



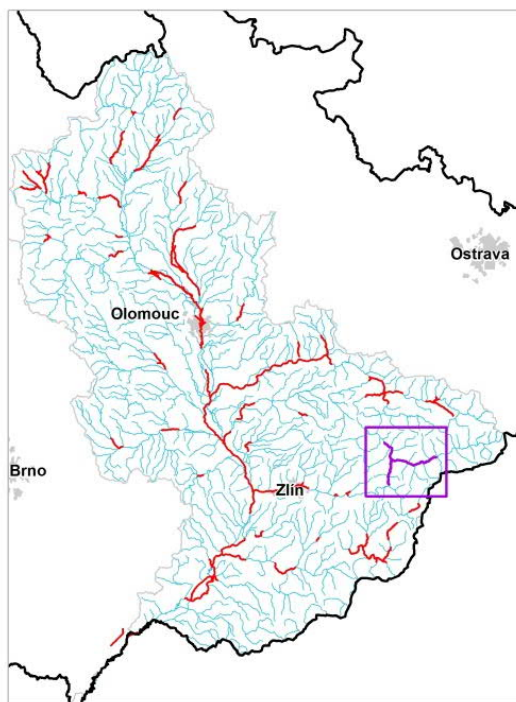
ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VSETÍNSKÁ BEČVA – 10100047_2 (MOV_17-01) - Ř. KM 78,966 – 97,931

SENICE – 10100152_1 (MOV_17-02) - Ř. KM 0,000 – 7,934



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

VSETÍNSKÁ BEČVA – 10100047_2 (MOV_17-01) - Ř. KM 78,966 – 97,931

SENICE – 10100152_1 (MOV_17-02) - Ř. KM 0,000 – 7,934

Pořizovatel:



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

Zhotovitel:



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

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)	10
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	13
3.5	Místní šetření	13
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	14
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	14
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	17
5	Popis numerického modelu	20
5.1	Použité programové vybavení	20
5.2	Vstupní data numerického modelu	20
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	20
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	22
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	23
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	26
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	27
5.3	Popis kalibrace modelu	27
6	Výsledky	30
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	30
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	30
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	30
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	31
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	31

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	31
-----	---	----

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
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 Vsetínská Bečva – 10100047_2 (MOV_17-01) – ř. km 78,966 – 97,931, Senice – 10100152_1 (MOV_17-02) – ř. km 0,000 – 7,934 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-64	MOV_17-01	Vsetínská Bečva	18,965	úsek prodloužen cca o 12,772 km
PM-65	MOV_17-02	Senice	7,934	beze změn

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování a metoda řešení byly:

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

Výchozím podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a následnou rizikovou analýzu jsou hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavového území zpracované na Povodí Moravy, s.p. [14], [15] a také výstupy z 1. plánovacího cyklu zpracované firmou Pöyry Environment a.s. v r. 2013 [22].

2 Popis zájmového území

Zájmové území v této práci je tvořeno soutokem Vsetínské Bečvy a Senice. V rámci stanovení map povodňového nebezpečí je pro celý úsek sestaven zcela nový hydrodynamický model.

- MOV_17-01 Vsetínská Bečva:
 - celý úsek - celý nový model
- MOV_17-02 Senice:
 - celý úsek – celý nový model

Předmětem řešeného území je úsek na toku Vsetínská Bečva v km 78,966 – 97,931 a Senice v km 0,000 – 7,934* (Obr. č. 1).

Tab. č. 3 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100047_2	MOV_17-01	Vsetínská Bečva	78,966 – 97,931	4-11-01-029 4-11-01-031 4-11-01-033 4-11-01-037 4-11-01-039 4-11-01-041 4-11-01-047 4-11-01-059 4-11-01-065 4-11-01-0691
10100152_1	MOV_17-02	Senice	0,000 – 7,934	4-11-01-054 4-11-01-056 4-11-01-058

*) Komentář k používané kilometrži toku

V celém projektu je používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [14] a [15].

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). V Tab. č. 4 je uvedeno srovnání staničení dle PVPR a dle geodetického zaměření [6], [7] a [8], které je používáno v celém projektu. Úsek Vsetínské Bečvy byl prodloužen nahoře i dole.

Tab. č. 4 Srovnání staničení

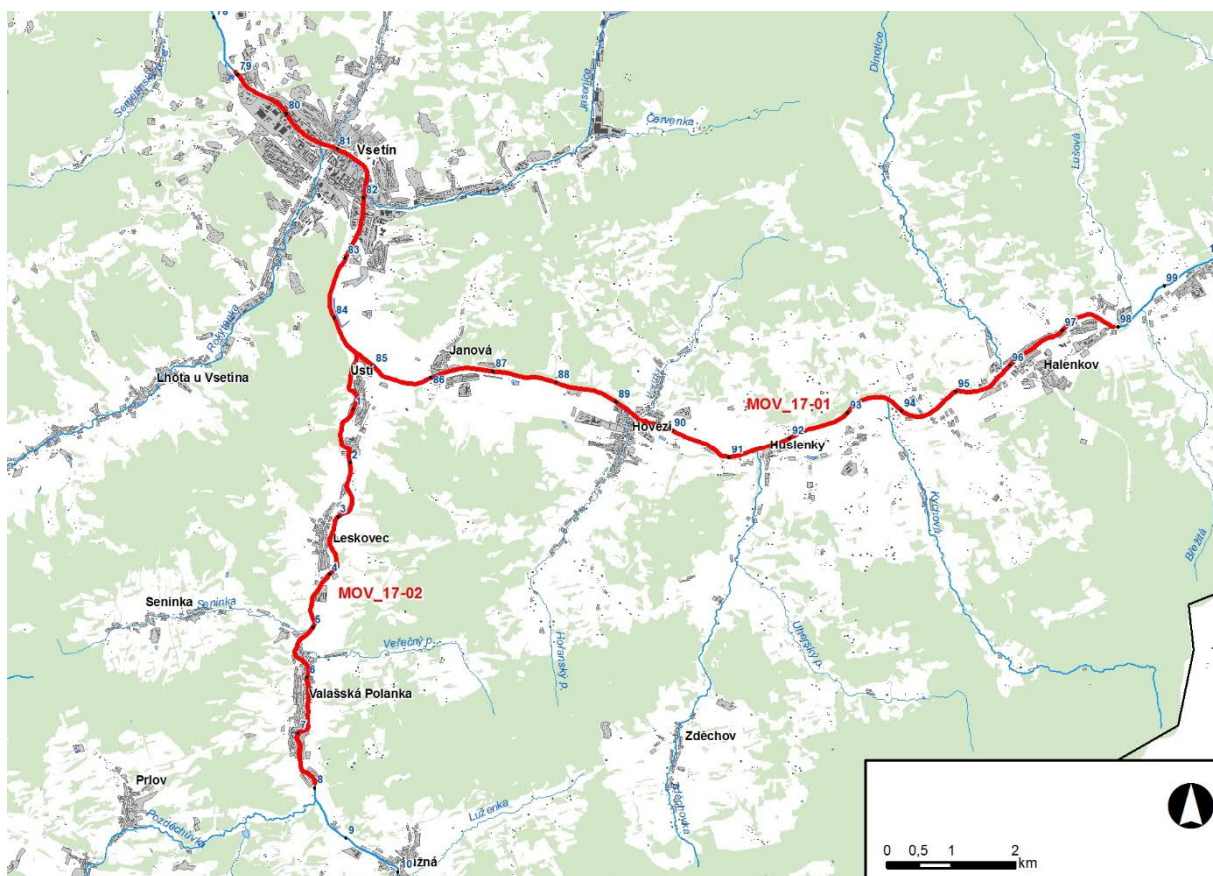
Tok	Staničení dle PVPR	Staničení používané v projektu
Senice	0,000 – 7,786	0,000 – 7,934

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE) [12], [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 Vsetínské Bečvy je vybudována vodní nádrž Karolínka na řece Stanovnice.

V zájmovém úseku Vsetínské Bečvy jsou významnými přítoky - LB přítok Rokytenka v km 80,712, PB přítok Jasenka v km 80,910, PB přítok Jasenice v km 81,919, LB přítok Senice v km 84,656, LB přítok Hořanský potok v km 89,190, PB přítok Hovízky v km 89,458, LB přítok Zděchovka v km 91,404, LB přítok Kychová v km 93,681, PB přítok Dinotice v km 95,864.

V zájmovém úseku toku Senice jsou významnými přítoky Veřejný potok a Seninka.



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

2.1 Všeobecné údaje

Vsetínská Bečva

Vsetínská Bečva se nachází ve Zlínském kraji, jedná se o větší ze dvou zdrojnic řeky Bečvy. Délka toku je 58,8 km. Plocha povodí měří 734,1 km². Řeka pramení v pohoří Vsetínské vrchy - Beskydy pod vrchem Čarták (952 m n. m.) v nadmořské výšce 910 m. Její tok směřuje nejprve jihozápadním směrem. Protéká obcemi Velké Karlovice, Karolinka, kde přibírá stejnojmenný potok z vodní nádrže Stanovnice v nadmořské výšce 472 m n. m., Nový Hrozenkov a Halenkov. Od Huslenek teče na západ a protéká obcemi Hovězí, Janová a Ústí u Vsetína. Pod ústím říčky Senice (354 m n. m.) se její tok obrací k severu. Protéká územím města Vsetína, kde přijímá zprava Jasenici (343 m n. m.), zleva Rokytnku (341 m n. m.). Dále přibírá ještě zleva Smetínský potok (332 m n. m.) a Ratibořku u Jablůnky (324 m n. m.) a zprava v obci Bystřička stejnojmennou říčku (304 m n. m.). Severní směr si řeka udržuje až k soutoku s Rožnovskou Bečvou ve Valašském Meziříčí v nadmořské výšce 288 m, odkud jejich společný tok nese označení Bečva.

Úsek 10100047_2 (MOV_17-01), Vsetínská Bečva

V řešeném úseku protéká Vsetínská Bečva katastrálními územími Halenkov, Huslenky, Hovězí, Janová, Ústí u Vsetína, Vsetín a Rokytnice u Vsetína. Začátek úseku je nad zástavbou obce Halenkov u jezu v km 97,931, konec úseku je na konci Vsetína u silničního mostu v ČOVky. Tok je v tomto úseku zregulovaný, trasa napřímená. Příčný profil koryta je lichoběžníkový s břehy zpevněnými kamenným záhozem. Zástavba v přímé blízkosti toku je v obcích Halenkov, Huslenky, Hovězí, Janová a Ústí u Vsetína. V zájmovém území je 13 mostů a 10 lávek pro pěší. Úsek Vsetínské Bečvy v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.

Senice

Vodní tok Senice pramení na jižní straně Vsackých Javorníků pod horou Makytou v nadmořské výšce 922 m n. m. Odtud pak teče jihozápadním směrem až k obci Horní Lideč, kde mění směr téměř na sever, za obcí Lidečkem se obrací směrem severozápadním a od obce Valašská Polanka směřuje opět k severu. Do Vsetínské Bečvy se vlévá

u obce Ústí u Vsetína v nadmořské výšce 353 m n. m. Délka toku je 31,5 km. Senice má velmi nepravidelný tvar, lesní porosty tvoří asi 50 % celkové plochy, zbytek tvoří pastviny, pole a zastavěná plocha. Geologicky náleží povodí do třetihorního flyše, v němž karpatský pískovec, prostoupený břidlicí vytváří půdy slinito – jílové, které jsou málo propustné a na prudkých svazích náchylné k tvorbě strží a v samotném korytě i nátrží. Pobřežní pozemky jsou tvořeny inundačními náplavami, jež podléhají erozi. Dno a břehy koryta tvoří splavitelný štěrk.

Úsek 10100152_1 (MOV_17-02), Senice

V řešeném úseku protéká Senice katastrálními územími Leskovec, Ústí u Vsetína a Valašská Polanka. Horní konec úseku je nad zástavbou Valašské Polanky u lávky v km 7,934, dolní konec je v ústí Senice do Vsetínské Bečvy. Na začátku úseku (po toku) má koryto Senice tvar jednoduchého lichoběžníku. Břehy jsou zarostlé keři a stromy, místy jsou traviny pravidelně sečené. Od lávky v km 6,88 po most v km 2,368 má koryto neupravený tvar, místy je v korytě řada nánosů a nátrží. Paty svahu koryta jsou zpevněny kamenným záhozem. Ve spodním úseku má koryto tvar jednoduchého nepravidelného lichoběžníku. Levý i pravý břeh je zarostlý travou a buřinou. V zájmovém území je dvanáct mostů a dvě lávky pro pěší. Úsek Senice v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s. p.



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Moravy a přítoků Váhu dle [16]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Největší zaznamenaná povodeň v novodobé historii na řece Senice v limnigrafické stanici Ústí (km 0,90) v obci Ústí, je datována k červenci 1997. http://www.vesmir.cz/files/obr/nazev/2010_376_07.jpg/type/html Ke kulminaci došlo 8. 7. 1997 a limnigraf Ústí zaznamenal vodní stav 313 cm [20], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu 289 cm byla v červnu 2010. III. stupeň povodňové aktivity (ohrožení) je vyhlášován při vodním stavu 270 cm, tj. $73,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a je větší než Q_5 [20].

K dalším významným povodním v novodobé historii došlo v září 1996 (vodní stav 279 cm), v březnu 1999 (vodní stav 243 cm), v červenci 2001 (vodní stav 236 cm), v říjnu 1998 (vodní stav 235 cm) a v březnu 1993 (vodní stav 231 cm) [20].

Povodně v dávnější historii nebyly v tomto hlásném profilu zaznamenány.

Největší zaznamenaná povodeň v novodobé historii na řece Vsetínská Bečva v limnigrafické stanici Vsetín (km 80,25), ve městě Vsetín, je datována k červenci 1997. http://www.vesmir.cz/files/obr/nazev/2010_376_07.jpg/type/html Ke kulminaci došlo 7. 7. 1997 a limnigraf Vsetín zaznamenal vodní stav 444 cm [21], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu 440 cm byla v červnu 1987. III. stupeň povodňové aktivity (ohrožení) je vyhlášován při vodním stavu 400 cm, tj. $249 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a je větší než Q_5 [21].

K dalším významným povodním v novodobé historii došlo v červenci 1970 (vodní stav 420 cm), v červenci 1960 (vodní stav 410 cm), v lednu 1974 (vodní stav 374 cm) a v únoru 1966 (vodní stav 350 cm) [21].

V dávnější historii byly zaznamenány povodně v červenci 1919 (vodní stav 490 cm), v srpnu 1925 (vodní stav 460 cm), v lednu 1920 (vodní stav 450 cm), v říjnu 1930 (vodní stav 408 cm), v červenci 1939 (vodní stav 407 cm), v březnu 1908 (vodní stav 379 cm) a v dubnu 1931 (vodní stav 361 cm) [21].



Obr. č. 3 Povodeň 2010 – Valašská Polanka



Obr. č. 4 Povodeň 2010 – Valašská Polanka

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.: 11520492, 11520494, 11520496, 11520498, 11540480, 11540482, 11540484, 11540486, 11540488, 11540490, 11540492, 11540494, 11540496, 11540498, 11560480, 11560482, 11560484, 11560486, 11560488, 11560490, 11560492, 11560494, 11560496, 11560498, 11580480, 11580482, 11580484, 11580486, 11580488, 11580490, 11580492, 11580494, 11580496, 11580498, 11600480, 11600482, 11600484, 11600486, 11600488, 11600490, 11600492, 11600494, 11600496, 11600498, 11620492, 11620494, 11620496, 11620498, 11640492, 11640494, 11640496, 11640498, 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 Vsetínské Bečvy, DD plus v.o.s., Brno, 09/2003.
- [7] Geodetické zaměření Senice, Povodí Moravy, s.p., útvar geodézie, 1994.
- [8] Geodetické kontrolní doměření Senice, CAD-PRO spol. s.r.o., Valašské Meziříčí, 2004.
- [9] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 12/2018.
- [10] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu listopadu 2012. Pöyry Environment a.s., Brno.
- [11] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu března 2019. AQUATIS a.s., Brno.
- [12] Technicko provozní evidence toků – TPE Vsetínská Bečva, Povodí Moravy, s.p.,
- [13] Technicko provozní evidence toků – TPE Senice, Povodí Moravy, s.p., Brno.
- [14] Záplavové území Vsetínské Bečvy km 65,200 – km 118,600, Povodí Moravy, s.p., 11/2003.
- [15] Studie záplavového území Senice, km 0,000 – km 27,000, Povodí Moravy, s.p., Brno, 12/2004.
- [16] Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu, AQUATIS a.s., 2016.
- [17] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [18] www.pmo.cz, Stavy a průtoky na vodních tocích, březen 2019.
- [19] Studie ochrany před povodněmi na území Zlínského kraje, Hydroprojekt CZ a.s., 08/2007.
- [20] Evidenční list hlásného profilu č. 321, řeka Senice, lim. stanice Ústí. Aktualizace březen 2019.
- [21] Evidenční list hlásného profilu č. 322, řeka Vsetínská Bečva, lim. stanice Vsetín. Aktualizace březen 2019.
- [22] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, Pöyry Environment a.s., Brno, 07/2013.
- [23] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User's Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [24] Numerický 1D+ model Vsetínské Bečvy v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2003.
- [25] Numerický 1D+ model Senice v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2004.
- [26] 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 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

V rámci řešeného úseku byl vytvořen digitální model terénu (DMT) pro soutok Vsetínské Bečvy a Senice. 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], [7] a [8]. 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 Vsetínské Bečvy [6], technických objektů, příčných profilů koryta a údolnicových profilů provedla firma DD plus v.o.s., Brno v září roku 2003. Zaměření je v polohopisném systému S-JTSK, výškopisném systému Balt po vyrovnání. Zaměření bylo provedeno od limnigrafu Jarcová a jeho kilometráž byla vztažena k limnigrafu Jarcová km 65,275.

Geodetické zaměření Senice, příčné profily po cca 150 m, původní z roku 1994, provedl a zpracoval útvar geodézie Povodí Moravy, s.p. [7]. Zaměření kontrolních profilů, objektů a nového podélného profilu provedla firma CAD-PRO spol.s r.o., Valašské Meziříčí v roce 2004 [8]. 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 předchozím hodnotám používaným pro model [24] a [25]. Nově byly pořízeny hodnoty pro profil Vsetínská Bečva pod Lušovou.

Tab. č. 5 Aktuální N-leté průtoky (Q_N) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [9]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Vsetínská Bečva – pod Lušovou	13.12.2018	98,4	129	190	266	360	II.
Vsetínská Bečva – nad Zděchovkou	13.12.2018	92,99	157	227	314	415	II.
Vsetínská Bečva – nad Senicí	13.12.2018	85,0	184	260	348	450	II.
Vsetínská Bečva – Vsetín vodočet	13.12.2018	80,25	234	322	420	535	I.
Senice – pod Pozdýchůvkou	13.12.2018	8,1	63,7	99,5	146	200	II.
Senice - Ústí	13.12.2018	0,9	71,2	114	174	235	III.

Tab. č. 6 Starší hodnoty N-letých průtoků (Q_N) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Vsetínská Bečva – nad Zděchovkou	2003	92,99	149	221	314	-	
Vsetínská Bečva – nad Senicí	2013	85,0	184	260	348	450	II.
Vsetínská Bečva – Vsetín vodočet	2005	80,25	234	322	420	-	I.
Senice – pod Pozdýchůvkou	2013	8,1	63,7	99,5	146	195	II.
Senice - ústí	2013	0,9	71,2	114	174	235	III.

Tab. č. 7 Historické hodnoty N-letých průtoků (Q_N) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [17]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Vsetínská Bečva – nad Senicí	1970	85,0	210	260	295	-	
Senice – pod Pozdýchůvkou	1970	8,1	62	98	150	-	
Senice - ústí	1970	0,9	70	111	170	-	

3.5 Místní šetření

V rámci zpracování 2. plánovacího cyklu bylo provedeno místní šetření v březnu 2019 [11]. 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. [10]. Oproti průzkumu z 1. plánovacího cyklu byla zjištěna rekonstrukce Halenkovského jezu v km 97,931 na Vsetínské Bečvě. Rekonstrukce probíhala v letech 2014-16. Dále byla provedena rekonstrukce silničního mostu u obecního úřadu v obci Leskovec přes Senici v km 3,386 a

silničního mostu v km 4,084 na jižním konci obce Leskovec. Obě rekonstrukce proběhly v roce 2016. 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.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerické jednorozměrné síťové (1D+) modely Vsetínské Bečvy a přítoku Senice v programu MIKE 11 byly vytvořeny na Povodí Moravy, s.p. v roce 2004 (Senice) [25] a 2003 (Vsetínská Bečva) [24]. Modely sloužily pro zpracování Studie záplavového území Senice [15] a studie Záplavové území Vsetínské Bečvy [14]. Modely nesloužily jen pro jednorázové stanovení záplavového území, ale i pro posouzení objektů protipovodňové ochrany a výpočtu zvláštní povodně pod VD Karolínka. Pro tvorbu modelů bylo využito geodetické zaměření [6], [7] a [8], DMT a hydrologická data. V rámci modelů byly řešeny povodňové scénáře pro Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl proveden pro neustálé nerovnoměrné proudění.

Pro potřeby tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik [22] bylo provedeno řešení vymezeného úseku ustáleným nerovnoměrným prouděním s využitím okrajových podmínek z výše uvedeného celkového modelu. Model vymezeného úseku byl sestaven společností Pöry 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.

Měrná křivka limnigrafické stanice Ústí na řece Senice a dostupné hodnoty limnigrafu Vsetínské Bečvy [21] byly použity jako kalibrační data.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT vytvořený z DMR 5G [1] a ze zaměření koryta toku [6], [7] a [8] 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], [7] a [8] 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 [9], 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 výpočet byly stávající numerické 1D+ modely Vsetínské Bečvy [24] a Senice [25] zahrnující zájmové úseky v programu MIKE 11, které byly vytvořeny na Povodí Moravy, s.p. v roce 2003 - 2004.

Jako kalibrační data byla použita měrná křivka limnigrafické stanice Ústí na řece Senice [20] a dostupné hodnoty limnigrafu Vsetínské Bečvy [21].

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl použit 2D model neustáleného nerovnoměrného proudění. Okrajové podmínky řešení a celková doba simulace však byly zvoleny takovým způsobem, aby prezentované výsledky popisovaly výskyt ustáleného proudění na úrovni požadovaných N-letých průtoků v celé zájmové oblasti. Model vymezeného úseku byl sestaven společností AQUATIS a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy, s.p. v roce 2019.

Na menších tocích je tradičně využíván spíše 1D přístup, což je odůvodněno tím, že obvykle nedochází k rozsáhlým inundacím a převažuje proudění paralelně s osou toku. Jednorozměrné modely zpravidla dokáží přesněji vystihnout hydraulické podmínky v blízkosti mostních objektů a jejich využití bylo historicky podmíněno nižším rozlišením dostupných digitálních modelů terénu, popř. softwarovými nároky a stabilitou výpočtu. V posledních letech se stále více uplatňuje hybridní přístup, kdy se proudění v korytě modeluje pomocí 1D schematizace a inundace skrze 2D výpočetní síť, přičemž je zajištěna výpočetní provázanost obou typů segmentů.

V rámci zpracování jsme zvolili samotné 2D řešení. Výhodou 2D modelu v programovém prostředí HEC-RAS, oproti jednodimenzionálnímu řešení, je přesnější popis proudění v inundaci, snadná vizuální kontrola výsledků a možnost přímého vygenerování výstupů pro navazující zpracování map rizik. Kombinací digitálního modelu reliéfu páté generace a podrobného digitálního modelu koryta je možné vytvořit velmi detailní výpočetní síť. V případě složitější topologie dna a břehů toku umožňuje 2D schematizace přesnější popis rozložení rychlostí v korytě a nabízí individuální volbu drsnostních součinitelů pro každou výpočetní buňku.

Matematickým modelem byl popsán průtok vlastním korytem Vsetínské Bečvy a Senice včetně souvisejících inundací a veškerých objektů.

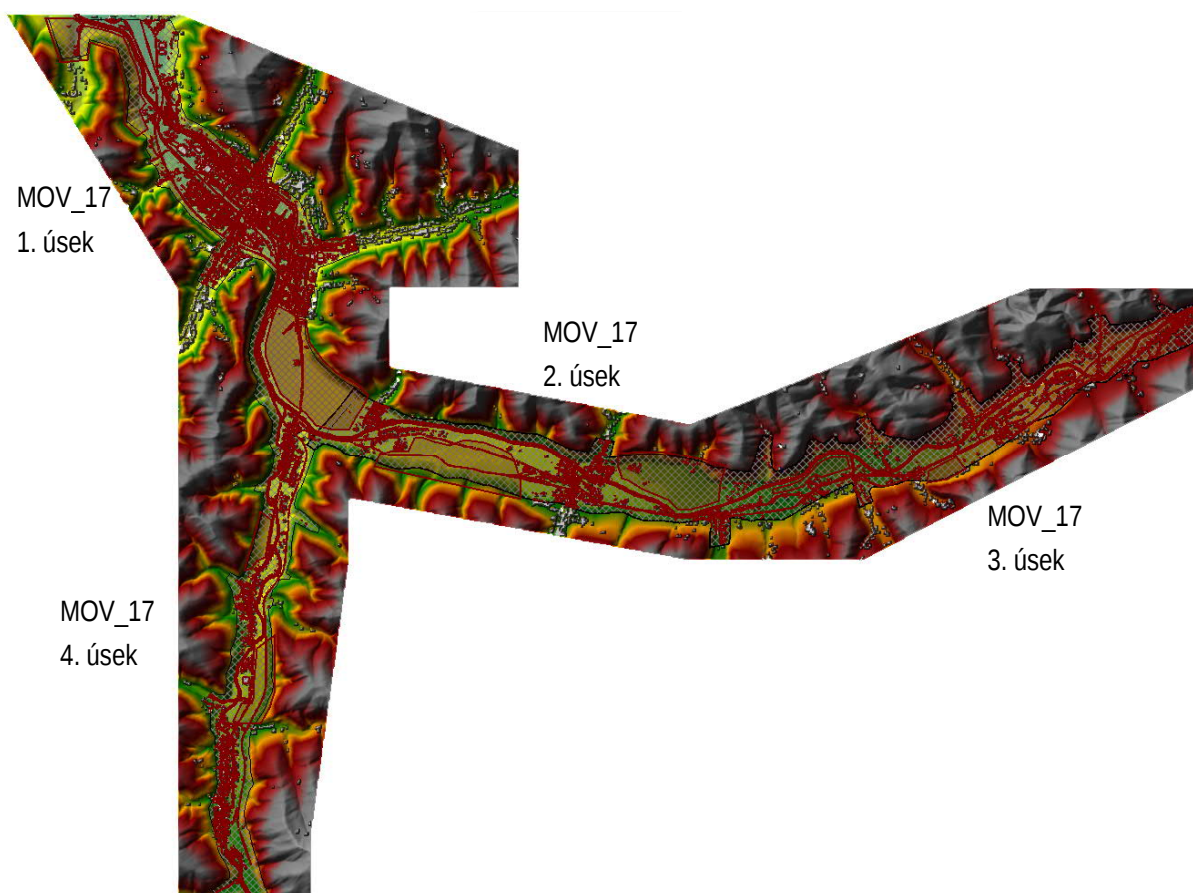
4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci matematického řešení byla provedena schematizace pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě. Základem je ortogonální síť s velikostí prvku 5,0 x 5,0 m, která je pomocí povinných hran přizpůsobena objektům a liniovým prvkům tak, aby byl co nejpřesněji 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, je síť z důvodu dostatečné diskretizace zahuštěna až na velikost prvku 0,5 x 0,5 m.

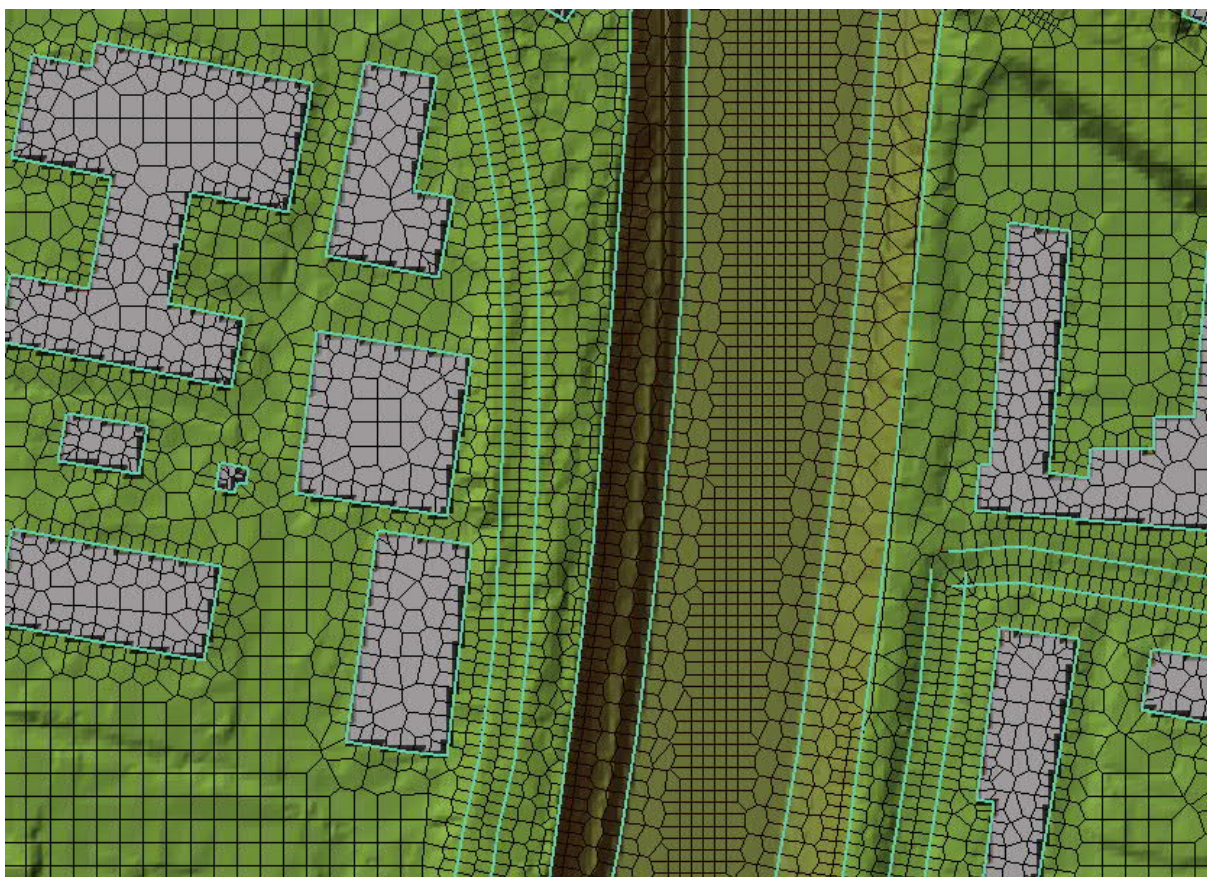
Jelikož se celková délka toků blíží k 30 km a výpočetní síť by měla přes 1 milion buněk, byl z důvodu zjednodušení výpočtu model rozdělen na čtyři úseky, které se vzájemně překrývají. Prvním je soutok Vsetínské Bečvy se Senicí a úsek pod ním, druhým a třetím je Vsetínská Bečva nad soutokem a čtvrtým je Senice nad soutokem (viz Obr. č. 5).

Tab. č. 8 Pojmenování úseků a kilometráže toků (kilometráž je uvedena i s prodloužením a přesahy)

Úsek		km na Vsetínské Bečvě		km na Senici	
		od	do	od	do
1	Vsetínská Bečva a Senice	85,400	77,900	0,750	0,000
2	Vsetínská Bečva 2	92,000	85,300	-	-
3	Vsetínská Bečva 1	98,410	91,900	-	-
4	Senice	-	-	8,500	0,650



Obr. č. 5 Schéma řešeného modelu pro úsek MOV_17



Obr. č. 6 Detail výpočetní sítě

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výsledky předkládaných hydraulických výpočtů odráží teoretický stav, při kterém by došlo k ustálenému proudění na úrovni N-leté povodně v celém zájmovém úseku říční sítě i přilehlé inundaci. Za tímto účelem bylo zapotřebí simulovat časový úsek dostatečně přesahující postupovou dobu návrhové povodně vlastním korytem mezi nejsvrchnějším a závěrovým příčným profilem. Zvolený přístup má za následek vychýlení výsledků (rozsah rozlivu, hodnoty hloubek) mírně na stranu bezpečnosti, především při modelovém průchodu povodňových vod vyšších N-letostí (Q_{100} a Q_{500}). Důvodem zmíněného nadhodnocení je skutečnost, že reálné povodně se vyznačují neustáleným prouděním a mají nižší objemovou složku (kulminační průtok odpovídající vyšetřované N-letosti se vyskytuje omezenou dobu a poté dochází poklesové fázi povodně). Námi použité řešení naopak předpokládá, že nejhorší fáze povodně nastane v celém vyšetřovaném úseku ve stejný okamžik, což je pochopitelně zjednodušující úvaha.

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.

První úsek – soutok Vsetínské Bečvy a Senice a úsek pod soutokem:

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve Vsetínské Bečvě (km 85,400) a Senici (km 0,750) dodaných ČHMÚ [9].

Dolní okrajovou podmínkou (DOP) je úroveň hladiny na dolním okraji modelu ve vzdálenosti cca 1000 m pod řešenou oblastí (km 77,900). Hodnota dolní okrajové podmínky je určena na základě sklonu čáry energie při řešeném průtoku. Sклон čáry energie je stanoven z průměrného sklonu terénu v podélném směru proudění a podélného sklonu hladiny převzatého z výpočtu provedeného v rámci projektu Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, 2012 [22].

Úsek byl řešen souběhem povodní ze dvou větví a byly provedeny dvě varianty výpočtu s ohledem na rozdělení povodňových průtoků.

Varianta 1 – patřičné N-leté povodňové průtoky Q_N na hlavním toku Vsetínské Bečvy (profil Vsetínská Bečva, nad Senicí), který se doplňuje ze Senice (profil Senice, Ústí) takovým průtokem, aby součet odpovídal příslušnému N-letému průtoku pod soutokem, tedy v profilu Vsetínská Bečva, Vsetín – vodočet.

Varianta 2 – patřičné N-leté povodňové průtoky Q_N na toku Senice (profil Senice, Ústí), který se doplňuje ze Vsetínské Bečvy (profil Vsetínská Bečva, nad Senicí) takovým průtokem, aby součet odpovídal příslušnému N-letému průtoku pod soutokem, tedy v profilu Vsetínská Bečva, Vsetín – vodočet.

Druhý úsek – Vsetínská Bečva 2

HOP (km 92,000) jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve Vsetínské Bečvě dodaných ČHMÚ [9].

DOP (km 85,300) jsou úrovně hladin v profilu Vsetínské Bečvy získané z výpočtu v prvním úseku.

Pro přítoky je uvažován rozdíl N-letých průtoků mezi hydrologickými profily Vsetínská Bečva, nad Zděchovkou a Vsetínská Bečva, nad Senicí. Jsou uvažovány dva přítoky – Zděchovka a Hořanský potok, pro které jsou průtoky rozděleny v závislosti na velikosti jejich povodí.

Třetí úsek – Vsetínská Bečva 1

HOP (km 98,410) jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve Vsetínské Bečvě dodaných ČHMÚ [9].

DOP (km 91,900) jsou úrovně hladin v profilu Vsetínské Bečvy získané z výpočtu v druhém úseku.

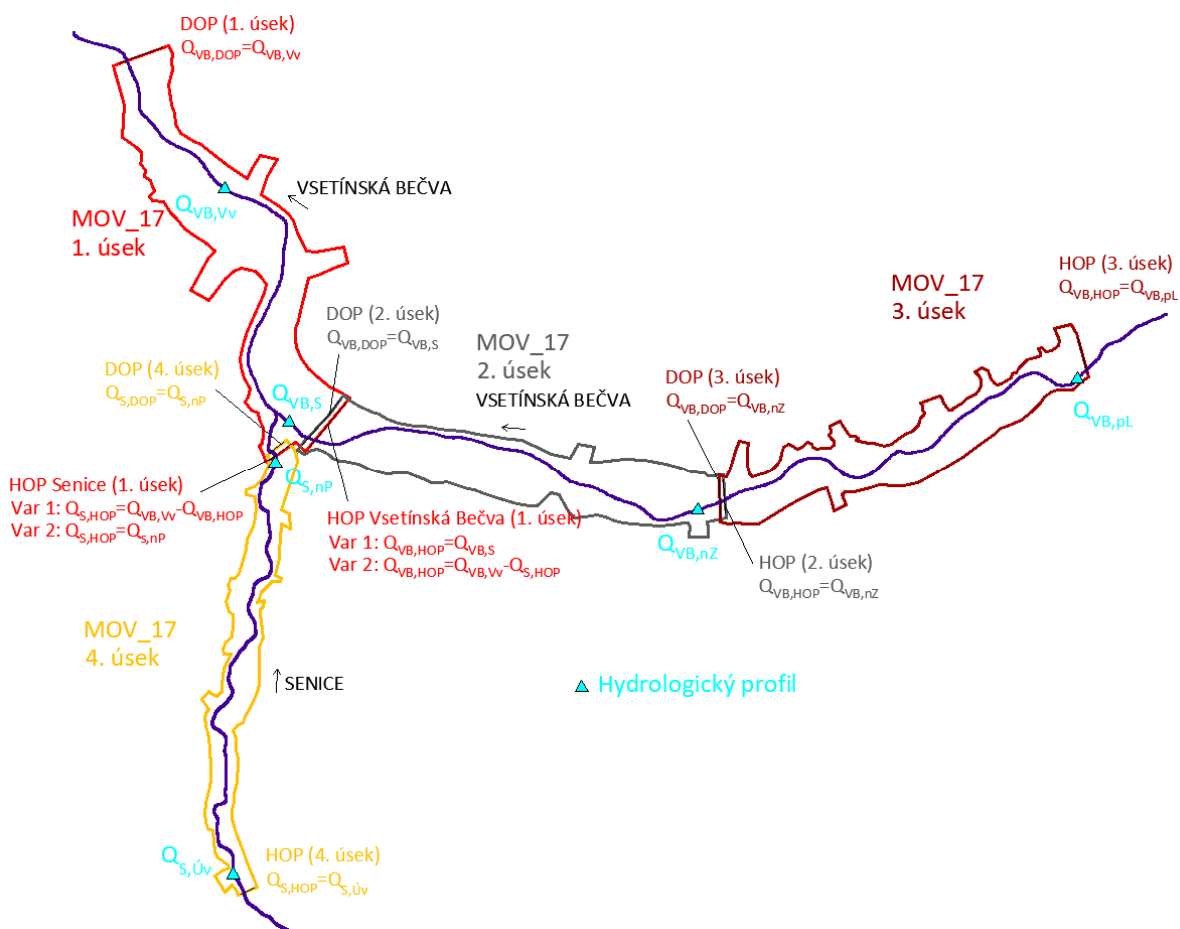
Pro přítoky je uvažován rozdíl N-letých průtoků mezi hydrologickými profily Vsetínská Bečva, pod Lušovou a Vsetínská Bečva, nad Zděchovkou. Jsou uvažovány dva – Dinotice a Kychová, pro které jsou průtoky rozděleny v závislosti na velikosti jejich povodí.

Čtvrtý úsek – Senice

HOP (km 8,500) jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v Senici dodaných ČHMÚ [9].

DOP (km 0,650) jsou úrovně hladin v profilu Senice získané z výpočtu v prvním úseku.

Pro přítoky je uvažován rozdíl N-letých průtoků mezi hydrologickými profily Vsetínská Bečva, nad Zděchovkou a Vsetínská Bečva, nad Senicí. Jsou uvažovány dva přítoky – Veřečný potok a Seninka, pro které jsou průtoky rozděleny v závislosti na velikosti jejich povodí.



Obr. č. 7 Schéma zadávání OP

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 30 min výpočtu až na hodnotu Q_5 . Během zvyšování průtoků tak výpočet probíhá v režimu neustáleného proudění. Na dolním konci modelu je sledována hodnota průtoků v kontrolním profilu. Celková doba výpočtu je dle tohoto pozorování nastavena tak, aby došlo k ustálení na celém modelovaném úseku. Výpočetní software umožňuje vložení řady kontrolních řezů jdoucích napříč korytem i inundací. Pro tyto řezy je možné vykreslit hydrogramy a tím ověřit dodržení podmínek stacionárního proudění během požadovaného časového úseku.

Při výpočtu Q_{20} je počáteční podmínkou výstup výpočtu Q_5 . Hodnota HOP je nastavena jako plynulý nárůst z Q_5 na Q_{20} a tato hodnota je pak udržována až do ustálení průtoků v celém modelu obdobně jako v předchozím postupu.

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

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 [23], 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.

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 domény 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 úlohu.

Matematickým modelem je popsán průtok vlastním korytem řeky Vsetínská Bečva a Senice včetně souvisejících inundací a veškerých objektů.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6], [7] a [8], v podobě příčných řezů, z nichž je vygenerován model koryta toku Vsetínské Bečvy a Senice. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě digitálního modelu reliéfu (DMR 5G) [1]. Budovy a bloky budov jsou ve výpočetní síti uvažovány jako neprůtočné plochy. Digitální povrch terénu použitý ve výpočtu je vytvořen propojením zaměření koryta, digitálního modelu reliéfu a neprůtočných objektů (budov). Horní okrajovou podmínkou jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve Vsetínské Bečvě a Senice dodaných ČHMÚ [9]. Dolní okrajovou podmínkou (DOP) prvního úseku je úroveň hladiny na dolním okraji modelu ve vzdálenosti 400 m pod řešenou oblastí, DOP druhého a třetího úseku jsou úrovně hladiny v tocích nad soutokem získané výpočtem prvního úseku. Pro stanovení stupně drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace [10] a [11] pořízená při terénním průzkumu.

Při výpočtu se uvažovalo s proměnným, automaticky řízeným časovým krokem, při němž nedojde k překročení Courantova kritéria na úrovni hodnoty $C = 5$. Výchozí časový krok odpovídal 2 s, minimální uvažovaný časový krok pak 0,5 s. Maximální počet iterací byl ponechán na hodnotě 20. Přípustná odchylka pro vypočtené výšky hladiny a objemy (přepočtené na výšky hladiny) byla uvažována na úrovni 3 mm.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového matematického modelu jsou zahrnuty veškeré objekty na toku (viz tab. č. 9 a 10).

Objekty jsou řešeny různou metodikou. V případě mostů byly použity dva metodické přístupy. Nejprve byl mostní objekt zadán jako úsek toku s upravenou geometrií koryta, do kterého byla promítnuta poloha mostních pilířů. Těleso mostovky v takovém případě uvažováno nebylo. Popsaná metoda se uplatňovala v těch případech, kdy modelem vypočtená úroveň hladiny nedosahovala k mostovce.

Pokud však bylo zjištěno, že vypočtená úroveň hladiny dosahuje mostovky, byl u daného objektu použit druhý postup. Ten spočívá ve schematizaci mostního objektu modelovou přelivnou hranou a propustkem vhodné zvoleného tvaru. V takovém případě se dbá na to, aby se hydraulické parametry vloženého propustku co nejvíce blížily skutečnému mostnímu otvoru. Drsnostní koeficienty 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.

Lávky menších rozměrů (tloušťka mostovky do cca 0,2 m) nebyly do modelu zakomponovány z hlediska jejich bezvýznamnosti. Taktéž silniční mosty, které nezasahují do průtočného profilu, nebyly do modelu přidávány.

Jezy a další příčné objekty byly modelovány jako přelivné hrany s reálným zvýšením terénu. Koeficient přepadu byl volen individuálně, na základě vlastností daného objektu.

Budovy byly v modelu řešeny zvýšením terénu v místě jejich polohy.

Tab. č. 9 Objekty vstupující do modelu, Vsetínská Bečva (MOV_17-01) km 77,900 – 98,410

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
98,6555	Shybka	-	Halenkov
98,1222	Silniční most	36,7190	Halenkov
97,9256	Halenkovský jez	36,5460	Halenkov
97,7771	Železniční most	36,3930	Halenkov
97,7227	Shybka	-	Halenkov
97,6797	Lávka pro chodce	36,3040	Halenkov
96,8002	Lávka pro chodce	35,4250	Halenkov
96,0644	Lávka pro chodce	34,7080	Halenkov
95,8495	Silniční most	34,4880	Halenkov
94,3883	Silniční most	33,0370	Halenkov
93,7390	Lávka pro chodce	32,2500	Huslenky
92,2142	Lávka pro chodce	30,7970	Huslenky
91,6625	Shybka	-	Huslenky
91,5325	Silniční most	30,1830	Huslenky
90,1844	Shybka	-	Hovězí
89,6404	Betonový jez	-	Hovězí
89,4271	Silniční most	28,0730	Hovězí
88,1767	Lávka pro chodce	26,8450	Hovězí
86,2290	Silniční most	24,8970	Janová
85,9425	Shybka	-	Janová
85,1376	Stupeň	-	Vsetín
84,9228	Silniční most	23,5820	Vsetín
83,1352	Jez Vsetín	21,8000	Vsetín
82,6236	Silniční most	-	Vsetín
82,1555	Železniční most	20,8460	Vsetín
82,0415	Silniční most	20,7330	Vsetín
81,8203	Lávka pro chodce	20,5140	Vsetín
81,3515	Lávka pro chodce	20,0360	Vsetín
80,9457	Silniční most	19,6300	Vsetín
80,4023	Lávka pro chodce	19,0950	Vsetín
80,0777	Shybka	-	Vsetín

79,3625	Lávka pro chodce	18,0480	Vsetín
79,0578	Železniční most	17,7080	Vsetín
78,9817	Silniční most	17,6580	Vsetín

Tab. č. 10 Objekty vstupující do modelu, Senice (MOV_17-02) km 0,000 – 8,500

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,0680	Silniční most	-	Ústí
0,2160	Železniční most	-	Ústí
0,2400	Železniční most	-	Ústí
0,9110	Silniční most	-	Ústí
1,7450	Trubní most	-	Ústí
1,7700	Silniční most	-	Ústí
2,3680	Silniční most	-	Leskovec
3,1080	Most	-	Leskovec
3,3860	Silniční most	-	Leskovec
4,0840	Silniční most	-	Leskovec
5,0100	Silniční most	-	Leskovec
5,7610	Silniční most	-	Valašská Polanka
5,9530	Stupeň	-	Valašská Polanka
6,0330	Lávka	-	Valašská Polanka
6,2460	Silniční most	-	Valašská Polanka
6,5560	Silniční mostek	-	Valašská Polanka
6,6200	Trubní most	-	Valašská Polanka
6,8800	Lávka	-	Valašská Polanka
6,9000	Trubní most	-	Valašská Polanka
7,2100	Silniční most	-	Valašská Polanka
7,9340	Lávka	-	Valašská Polanka

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnosti jednotlivých úseků byly zadány na základě pochůzek v terénu a při nich pořízených fotodokumentací [10] a [11].

Pro zadávání drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Způsob zadávání drsností v objektech byl popsán výše v kapitole 5.2.1. Orientační hodnoty drsností pro všechny modelované úseky jsou v Tab. č. 11.

Tab. č. 11 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu úseku MOV_17

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
koryto vodního toku, vodní plocha	0,035 – 0,04
areál účelové zástavby	0,05
areál žel. stanice, zastávka	0,05
elektrárna	0,20

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
velkoplošné zvlášť chráněné území	0,075

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajovou podmínkou jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve Vsetínské Bečvě a Senici dodaných ČHMÚ [9]. V Tab. č. 13, 14, 15, 17 a 19 je uveden přehled HOP, počátečních podmínek a doby výpočtu potřebné pro ustálení.

V prvním úseku je dolní okrajová podmínka (DOP) určena na základě průměrného podélného sklonu dna koryta $i = 0,0027$. Ve druhém, třetím a čtvrtém úseku je DOP zadána jako nadmořská výška hladiny při daných N-letých průtocích v navazujících úsecích. Úrovně hladiny jsou vypsány v tab. č. 16, 18 a 20.

V Tab. č. 12 jsou uvedeny jednotlivé úseky, včetně hydrologických profilů a průtoků, které v nich jsou obsaženy.

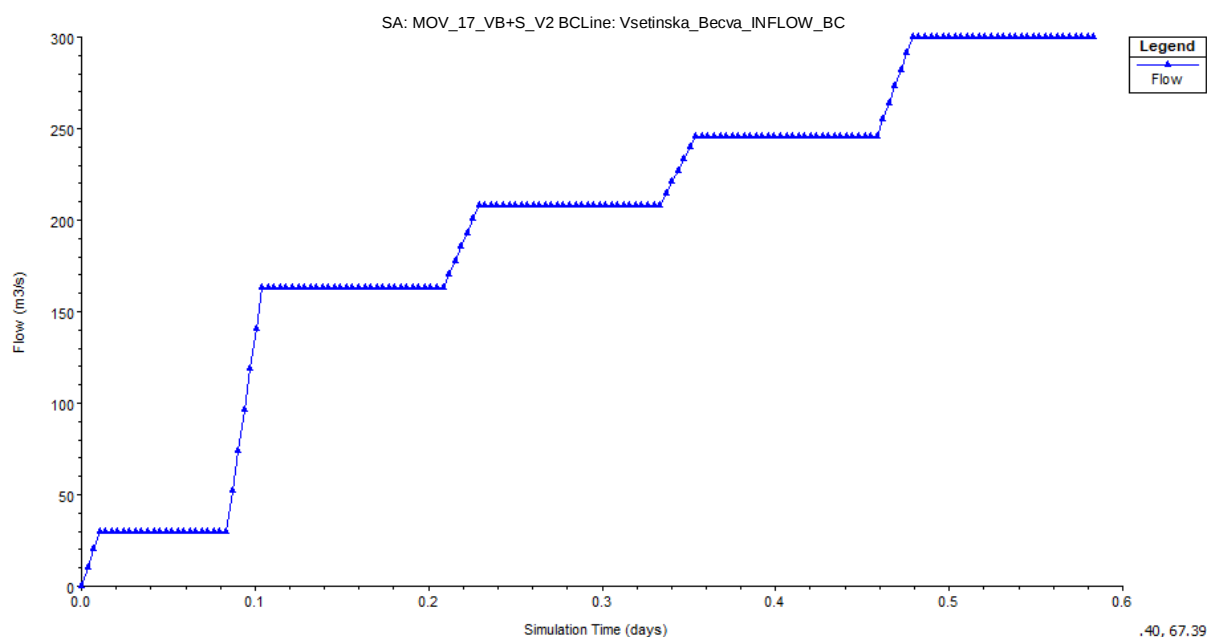
Tab. č. 12 N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [9].

Název úseku	Název vodního toku, hydrolog. profil	Úsek toku (km od – do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Úsek 1	Vsetínská Bečva, nad Senicí	$Q_{VB,S}$ 85,40 – 84,10	184,0	260,0	348,0	450,0
	Senice, ústí vodočet	$Q_{S,\text{úv}}$ 0,75 – 0,00	71,2	114,0	174,0	235,0
	Vsetínská Bečva, Vsetín - vodočet	$Q_{V,vv}$ 84,10 – 77,90	234,0	322,0	420,0	535,0
Úsek 2	Vsetínská Bečva, nad Zděchovkou	$Q_{VB,nZ}$ 92,00 – 85,30	157,0	227,0	314,0	415,0
	přítok – Zděchovka	$Q_{p,Z}$ –	19,76	24,16	24,89	25,62
	přítok – Hořanský potok	$Q_{p,Hp}$ –	7,24	8,84	9,11	9,38
Úsek 3	Vsetínská Bečva, pod Lušovou	$Q_{VB,pL}$ 98,41 – 91,90	129,0	190,0	266,0	360,0
	přítok – Dinotice	$Q_{p,D}$ –	14,8	19,56	25,38	29,08
	přítok – Kychová	$Q_{p,K}$ –	13,2	17,44	22,62	25,92
Úsek 4	Senice, pod Pozděchůvkou	$Q_{S,pP}$ 8,50 – 0,65	63,7	99,5	146,0	200,0
	přítok – Veřečský potok	$Q_{p,Vp}$ –	2,93	5,67	10,96	13,70
	přítok - Seninka	$Q_{p,S}$ –	4,57	8,83	17,04	21,30

Tab. č. 13 Hodnoty HOP, PP, doba výpočtu na Vsetínské Bečvě – první úsek.

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Varianta 1	$Q_5 = 184,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 30,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 260,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 184,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 348,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 260,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:30 hod
	$Q_{500} = 450,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 348,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:30 hod
Varianta 2	$Q_5 = 162,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 30,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 208,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 162,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 246,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 208,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:30 hod
	$Q_{500} = 300,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 246,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:30 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. 13 je na Obr. 10, kde je zobrazen hydrogram se zvyšujícím se průtokem v čase.



Obr. č. 8 Hydrogram HOP na Vsetínské Bečvě pro Variantu 2

Tab. č. 14 Hodnoty HOP, PP, doba výpočtu na Senici – první úsek.

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Varianta 1	$Q_5 = 50,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 62,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 50,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 72,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 62,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
	$Q_{500} = 85,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 72,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:30 hod
Varianta 2	$Q_5 = 71,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 114,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 71,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 174,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 114,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
	$Q_{500} = 235,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 174,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:30 hod

Tab. č. 15 Hodnoty HOP, PP, doba výpočtu na Vsetínské Bečvě a přítocích – druhý úsek.

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Vsetínská Bečva	$Q_5 = 157,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 20,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:30 hod
	$Q_{20} = 227,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 157,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 314,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 227,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:30 hod
	$Q_{500} = 415,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 314,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
Zděchovka	$Q_5 = 19,76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 7,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:30 hod
	$Q_{20} = 24,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 19,76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 24,89 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 24,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:30 hod
	$Q_{500} = 25,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 24,89 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
Hořanský potok	$Q_5 = 7,24 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 3,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:30 hod
	$Q_{20} = 8,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 7,24 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{100} = 9,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 8,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:30 hod
	$Q_{500} = 9,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 9,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod

Tab. č. 16 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku na Vsetínské Bečvě – druhý úsek

DOP ₀ [m n.m.]	DOP ₅ [m n.m.]	DOP ₂₀ [m n.m.]	DOP ₁₀₀ [m n.m.]	DOP ₅₀₀ [m n.m.]
355,88	358,50	359,00	359,42	359,65

Tab. č. 17 Hodnoty OP, PP, doba výpočtu na Vsetínské Bečvě a přítocích – třetí úsek.

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Vsetínská Bečva	$Q_5 = 63,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 99,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 63,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{100} = 146,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 99,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{500} = 200,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 146,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
Kychová	$Q_5 = 13,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 17,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 13,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{100} = 22,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 17,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{500} = 25,92 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 22,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
Dinotice	$Q_5 = 14,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 19,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 14,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{100} = 25,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 19,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	3:00 hod
	$Q_{500} = 29,08 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 25,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod

Tab. č. 18 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku na Vsetínské Bečvě – třetí úsek

DOP ₀ [m n.m.]	DOP ₅ [m n.m.]	DOP ₂₀ [m n.m.]	DOP ₁₀₀ [m n.m.]	DOP ₅₀₀ [m n.m.]
387,85	391,03	391,23	391,36	391,50

Tab. č. 19 Hodnoty OP, PP, doba výpočtu na Senici – čtvrtý úsek.

	HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Senice	$Q_5 = 63,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 99,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 63,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{100} = 146,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 99,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
	$Q_{500} = 200,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 146,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
Seninka	$Q_5 = 4,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 2,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 8,83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 4,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{100} = 17,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 8,83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
	$Q_{500} = 21,30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 17,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
Veřejný potok	$Q_5 = 2,93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q = 1,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{20} = 5,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_5 = 2,93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	2:30 hod
	$Q_{100} = 10,96 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{20} = 5,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod
	$Q_{500} = 13,70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{100} = 10,96 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0:30 hod	5:00 hod

Tab. č. 20 Použité polohy hladiny pro dolní okrajovou podmínku na Senici – čtvrtý úsek

DOP ₀ [m n.m.]	DOP ₅ [m n.m.]	DOP ₂₀ [m n.m.]	DOP ₁₀₀ [m n.m.]	DOP ₅₀₀ [m n.m.]
355,75	358,12	358,58	358,95	359,24

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 podmínkou výpočtu je tedy v tomto případě vždy výstup z předchozí simulace.

V Tab. č. 13, 14, 15, 17 a 19 je uveden přehled okrajových a počátečních podmínek a doby výpočtu potřebné pro ustálení. Na obr. č. 8 je zobrazen hydrogram v HOP na Vsetínské Bečvě ve variantě 1.

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.

Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N-letých vodách nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou tedy posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady – tedy současné 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.

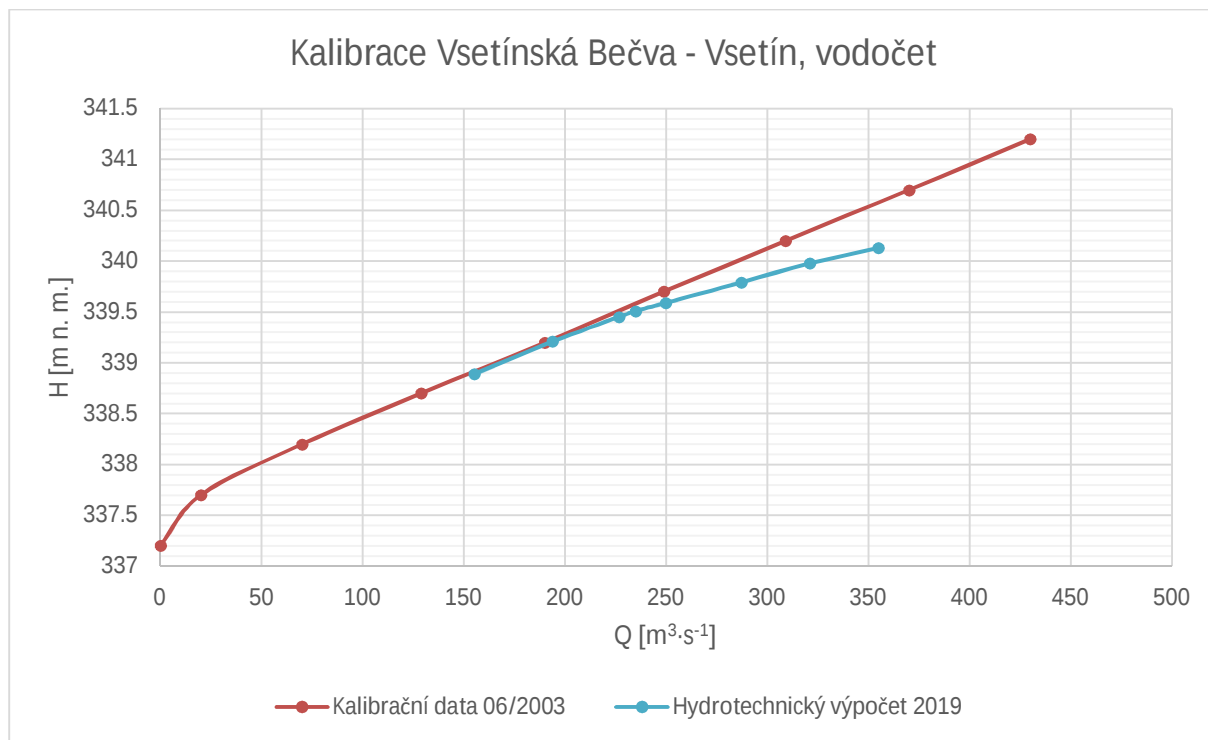
5.3 Popis kalibrace modelu

Aktuální model byl verifikován a následně kalibrován úpravou hodnot součinitelů drsnosti na úrovně hladin v limnigrafické stanici Vsetín na řece Vsetínská Bečva a v Ústí na řece Senice. Na Obr. 9 a 10 jsou vykresleny měrné křivky z limnigrafů a hydrotechnických výpočtů.

Z porovnání hladin na Obr. č. 9 a 10 je zřejmé, že pro nižší průtoky vykazují porovnávaná data velmi dobrou shodu, zatímco při průtocích vyšších vychází dle výpočtu hladiny významně nižší. Ve výpočtu jsou uvažovány konstantní hodnoty drsností (neměnné v závislosti na hloubce resp. průtoku). Při vyšších hodnotách průtoků by tedy pro přiblížení výsledků výpočtu k hodnotám z měrných křivek bylo zapotřebí výrazně zvýšit drsnosti a nastavit jejich různé hodnoty v závislosti na velikosti průtoku. Z tvaru MK je však patrné, že pro vyšší průtoky byla MK dotvořena extrapolací z nižších (fyzicky naměřených) hodnot. Po této úvaze se jako směrodatná data pro kalibraci použily vypočtené a naměřené údaje do velikosti průtoku Q_{20} a hodnoty drsností určené na základě této kalibrace byly uvažovány konstantní i pro vyšší hodnoty průtoku.

Tab. č. 21 Hladiny v profilu limnigrafické stanice Vsetín na řece Vsetínská Bečva při vybraných průtocích a jejich rozdíly

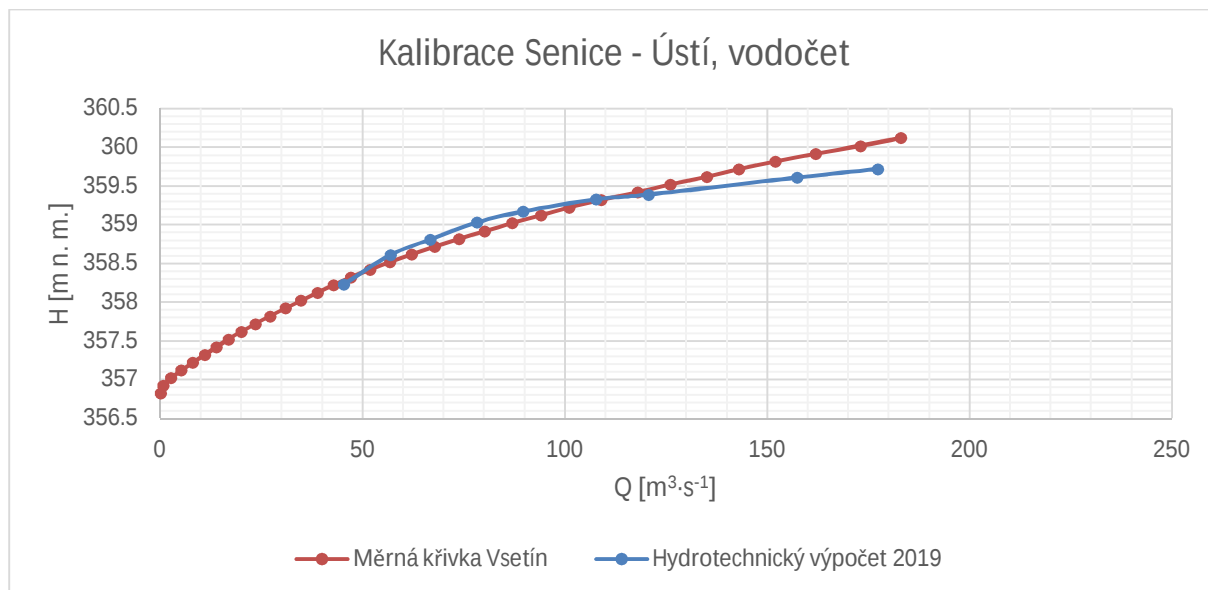
Q [m ³ ·s ⁻¹]	Měrná Křivka Vsetín [m n. m.]	Hydrotechnický výpočet 2019 [m n. m.]	Rozdíl s MK Vsetín [m]
175	339,08	339,06	-0,02
200	339,28	339,26	-0,02
225	339,49	339,44	-0,05
250	339,71	339,59	-0,12
275	339,92	339,72	-0,20
300	340,13	339,86	-0,27
325	340,33	340	-0,33
350	340,54	340,11	-0,43



Obr. č. 9 Měrné křivky v profilu limnigrafické stanice Vsetín na řece Vsetínská Bečva

Tab. č. 22 Hladiny v profilu limnigrafické stanice Ústí na řece Senice při vybraných průtocích a jejich rozdíly

Q [m³·s⁻¹]	Měrná Křivka Vsetín [m n. m.]	Hydrotechnický výpočet 2019 [m n. m.]	Rozdíl [m]
50	358,38	358,39	0,01
75	358,83	358,98	0,15
100	359,21	359,28	0,07
125	359,52	359,41	-0,11
150	359,80	359,56	-0,24
175	360,04	359,71	-0,33



Obr. č. 10 Měrné křivky v profilu limnigrafické stanice Ústí na řece Senice

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, 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 10100047_2 (MOV_17-01), Vsetínská Bečva

V řešeném úseku jsou zaplavovány objekty ve městech Halenkov, Hovězí, Huslenky, Janová, Vsetín.

- Q_5 – Dochází k rozlivům do obou břehů v obci Huslenky a k zaplavení několika RD. V obci Hovězí je zaplaveno několik RD na pravém břehu a Mateřská škola. V Janové dochází k souvislému rozlivu do levého břehu.
- Q_{20} – V obci Halenkov dochází k souvislým rozlivům a k zaplavení RD na obou březích. Před silničním mostem (ř. km 95,8495) dochází k velkému rozlivu do levého břehu. V obci Huslenky a Hovězí je souvislým rozlivem dotčeno velké množství budov. V Janové dochází k rozlivům i do pravého břehu. Před Vsetínem dochází k rozlivům do polí na pravém břehu. Vsetín je rozlivem dotčen před silničním mostem (v ř. km 82,0415).
- Q_{100} – Souvislým rozlivem jsou dotčena území téměř po celé délce toku. V obci Hovězí dochází je rozlivem zasažena Základní škola. V Janové je dotčena budova mateřské školy a sboru dobrovolných hasičů. Před Vsetínem dochází k velkému rozlivu. Ve Vsetíně je rozlivem dotčena nemocnice a poliklinika. Na levém břehu je dotčeno velké území Dolního Města a části Trávníky, kde je postiženo několik škol a hasičská stanice. Je zaplaveno velké území průmyslové zóny na konci úseku a také čistírna odpadních vod.
- Q_{500} – Po celé délce toku je území postiženo velkým rozlivem a jsou zaplavovány další budovy. V obci Hovězí je dotčena rozvodná stanice plynu RWE.

Úsek 10100152_1 (MOV_17-02), Senice

V řešeném úseku jsou zaplavovány objekty ve městech Leskovec, Ústí, Valašská Polanka.

- Q_5 – Dochází k drobným rozlivům v obci Valašská Polanka a Leskovec. Obec Ústí je postiženo větším rozlivem.
- Q_{20} – V obci Valašská Polanka dochází k souvislým rozlivům na obou březích toku. Jsou postiženy průmyslové zóny před obcemi Leskovec a Ústí. Rozlivy postihují větší množství budov.
- Q_{100} – Území podél celé délky toku je postiženo souvislým rozlivem. V Leskovci dochází k zaplavení mateřské školy. Je postiženo velké množství budov.
- Q_{500} – Území podél celé délky toku je postiženo souvislým rozlivem. Dochází k větším rozlivům před soutokem s Vsetínskou Bečvou.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q_{500}) v řešeném úseku jsou dotčena města Halenkov, Hovězí, Huslenky, Janová, Leskovec, Ústí, Valašská Polanka a Vsetín.

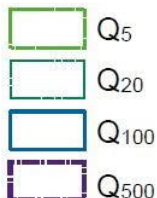
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a rychlost proudu, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a rychlosti z výpočtů 2D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

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

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

Rozlivy jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na Základní rastrové mapě v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [XVII] - viz Obr. č. 11.

Rozlivy



Obr. č. 11 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

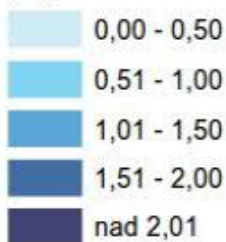
6.2.2 Hloubky pro průtoky Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q₅₀₀

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. 12.

Hloubky

[m]



Obr. č. 12 Definice barev a intervalů hloubek

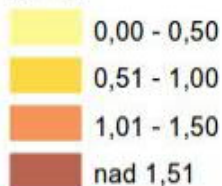
6.2.3 Rychlosti pro průtoky Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q₅₀₀

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. 13.

Rychlosti

[m/s]



Obr. č. 13 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.