

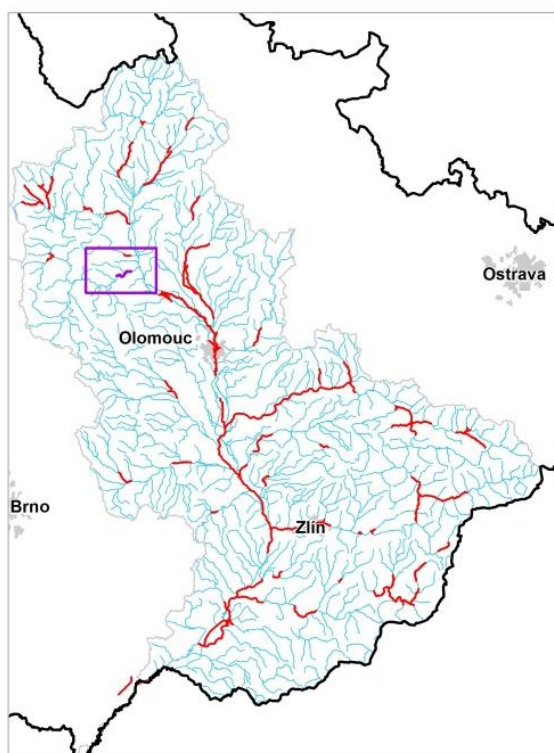


ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

TŘEBŮVKA – 10100070_1 (MOV_24-01) - Ř. KM 2,960 – 7,788



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_1 (MOV_24-01) - Ř. KM 2,960 – 7,788

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

V BRNĚ, ZÁŘÍ 2019

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.....	7
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 hydrodynamická model a kalibrační podklady	13
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů.....	13
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného problému.....	14
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	14
4.3	Způsob zadávání OP a PP	14
5	Popis numerického modelu.....	15
5.1	Použité programové vybavení	15
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	15
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	15
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	16
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek.....	16
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	16
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	16
5.3	Popis kalibrace modelu	17
6	Výsledky.....	18
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	18
6.2	Mapy povodňového nebezpečí.....	20
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	20
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	20
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	21

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	21
-----	---	----

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
1D+	jednorozměrný síťový
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
LB	levý břeh/levobřežní
LG	limnigraf (vodočet)
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
SPA	stupeň povodňové aktivity
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 **Třebůvka – 10100070_1 (MOV_24-01) – ř. km 2,960 – 7,788** 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).

Oproti 1. plánovacímu cyklu nedošlo k žádným změnám, jak v rozsahu řešeného úseku, tak ani v hydrologických datech, ani k zásadním terénním změnám, jak v korytě, tak v inundačním území.

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

Předmětem řešeného území je úsek na toku Třebůvka v km 2,960 – 7,788* (Obr. č. 1). V řešeném úseku je provedena pouze aktualizace map nebezpečí, ohrožení a rizika (Výstupy z modelu převzaty z [19]).

Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100070_1	MOV_24-01	Třebůvka	2,960 – 7,788	4-10-02-116 4-10-02-118

*) Komentář k používané kilometrži toku

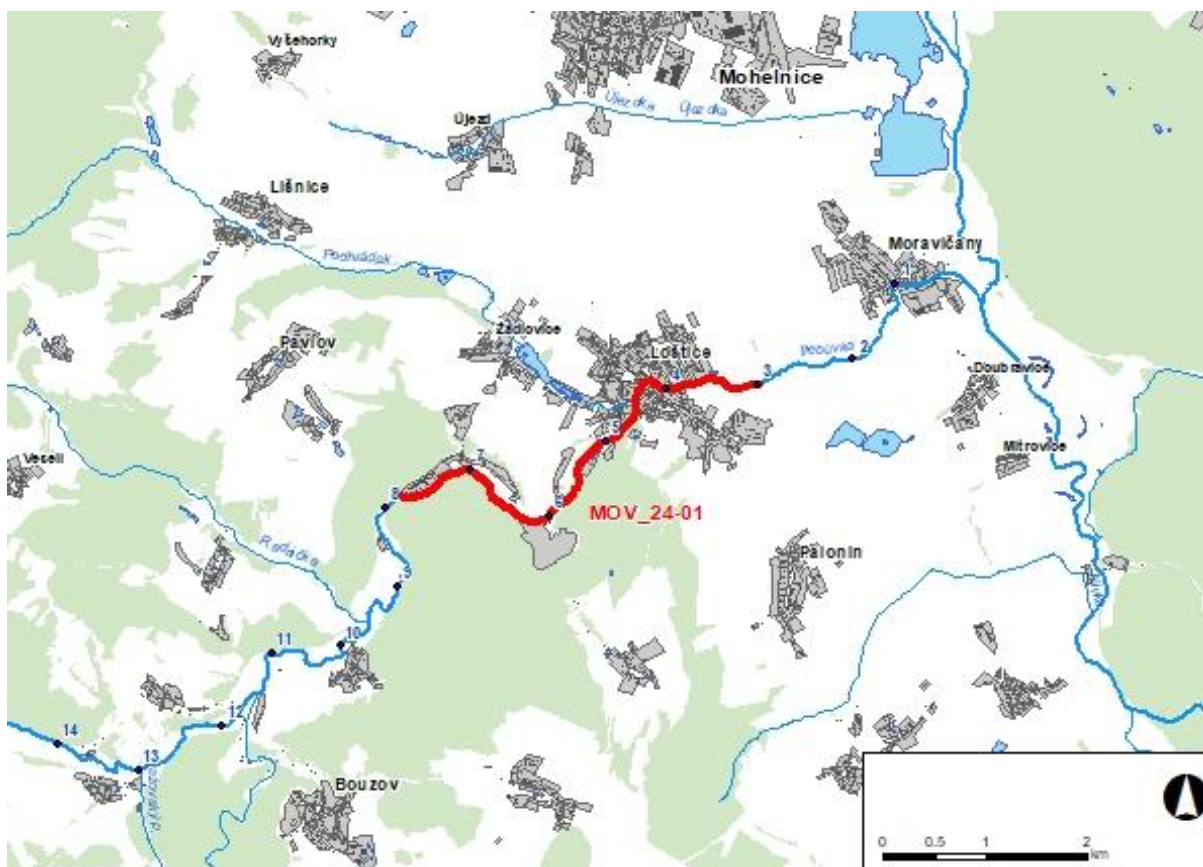
V celém projektu je používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [7].

Při zpracování 1. plánovacího cyklu se kilometráž používaná v názvech úseků lišila s kilometrží používanou v projektu. Do názvu byla uváděna kilometráž, která vycházela z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR).

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

Vodní díla v zájmovém území: Žádlovická retenční nádrž na Podhrádku (lb přítok Třebůvky), Doubravický rybník na PB přítoku Odlehčovacího ramene Třebůvky.

Přítoky Třebůvky v úseku MOV_24-01: LB Podhrádek v km 4,499.



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

2.1 Všeobecné údaje

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 vlévá pod obcí Moravičany do řeky Moravy jako pravobřežní přítok. Tvar povodí je vějířovitý. Celková plocha povodí Třebůvky je 584,57 km². Z hlediska geografického se oblast povodí Třebůvky nachází v přechodném pásmu, kde se projevují jak vlivy kontinentálního klimatu tak vliv oceánského klimatu.

Poněvadž tato oblast má vlivem zasahujícího srážkového stínu poměrně malé srážky (průměrná roční srážka je 628-663 mm), jsou průtoky v řece nízké – průměrný roční průtok ve výustní trati činí 2,38 m³·s⁻¹. Nicméně četnost povodní v povodí Třebůvky je výrazně vyšší než povodní z horního povodí Moravy. Z hlediska geologického je zde zastoupeno krystalinikum, útvar devonský, spodní karbon, perm, sedimenty svrchní křídly, miocén, diluvium a aluviální náplavy charakteru písčitých, štěrkovitých, hlinitých a jílovitých zemin. 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.

V km 1,638 je provedeno odbočení odlehčovacího ramene. Odlehčovací rameno Třebůvky má délku 2,062 km a ústí do Moravy 0,800 km pod ústím Třebůvky. Odlehčovací rameno má jeden PB přítok od Doubravického rybníka.

Úsek 10100070_1 (MOV_24-01), Třebůvka

V řešeném úseku protéká Třebůvka katastrálním územím Loštice. Začátek úseku je pod kamenným jezem v km 7,788. Nad obcí Loštice Třebůvka meandruje v sevřeném údolí. U Loštic už není údolí tak sevřené a může docházet k výraznějším rozlivům do inundace. Především v intravilánu je koryto upravené do tvaru lichoběžníku (jednoduchého v horní části úseku a složeného v dolní části). Zástavba v Lošticích je v bezprostřední blízkosti koryta Třebůvky. Úsek Třebůvky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Protipovodňová ochrana Moravičan

V roce 2012 byla dokončena výstavba protipovodňové ochrany, která má za účel ochránit Moravičany, Doubravice nad Moravou a Loštice před povodňovými průtoky na řekách Třebůvce a Moravě. Konkrétně se jedná o výstavbu protipovodňové hráze kolem Moravičan, poblíž této obce také rozdělovacích a omezovacích objektů na Třebůvce, přestavbu jezu v Lošticích na balvanitý skluz a zvýšení kapacity koryta Třebůvky od jezu v Lošticích směrem k Moravičanům. Účelem rozdělovacího objektu na řece Třebůvce v km 1,618 je zamezit přítoku povodňových průtoků do intravilánu obce Moravičany. Účelem omezovacího objektu na řece Třebůvce v km 0,208 je zamezení zpětného vzduť hladiny řeky Moravy za povodňových průtoků. Účelem zemních hrází je zamezení rozlivu vody z odlehčovacího ramene řeky Třebůvky do intravilánu obce Moravičany v případě povodňových průtoků. Výška hrází odpovídá kótě hladiny při průtocích Q_{100} řeky Třebůvky v odlehčovacím rameni. Hráze jsou navýšeny o půl metru nad kótu této hladiny.

Popis funkce PPO

Rozdělovací objekt je umístěn pod obcí Moravičany pod odbočením stávajícího odlehčovacího koryta a jeho funkcí je uzavření koryta Třebůvky a tím zamezení povodňových průtoků do intravilánu obce Moravičany. Postupné uzavírání rozdělovacího objektu započne při průtoku převyšujícím $Q_1 = 30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Povodňové průtoky jsou následně převáděny odlehčovacím korytem vedeným po obvodu intravilánu Moravičan a který je zaústěn do bývalého ramene řeky Moravy pod obcí. Při běžném provozu, to je při průtocích Q_{Md} až do průtoku Q_1 , bude hradící prvek rozdělovacího objektu vyhrazen a při zvyšování hladiny nad Q_1 bude postupně zahrazován až do úplného zahrazení.

Omezovací objekt je umístěn v korytě Třebůvky pod zástavbou obce Moravičany a jeho funkcí je zahrazení koryta Třebůvky při povodňových průtocích v řece Moravě a tím zamezení zpětného vzduť povodňových průtoků řeky Moravy do intravilánu obce Moravičany. Manipulace na tomto objektu jsou výhradně závislé na manipulaci na rozdělovacím objektu. K zahrazení omezovacího objektu se smí přikročit pouze, jeli zahrazen rozdělovací objekt. Hladina od řeky Moravy, při které se bude rozdělovací a následně omezovací objekt zavírat je při dosažení 3. stupně povodňové aktivity (SPA) na limnigrafu, který je umístěn nad soutokem Třebůvky s Moravou (lg. Moravičany). Úroveň hladiny odpovídající 3. SPA v profilu omezovacího objektu je na kótě 246,50 m n. m.

Oba objekty jsou navázány na navržené ochranné zemní hráze, které jsou součástí PPO řešených v této stavbě. Hradícím prvkem u obou objektů je stavidlová tabule šířky 10 m, která navazuje na nornou železobetonovou stěnu a která v horní části přechází v lávku vedenou přes objekt. U každého objektu je technologický domek, kde jsou umístěny elektrorozvodné skříně a doprovodná zařízení pro ovládání a signalizaci a je zde umístěn náhradní zdroj – dieselaagregát. Součástí každého objektu je i zařízení pro sledování úrovně vody v řece Třebůvce, na které je napojena automatická manipulace objektů.

Ochranné hráze jsou navrženy jako homogenní s šířkou koruny hráze 3,5 m a sklony svahů 1:3. Koruna hrází bude pojezdná, se zpevněnou cestou na koruně. Zpevněná cesta je navržena v šířce 3,0 m a nosnosti 25 t.

Při zahrazení obou objektů může docházet k akumulaci tzv. vnitřní vody a vod z oblasti nad obcí Moravičany v místě omezovacího objektu. Tento problém je řešen použitím výkonných mobilních čerpadel, kterými je voda přečerpávána do toku pod omezovací objekt.



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 Loštice, v obci Loštice, je datována k červenci 1997. Dne 8. 7. 1997 bylo v obci Loštice dosaženo $106 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tj. průtok cca Q_{20} . V dávnější historii byly zaznamenány povodně v roce 1947 (průtok cca Q_{100}), 1941 (průtok cca Q_{20}), 1938 (průtok cca Q_{50}), 1937 (průtok cca Q_{10}), 1933 (průtok cca Q_{10}), 1930 (průtok cca Q_{15}), 1926 (průtok cca Q_{20}).



Obr. č. 3 Letecký snímek za povodně 1997 v Lošticích

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.: 11000566, 11000568, 11000570, 11000572, 11020566, 11020568, 11020570, 11020572, 11040566, 11040568, 11040570, 11040572. 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 koryta Třebůvky, Geodis spol.s.r.o., Brno, 2000.
- [7] Studie odtokových poměrů – Třebůvka km 0,000 – 45,472, Povodí Moravy, s.p., útvar hydroinformatiky, Brno, 06/2003, aktualizace 2010, 2012.
- [8] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 11/2018.
- [9] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu listopadu 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] Studie ochrany před povodněmi na území Olomouckého kraje, Pöyry Environment a.s., Brno, 03/2007.
- [13] Koncepce protipovodňové ochrany Pardubického kraje, Hydroprojekt CZ a.s., 11/2006.
- [14] Generel protipovodňových opatření v povodí Moravy, Povodí Moravy, s.p., 1998.
- [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, březen 2019.
- [18] Evidenční list hlásného profilu č. 314, řeka Třebůvka, lim. stanice Loštice. Aktualizace březen 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] Numerický 1D+ model Třebůvky v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2003.
- [21] 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 řády vodních děl na vodních tocích.
- [VIII] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [IX] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [X] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [XI] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [XII] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [XIII] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [XIV] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., 03/2012.
- [XV] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011.
- [XVI] Předběžné vyhodnocení povodňových rizik v České republice 2011. Implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik (verze 5.0). Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 16. 3. 2012). Praha. 12/2011.

- [XVII] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., aktualizace 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

Digitální model terénu (DMT) byl aktualizován s použitím programů ESRI Arc GIS Version 10.5 (nastavba 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]. 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 [6] bylo provedeno v roce 2000 v rámci zpracování studie odtokových poměrů [7]. Zaměření provedla firma Geodis spol. s r.o., Brno. 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. 3 jsou uvedena hydrologická data. Data byla ověřena u ČHMÚ koncem roku 2018 [8]. Hodnoty průtoků nedoznaly významných změn oproti hodnotám použitým pro výpočet v [19].

Tab. č. 3 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 – Loštice vodočet	30.11.2018	4,2	71	110	157	215	I.

Tab. č. 4 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 – Loštice vodočet	2013	4,2	71,6	110	158	220	II.

3.5 Místní šetření

V rámci zpracování 2. plánovacího cyklu bylo provedeno místní šetření v březnu 2019 [10]. Toto šetření proběhlo na celém řešeném úseku včetně inundačního území. Tímto byla prověřena aktuálnost terénu a koryta zjištěná terénním průzkumem z 1. plánovacího cyklu z roku 2012, které provedla firma Pöyry Environment a.s. [9]. Oproti průzkumu z 1. plánovacího cyklu nebyly zjištěny žádné změny v korytě ani v inundačním 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 inundačním území.

3.6 Stávající hydrodynamická model a kalibrační podklady

Numerický jednorozměrný síťový (1D+) model Třebůvky a jejího odlehčovacího ramena v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2003 (Třebůvka) a aktualizován v roce 2012 po provedení PPO Moravičany (Morava). Model sloužil pro zpracování Třebůvka SOP [12]. 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 bylo simulováno ustálené nerovnoměrné proudění s využitím okrajových podmínek při kulminaci 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 stavu (zjištěné z terénního průzkumu) a výchozího modelu byly zohledněny.

Údaje z měrné křivky na limnigrafu Loštice a povodně v letech 1986, 1987 a 1997 byly použity pro kalibraci.

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 řešených toků. 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 zpracoval Geodis spol. s r.o., Brno v roce 2000.

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 listopadu 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.

Podkladem pro vyhodnocení byly výsledky ze stávajícího numerického 1D+ modelu Třebůvky [20] zahrnujícího zájmový úsek v programu MIKE 11, který byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2003.

Podkladovými kalibračními daty jsou údaje z měrné křivky na limnigrafu Loštice [18] a povodně v letech 1986, 1987 a 1997.

4 Popis koncepčního modelu

Řešený úsek Třebůvky nebyl nově modelován, byla pouze provedena aktualizace DMT pro stávající model provedený v [19] společností Pöyry Environment a.s. ve spolupráci s Povodím Moravy s.p. v roce 2013. Řešený úsek toku byl schematizován 1D+ modelem. Výpočet průběhu hladin byl proveden výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu MIKE 11 [21]. Hydrodynamický model vymezeného úseku byl sestaven v rámci podkladu [19] a to v rozsahu řešeného území.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schematizace řešeného úseku Třebůvky je popsána v podkladu [19]. Vzhledem k tomu, že v řešeném úseku nedošlo k významným změnám, které by vedly ke změně výpočtového modelu, nebyl úsek počítán a výstupy z modelu jsou převzaty z předchozího plánovacího cyklu [19].

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výpočet hladin je proveden metodou ustáleného nerovnoměrného proudění a ve výpočtu jsou tedy uvažovány konstantní hodnoty N-letých průtoků dodané ČHMÚ (viz [19]).

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Zadání OP a PP v modelu je popsáno v podkladu [19].

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet hladin byl proveden výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu MIKE 11, vyvinutým Dánským hydraulickým institutem pro výpočet jednorozměrného proudění ve větvené síti. Výpočet byl proveden v rámci zpracování 1. plánovacího cyklu [19]. MIKE 11 je komplexní jednorozměrný numerický model pro simulaci proudění v otevřených korytech a inundačních územích a srážko-odtokových jevů. Výpočtové rovnice matematického modelu jsou uvedeny v manuálu [21], který je k dispozici u zhotovitele.

Matematickým modelem byly popsány průtoky vlastním korytem Třebůvky včetně souvisejících inundačních území a veškerých objektů na toku.

Popis numerického modelu řešeného úseku je dostupný v podkladu [19].

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu byla data z geodetického pozemního měření [6], které vstupují do modelu jako příčné profily. Tyto příčné profily jsou dle potřeby doplněny dle údajů z DMR 5G [1]. Horní okrajovou podmínkou byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} , a Q_{500} v Třebůvce a Moravě dodaných ČHMÚ pro [19]. Konzumní křivka pod zaústěním odlehčovacího ramene Třebůvky do Moravy je dolní okrajovou podmínkou. Pro stanovení součinitele drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace [9, 10] pořízená při terénním průzkumu, který proběhl v rámci zpracování 1. plánovacího cyklu v r. 2012 [9] a 2. plánovacího cyklu v r. 2019 [10].

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového modelu byly zahrnuty veškeré objekty na toku (viz Tab. č. 5). V zájmovém území bylo na Třebůvce zaměřeno 56 příčných profilů, které vystihují morfologii koryta, přilehlého inundačního území a veškeré důležité objekty na toku. Manipulace na objektech je uvažována tak, že při povodňových průtocích jsou uzávěry vyhrazeny.

Mosty, lávky, stupně a další příčné objekty byly schematizovány obvyklými postupy pro 1D hydrodynamické modely. Příčné řezy objektů respektují údaje ze zaměření. Koeficienty přepadu a další potřebné parametry byly voleny individuálně pro každý konkrétní objekt. Mostní objekty byly řešeny rovnicí energie, přičemž koeficienty kontrakce a expanze byly zpravidla voleny na úrovni hodnoty 0,3 a 0,5.

Tab. č. 5 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_24-01, Třebůvka, km 2,960 – 7,788

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
2,960	betonový dálniční most		Loštice – R35
3,014	zaústění odvodňovacího koryta		Loštice
3,105	přechod plynu		Loštice
3,489	výust DN 200 mm		Loštice
3,836	výust DN 800 mm		Loštice
3,864	betonový jez		Loštice
3,868	odtok a stavidlo		Loštice
3,970	výust DN 800 mm		Loštice
3,978	dřevěná lávka		Loštice
4,268	betonový most		Loštice

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
4,357	stupeň z kulatiny		Loštice
4,495	dřevěná lávka		Loštice
4,499	zaústění potoka Podhrádek		Loštice
4,886	dřevěná lávka		Loštice
5,001	betonový most		Loštice
5,973	zaústění náhonu		Loštice
5,981	zaústění přítoku		Loštice
6,374	dřevěná lávka		Vlčice
6,550	zaústění odlehčení z náhonu		Vlčice
6,885	dřevěná lávka		Vlčice
7,024	kamenný jez		Vlčice
7,024	odbočení náhonu se stavidly		Vlčice
7,088	zaústění náhonu		Vlčice
7,788	dřevěný jez s kamenným skluzem		Vlčice

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Popis hodnot součinitelů drsnosti pro úsek MOV_24 je dostupný v podkladu [19].

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Hodnoty OP v řešeném úseku jsou detailně popsány v podkladu [19].

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Pro výpočet ustáleného proudění se počáteční podmínky nezadávají.

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. Doplněné pozemní zaměření koryta je provedeno v příčných řezech v průměrné vzájemné vzdálenosti 150 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. 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

Popis kalibrace je dostupný v podkladu [19].

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Základními výstupy z 1D modelů jsou úrovně hladin a bodové hodnoty průřezových rychlostí v příčných profilech pro jednotlivé povodňové scénáře. Úrovně hladin jsou tabelárně znázorněny v Tab. č. 6.

Na základě znalosti úrovně hladin v jednotlivých příčných profilech byly do map vyneseny čáry rozlivů pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Z úrovní hladin v jednotlivých profilech byly v prostředí programu ArcGIS vytvořeny rastry úrovně hladin pro jednotlivé povodňové scénáře. Za použití rastrů úrovně hladin a rastru DMT byly vytvořeny rastry hloubek. Mapy povodňového nebezpečí znázorňují pro jednotlivé povodňové scénáře hloubky pomocí rastru a bodové hodnoty průřezových rychlostí.

Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map rozlivů a map povodňového nebezpečí.

Tab. č. 6 Psaný podélný profil pro úsek MOV_24-01, Třebůvka, km 2,960 – 7,788

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:				Poznámka
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	
23	2,937	252,37	252,84	253,15	253,36	
-	2,960	252,44	252,94	253,28	253,54	betonový dálniční most
24	2,976	252,46	252,96	253,31	253,58	
-	3,014	252,49	253,02	253,37	253,66	zaústění odvodňovacího koryta
25	3,023	252,50	253,06	253,41	253,70	
26	3,078	252,64	253,13	253,44	253,71	
27	3,105	252,69	253,18	253,50	253,78	přechod plynu
28	3,130	252,73	253,23	253,54	253,82	
29	3,200	252,83	253,36	253,70	254,01	
30	3,401	253,22	253,80	254,18	254,44	
-	3,489	253,34	253,89	254,29	254,62	výúst DN 200 mm
31	3,520	253,45	254,04	254,46	254,79	
32	3,710	254,11	254,73	255,00	255,22	
-	3,836	254,44	255,05	255,34	255,59	výúst DN 800 mm
33	3,846	254,47	255,08	255,37	255,62	
34	3,864	255,40	256,06	256,68	257,20	
-	3,868	255,40	256,06	256,68	257,20	odtok a stavidlo
35	3,895	255,41	256,06	256,68	257,20	
36	3,953	255,43	256,09	256,71	257,24	
-	3,970	255,46	256,10	256,73	257,34	výúst DN 800 mm
37	3,978	255,46	256,10	256,74	257,41	dřevěná lávka
38	4,006	255,50	256,15	256,80	257,49	
39	4,132	255,67	256,33	256,92	257,59	
40	4,244	255,87	256,51	257,01	257,63	
41	4,268	255,91	256,57	257,10	257,76	betonový most
42	4,338	255,94	256,60	257,13	257,80	
43	4,357	255,99	256,67	257,26	258,14	stupeň z kulatiny
44	4,374	256,00	256,68	257,27	258,14	

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)
B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:				Poznámka
		Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	
45	4,467	256,09	256,75	257,32	258,15	
46	4,495	256,15	257,01	257,72	258,59	dřevěná lávka
-	4,499	256,18	257,01	257,72	258,59	zaústění potoka Podhrádek
47	4,520	256,18	257,01	257,72	258,59	
48	4,736	256,43	257,22	257,94	258,79	
49	4,871	256,78	257,48	258,14	258,93	
-	4,886	257,04	257,65	258,30	259,18	dřevěná lávka
50	4,890	257,08	257,67	258,32	259,21	
51	4,914	257,09	257,67	258,32	259,21	
52	4,970	257,18	257,76	258,39	259,23	
53	5,001	257,18	257,76	258,39	259,23	betonový most
54	5,056	257,24	257,83	258,39	259,23	
55	5,255	257,66	258,30	258,83	259,39	
56	5,380	258,00	258,58	259,05	259,56	
57	5,553	258,56	259,06	259,45	259,87	
58	5,647	258,86	259,31	259,72	260,14	
59	5,770	259,03	259,45	259,83	260,24	
60	5,955	259,36	259,83	260,30	260,79	
61	5,973	259,44	259,96	260,44	260,87	zaústění náhonu
-	5,981	259,45	259,97	260,45	260,88	zaústění přítoku
62	6,143	259,84	260,44	260,97	261,43	
63	6,360	260,69	261,20	261,65	262,06	
64	6,374	261,17	262,12	263,02	263,93	dřevěná lávka
65	6,385	261,31	262,29	263,23	264,17	
66	6,534	261,41	262,32	263,24	264,18	
-	6,550	261,42	262,32	263,24	264,18	zaústění odlehčení z náhonu
67	6,582	261,43	262,32	263,24	264,18	
68	6,752	261,66	262,47	263,32	264,22	
69	6,875	261,93	262,63	263,41	264,25	
70	6,885	262,17	262,98	263,79	264,66	dřevěná lávka
71	6,936	262,42	263,21	263,99	264,85	
72	7,002	262,51	263,26	264,02	264,92	
73	7,024	262,62	263,35	264,21	265,25	kamenný jez
74	7,030	262,62	263,35	264,21	265,25	
75	7,086	262,69	263,40	264,23	265,26	
-	7,088	262,70	263,40	264,23	265,26	zaústění náhonu
76	7,114	262,70	263,40	264,23	265,26	
77	7,229	262,89	263,48	264,23	265,33	
78	7,342	263,06	263,58	264,28	265,33	
79	7,515	263,39	263,93	264,58	265,34	
80	7,653	263,85	264,46	265,10	265,75	
81	7,763	264,16	264,82	265,43	266,00	
82	7,788	264,23	264,86	265,45	266,01	dřevěný jez s kam. skluzem

Úsek MOV_24-01 Třebůvka, km 2,960 – 7,788

Koryto Třebůvky v daném úseku není kapacitní při průtoku Q_5 . V intravilánu města voda zaplavuje ČOV na LB v blízkosti kamenolomu, níže po toku se voda rozlévá do LB. V centru města voda zůstává v korytě toku. Při Q_{20} jsou již zaplavovány objekty v Lošticích, zejména na PB. Na LB voda dosahuje k základní škole. Při vyšších průtocích je zaplavováno rozsáhlé území nad i pod mostem ulice Olomoucká. Široké rozlivy jsou především nad křížením dálnice D35.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q_{500}) je dotčena obec Loštice v úseku MOV_24-01.

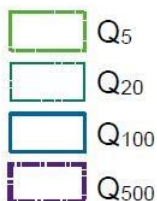
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a průřezová rychlost proudění, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky mají podobu rastru, průřezové rychlosti jsou popsány bodovými hodnotami. 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. Šířka rozlivu byla určena vytvořením rastru vypočtených hladin, od kterého se následně odečetl aktualizovaný DMT. Vše bylo provedeno v prostředí ArcGIS. Takto získané záplavové čáry byly poté ručně upravovány na základě znalostí o vrstevnicích, příp. znalostí získaných během terénní pochůzky.

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. 4.

Rozlivy



Obr. č. 4 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

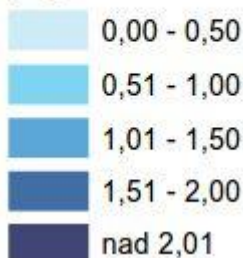
6.2.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Hloubky vody z numerického programu jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Rastry hloubek byly vytvořeny na základě znalostí úrovně hladin v jednotlivých profilech, ze kterých byly vytvořeny rastry úrovně hladin. Následným odečtením rastrů úrovně hladin a rastru DMT (včetně ořezání dle záplavových čar) byly vytvořeny rastry hloubek.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 5.

Hloubky

[m]



Obr. č. 5 Definice barev a intervalů hloubek

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

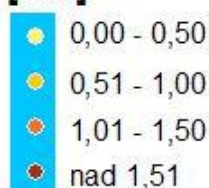
Průřezové rychlosti jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky jako bodové hodnoty, a to vždy pro části profilu tvořené vlastním korytem toku a pravobřežní resp. levobřežní inundací.

Rychlosti v tomto úseku je možno rozdělit na rychlosti v korytě a mimo koryto. V korytě jsou hodnoty rychlostí v rozmezí $1,0 - 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, místně až $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Hodnoty rychlostí se v inundaci pohybují do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Rozdělení intervalů rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 6.

Rychlosti

[m/s]



Obr. č. 6 Definice barev a intervalů průřezových 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.

Vzhledem k tomu, že v rámci zpracování 2. plánovacího cyklu nebyl v řešeném úseku MOV_24-01 Třebůvka měněn hydrodynamický model, není řešen ani posudek hydrodynamického modelu. Ten je platný z roku 2013 v podkladu [19].