

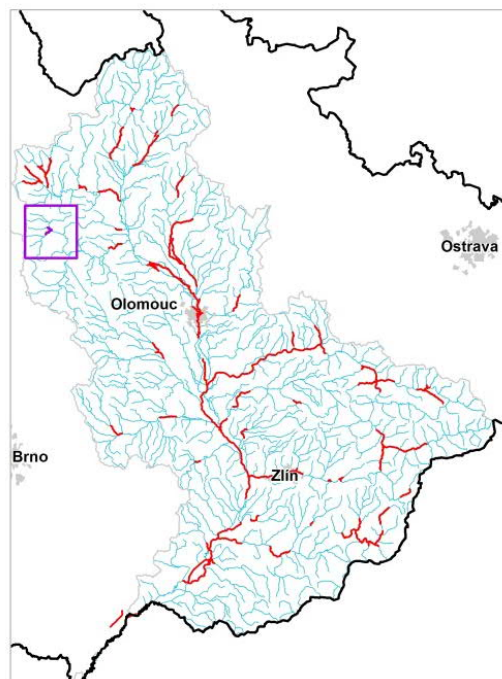


ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

TŘEBŮVKA – 10100070_2 (MOV_25-01) - Ř. KM 35,600- 38,093
KUNČINSKÝ P. – 10101115_1 (MOV_25-02) – Ř. KM 0,000 – 0,370
UDÁNECKÝ P. – 10188845_1 (MOV_25-03) – Ř. KM 0,000 – 0,670



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

TŘEBŮVKA – 10100070_2 (MOV_25-01) - Ř. KM 35,600- 38,093
KUNČINSKÝ P. – 10101115_1 (MOV_25-02) – Ř. KM 0,000 – 0,370
UDÁNECKÝ P. – 10188845_1 (MOV_25-03) – Ř. KM 0,000 – 0,670

Pořizovatel:



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

Zhotovitel:



AQUATIS, a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Veveří 331/95
602 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.....	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně).....	10
3	Přehled podkladů	12
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	12
3.2	Související předpisy	12
3.3	Topologická data	13
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) digitálního modelu terénu.....	13
3.3.2	Mapové podklady.....	13
3.3.3	Geodetické podklady	13
3.4	Hydrologická data.....	13
3.5	Místní šetření	14
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady.....	14
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů.....	15
4	Popis koncepčního modelu	16
4.1	Schematizace řešeného problému.....	16
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	18
4.3	Způsob zadávání OP a PP	18
5	Popis numerického modelu.....	21
5.1	Použitá programová vybavení	21
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	21
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	21
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	22
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek.....	23
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	25
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	25
5.3	Popis kalibrace modelu.....	25
6	Výsledky.....	26
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů.....	26
6.2	Mapy povodňového nebezpečí.....	26
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	26
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	27
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	27

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	27
-----	---	----

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

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

Tab. č. 1 Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D	jednorozměrný
1D+	jednorozměrný síťový
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
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HOP	horní okrajová podmínka
LB	levý břeh/levobřežní
LG	limnigraf (vodočet)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OP	okrajová podmínka
PB	pravý břeh/pravobřežní
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
TNV	odvětvová technická norma
TPE	Technicko - provozní evidence
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 Třebůvka – 1010070_2 (MOV_25-01) – ř. km 35,600- 38,093, Kunčinský potok – 10101115_1 (MOV_25-02) – ř. km 0,000 – 0,370 a Udánecký potok – 10188845_1 (MOV_25-03) ř. km 0,000 – 0,670 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 je uvedeno porovnání rozsahu řešeného území 1. a 2. plánovacího cyklu.

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

Ozn. v 1. plán. cyklu	Ozn. v 2. plán. cyklu	Tok	Délka úseku [km]	Změny oproti 1. plánovacímu cyklu
PM_109	MOV_25-01	Třebůvka	2,49	beze změn
-	MOV_25-02	Kunčinský potok	0,37	nový úsek v 2. plán. cyklu
-	MOV_25-03	Udánecký potok	0,67	nový úsek v 2. plán. 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 pro úsek Třebůvky jsou hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavového území zpracované na Povodí Moravy, s.p. [7] a také výstupy z 1. plánovacího cyklu zpracované firmou Pöry Environment a.s. v r. 2013 [19].

2 Popis zájmového území

Zájmové území v této práci je tvořeno soutokovou oblastí Třebůvky, Kunčinského a Udáneckého potoka. V rámci stanovení map povodňového nebezpečí je pro celou oblast sestaven zcela nový hydrodynamický model. Soupis úseků a provedených prací:

- MOV_25_05-01 Třebůvka:
 - celý úsek - celý nový model.
- MOV_25-02 Kunčinský:
 - celý úsek – celý nový model.
- MOV_25-03 Udánecký:
 - celý úsek – celý nový model.

Předmětem řešeného území je úsek na toku Třebůvka v km 35,600- 38,093, Kunčinský potok v km 0,000 – 0,370 a Udánecký potok v km 0,000 – 0,670* (Obr. č. 1).

Tab. č. 3 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100070_2	MOV_25-01	Třebůvka	35,600 – 38,093	4-10-02-078 4-10-02-070
10101115_1	MOV_25-02	Kunčinský potok	0,000 – 0,370	4-10-02-077
10188845_1	MOV_25-03	Udánecký potok	0,000 – 0,670	4-10-02-076

*) Komentář k používané kilometrāži toku

V celém projektu je používanā kilometrāž, která vychāzí z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [7].

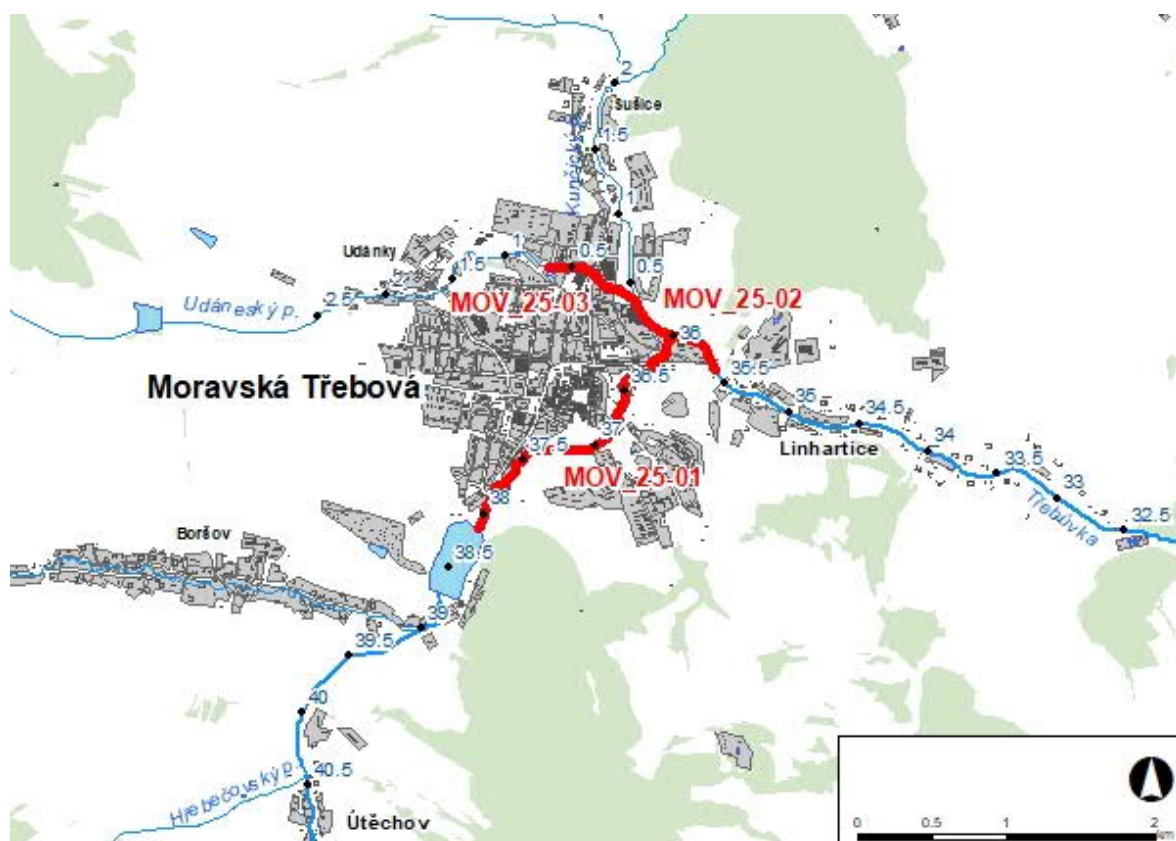
Při zpracování 1. plánovacího cyklu se kilometrāž používanā v názvech úseků lišila s kilometrāží používanou v projektu. Do názvu byla uvāděna kilometrāž, která vychāzela z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR). V tabulce č. 4 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR a dle geodetického zaměření [6] Třebůvky, které je používanō v celém projektu. Kunčinský a Udánecký potok jsou nově vymezené úseky povodňových rizik.

Tab. č. 4 Srovnání staničení

Tok	Staničení dle PVPR	Staničení používané v projektu
Třebůvka	37,147 – 39,657	35,600 – 38,093

Objekty mají tzv. administrativní kilometrāž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE) [11], [12] a [13], tato slouží jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle výpočetního modelu a dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

V povodí Třebůvky se nachāzí VD Moravská Třebová přímo nad zájmovým úsekem.
Významným přítokem Třebůvky přímo v řešeném úseku je Kunčinský potok.
Významným přítokem Kunčincekého potoka v řešeném úseku je Udánecký potok.



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

2.1 Všeobecné údaje

Třebůvka

Třebůvka pramení na k.ú. obce Křenov a odvádí vody z podhůří Podorlické pahorkatiny. Tok Třebůvky spadá administrativně do území kraje Olomouckého a Pardubického (bývalého okresu Svitavy, Olomouc). Od soutoku s Moravou po zaústění do nádrže Moravská Třebová je ve správě podniku Povodí Moravy s.p., závod Horní Morava Olomouc, provoz Olomouc. Třebůvka se vleává pod obcí Moravičany do řeky Moravy jako pravobřežní přítok.

Tvar povodí je vějířovitý. Celková plocha povodí Třebůvky je 584,57 km². Charakter toku Třebůvky je v horní části toku bystřinný, ve spodní části, pod Moravskou Třebovou potom pozvolnější říční. Orientační délka toku Třebůvky je 47,340 km. Nadmořská výška pramenné oblasti Třebůvky je 435 m n.m. a údolí nad soutokem s Moravou 250 m n.m.

Úsek 10100070_2 (MOV_25-01), Třebůvka

V řešeném úseku protéká Třebůvka katastrálním územím Moravská Třebová. Příčný profil koryta je lichoběžníkový, který není geometrický pravidelný se svahy opevněnými travním drnem, v exponovaných místech (konkávní svahy) je opevnění provedeno kamennou rovnáninou.

Úsek Třebůvky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Kunčinský potok

Kunčinský potok pramení pod Strážným vrchem nad obcí Nová Ves. Protéká obcemi Nová Ves, Kunčina, Sušice a v Moravské Třebové se vleává do Třebůvky. Celková plocha povodí Kunčinského potoka je 56,14 km². Orientační délka toku je 8,3 km. Významnými přítoky je Hraniční potok, Bílý potok a Udánecký potok.

Úsek 10101115_1 (MOV_25-02), Kunčinský potok

V řešeném úseku protéká Kunčinský potok katastrálním územím Moravská Třebová. Začátek řešeného úseku je v místě zaústění Udáneckého potoka v km 0,37 a končí zaústěním do Třebůvky. V řešeném úseku jsou dva hospodářské mosty. Příčný profil koryta je lichoběžníkový bez břehového opevnění.

Úsek Kunčinského potoka v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Udánecký potok

Udánecký potok pramení na východním úpatí Hřebečského hřebene. Protéká dříve samostatnou obcí Udánky (nyní součástí Moravské Třebové). Vodní tok je pravostanným přítokem Kunčinského potoka. Orientační délka toku je 6,7 km. Udánecký potok je znám svým zásaditým složením, způsobeným odtokem odpadních vod ze zrušených štol bývalých Lichtenštejnských dolů pod Hřebečovem. Nad obcí Udánky je na potoce vybudovaný Nový Udánecký rybník, na bezejmenném levostranném přítoku nad obcí je Starý Udánecký rybník.

Úsek 10188845_1 (MOV_25-03), Udánecký potok

V řešeném úseku protéká Udánecký potok katastrálním územím Moravská Třebová. Začátek řešeného úseku je pod lávkou v km 0,700 a končí zaústěním do Kunčického potoka. V zájmovém území je jeden železniční most, 4 silniční mosty a jedna lávka.

Úsek Udáneckého potoka v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Moravy a přítoků Váhu dle [15]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Největší zaznamenaná povodeň v novodobé historii na řece Třebůvce v limnigrafické stanici Mezihoří (km 23,982), v obci Městečko Trnávka, je datována k červenci 1997. Ke kulminaci došlo 8. 7. 1997 a v obci Městečko Trnávka. Limnigraf Loštice (km 4,269) zaznamenal průtok cca Q_{20} [6].

Limnigraf Mezihoří zaznamenal vodní stav 235 cm [16], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu 220 cm byla v březnu 1956 [18]. K dalším významným povodním v novodobé historii došlo v březnu 2005 (vodní stav 193 cm), v březnu 2006 (vodní stav 191 cm), v lednu 2003 (vodní stav 190 cm), v červenci 1966 (vodní stav 186 cm), v květnu 1996 (vodní stav 186 cm), v červnu 1986 (vodní stav 172 cm), v červenci 1984 (vodní stav 171 cm), v lednu 1982 (vodní stav 151 cm) a v prosinci 1986 (vodní stav 142 cm) [18].



Obr. č. 3 Povodeň 1997 – Moravská Třebová

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.: 10960584, 10960586, 10960588, 10960590, 10980584, 10980586, 10980588, 10980590, 11000584, 11000586, 11000588, 11000590, 11020584, 11020586, 11020588, 11020590. 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 – výskopis, ČÚZK, Praha, 2017.
- [6] Studie odtokových poměrů – Třebůvka km 0,000 – 45,472, Povodí Moravy, s.p., útvar hydroinformatiky, Brno, 06/2003.
- [7] Aktualizace záplavového území Třebůvky + Udánecký a Kunčický potok, Povodí Moravy, s.p., 2014.
- [8] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 11/2018.
- [9] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu říjen 2012. Pöyry Environment a.s., Brno.
- [10] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu března 2019. AQUATIS a.s., Brno.
- [11] Technicko provozní evidence toků – TPE Třebůvky, Povodí Moravy, s.p., Brno 1973.
- [12] Technicko provozní evidence toků – TPE Kunčický potok, povodí Moravy, s.p., Brno.
- [13] Technicko provozní evidence toků – TPE Udánecký potok, povodí Moravy, s.p., Brno.
- [14] Koncepce protipovodňové ochrany Pardubického kraje, Hydroprojekt CZ a.s., 11/2006.
- [15] Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu, AQUATIS a.s., 2016.
- [16] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [17] www.pmo.cz, Stavy a průtoky na vodních tocích, leden 2019.
- [18] Evidenční list hlásného profilu č. 311, řeka Třebůvka, lim. stanice Mezihorí. Aktualizace únor 2019.
- [19] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, Pöyry Environment a.s., Brno, 07/2013.
- [20] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User´s Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [21] Numerický 1D+ model Třebůvky v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2003.
- [22] MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual DHI, 2009.

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 zvládnutí 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] 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

V rámci řešeného úseku byl aktualizován digitální model terénu (DMT) z roku 2012 použitý pro výpočty [19]. Tento model byl doplněn o dva nové řešené úseky Kunčinského a Udáneckého potoka.

DMT byl vytvořen s použitím programů ESRI Arc GIS Version 10.5 (nadstavba 3D Analyst), AutoCAD 2012 a AutoCAD CIVIL 3D. 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] a [7]. DMT má tyto vlastnosti: formát ESRI GRID, velikost pixelu 1 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

Geodetické zaměření vodního toku Třebůvka bylo provedeno v roce 2003 v rámci zpracování studie odtokových poměrů [6]. Zaměření Kunčinského a Udáneckého potoka bylo provedeno v rámci aktualizace záplavového území Třebůvky a jejich přítoků [7]. Zaměření je v polohopisném systému S-JTSK, výškopisném systému Balt po vyrovnání.

Výkresová dokumentace je k dispozici u zhotovitele.

3.4 Hydrologická data

V Tab. č. 5 jsou uvedena hydrologická data. Data byla ověřena u ČHMÚ koncem roku 2018. Hodnoty průtoků nedoznaly významných změn oproti hodnotám z roku 2013.

Tab. č. 5 Aktuální N-leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$ [8]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Třebůvka – nad Kunčickým potokem	30.11.2018	36,05	11,1	19,8	32,5	50	III.
Třebůvka – silniční most I/35	30.11.2018	35,6	14,8	26,5	43,5	65	III.
Kunčinský potok – ústí	30.11.2018	0,1	11,6	21	35	55	III.
Udánecký potok – ústí	30.11.2018	0,1	4,42	8,31	14,5	24	III.

Tab. č. 6 Starší hodnoty N-letých průtoků (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$ pořízené pro 1. plánovací cyklus [19]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Třebůvka – nad Kunčickým potokem	2013	36,05	11,1	19,8	32,5	50	III.
Kunčinský potok – ústí	2013	0,1	11,6	21	35	55	III.
Udánecký potok – ústí	2013	0,1	4,42	8,31	14,5	24	IV.

3.5 Místní šetření

V rámci zpracování 2. plánovacího cyklu bylo provedeno místní šetření v březnu 2019 [10]. Toto šetření proběhlo jak na nových prodloužených úsecích, tak na úsecích shodných s 1. plánovacím cyklem z roku 2012, kde místní šetření provedla firma Pöyry Environment a.s. [9]. Oproti průzkumu z 1. plánovacího cyklu nebyly zjištěny žádné změny na těchto částech toků ani v záplavovém území. Byly pořízeny fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Při terénním průzkumu byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření, dále byly ověřeny hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundaci.

Úsek Třebůvky začíná pod nádrží Moravská Třebová, která prošla v letech 2014-15 rekonstrukcí. Byly odtěženy usazeniny ze dna nádrže a zrekonstruován bezpečnostní přeliv kvůli průsakům.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerický jednorozměrný síťový (1D+) model Třebůvky v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2003. Model sloužil pro zpracování SOP Třebůvky [6]. 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.

Pro potřeby tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v 1. plánovacím cyklu [19] bylo provedeno řešení vymezeného úseku ustáleným nerovnoměrným prouděním s využitím okrajových podmínek z výše uvedeného celkového modelu. Model vymezeného úseku byl sestaven společností Pöyry Environment a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy s.p. v roce 2012. Hydrologická data v modelu byla aktualizována a doplněna o povodňový scénář Q_{500} . Případné rozdíly současného stavu (zjištěné z terénního průzkumu) a výchozího modelu byly zohledněny. Aktualizace modelu byla provedena v programu MIKE 11.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT vytvořený z DMR 5G [1] a ze zaměření koryta toku [6] a [7] 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] a [7] pokrývá celé zájmové území řešených úseků 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. Zaměření je doplněné o údolní profily a profily v místech, kde jsou umístěny technické objekty (mosty, jezy, stupně, lávky) a dochází ke změně příčného profilu koryta.

Hydrologická data použitá ve stávajícím výpočtu byla ověřena u ČHMÚ [8], případně doplněna o nová data. Oproti hodnotám z roku 2013 nedošlo k významným změnám.

Terénní průzkum byl proveden v říjnu 2012 v rámci 1. plánovacího cyklu a v březnu 2019 v rámci 2. plánovacího cyklu. Byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření. Oproti 1. plánovacímu cyklu nebyly zjištěny žádné významné změny, které by mohly ovlivnit hydraulický výpočet.

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

Konkrétní kalibrační data pro řešený úsek nejsou k dispozici.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl použit dvourozměrný (2D) model proudění. Okrajové podmínky (OP) řešení a celková doba simulace však byly zvoleny takovým způsobem, aby prezentované výsledky popisovaly stav ustáleného proudění při požadovaných N-letých průtocích v celé zájmové oblasti. Model vymezeného úseku byl sestaven společností AQUATIS a.s. ve spolupráci s Povodím Moravy, s.p. v roce 2019.

V rámci zpracování jsme s ohledem na charakter proudění, dostupná data a požadavky na výsledky zvolili 2D schematizaci, tedy byl vyhotoven 2D model proudění. Výhodou 2D modelu proudění je 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.

Matematickým modelem byl popsán průtok vlastním korytem Třebůvky, Kunčinského potoka a Udáneckého potoka včetně souvisejících inundací a veškerých objektů.

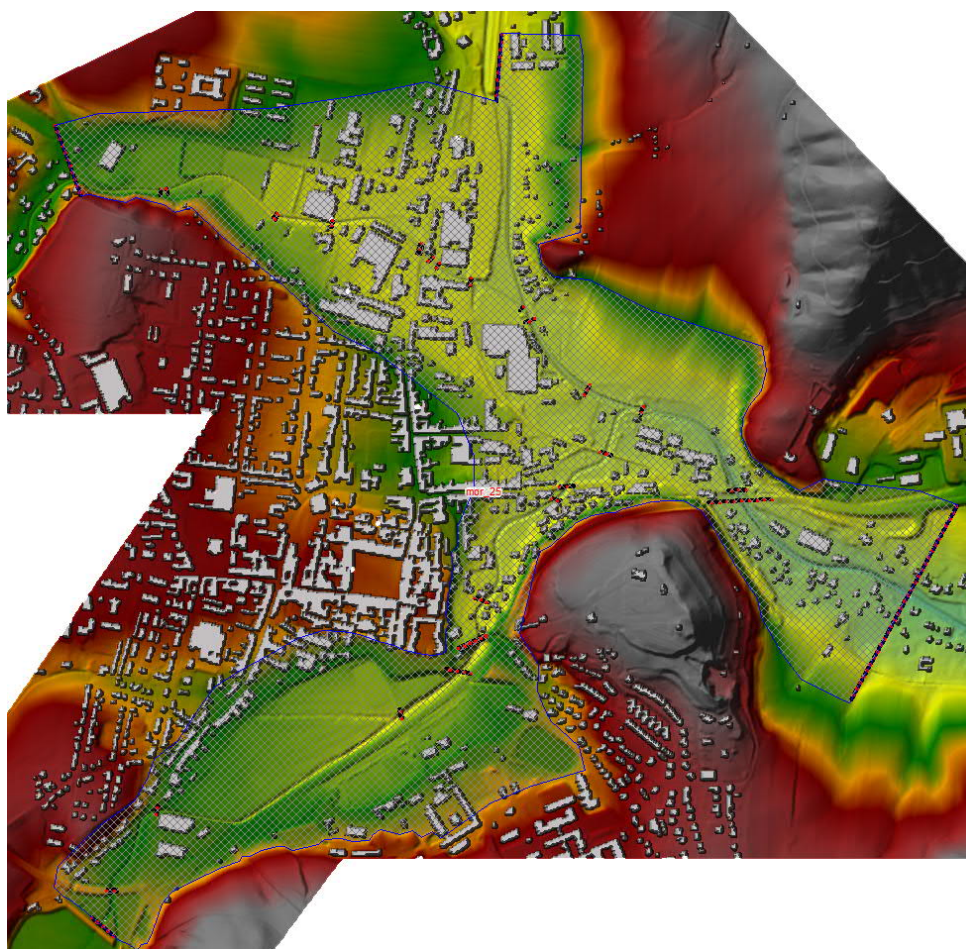
4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci vytváření 2D modelu byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě (Obr. č. 4). Základem byla ortogonální síť s velikostí prvku $2,0\text{ m} \times 2,0\text{ m}$, která byla pomocí povinných hran přizpůsobena objektům a liniovým prvkům tak, aby byl co nej přesněji vystižen skutečný tvar terénu. Použité soubory povinných hran zahrnují budovy a bloky budov, liniové stavby, břehové hrany a paty svahů koryta. V prostoru koryta vodního toku, případně některých liniových prvků, byla síť z důvodu výstížnosti zahuštěna až na velikost prvku $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$ (Obr. č. 5).

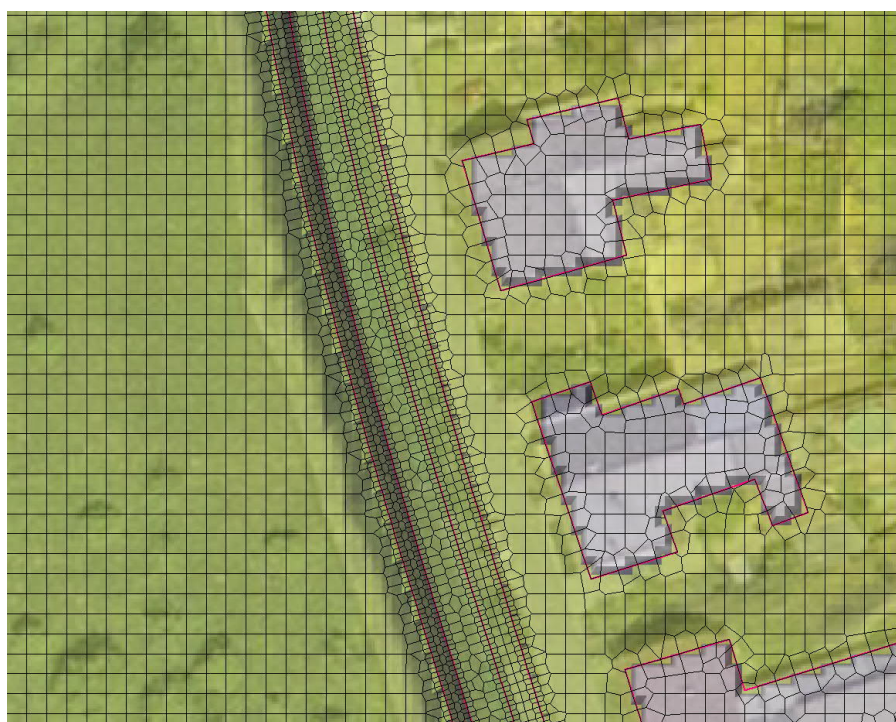
Celá výpočetní síť má 577 527 buněk.



Obr. č. 4 Schéma toků a okrajových podmínek pro úsek MOV_25



Obr. č. 5 Schéma řešeného modelu pro úsek MOV_25



Obr. č. 6 Detail výpočetní sítě modelu pro úsek MOV_25

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 pro modelovaný úsek 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} v Třebůvce, Kunčinském a Udáneckém potoce dodaných ČHMÚ [8].

Dolní okrajovou podmínkou (DOP) jsou úrovně hladin v profilu Třebůvky ve vzdálenosti cca 500 m pod koncem zájmového úseku určené na základě podélného sklonu dna koryta s korekcí dle měrné křivky koryta stanovené z výstupů výpočtu provedeného v rámci 1. plánovacího cyklu [19]. Podle dostupných podkladů nedošlo v období 2012 až 2018 v přilehlém úseku toku ke změně hydrologických podkladů ani ke změně geometrie koryta nivy.

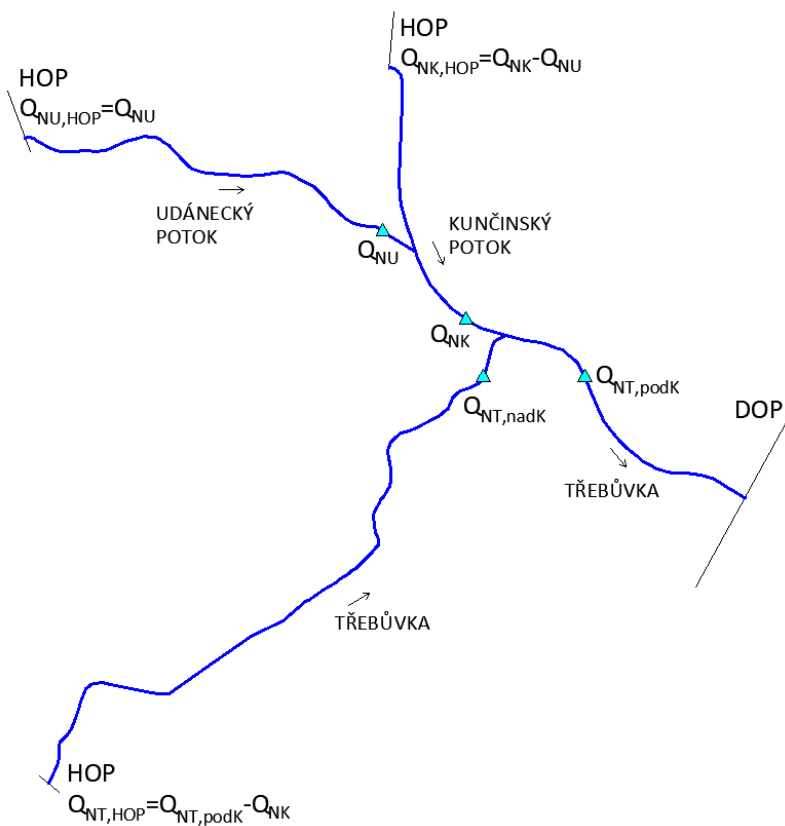
Zájmový úsek je řešen souběhem povodní z více větví – hlavního toku Třebůvky a přítoku Kunčinského potoka. Byly provedeny dvě varianty výpočtu s ohledem na rozdělení povodňových průtoků.

Varianta 1 – patřičné N-leté povodňové průtoky Q_N na hlavním toku Třebůvka (profil Třebůvka – nad Kunčinským p.), který se doplňuje z Kunčinského potoka (profil Kunčinský potok – ústí) takovým průtokem, aby součet odpovídal příslušnému N-letému průtoku pod soutokem, tedy v profilu Třebůvka – silniční most I/35.

Varianta 2 – patřičné N-leté povodňové průtoky Q_N na vedlejším toku Kunčinský potok (profil Kunčinský potok – ústí), který se doplňuje z Třebůvky (profil Třebůvka – nad Kunčinským potokem) takovým průtokem, aby součet odpovídal příslušnému N-letému průtoku pod soutokem, tedy v profilu Třebůvka – silniční most I/35.



Obr. č. 7 Schéma zadávání OP pro Variantu 1



Obr. č. 8 Schéma zadávání OP pro Variantu 2

Výpočet je zahájen na „suchém“ modelu. Na začátku je na HOP zadán průtok menší než je kapacita koryta vodního toku, a je plynule zvyšován po dobu 15 min výpočtu až na hodnotu Q_5 . Během zvyšování průtoku tak výpočet probíhá v režimu neustáleného proudění. Na dolním konci modelu je sledována hodnota průtoku v kontrolním profilu. Celková doba výpočtu je dle tohoto pozorování nastavena tak, aby došlo k ustálení na celém modelovaném úseku.

Při výpočtu Q_{20} je počáteční podmínkou (PP) ustálené proudění při Q_5 . Hodnota HOP je nastavena jako plynulý nárůst z Q_5 na Q_{20} a tato hodnota je pak udržována až do ustálení průtoku v celém modelu obdobně jako v předchozím postupu.

Stejným způsobem jsou nastaveny OP resp. PP pro průtoky Q_{100} a Q_{500} .

Veškeré průtoky byly uvažovány pouze v hlavním korytě Třebůvky, Kunčinském potoce a Udáneckém potoce. Jejich přítoky nebyly uvažovány.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet hladin byl proveden modelem neustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu HEC-RAS 5.0.6 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), vyvinutým 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 matematického modelu jsou uvedeny v manuálu [20], který je k dispozici u zhotovitele. Pro řešení problému byla zvolena metoda difuzní vlny (resp. její aproximace). Numerická schematizace se opírá o kombinaci metody konečných diferencí a konečných objemů.

Numerickým modelem je popsán průtok vlastním korytem řeky Třebůvky, Kunčinským potokem a Udáneckým potokem včetně souvisejících inundací a veškerých objektů.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6], v podobě příčných řezů, z nichž je vygenerován model koryta toku Kunčinského, Udáneckého potoka a Třebůvky. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě DMR 5G [1]. Digitální povrch terénu použitý ve výpočtu je vytvořen propojením zaměření koryta, digitálního modelu reliéfu a budov, které jsou ve výpočetní síti uvažovány jako neprůtočné plochy vytvořené lokálním zvýšením terénu na 1000 m n. m. HOP jsou hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v Třebůvce, Kunčinském a Udáneckém potoce dodaných ČHMÚ [8]. Dolní okrajovou podmínkou (DOP) je sklon hladiny na dolním okraji modelu ve vzdálenosti 500 m pod řešenou oblastí. Pro stanovení stupně drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace [9] a [10] pořízená při terénním průzkumu, který proběhl v rámci projektu Mapy povodňových rizik 2012 a 2019.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového matematického modelu jsou zahrnuty veškeré objekty na toku (Tab. č. 7, 8 a 9).

Objekty jsou řešeny různými přístupy.

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 proudění (přepad) přes mostovku řešeno 2D (úroveň povrchu terénu odpovídala úrovni povrchu mostovky) a proudění mostním profilem 1D pomocí propustku s vhodně zvoleným tvarem v témže místě. V takovém případě se dbalo na to, aby se geometrické parametry propustku co nejvíce blížily skutečnému mostnímu otvoru. Součinitele drsnosti pro dolní část omočeného obvodu propustku byly zpravidla voleny ve shodě s odhadovanými drsnostmi v okolním korytě. V horní části omočeného obvodu propustku byly obvykle voleny drsnosti odpovídající betonu. Popsaný postup kombinující obě metody schematizace mostních objektů znamená opakované provedení výpočtu na základě úpravy výchozí geometrie objektů.

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. 7 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_25-01, Třebůvka, km 35,600 – 38,093

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
35,633	silniční most betonový		Moravská Třebová
35,973	jez		Moravská Třebová
36,132	železniční most		Moravská Třebová
36,182	provizorní lávka dřevěná		Moravská Třebová

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
36,265	silniční most betonový		Moravská Třebová
36,314	silniční most betonový		Moravská Třebová
36,666	silniční most betonový		Moravská Třebová
36,757	silniční most historický klenbový		Moravská Třebová
36,866	silniční most betonový		Moravská Třebová
37,048	silniční most betonový (prefabrikáty Beneš)		Moravská Třebová
37,729	práh ve dně		Moravská Třebová
37,755	silniční most ocelový		Moravská Třebová
37,981	silniční most betonový		Moravská Třebová

Tab. č. 8 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_25-02, Kunčinský potok, km 0,000 – 0,370

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,123	Hospodářský most	0,120	Moravská Třebová
0,351	Hospodářský most	0,348	Moravská Třebová

Tab. č. 9 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_25-03, Udánecký potok, km 0,000 – 0,670

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,015	Stavidlo	0,015	Moravská Třebová
0,167	Železniční most	0,161	Moravská Třebová
0,260	Hospodářský most	0,257	Moravská Třebová
0,282	Hospodářský most	0,279	Moravská Třebová
0,309	Silniční most	0,317	Moravská Třebová
0,564	Hospodářský most	0,560	Moravská Třebová

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hodnoty součinitelů drsnosti jednotlivých úseků byly zadány na základě pochůzek v terénu a při nich pořizovaných fotodokumentací v rámci projektů Mapy povodňových rizik 2012 [9] a 2019 [10].

Pro zadávání hodnot součinitelů drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Způsob jejich zadávání v objektech byl popsán výše v kapitole 5.2.1. Hodnoty použitých součinitelů drsnosti jsou v Tab. č. 10.

Tab. č. 10 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu úseku Mov_25

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
koryto vodního toku, vodní plocha	0,035 – 0,055
areál účelové zástavby	0,05
areál žel. stanice, zastávka	0,05
elektrárna	0,2

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
hřbitov	0,06
kolejiště	0,038
kůlna, skleník	0,25
lesní půda se stromy	0,09
lesní půda s křovinatým porostem	0,08
maloplošné zvlášť chráněné území	0,075
okrasná zahrada, park	0,06
orná půda	0,04
ostatní plocha v sídlech	0,03
ovocný sad, zahrada	0,05
parkoviště, odpočívka	0,02
přečerpávací stanice	0,25
rozvalina, zřícenina	0,25
skalní útvary	0,06
skládka	0,05
trvalý travní porost	0,035

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v Třebůvce, Kunčinském a Udáneckém potoce dodaných ČHMÚ [8]. V Tab. č. 12, 13 a 14 je uveden přehled HOP, počátečních podmínek a doby výpočtu potřebné pro ustálení.

Dolní okrajová podmínka (DOP) byla zadána jako úroveň hladiny na dolním okraji modelu ve vzdálenosti 500 m pod řešenou oblastí. Hodnota DOP je určena na základě průměrného podélného sklonu dna koryta $i = 0,0072$.

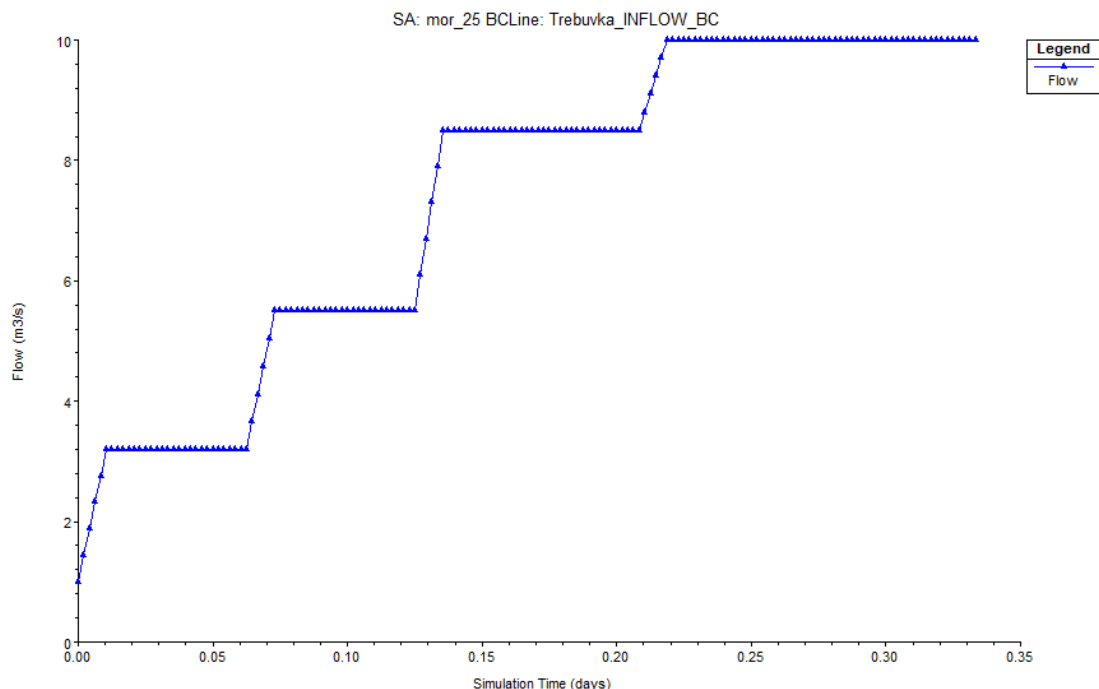
Tab. č. 11 N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení v $m^3 \cdot s^{-1}$ [8].

Název vodního toku, hydrolog. profil	Úsek toku (km od – do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Třebůvka, nad Kunčinským potokem	$Q_{NT,nadK}$ 35,600 – 38,076	11,10	19,80	32,50	50,00
Udánecký potok, ústí	Q_{NU} 0,000 – 1,258	4,42	8,31	14,50	24,00
Kunčinský potok	$Q_{NK,HOP}$ 0,375 – 0,932	7,18	12,69	20,50	31,00

Tab. č. 12 Hodnoty OP, PP, doba výpočtu na Třebůvce

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoků	Doba pro ustálení
Varianta 1	$Q_5 = 11,10 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q = 2,00 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{20} = 19,80 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_5 = 11,10 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{100} = 32,50 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{20} = 19,80 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	1:45 hod
	$Q_{500} = 50,00 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{100} = 32,5 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	2:45 hod
Varianta 2	$Q_5 = 3,20 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q = 2,00 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{20} = 5,50 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_5 = 3,20 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{100} = 8,50 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{20} = 5,50 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	1:45 hod
	$Q_{500} = 10,00 m^3 \cdot s^{-1}$	$Q_{100} = 8,50 m^3 \cdot s^{-1}$	0:15 hod	2:45 hod

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. Grafická podoba Tab. č. 12 je na Obr. 9, kde je zobrazen hydrogram se zvyšujícím se průtokem v čase.



Obr. č. 9 Hydrogram HOP na Třebůvce pro Variantu 2

Tab. č. 13 Hodnoty OP, PP, doba výpočtu na Kunčinském potoce

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Varianta 1	$Q_5 = 2,29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{20} = 4,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 2,29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{100} = 6,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 4,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:45 hod
	$Q_{500} = 8,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 6,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	2:45 hod
Varianta 2	$Q_5 = 7,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{20} = 12,69 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 7,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{100} = 20,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 12,69 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:45 hod
	$Q_{500} = 31,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 20,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	2:45 hod

Tab. č. 14 Hodnoty OP, PP, doba výpočtu na Udáneckém potoce

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Varianta 1	$Q_5 = 1,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{20} = 2,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 1,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{100} = 4,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 2,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:45 hod
	$Q_{500} = 6,55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 4,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	2:45 hod
Varianta 2	$Q_5 = 4,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{20} = 8,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 4,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:15 hod
	$Q_{100} = 14,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 8,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	1:45 hod
	$Q_{500} = 24,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 14,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:15 hod	2:45 hod

Řešení soutokových oblastí

Vzhledem k tomu, že zájmový úsek (soutok) byl řešen jedním výpočtovým modelem, byly řešeny dvě varianty hydrologických situací pro toky Třebůvka, Kunčinský a Udánecký potok. Řešený průtok byl pod soutokem uvažován

v obou scénářích dle ČHMÚ. V první variantě byl v Třebůvce nad soutokem uvažován průtok dle ČHMÚ a v Kunčinském potoce byl uvažován průtok dopočtený jako rozdíl hodnot průtoku pod soutokem a průtoku v Třebůvce nad soutokem. V druhé variantě byl princip stejný, avšak průtok v Kunčinském potoce byl uvažován dle ČHMÚ a v Třebůvce byl průtok dopočtený. Pro vynesení rozlivů byla uvažována obálka maximálních rozlivů z těchto dvou uvažovaných scénářů.

Soutok Kunčinského a Udáneckého potoka není řešen více variantami z důvodu chybějících dat průtoků v Kunčinském potoce nad soutokem s Udáneckým potokem.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Jedná se o výpočet ustáleného proudění, pro dosažení požadovaných průtoků v modelu je však potřeba vycházet ze suchého modelu nebo z výstupů simulace menšího průtoku. Počáteční odhad pro první iteraci je tedy v tomto případě vždy výstup z předchozí simulace.

V Tab. č. 12, 13 a 14 je uveden přehled okrajových podmínek a počátečních odhadů pro první iterace a doby výpočtu potřebné pro ustálení. Na Obr. č. 9 je zobrazen hydrogram v HOP na Třebůvce ve variantě 2.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Nejistota může být v hustotě a přesnosti geodetických dat. Udávaná přesnost DMR 5G je 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Doplněné pozemní zaměření koryta je provedeno v příčných řezech v průměrné vzájemné vzdálenosti 60 m. Provedená schematizace koryta mezi příčnými řezy tak může mít vliv na zkrácení výsledků výpočtů.

Popis drsností vychází z terénního průzkumu a zohledňuje tzv. letní stav, kdy je koryto a inundace výrazněji zarostlé.

Nejistotou může být rovněž aktuální stav koryta a inundace za povodně, množství nesených 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 inundace.

Kromě výše uvedeného je třeba vnímat zvýšenou nejistotu výsledků spojenou s absencí kalibračních dat. 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 zkráceny na stranu bezpečnosti.

5.3 Popis kalibrace modelu

V řešeném úseku nejsou relevantní data použitelná ke kalibraci. Nejbližší dostupné údaje jsou z více než 10 km vzdálené LG stanice Mezihoří. Model nebyl kalibrován.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Mezi výsledky výpočtů patří 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. Jedná 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 10100070_2 (MOV_25-01), Třebůvka

Při Q_5 dochází k rozlivům do areálu výroby chemických látek DOCHEMA s.r.o. Při Q_{20} dochází k rozlivům na začátku úseku a v dolní polovině úseku. Při Q_{100} dochází k rozlivům do LB v místě Knížecí louky. Při Q_{500} dochází k velkým rozlivům téměř po celé délce úseku, dochází k zaplavení čerpací stanice. Výrobna chemických látek a střední škola jsou nedotčeny.

Úsek 10101115_1 (MOV_25-02), Kunčinský potok

Koryto je téměř v celém úseku kapacitní na průtok Q_5 . K drobnému vybřežení do LB před soutokem s Třebůvkou. Při Q_{20} se pouze zvětšuje rozlivy v místě rozlivu při Q_5 . Při Q_{100} už dochází k rozlivům téměř po celém LB a dochází k zaplavení dvou budov. Při Q_{500} je zaplavený celý LB podél toku.

Úsek 10188845_1 (MOV_25-03), Udánecký potok

Koryto je v celém úseku kapacitní na průtok Q_5 . Při Q_{20} dochází k dalším rozlivům před soutokem s Kunčinským potokem u průmyslové zóny. Při Q_{100} se rozlivy u průmyslové zóny zvětšují a dochází k dalším rozlivům proti proudu toku. Při Q_{500} dochází k zaplavení některých domů na LB před průmyslovou zónou.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q_{500}) v řešeném úseku je dotčeno město Moravská Třebová.

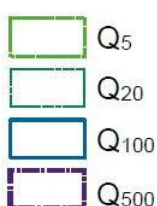
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a svislicová rychlost proudění, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a svislicové 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. 10.

Rozlivy

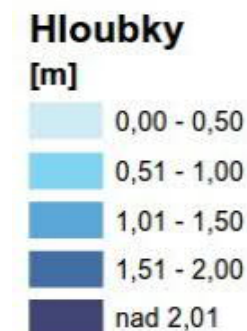


Obr. č. 10 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

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. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 11.

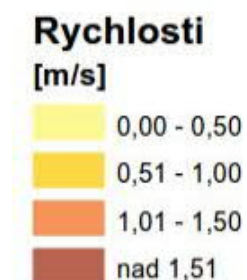


Obr. č. 11 Definice barev a intervalů hloubek

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

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

Rozdělení intervalů svlsicových rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 12.



Obr. č. 12 Definice barev a intervalů svlsicových 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.