis	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
10.527	Bezpečnostní přeliv	300.00	300.40	300.75	301.25
11.208	Cestní most	300.36	300.73	301.11	301.51
11.575	Jez	301.90	302.39	302.78	303.06
11.656	Silniční most	302.12	302.62	303.22	303.43
11.825	Zakrytí	303.08	303.62	304.41	305.34
11.845	Jez	303.24	303.77	304.52	305.37
12.157	Cestní most	304.58	305.14	305.63	306.00
12.406	Vodovod	306.67	307.15	307.52	307.86
12.420	Jez	306.72	307.24	307.64	308.00
12.744	Jez	309.84	310.07	310.26	310.49
12.828	Železniční most	310.69	311.36	312.32	312.97
13.175	Cestní most	313.06	313.31	313.66	313.91
13.334	Silniční most	314.38	314.78	315.05	315.27
13.587	Cestní most	315.08	315.51	315.73	315.92
13.767	Lávka	315.51	315.82	316.01	316.21
14.045	Cestní most	316.57	316.94	317.23	317.42
14.425	Zakrytí	318.95	319.07	319.33	319.50
14.830	Zakrytí	321.17	322.08	322.36	322.62
14.970	Silniční most	321.25	322.10	322.39	322.65

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

Km	Popis	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
15.635	Bezpečnostní přeliv	324.60	325.10	325.70	326.60
16.300	Silniční most	326.79	327.22	327.62	327.93
16.765	Cestní most	328.03	328.61	329.26	330
16.880	Bezpečnostní přeliv	329.88	330.11	330.39	330.57
17.545	Propustek	330.84	330.96	331.07	331.15
18.428	Železniční most	336.97	337.68	338.63	339.7
18.690	Silniční most	338.3	338.69	338.98	339.75
19.011	Lávka	339.27	339.7	340.25	340.59
19.060	Silniční most	339.42	339.92	340.51	340.83
19.083	Cestní most	339.49	340.04	340.57	340.87
19.127	Cestní most	339.52	340.07	340.59	340.89
19.170	Cestní most	339.56	340.12	340.62	340.91
19.352	Cestní most	339.77	340.25	340.71	341.03
19.652	Propustek	340.29	340.61	341.01	341.4

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

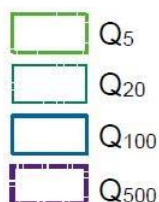
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a rychlost proudu, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a rychlosti z výpočtů 2D 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. 6 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.

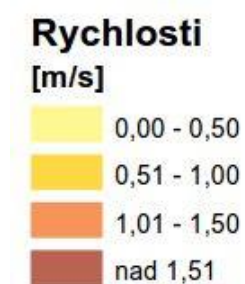


Obr. č. 7 Definice barev a intervalů hloubek

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. 8 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.