



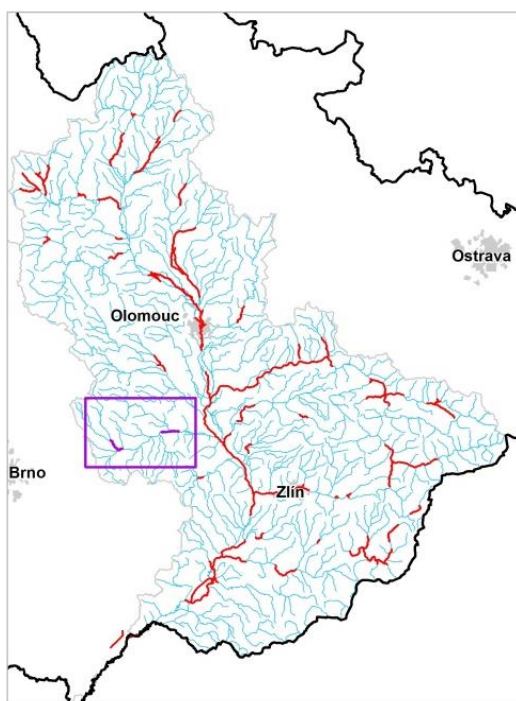
ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

HANÁ – 10100123_1 (MOV_14-01) - Ř. KM 11,612 – 16,476

HANÁ – 10100123_2 (MOV_14-02) - Ř. KM 30,450 – 35,278



ZÁŘÍ 2019





ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

HANÁ – 10100123_1 (MOV_14-01) - Ř. KM 11,612 – 16,476

HANÁ – 10100123_2 (MOV_14-02) - Ř. KM 30,450 – 35,278

Pořizovatel:



Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 932/11
602 00 Brno

Zhotovitel:



Revital
Srncí 9
158 00 Praha 5 - Jinonice

Zpracovatel posudku:



Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka, v.v.i.
Mojmírovo náměstí 16
612 00 Brno

Obsah:

1	Základní údaje	5
1.1	Seznam zkratk a symbolů	5
1.2	Cíle prací	5
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	6
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje	8
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	9
3	Přehled podkladů	11
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	11
3.2	Související předpisy	11
3.3	Topologická data	12
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) digitálního modelu terénu	12
3.3.2	Mapové podklady	12
3.3.3	Geodetické podklady	12
3.4	Hydrologická data	12
3.5	Místní šetření	13
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	13
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	15
4.1	Schematizace řešeného problému	15
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	17
4.3	Způsob zadávání OP a PP	18
5	Popis numerického modelu	19
5.1	Použité programové vybavení	19
5.2	Vstupní data numerického modelu	19
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	19
5.2.2	Drsnosti koryta a inundačních území	21
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	21
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	23
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	23
5.3	Popis kalibrace modelu	23
6	Výsledky	24
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	24
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	24
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	25
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	25
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	25

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	26
-----	---	----

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

V Tab. č. 1 je uveden seznam všech zkratek a symbolů používaných při zpracování hydrodynamických modelů a map povodňového nebezpečí.

Tab. č. 1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D	jednorozměrný
2D	dvourozměrný
3D	trojrozměrný
ČHMÚ	český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČSN	česká technická norma
ČÚZK	český úřad zeměměřičský a katastrální
DMR 5G	digitální model reliéfu páté generace
DMT	digitální model terénu
DOP	dolní okrajová podmínka
HOP	horní okrajová podmínka
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center – River Analysis System
LB	levý břeh/levobřežní
LG	limnigraf (vodočet)
MŽP	ministerstvo životního prostředí
OP	okrajová podmínka
PP	počáteční podmínka
PPO	protipovodňové opatření
PVPR	předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
RZM 10	rastrová základní mapa 1:10 000
SOP	studie odtokových poměrů
TPE	Technicko - provozní evidence
TNV	odvětvová technická norma
VD	vodní dílo
ZABAGED	Základní báze geografických dat České republiky
ZÚ	záplavová území

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí pro úsek na vodním toku **Haná – 10100123_1 (MOV_14-01) – ř. km 11,612 – 16,476 a Haná – 10100123_2 (MOV_14-02) – ř. km 30,450 – 35,278** 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).

Vymezené úseky Hané jsou nově vymezenými oblastmi s významným povodňovým rizikem pro zpracování 2. plánovacího cyklu.

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 zpracované na Povodí Moravy, s.p. [10].

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na toku Haná v km 11,612 – 16,476 a Haná v km 30,450 – 35,278* (Obr. č. 1).

Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100123_1	MOV_14-01	Haná	11,612 – 16,476	4-12-02-042 4-12-02-056
10100123_2	MOV_14-02	Haná	30,450 – 35,278	4-12-02-009 4-12-02-018

*) Komentář k používané kilometrži toku

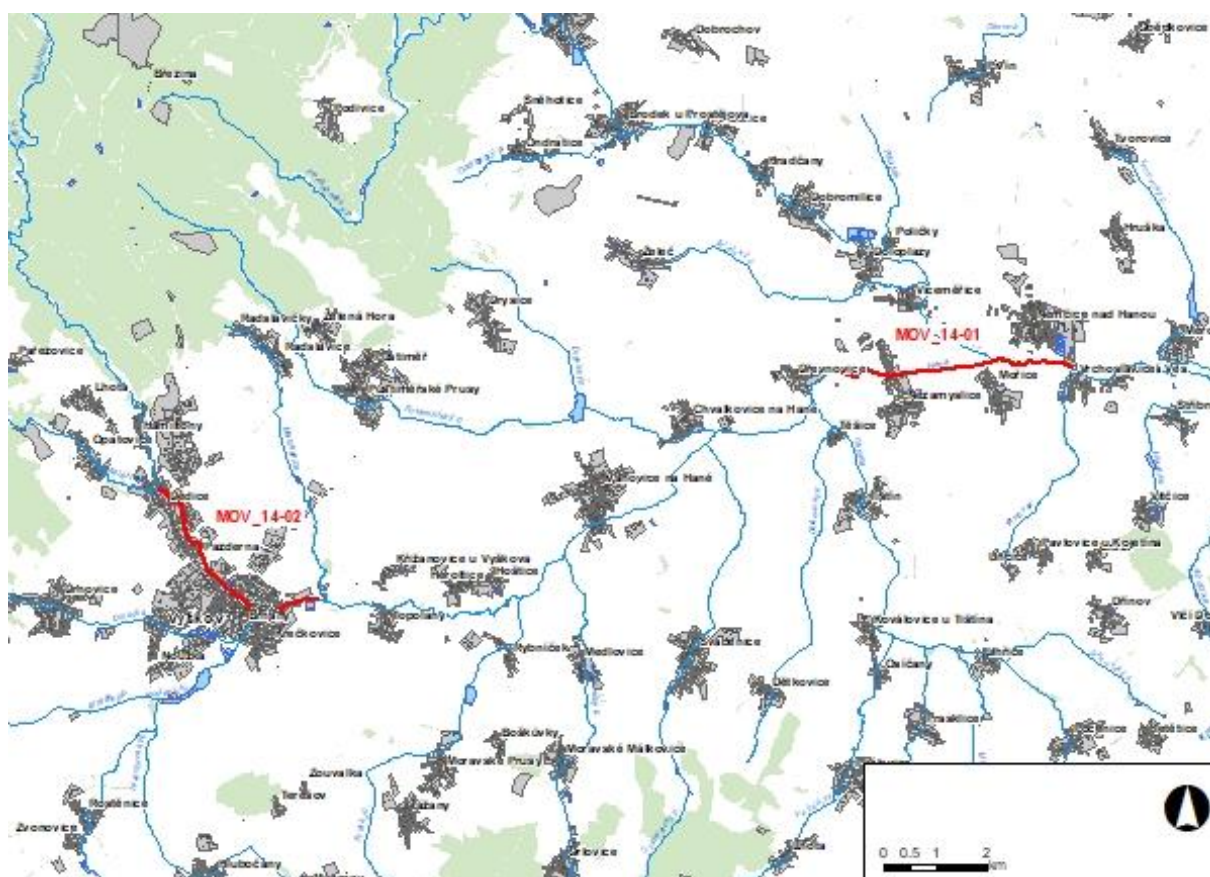
V celém projektu je používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. Kilometráž Hané používaná při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik, vychází z geodetického zaměření koryta, které provedlo Povodí Moravy, s.p. v roce 2008 [6].

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE) [9], tato slouží jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Stančení objektů dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

Významné vodohospodářské objekty – na řece Hané je vodní nádrž Opatovice, dále menší rybníky na přítocích Hané – Kačenec na Roštěnickém potoce, Pruský rybník na Pruském potoce, Ivanovický rybník na Pustiměřském potoce, Velký Morkovský rybník na Morkovském potoce a rybníky u Dolořplaz a Měrovic nad Hanou.

Významné přítoky v úseku MOV_14-01 – PB Pavlůvka v km 11,612, LB Žlebůvka v km 12,065, LB Brodeček v km 13,279 a LB Mořický potok v km 13,455.

Významné přítoky v úseku MOV_14-02 – PB přítok svodnice v km 31,305 a PB Roštěnický potok v km 31,837.



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

2.1 Všeobecné údaje

Oblast povodí Hané, Velké Hané a Malé Hané patří administrativně do Jihomoravského, Olomouckého a Zlínského kraje. Tok Malá Haná zasahuje do katastrálních území obcí Opatovice u Vyškova a Dědice u Vyškova. Tok Velká Haná zasahuje do katastrálního území obce Dědice u Vyškova. Tok Haná zasahuje do katastrálních území obcí Dědice u Vyškova, Vyškov, Topolany u Vyškova, Hoštice, Heroltice, Ivanovice na Hané, Chvalkovice na Hané, Těšice u Nezamyslic, Dřevnovice, Nezamyslice nad Hanou, Němčice nad Hanou, Mořice, Vrchoslavice, Měrovce nad Hanou, Křenovice u Kojetína, Kojetín, Bezměrov, Hradisko.

Malá Haná pramení u obce Kulířov a Krásensko, přibírá přítoky od Podomí, Ruprechtova, Ježkovic a Pařezovic. V km 4,068 tok přetíná hráz VD Opatovice. Vodní dílo s celkovým objemem 10,062 mil.m³ se rozprostírá na ploše 70,51 ha. Pod obcí Opatovice zaústí do Velké Hané v km 35,278.

Malá Haná je dlouhá od ústí do Velké Hané k prameni cca 18 km. Plocha povodí činí 49,68 km². Ve správě Povodí Moravy s.p. je od roku 1988 celý tok Malé Hané.

Velká Haná pramení v lesích Dražanské vysočiny, vytéká z rybníka v Dražanech. Sbírá své vody od obcí Nových Sadů, Studnic, Rychtářova, Lhoty a Hamilton. Velká Haná je ve správě Povodí Moravy s.p. od soutoku s Malou Hanou až po km 42,800 (km dle TPE), dále je ve správě Vojenského újezdu Praha. Pod soutokem s Malou Hanou v Dědicích v km 35,278 teče Haná jihovýchodním směrem k Vyškovu, odtud se stáčí k východu. Přibírá větší přítoky, Roštěnický potok, Marchanice, Topolanský potok, Lukovský potok, Pruský potok, Medlovický potok, Rumza, Švábenický potok, Pustiměřský potok, Tištinka, Mořický potok, Žlebůvka, Pavlůvka, Hlavnice, Tvarovický potok, Vlčidolka a další menší přítoky. Haná má vějířovité povodí pod vtokem Malé Hané a Roštěnického potoka. Při ústí má Haná povodí protáhlé. Haná je pravobřežním přítokem toku Moravy, do které vtéká v km 184,215 (dle TPE 197,290).

Velká Haná – Haná je dlouhá od pramene k ústí cca 54,3 km. Pramení v nadmořské výšce cca 640 m. Plocha povodí činí 595,33 km².

Úsek 10100123_1 (MOV_14-01), Haná

V řešeném úseku protéká Haná katastrálním územím Dřevnovice, Nezamyslice nad Hanou, Němčice nad Hanou, Mořice a Vrchoslavice. Začátek řešeného úseku je u bývalého železničního mostu (nyní most na cyklostezce) nad obcí Nezamyslice. Celý úsek protéká extravilánem a jen okrajově se přibližuje k dotčeným obcím. Koryto má tvar jednoduchého lichoběžníku bez ohrázení a opevnění. V řešeném úseku jsou tři mosty. Úsek Hané v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p..

Úsek 10100123_2 (MOV_14-02), Haná

V řešeném úseku protéká Haná katastrálním územím Dědice u Vyškova a Vyškov. Začátek řešeného úseku je vymezen soutokem Malé a Velké Hané v km 35,278 v obci Dědice a konec úseku je pod Vyškovem u dálničního mostu v km 30,450. Celý úsek je v intravilánu dotčených obcí v bezprostřední blízkosti zastavby. V obci Dědice od soutoku má koryto tvar jednoduchého lichoběžníku, opevněno kamennou patou se svahy zarostlými. Cca 70m nad a pod silničním mostem v km 34,438 jsou břehy tvořeny opěrnou zdí z lomového kamene a v korytě jsou značné nánosy. V řešeném úseku je dvanáct mostů a tři lávky. Úsek Hané v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p..



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Moravy a přítoků Váhu dle [11]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Dne 22.3. 1931 po 16h se přihnala od Brna obrovská bouře doprovázená krupobitím a průtrží mračen. Všechny toky Dražanské vrchoviny, které sotva stačily vstřebat rychlé tání starého sněhu, nemohly tolik vody pojmout. Voda stékající po úbočích tak přeplnila koryta vodních toků a vystoupila z jejich břehů. Kolem 21h zpozorovali nával vody v Opatovicích, kde Haná protékala z velké části zahradami a zemědělskými dvory. Zanedlouho živel zaplavoval níže položená obydlí v Dědicích. Přívaly vody od Dědic poté vtrhly do Vyškova, kde za sebou zanechaly učiněnou spoušť. Kolem půlnoci dostoupila voda vrcholu – vystoupala 4,5 a místy až 5,5 metrů nad normální stav.

Velká povodeň postihla město Vyškov i 30.8. 1814, kdy 8 dní bez ustání trval silný liják. Velká voda tehdy vzala 8 domů a 80 poničila.

Z novodobějších událostí jsou zaznamenány vysoké povodňové stavy dne 22.6.1987 (vodní stav 186 cm), a 31.3. 2006 (vodní stav 147 cm) na limnigrafické stanici ve Vyškově [19].



Obr. č. 3 Povodeň v r. 1931 ve Vyškově na Hané

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Digitální model reliéfu zájmové oblasti. DMR 5G. ČÚZK, Praha, 2018.
- [2] Rastrová základní mapa 1:10 000 (RZM 10. ČÚZK, mapové listy č.: 11460550, 11460552, 11460554, 11460556, 11480550, 11480552, 11480554, 11480556, 11500550, 11500552, 11500554, 11500556, 11500564, 11500566, 11500568, 11500570, 11500572, 11520550, 11520552, 11520554, 11520556, 11520564, 11520566, 11520568, 11520570, 11520572, 11540564, 11540566, 11540568, 11540670, 11540670, 11560564, 11560566, 11560568, 11560570, 11560572. Praha, 2017.
- [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 Hané, Velké Hané, Malé Hané, Povodí Moravy, s.p., útvar geodézie, 2008.
- [7] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 12/2018.
- [8] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu dubna 2019. A. Havlík, Praha.
- [9] Technicko provozní evidence toků – TPE Hané, Velké Hané, Malé Hané - Povodí Moravy, s.p., Brno,
- [10] Záplavové území Hané km 0,000 – 35,278, Velké Hané km 35,278 – 37,921 a Malé Hané km 0,000 – 4,068, Povodí Moravy, s.p., 2009.
- [11] Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu, AQUATIS a.s., 2016.
- [12] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [13] www.pmo.cz, Stavy a průtoky na vodních tocích, březen 2019.
- [14] Numerický 1D+ model Hané, Malé Hané a Velké Hané v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2009.
- [15] MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual DHI, 2009.
- [16] Studie protipovodňových opatření na území Jihomoravského kraje, Pöyry Environment a.s., Brno, 05/2007
- [17] Studie ochrany před povodněmi na území Olomouckého kraje, Pöyry Environment a.s., Bno, 2007.
- [18] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User's Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [19] Evidenční list hlásného profilu č. 336, tok Haná, lim. stanice Vyškov, Aktualizace březen 2019.
- [20] Evidenční list hlásného profilu, tok Haná, stanice Vrchoslavice, Aktualizace březen 2019.
- [21] <https://vyskovsky.denik.cz/publicistika/kdyz-se-reka-hana-hnevala>

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 18. 8. 2019.
- [XVIII] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 07/2019.
- [XIX] Zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik – pilotní projekt v soutokových oblastech, DHI a.s., 07/2011.
- [XX] Standardizovaná struktura uložení dat, CDS2, 09/2019.

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) digitálního modelu terénu

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programu ATLAS, V.4. Model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s dostatečným přesahem. Výsledný DMT je zpracován z DMR 5G [1], který je doplněn o geodetické zaměření koryta [6]. DMT má tyto vlastnosti: formát ESRI GRID, velikost pixelu 0,4 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

Zaměření zájmového území Hané, Velké Hané a Malé Hané provedlo Povodí Moravy, s.p., útvar 207 – geodézie v roce 2008 [6]. Zaměření bylo pořízeno pro zpracování záplavového území Hané, Velké Hané a Malé Hané v roce 2009 [10]. Příčné profily jsou po cca 50 – 100 metrech a v místech změny příčného profilu koryta, nebo v místech technických objektů na toku (mosty, jezy...).

Polohopisný systém obou zaměření je S-JTSK, výškový systém Balt po vyrovnání. Výkresová dokumentace je k dispozici u zhotovitele.

3.4 Hydrologická data

V Tab. č. 4 jsou uvedena hydrologická data. Data byla ověřena u ČHMÚ koncem roku 2018 [7]. Pro profil nad Brodečkou byla pořízena nová data. Hodnoty pro Q_{500} byly pořízeny nově pro všechny profily. Významné rozdíly

mezi novými a starými daty byly zaznamenány na profilu pod Brodečkou, kde došlo ke snížení zejména nižších průtoků, a to Q_5 o 28% a Q_{20} o 19%.

Tab. č. 3 Aktuální N -leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$ [7]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Haná pod Brodečkou	11. 12. 2018	13,100	28,3	44,7	75	121	III.
Haná nad Brodečkou	11. 12. 2018	13,300	22,5	36,9	66	114	III.
Haná Vyškov vodočet	11. 12. 2018	32,812	16,5	26	40	56,5	I.
Haná pod Malou Hanou	11. 12. 2018	35,270	15,7	25,2	38,5	54,6	II.

Tab. č. 4 Starší hodnoty N -letých průtoků (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Haná pod Brodečkou	2007	13,100	39,1	55,1	75		
Haná Vyškov vodočet	2007	32,812	16,5	26	40		
Haná pod Malou Hanou	2007	35,270	15,6	24,7	38		

3.5 Místní šetření

Fotodokumentace byla pořízena v rámci terénního průzkumu, který provedl A. Havlík v dubnu 2019 [8]. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Při terénním průzkumu byla prověřována aktuálnost geodetického zaměření, ověřovány hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundaci a zjišťován rozsah historických povodní u místních obyvatel. 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 u žádného z posuzovaných úseků. Rozsah historických povodní uvedených v kap. 2.2 nebylo možno konfrontovat s aktuální situací z důvodů nedostupnosti relevantních podkladů.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerický jednorozměrný síťový (1D+) model Malé Hané, Velké Hané a Hané v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2009 [14]. Model sloužil pro zpracování Studie záplavového území toku Hané, Velké Hané a Malé Hané [10]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [6], DMT a hydrologická data. V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl proveden pro neustálené nerovnoměrné proudění.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT vytvořený z DMR 5G [1] a ze zaměření koryta toku [6] 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 [6] pokrývá celé zájmové území řešeného úseku toku. Příčné profily korytem jsou vedeny kolmo na směr proudění, s hustotou dle charakteru koryta. Zaměřeny jsou veškeré objekty na toku – stupně, jezy, mosty, lávky. V inundaci jsou dále zaměřeny liniové stavby podélné i příčné. Geodetické práce zpracovali geodeti státního podniku Povodí Moravy, s.p..

Hydrologická data použitá ve stávajícím výpočtu byla ověřena u ČHMÚ [8].

Terénní průzkum byl proveden v dubnu 2019 A. Havlíkem [8]. Byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření. Ostatní podklady (kalibrační data, TPE, studie a koncepční dokumenty) byly shromážděny a využity při hydraulických výpočtech.

Podkladem pro vyhodnocení byl stávající numerický 1D+ model Malé Hané, Velké Hané a Hané [14] zahrnující zájmový úsek v programu MIKE 11, který byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2009.

Kalibrace modelu byla provedena pro profil limnigrafické stanice ČHMÚ ve Vyškově. Měrná křivka stanice udává pro průtok Q_5 kótu hladiny 243,11 m n.m. a pro průtok Q_{20} 243,50 m n.m. Simulací na 2D modelu byly pro dané průtoky dosaženy hladiny na úrovni 243,16, respektive 243,57 m n.m.

4 Popis koncepčního modelu

Výpočty pro řeku Hanou byly rozděleny na 2 nenavazující úseky:

Modelované dílčí úseky:

- **Haná ve Vyškově (MOV_14-02), ř.km 30,45 až 35,278;**
- **Haná v úseku Vrchoslavice – Nezamyslice (MOV_14_01); ř.km 11,612 až 16,476**

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 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 Hané, částí jejich přítoků, související inundační území a veškeré objekty na toku. Do modelu nejsou zahrnuty malé přítoky z povodí z hlediska jejich bezvýznamnosti.

4.1 Schematizace řešeného problému

Haná ve Vyškově (MOV_14-02)

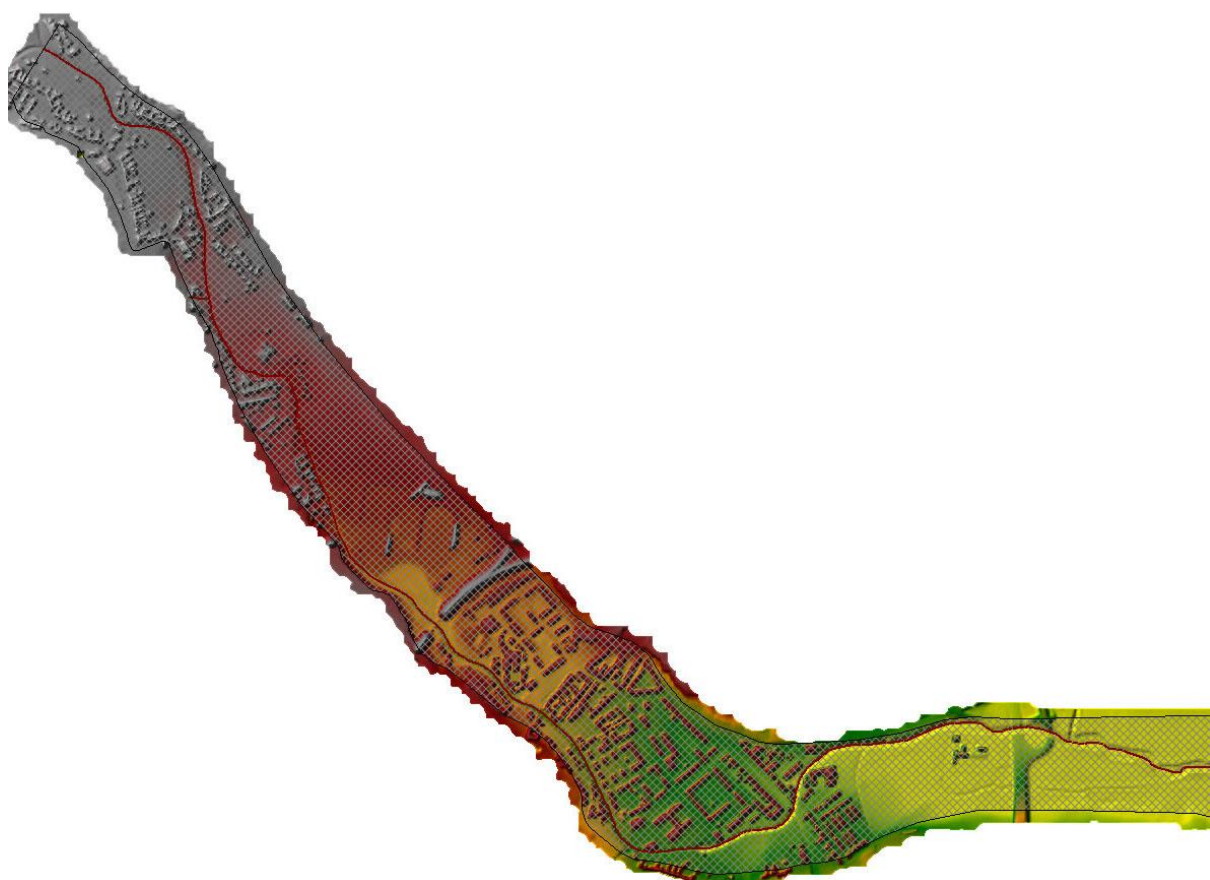
V rámci vytváření 2D modelu pro úsek Hané ve Vyškově (MOV_14-02) byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě (Obr. č. 4). Výpočetní síť byla sestavena na základě následující koncepce: v pásu širokém 20 metrů podél osy koryta Hané byla vytvořena výpočetní síť čtyřúhelníkových prvků o velikosti 1,0 m x 1,0 m s hranami, které byly více méně paralelní s osou, na zbývající ploše potom převážně s velikostí prvku 4,0 m x 4,0 m, doplňkově pak byla výpočetní síť ještě přizpůsobena povinnými hranami v místě objektů, hrází a dalším liniovým prvkům apod. V případě mostních objektů byly břehové opěry podrobně vymodelovány v DMT, velikost rastrové sítě DMT byla následně použita velmi malá hodnotou 40 cm.

Celá výpočetní síť měla 199121 buněk.

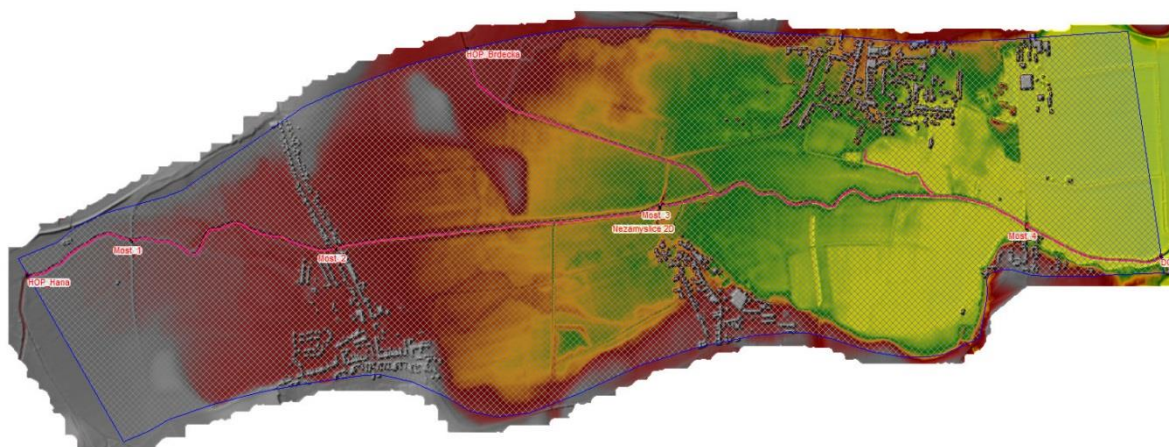
Haná v úseku Vrchoslavice – Nezamyslice (MOV_14_01)

V rámci vytváření 2D modelu pro úsek Hané ve Vyškově (MOV_14-02) byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě (Obr. č. 5). Výpočetní síť byla sestavena obdobně jako v případě modelu Vyškova. V pásu širokém 20 metrů podél osy koryta Hané byla vytvořena výpočetní síť čtyřúhelníkových prvků o velikosti 1,0 m x 1,0 m s hranami, které byly více méně paralelní s osou, na zbývající ploše potom převážně s velikostí prvku 4,0 m x 4,0 m, doplňkově pak byla výpočetní síť ještě přizpůsobena povinnými hranami v místě objektů, hrází a dalším liniovým prvkům apod. V případě mostních objektů byly břehové opěry podrobně vymodelovány v DMT, velikost rastrové sítě DMT byla následně použita velmi malá hodnotou 40 cm.

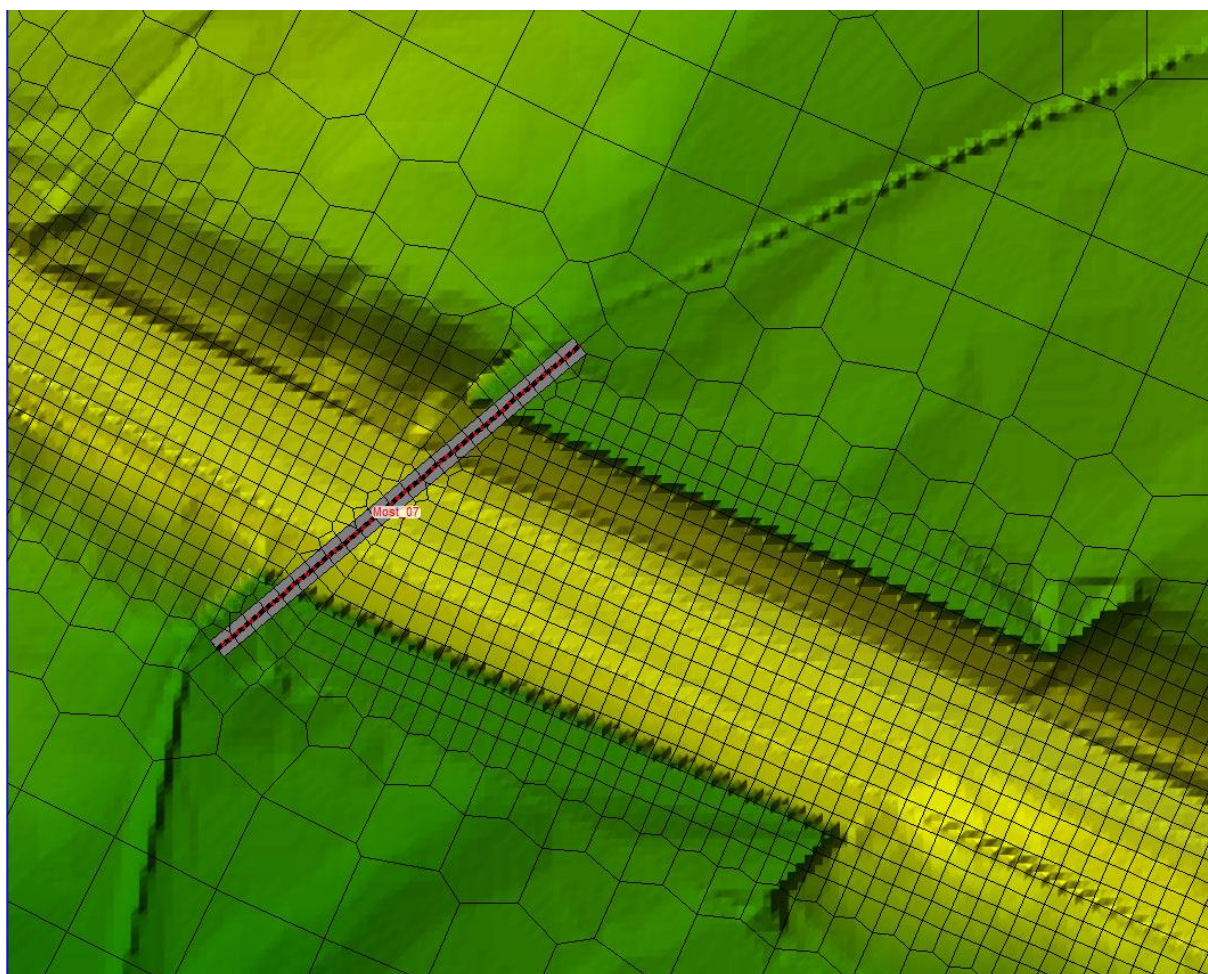
Celá výpočetní síť měla 740 774 buněk.



Obr. č. 4 Schéma výpočetní sítě modelu pro úsek Hané ve Vyškově MOV_14-02



Obr. č. 5 Schéma výpočetní sítě modelu pro úsek Hané mezi Nezamyslicemi a Vrchoslavicemi MOV_14-01



Obr. č. 6 Detail výpočetní sítě modelu Hané ve Vyškově s proměnlivou velikostí výpočetních elementů podél koryta a detailním vymodelováním břehových opěr mostního objektu v DMT

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 -letosti (s kulminacími průtoky Q_{100} a Q_{500}). Důvodem zmíněného nadhodnocení je skutečnost, že reálné povodně se vyznačují neustáleným prouděním, tedy mají nižší objemovou složku (kulminací 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} ve vodním toku Haná, dodaných ČHMÚ [8]. Nárůst průtoků v podélném profilu byl řešen vložím další horní okrajové podmínky do některého z přítoků s hodnotami danými rozdílem N -letých průtoků v Hané nad a pod přítokem. V případě modelu Vyškova se jednalo o bezejmenný přítok, v případě modelu Nezamyslic to byla Brdečka.

Dolní okrajové podmínky (DOP) byly u obou modelů úrovně hladiny na dolním okraji modelu ve vzdálenosti více než 500 m pod řešenou oblastí. Číselně byly použité hodnoty dolních okrajové podmínky převzaty ze starších výpočtů průběhů hladin zpracovaných pomocí 1D výpočtu [10].

Výpočty byly vždy zahájeny na suchém modelu, na začátku simulace pro průtok Q_5 byl uvažován minimální průtok $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, který byl po dobu 3 hodin plynule zvyšován až na hodnotu Q_5 , která byla v následující době již neměnná. Doba trvání tohoto stavu vyplynula z podmínky, aby došlo k ustálení výpočtu, to znamená, aby i ve výtokovém profilu bylo dosaženo průtoků Q_5 . Obdobný postup platil i pro zbývající N -leté průtoky s tím, že počátečním průtokem byl vždy předchozí N -letý průtok a pro počáteční stav byl použit hotstart file z předchozího výpočtu.

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 [18]. 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 převážné 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 Hané a jejích přítoků, včetně souvisejících inundačních území a veškerých objektů.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6] v podobě příčných řezů a bodů x , y , z v situaci, z nichž je vygenerován model koryta toku Hané a ostatních přítoků. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě DMR 5G [1]. 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 Hané ve více profilech dodaných ČHMÚ [7]. DOP jsou úrovně hladin v korytě Hané. Pro stanovení součinitele drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace pořízená při terénním průzkumu v roce 2019 [8].

Při výpočtu se uvažovalo s konstantním časovým krokem v rozmezí od 0,5 do 1 s. Maximální počet iterací byl zvýšen na hodnotu 30. Přípustná odchylka pro vypočtené výšky hladiny a objemy (přepočtené na výšky hladiny) byla uvažována na úrovni 3 mm. Při výpočtech na Hané ve Vyškově byly použity plné rovnice typu Full Momentum, součinitel přídavné viskozity byl použit hodnotou 0,25, na Hané v Nezamyslicích byly použity rovnice pro difuzní vlnu.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového modelu jsou zahrnuty veškeré objekty na toku (Tab. č. 5 a 6). V úseku se nenacházejí žádné objekty umožňující manipulaci

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 vyšší 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. 5 Objekty vstupující do modelu, dolní úsek Hané (MOV_14-01) km 11,612 – 16,476

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
11,612	PB Pavlůvka	11,613	Vrchoslavice
11,769	Stupeň	11,755	Vrchoslavice
11,917	Odběrný objekt DN 850	11,927	Vrchoslavice
12,065	LB Žlebůvka	12,057	Vrchoslavice
13,279	LB Brodečka	13,255	Mořice
13,455	PB Mořický potok	13,434	Mořice
13,576	Silniční most	13,553	Mořice
15,285	Silniční most	15,256	Nezamyslice
16,093	Balvanitý skluz	16,093	Nezamyslice
16,104	Náhon	16,110	Nezamyslice
16,476	Bývalý železniční most	16,494	Nezamyslice

Tab. č. 6 Objekty vstupující do modelu, horní úsek Hané (MOV_14-02) km 30,450 – 35,278

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
30,450	Dálniční most	30,890	Vyškov
30,536	Most k ČOV	31,090	Vyškov
30,900	Stupeň	31,475	Vyškov
31,183	Přechod potrubí	31,733	Vyškov
31,273	Silniční most s lávkou	31,842	Vyškov
31,305	PB přítok – svodnice	31,882	Vyškov
31,653	Vodní elektrárna	32,180	Vyškov
31,653	Jez	32,224	Vyškov
31,837	PB Roštěnický potok	32,401	Vyškov
31,952	Silniční most	32,536	Vyškov
32,260	Silniční most	32,828	Vyškov
32,397	Silniční most	32,966	Vyškov
32,448	Silniční most	33,015	Vyškov
32,609	Hospodářský most	33,178	Vyškov
32,812	Limnigraf	33,385	Vyškov
32,841	Železniční most	33,407	Vyškov
32,889	Lávka	33,458	Vyškov
33,141	Stupeň	33,711	Vyškov
33,149	Most	33,715	Vyškov
33,692	Lávka	34,262	Vyškov
33,840	Stupeň	34,412	Vyškov
34,216	Lávka	34,787	Vyškov
34,402	Stupeň	34,972	Vyškov
34,438	Silniční most	35,006	Vyškov
34,829	Jez	35,401	Vyškov
34,896	Silniční most	35,468	Vyškov

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
35,019	Stupeň	35,588	Vyškov
35,077	Práh	35,642	Vyškov
35,167	Práh	35,732	Vyškov

5.2.2 Drsnosti koryta a inundačních území

Hodnoty součinitele drsnosti Hané a ostatních přítoků byly zadány na základě pochůzky v terénu a při ní pořízené dokumentaci [8]. 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
dno pravidelné	0,032
dno s nánosy	0,036
koryto	0,04
břeh travnatý	0,032
břeh se stromy	0,04
břeh zarostlý	0,05
silnice	0,015
cesta	0,025
louka	0,04
křoviny	0,08
pole	0,06
strniště	0,05
zahrádky	0,15
zástavba rodinných domů s ploty	0,15

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Haná ve Vyškově (MOV_14-02)

Horní okrajové podmínky vycházely z hodnot *N*-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve dvou profilech (Tab. č. 8 a 9). HOP pro přítok byla umístěna do profilu bezejmenného pravostranného přítoku ve staničení ř. km 34,200. Použité 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. 8 Hodnoty HOP, PP pro Hanou, doby výpočtu

HOP – pod Malou Hanou	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
$Q_5 = 15,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	3:00 hod
$Q_{20} = 25,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 15,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	3:00 hod
$Q_{100} = 38,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 25,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	5:00 hod
$Q_{500} = 54,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 38,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	5:00 hod

Tab. č. 9 Hodnoty HOP pro dílčí přítok

HOP – boční přítok	PP
$Q_5 = 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{20} = 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{100} = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{500} = 1,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 1,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Dolní okrajová podmínka (Tab. č. 10) je umístěna v ř. km 29,800. Pro zadání DOP byly použity údaje z podélného profilu studie z roku 2009 [10].

Tab. č. 10 Hodnoty DOP v profilu Hané v ř. km 29,800

DOP	Q_N
231,90 m n. m.	$Q_5 = 16,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
232,30 m n. m.	$Q_{20} = 26,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
232,80 m n. m.	$Q_{100} = 40,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
233,30 m n. m.	$Q_{500} = 56,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Pozn.: Doba pro ustálení nevyjadřuje minimální dobu nezbytnou pro ustálení, ale zvolenou dobu, u které bylo ověřeno, že postačuje k ustálení průtoku na celém výpočetním úseku.

Haná v úseku Vrchoslavice – Nezamyslice (MOV_14_01)

Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty N -letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve dvou profilech Hané – nad a pod Brdečkou. Rozdíl průtoků byl jako boční přítok vložen do levostranného přítoku Brdečky ř. km. Hodnoty jsou zadávány na horním okraji modelu ve vzdálenosti cca 80 m od začátku výpočtového úseku (Tab. č. 11 a 12). Vzdálenost je dostatečná vzhledem k šířce inundačního území.

Tab. č. 11 Hodnoty HOP, PP pro Hanou, doba výpočtu

HOP – Haná	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
$Q_5 = 22,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	5:00 hod
$Q_{20} = 36,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 22,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	9:00 hod
$Q_{100} = 66,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 36,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	9:00 hod
$Q_{500} = 114,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 66,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3:00 hod	9:00 hod

Tab. č. 12 Hodnoty HOP, PP pro přítok Brdečkou

HOP – Brdečka	PP
$Q_5 = 5,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{20} = 7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 5,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{100} = 9,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{500} = 7,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 9,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Dolní okrajová podmínka (Tab. č. 13) je umístěna v ř. km 10,750. Pro zadání DOP byly použity údaje z podélného profilu studie z roku 2009 [10].

Tab. č. 13 Hodnoty DOP v profilu Hané v ř. km 10,750

DOP	Q_N
199,50 m n. m.	$Q_5 = 28,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
200,10 m n. m.	$Q_{20} = 44,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
200,50 m n. m.	$Q_{100} = 75,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
200,80 m n. m.	$Q_{500} = 121,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Pozn.: Doba pro ustálení nevyjadřuje minimální dobu nezbytnou pro ustálení, ale zvolenou dobu, u které bylo ověřeno, že postačuje k ustálení průtoku na celém výpočetním úseku.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Požaduje se výsledek ustáleného proudění. Pro simulaci je však potřeba vycházet ze suchého modelu nebo z výstupů simulace menšího průtoku. Kormě výpočtů pro průtok Q_5 je PP výpočtu tedy v tomto případě vždy výstup z předchozí simulace.

Přehled PP a dob výpočtů potřebných pro ustálení je součástí tabulek v kapitole 5.2.3.

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. Oba modely byly kalibrovány pro údaje z měrných křivek limnigrafických stanic, a to jen do průtoků Q_{20} . 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

Oba modely byly kalibrovány na měrné křivky limnigrafických stanic ČHMÚ na Hané ve Vyškově a Vrchloslavicích. Rozsah křivky umožnil kalibrovat oba modely pouze na průtoky Q_5 a Q_{20} . Výsledky jsou uvedeny v Tab. č. 14.

Tab. č. 14 Vyhodnocení kalibrace modelů

Profil	Q_5 křivka ČHMÚ	Q_5 2D model	Q_{20} křivka ČHMÚ	Q_{20} 2D model
Stanice Vyškov	243,11 m n.m.	243,16 m n.m.	243,50 m n.m.	243,57 m n.m.
Stanice Vrchloslavice	201,27 m n.m.	201,23 m n.m.	201,87 m n.m.	201,72 m n.m.

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 výsledkem jsou mapy povodňového nebezpečí, a to mapy rozlivů, hloubek a rychlostí pro jednotlivé řešené kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

Úsek MOV_14-01 Haná, km 11,612 – 16,476

V řešeném úseku jsou zaplavovány objekty v obci Nezamyslice, Němčice nad Hanou, Mořice a Vrchoslavice. Koryto Hané je na průtok Q_5 kapacitní. K rozlivům z koryta Hané dochází až při průtoku Q_{20} . V obci Nezamyslice dochází k vybřežení na pravé straně do polí (lokalita Ve stržích, Podíly u hráze, Močidla). Níže, na levém břehu Hané, pak Q_{20} vybřežuje a je zatopena velká část zemědělských ploch až po zaústění LB přítoku Brodečka. Na pravém břehu zaplavuje voda několik rodinných domů. Z Mořic dál teče voda přes pole do Vrchoslavic (pravý břeh). Pod soutokem Hané a Brodečka dochází k rozlivu na levý břeh, až po soutok s Žlebůvkou. Při Q_{100} je již zatopena velká část obce Nezamyslice, okrajově jsou dotčeny rodinné domy v obci Mořice. V Němčicích nad Hanou jsou zatopeny domy na ulici Zahradní, Trávnícká, Sokolská, Sadová, Žabák, J. Fučíka a Čsl. armády. Dále je v Němčicích zatopené hřiště a plochy s fotovoltaikou. Ve Vrchoslavicích jsou již zatopeny domy na okraji obce. Při průtoku Q_{100} jsou rovněž zaplaveny zemědělské plochy a plochy zeleně podél vodního toku. Rozlivem při Q_{500} je zatopena zástavba i na levém břehu obce Nezamyslice, podél silnice Nádražní. V Němčicích jsou navíc zatopeny domy na kraji ulice Šafaříkova.

Úsek MOV_14-02 Haná, km 30,450 – 35,278

V řešeném úseku jsou zaplavovány objekty ve městě Vyškov. Koryto Hané je kapacitní na průtok Q_5 . Při průtoku Q_{20} dochází pouze k lokálním rozlivům u ul. Morávková, v lokalitě Záповědi a u sportovního areálu - u Smetanových sadů. Při průtoku Q_{100} dochází k rozlivům do obydlených částí v okrajových částech Vyškova. Dále dochází k rozlivu na levém břehu do zahrádkářské osady a do plochy technické vybavenosti. K oboustrannému rozlivu dochází před sportovní areálem u Smetanových sadů. V centru Vyškova dochází k zaplavení ploch na ulicích Mlýnská, Dukelská, Žerotínova, Albrechtova, Smetanovo nábřeží, Tyršova, Tržiště, Dvořákova a Křečkovská. Rozlivem Q_{500} je v městské části Dědice dotčeno několik rodinných domů stojících v blízkosti koryta Hané. Níže je pak zatopen sportovní areál nad Smetanovými sady a přilehlé plochy zeleně. Na pravém břehu jsou zatopeny garáže a čistírna odpadních vod. Rovněž dochází k rozšíření rozlivu ve výše zmíněných ulicích v centru Vyškova.

Malá Haná protéká nad soutokem širší říční nivou. Aby bylo proudění nad soutokem s Velkou Hanou popsáno správně, bylo by potřeba, aby model obsahoval alespoň 500 m délky tohoto toku, což nebylo náplní této studie. V případě, že budou v budoucnu prováděny další výpočty, doporučuje se touto skutečností počítat.

V úseku kolem silničního mostu v Křečkovicích vycházely hladiny o několik desítek cm nižší, než dle staršího 1D výpočtu. Ukázalo se, že při 1D výpočtech se v této části počítalo s řadou N -letých průtoků, které uvažovaly s přítokem Rostěnického potoka. V rámci 2D výpočtů byla k dispozici jen nová řada N -letých průtoků pro profil limnigrafické stanice Vyškov. Aby bylo v tomto úseku dosaženo správnějších průběhů hladin, bylo toho dosaženo s užitím významně vyšších hodnot součinitelů drsnosti v úseku mezi silničním mostem v Křečkovicích a ČOV.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q_{500}) v úseku MOV_14-01 jsou dotčeny obce Nezamyslice, Němčice nad Hanou, Mořice a Vrchoslavice. Úsek MOV_14-02 řeší část Hané ve městě Vyškov.

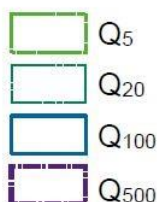
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a svislicová rychlost proudění, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a svislicové 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. 7.

Rozlivy



Obr. č. 7 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

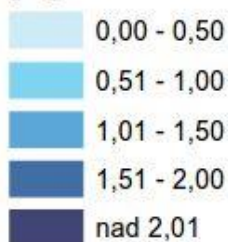
6.2.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

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. 8.

Hloubky

[m]

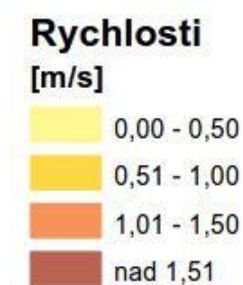


Obr. č. 8 Definice barev a intervalů hloubek

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

Údaje o svislicových rychlostech proudění vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů svislicových 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. 9.



Obr. č. 9 Definice barev a intervalů svislicových 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.