

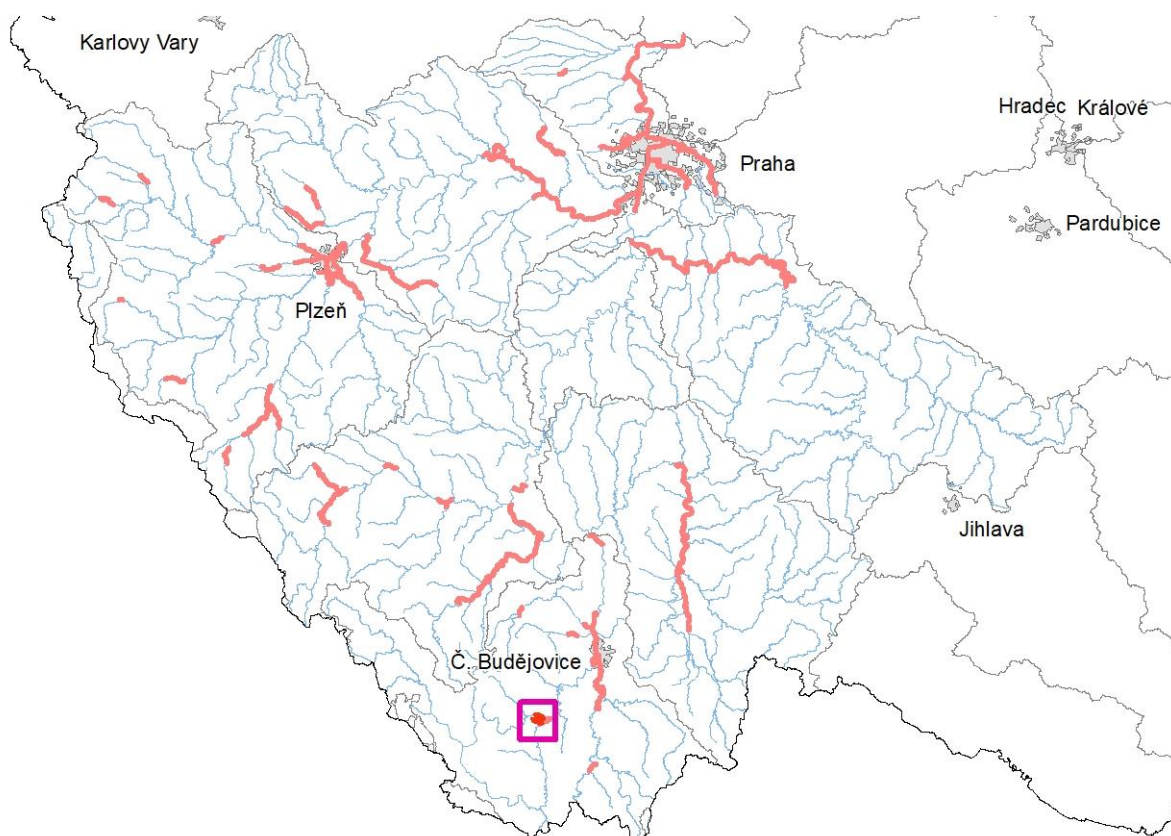


Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

POLEČNICE – HVL 03-02 - Ř. KM 0,000 – 3,220



prosinec 2019

Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

POLEČNICE – HVL 03-02 - Ř. KM 0,000 – 3,220

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik

Holečkova 3178/8

Praha 5 - Smíchov

150 00

Zhotovitel: Společnost „SHDP+DHI+VRV“, jejímiž společníky jsou



Sweco Hydroprojekt a.s.

Táborská 31

Praha 4

140 16



DHI a.s.

Na Vrších 1490/5

Praha 10

100 00



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.

Nábřeží 90/4

Praha 5

150 56

Řešitel:



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16



Envisystem, s.r.o.
U Nikolajky 15
Praha 5
150 00

V Praze, prosinec 2019

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací	7
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	9
2.1	Všeobecné údaje	10
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů	12
3.1	Topologická data	12
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	12
3.1.2	Mapové podklady	12
3.1.3	Geodetické podklady	13
3.2	Hydrologická data	13
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	14
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	14
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	14
4	Popis koncepčního modelu	15
4.1	Schematizace řešeného problému	15
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP	15
5	Popis numerického modelu	16
5.1	Použité programové vybavení	16
5.2	Vstupní data numerického modelu	16
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	16
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	17
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	17
5.2.4	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	17
5.3	Popis kalibrace modelu	18
6	Výsledky	19
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	19
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	27
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	27

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DMR4G	Digitální model reliéfu České republiky 4. generace
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
S-JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí na základě stanovení těchto charakteristik průběhu povodně:

- rozsah záplavového území,
- 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:

- zajištění vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.);
- sestavení hydrodynamických modelů a příslušné simulace;
- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování zahrnoval následující body:

- Popis postupů souvisejících se zajištěním vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.).

Hydrologická data:

Pro účel studie byla zajištěna aktuální hydrologická data ČHMÚ (N-leté průtoky). Dále byly ke kalibračním účelům použity informace o povodňových značkách evidovaných v Povodňovém plánu ČR (MŽP, 2006-2019) a zákres záplavové čáry povodně v srpnu 2002 (Povodí Vltavy, s.p., Insat, s.r.o., 2002-2003).

Topologická data:

Jako podklad pro sestavení 1D matematického výpočetního modelu Polečnice bylo použito geodetické zaměření toku provedené v rámci projektu „Úprava koryta toku Polečnice v ř.km 0,1–2,52“ (Sweco Hydroprojekt a.s., 2003-2009) a doměření objektů na toku (Envisystem, s.r.o., 2019). Bylo zaměřeno koryto toku včetně všech objektů na toku, které zasahují do průtočného profilu, jako jsou mosty, lávky, jezy, hráze apod. a dále byly zaměřeny příčné profily v celé šířce údolní nivy. Výškopis terénu mimo geodeticky zaměřené body byl převzat z digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G, 2011).

- Sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace.

Sestavení hydrodynamického modelu:

Pro vytvoření digitálního modelu koryta bylo použito geodetické zaměření příčných profilů. Spojením příčných profilů, výpočetní osy, zadáním významných objektů na toku (mosty, jezy) a dalších parametrů byl vytvořen výpočetní model.

Hydraulické výpočty:

Byly provedeny pomocí HEC-RAS ver. 5.0. – matematického modelu pro simulace proudění v otevřených korytech a inundačních územích. Výpočty byly provedeny pro průtokové stavy Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Hydrologické údaje ČHMÚ byly pro výpočet velkých vod v celé délce toku konstantní. Jako výchozí hladiny pro výpočet byly použity hladiny na Vltavě v profilu pod soutokem s Polečnicí. Pro průtok Q_5 a Q_{20} na Polečnici hladina ve Vltavě při průtoku Q_5 , pro průtok Q_{100} na Polečnici hladina ve Vltavě při průtoku Q_{20} a pro průtok Q_{500} na Polečnici hladina ve Vltavě při průtoku Q_{100} . Tyto hladiny byly převzaty z prvního cyklu plánování Vltava ř.km 279-286 (DHI a.s., 2013).

- Zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

Výsledky výpočtů:

Z výstupů simulací byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

- záplavové čáry (hranice rozlivů),
- mapy hloubek,
- mapy rychlostí,

na základě kterých byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

Název toku:	POLEČNICE
ID úseku IDVT CEVT:	10100172
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-16-01-1850-0-00
Říční kilometry začátku a konce úseku:	ř. km 0,000 – 3,220
Významná vodní díla:	-
Významné přítoky:	-

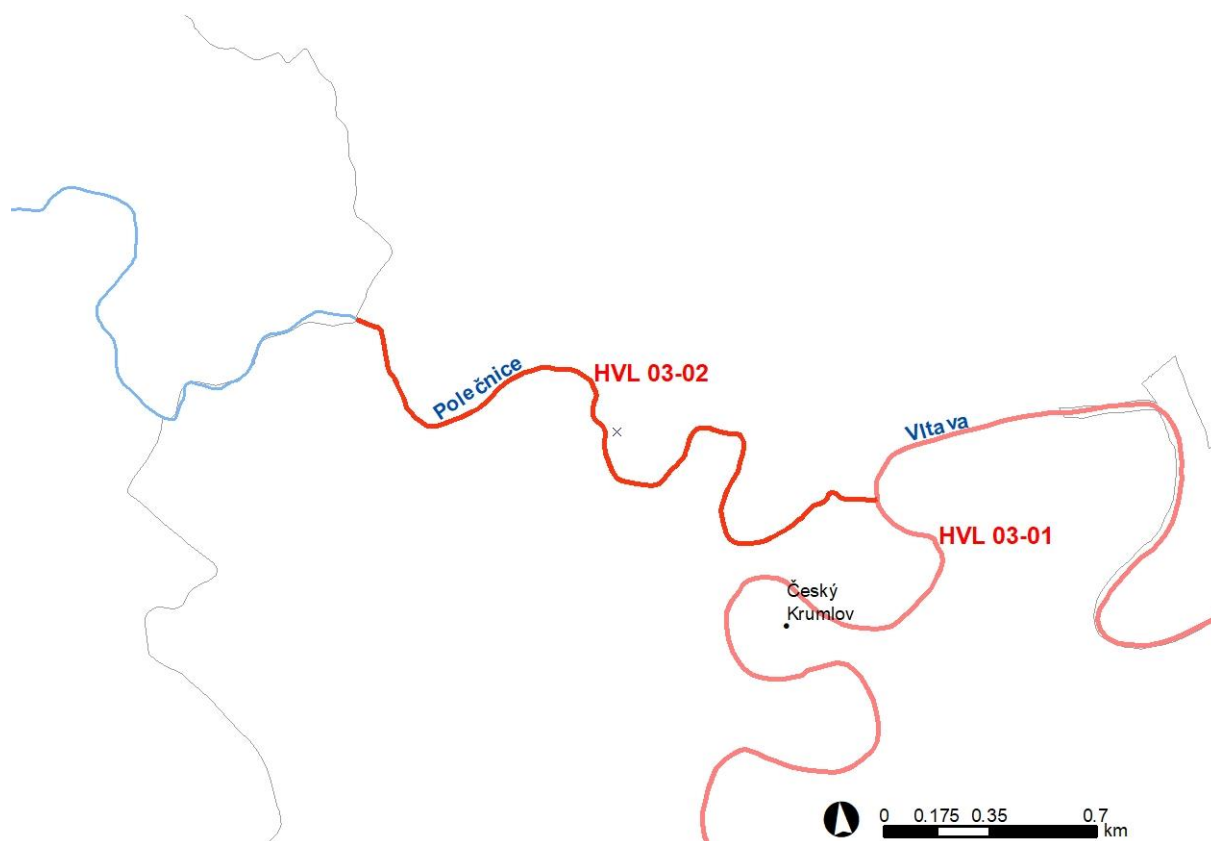
Celý zájmový úsek toku je zařazen MŽP do databáze toků v oblastech s významným povodňovým rizikem (2009, I. etapa)

Podklady:

Název toku	zdroj VÚV TGM, v.v.i.
ID úseku IDVT CEVT	zdroj Ministerstvo zemědělství
Číslo hydrologického pořadí toku	zdroj ČHMÚ
Úsek toku	zdroj Povodí Vltavy, s.p.
Významná vodní díla	zdroj ZM-10, Povodí Vltavy, s.p.
Významné přítoky	zdroj ZM-10

Stručný popis zájmového území

Polečnice je levobřežní přítok Vltavy. V zájmovém úseku protéká intravilánem města Českého Krumlova. Před zaústěním do Vltavy protéká Budějovickou bránou a jelení zahradou. Víne se v souběhu se silnicí I. třídy č. 39 (ul. Chvalšinská), kterou zde celkem na 4 místech kříží. Protéká územím se sportovišti (zimní stadion, fotbalový stadion, tenisový areál a letním kinem, dále průmyslovým areálem a v lokalitě Nové Dobrkovice územím se zahrádkářskou osadou a rodinnými domy. S výjimkou betonových zídek kolem tenisového areálu nejsou v lokalitě realizována systematická protipovodňová opatření.



Obrázek – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem

2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek Polečnice je od ústí do Vltavy po pevný jez pro Dobrkovický hamr. Přesně je vymezen souřadnicemi v S-JTSK začátku a konce zájmového úseku:

začátek	x =	769 589 m	y =	1 182 172 m
konec:	x =	771 646 m	y =	1 181 726 m

Říční kilometráž začíná nulou v protnutí osy Polečnice s břehovou hranou Vltavy a končí v nadjezí ve Starých Dobrkovicích v ř.km 3,4 (vlastní model a výpočet obsahuje přesah nad uvedeným koncem asi o 116 m nad jez). V zájmovém úseku se nenachází žádná významná vodní díla a do Polečnice neústí žádné významné vodní toky.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Historicky nejvyšší zaznamenaná povodeň se zde vyskytla v srpnu 2002.

Tabulka 2 – Historické povodně

Rok	Stanice	Průtok (m ³ /s)
2002	Limnigraf ř.km 0,512	~220
2013	Limnigraf ř.km 0,512	~107

Údaje z vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 (VÚV, v.v.i., 2003):

Na Polečnici se vyskytly v průběhu 26 dnů tři extrémní povodně. První se vyskytla 7. srpna, druhá 12. srpna a třetí 1. září.

Povodeň ze 7. srpna 2002 způsobily dlouhotrvající vydatné deště. Kulminační průtok odpovídal cca 130 m³/s. Povodeň 12. srpna 2002 v době mezi 7. a 8. hod 12. srpna 2002, kdy Polečnice v Č. Krumlově kulminovala, činil průtok 210 – 220 m³/s.

Povodeň 1. září 2002 vznikla ze srážek v trvání 5 – 6 hodin, kdy stav vody v profilu limnigrafické stanice dosáhl maximální hladiny v 12:05 a to 240 cm s odpovídajícím průtokem 115 - 135 m³/s.

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 79/2018 sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N-letých průtoků (ČHMÚ, 2/2019)

Topologické podklady:

- TPE toku (Povodí Vltavy, s.p. 1999)
- DMR5G (ČÚZK, 2011)
- ZABAGED v digitální podobě (ČÚZK, 2017)
- DSP Úprava koryta toku Polečnice v ř.km 0,1–2,52 (Sweco Hydroprojekt a.s., 2009) – geodetické zaměření

Další podklady:

- Říční kilometráž (digitální, Povodí Vltavy, s.p.)
- Osa toku (digitální, Povodí Vltavy, s.p.)
- Povodňové značky - <http://editor.dppcr.cz>
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (Povodí Vltavy, s.p., Envisystem, s.r.o., 2019)

3.1 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.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

DMT je prostorová plocha, která více nebo méně zdařile (podle kvality zadání) kopíruje skutečný (zaměřený) nebo projektovaný terén. Vzniká na základě zadaných 3D bodů. Pro vytvoření modelu bylo použito zaměření koryta Polečnice pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Mimo koryto resp. geodetické zaměření byl použit Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G, 2011), který představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Výsledný digitální model terénu zájmového území byl sestaven z výše zmíněných částí s využitím software AutocAD Civil 3D. Trojúhelníková síť (tin) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný tiff s velikostí pixelu 2 m x 2 m.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S-JTSK a výškovém Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Bylo využito informací ze základní báze geografických dat ZABAGED®, což je digitální geografický model území České republiky (ČR) na úrovni podrobnosti Základní mapy ČR 1:10 000 (ZM 10). ZABAGED® je součástí informačního systému zeměměřictví a patří mezi informační systémy veřejné správy. Je vedena v podobě bezešvé databáze pro celé území ČR v centralizovaném informačním systému spravovaném Zeměměřickým úřadem. Polohopisná část ZABAGED® obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu, terénním reliéfu. Poslední plošná aktualizace je z roku 2017.

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byla aktuální Ortofoto ČR (ČÚZK, 2017).

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S-JTSK.

3.1.3 Geodetické podklady

Geodetické zaměření

Geodetické zaměření bylo provedeno v rámci TPE v roce 1999 (INSAT spol. sr.o.). Jeho aktualizace byla provedena v rámci projektu DSP „Úprava koryta toku Polečnice v ř.km 0,1–2,52“ (Sweco Hydroprojekt a.s., 2009). Bylo zaměřeno koryto toku včetně všech objektů na toku (aktualizováno 2019), které zasahují do průtočného profilu, jako jsou mosty, lávky, jezy, hráze apod. a dále byly zaměřeny příčné profily v celé šířce údolní nivy. Geodeticky zaměřené příčné profily byly využity k vymodelování DMT koryta řeky a vybudování základní kostry 1D matematického modelu toku.

DMR5G

Výškopis terénu mimo geodeticky zaměřené body byl převzat z digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G) – aktualizace 2011, ČÚZK)

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S-JTSK a výškovém Bpv.

3.2 Hydrologická data

Pro zpracování této dokumentace byly použity základní hydrologické údaje ČHMÚ v 1 profilu a to v limnigrafu Český Krumlov (ř.km 0,512).

Tabulka 3 - N-leté průtoky (Q_N)

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
LG Český Krumlov	2/2019	0,512	51,0	94,0	163,0	256,0	II.

3.3 Místní šetření

Povodí toku

Povodí Polečnice náleží hydrologicky k povodí Vltavy, resp. Labe.

Celková plocha povodí je 197,9 km² a délka toku 32,8 km. Pramení ve vojenském újezdu Boletice v nadmořské výšce cca 860 m n.m. a vlévá se do Vltavy v ř.km 282,7 v nadmořské výšce cca 480 m n.m. Polečnice je tokem, který se často při vyšších srážkových úhrnech a přívalových deštích rozvodňuje.

Geomorfologicky se povodí Polečnice nachází na Šumavě, v Šumavském podhůří v Českokrumlovské vrchovině.

Trasa toku

Polečnice je levostranným přítokem Vltavy. Pramení ve vojenském újezdu Boletice mezi vrcholy Dřevíč a Vysočina, kde protéká loukami mezi lesy a dvěma rybníky. Po opuštění vojenského prostoru u obce Polečnice začne kopírovat trasu železniční tratě až do Českého Krumlova. Zájmový úsek toku ř.km 0,0 – 3,3 protéká intravilánem města Český Krumlov v souběhu se silnicí I. třídy č. 39. Na koryto šířky ve dně 4÷12 m (prům. 6 m) navazují místní komunikace, parky, zahrádkářské kolonie, zástavba rod. domů a níže po toku i průmyslové areály a sportoviště. Údolní niva má šířku 100 – 350 m. Směr toku je východní.

Podélný profil

Charakterem území, kterým Polečnice protéká, jsou dány i jeho sklonové poměry. Absolutnímu spádu v zájmovém úseku toku 23,7 m odpovídá průměrný podélný sklon 7,3 ‰. Rozdělení podélného sklonu po toku je plynulé s výjimkou úseku těsně před zaústěním do Vltavy, kde si Polečnice vytvořila úzké a strmé koryto ve skále. Podélný sklon tohoto úseku dosahuje více než 5 ‰.

Osídlení

Celé zájmové území toku se nachází v intravilánu města Český Krumlov a protéká centrem města a jeho částmi Nové a Staré Dobrkovice.

Objekty na toku

Na Polečnice se v zájmovém úseku nachází celkem 8 mostů, 6 lávek, 3 pevné jezy a 1 stupeň ve dně.

Fotodokumentace

V zájmovém úseku toku byla pořízena fotodokumentace všech objektů na řece (jezy, stupně, mosty, lávky) a charakteristické fotky úseků koryta mezi objekty. Tyto fotografie jsou georeferencované a dokládají ve vlastní vrstvě georeferencovaných bodů, odpovídajícím místě pořízení fotografií.

3.4 Doplnující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

Pro práci byly použity následující doplňující podklady:

- Polečnice ř.km 0,000 - 21,830 podklad pro vyhlášení záplavového území, Povodí Vltavy, s.p. 2002
- DSP Úprava koryta toku Polečnice v ř.km 0,1–2,52, Sweco Hydroprojekt a.s., 2009

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování studie byly v souladu s níže uvedenými dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydro ekologie.
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [4] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [5] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- [6] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [7] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [8] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [9] 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).
- [10] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [11] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [12] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území v odpovídajícím formátu dat, jejich kvalitě i rozsahu.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl zvolen 1D model. Model je postaven jako nevětvěný, sestavený z údolních profilů a doplněný o objekty na toku.

4.1 Schematizace řešeného problému

Zájmový úsek toku tvoří koryto Polečnice s inundací do maximální šíře cca 0,4 km. Vzdálenost profilů se pohybuje mezi cca 20 – 50 metry. V okolí objektů na toku a zastavěném území je vzdálenost mezi profily podstatně kratší, aby bylo možné dostatečně podrobně popsat místní proudění. Celkový počet příčných profilů použitých pro sestavení modelu je 137.

V modelu je celkem 16 mostů a lávek nebo křížících velkých potrubí počítaných podle energetické popř. momentové rovnice. Ostatní objekty jsou zadávány pouze morfologií terénu.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity proudění je ve výpočtech zanedbán a výpočty jsou zpracovány metodou ustáleného proudění v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Horní okrajové podmínky

Na vstupu do výpočetní sítě v ř. km 3,4 byly zadány příslušné N leté průtoky.

Dolní okrajové podmínky

Pro dolní okrajovou podmínku byly použity hladiny na Vltavě v profilu pod soutokem s Polečnicí. Pro průtok Q_5 a Q_{20} na Polečnici hladina ve Vltavě při průtoku Q_5 , pro průtok Q_{100} na Polečnici hladina ve Vltavě při průtoku Q_{20} a pro průtok Q_{500} na Polečnici hladina ve Vltavě při průtoku Q_{100} . Tyto hladiny byly převzaty z prvního cyklu plánování Vltava ř.km 279-286 (DHI a.s., 2013).

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro jednorozměrný model byl použit prostředek HEC-RAS ver. 5.0.

Jedná se o programový prostředek vyvinutý US Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources – Hydrologic Engineering Center. Řeší ustálené i neustálené nerovnoměrné proudění v otevřených neprizmatických korytech v režimových oblastech říčních i bystřinných. Použitý výpočtový aparát umožňuje průtočný profil rozdělit do několika dílčích částí (např. koryto a inundace), které algoritmus výpočtu propočítává odděleně a teprve potom jejich dílčí hodnoty slučuje do celkových výsledků. Základem řešení nerovnoměrného proudění je obecná metoda po úsecích.

Pro uvedený model je na internetu volně dostupná teorie modelu pod názvem Hydraulic Reference Manual (v. 5.0, 2016) a uživatelská příručka pod názvem HEC-RAS 5.0 Users Manual (v. 5.0, 2016).

5.2 Vstupní data numerického modelu

Jako vstupní data modelu byly použity topologické a hydrologické údaje toku popsané výše v textu.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již popsán v kap. 2 Popis zájmového území a 3.3 Místní šetření.

Přehled objektů na toku je uveden v následující tabulce:

Tabulka 4 – Přehled objektů na toku

OBJEKT	ř. km
O1L - lávka	0,046
O2M – most historický	0,104
O3L - lávka	0,504
O4M – most silniční	0,704
O5L - lávka	1,041
O6S – stupeň ve dně	1,178
O7M – most historický	1,197
O8M – most silniční	1,217
O9J – jez pevný	1,398
O10M – most silniční	1,702
O11J – jez pevný	1,735
O12M – most – železniční vlečka	1,847
O13L - lávka	2,527
O14L – lávka	2,864
O15L - lávka	3,182
O16M – most historický	3,220
O17M – most silniční	3,244
O18J – jez pevný	3,285

Schematizace objektů v modelu

Jezy byly schematizovány pomocí objektu (Inline Structure) umožňující výpočet pomocí rovnice přepadu. Mosty a propustky byly schematizovány pomocí objektu (Bridge) umožňující vymodelovat přesný tvar mostního objektu

včetně mostovky a pilířů. Objekt je schopen zohlednit pomocí součinitelů tvar pilířů, mostovky, je schopen počítat v tlakovém režimu proudění a s rovnicí přepadu. Pevné stupně byly zadávány morfologií terénu v řezech nad a pod stupněm.

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

V jednotlivých příčných profilech byla drsnost stanovena ve třech zónách - koryto řeky, pravé inundační území, levé inundační území. V inundačních územích byly drsnosti značně proměnlivé na základě využití příslušného území. V rámci kalibrace byly nastaveny odpovídající hodnoty drsností pro jednotlivé typy území tak, aby došlo k co nejlepší shodě vypočtených hodnot s naměřenými daty.

Drsnost byla volena na základě místního šetření, fotografií a ortofotomapy dle charakteru území se vzorovými drsnostmi převzatými z Open-channel hydraulics, Ven Te Chow (1959).

Tabulka 5 – Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“

Charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
koryto řeky	0,025 – 0,05
hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030
nízká, sekaná tráva	0,035 – 0,040
vyšší, nesezaná tráva, pole	0,040 – 0,065
řídý lesní porost	0,06
hustý lesní porost	0,15
keře	0,085 ÷ 0,100
technické stavby	0,070 ÷ 0,100
ploty	0,090 ÷ 0,200
zastavěné území	zahrnuto do neefektivní plochy proudu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Pro výpočet velkých vod v celé délce toku byla převzata jedna sada hydrologických dat ČHMÚ pro profil limnigrafu Český Krumlov (ř.km 0,512).

Tabulka 6 – N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Profil / N- leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
LG Český Krumlov	0,0 – 3,4	51,0	94,0	163,0	256,0	

Výchozí hladiny na soutoku s Vltavou jsou převzaty z prvního cyklu plánování Vltava ř.km 279-286 (DHI a.s., 2013) s následujícím souběhem N-letosti na Polečnici a Vltavě:

$$Q_5 \text{ na Polečnici} = Q_5 \text{ na Vltavě} = 478,61 \text{ m n.m.}$$

$$Q_{20} \text{ na Polečnici} = Q_{20} \text{ na Vltavě} = 478,61 \text{ m n.m.}$$

$$Q_{100} \text{ na Polečnici} = Q_{100} \text{ na Vltavě} = 479,57 \text{ m n.m.}$$

$$Q_{500} \text{ na Polečnici} = Q_{500} \text{ na Vltavě} = 480,65 \text{ m n.m.}$$

5.2.4 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Každý výpočetní model je vždy schematizací skutečnosti. Chyba výsledných vypočtených charakteristik proudění (úroveň hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, nepřesný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

Kalibrace modelu byla provedena na povodeň ze srpna 2002 a června 2013 podle dostupných údajů o této povodni. Jednalo se o stabilizované značky maximální hladiny a kulminační průtoky. Celkem byly v daném úseku k dispozici 4 značky, stabilizované krátce po povodni. Tyto značky jsou dostupné na http://editor.dppcr.cz/pk_zuz/ (povodeň z roku 2002) a jedna značka je umístěna přímo na zdi koryta v profilu limnigrafu v ř.km 0,512 (povodeň z roku 2013).

Tabulka 7 - kulminační průtoky povodně ze srpna 2002 a června 2013 v $m^3.s^{-1}$

Datum	Průtok (m^3/s) - profil Polečnice nad Chvalšínským p.	Průtok (m^3/s) - profil Chvalšínský p. ústí	Průtok (m^3/s) - profil Polečnice ústí
7. 8. 2002	55 - 65	60 – 70	120 – 140
12. 8. 2002	110 – 120	90	210 – 220
1. 9. 2002	40 - 50	80 - 85	115 - 135
2. 6. 2013	-	-	107

Tabulka 8 – Data využitá při kalibraci modelu

Ř. km	Lokalizace kalibračního bodu	Povodeň 2002 resp. 2013		Model při průtoku Q_{500} resp. Q_{20}	
		průtok [m^3/s]	hladina [m n.m.]	průtok [m^3/s]	hladina [m n.m.]
0,11	na pravém břehu potoka na domě č. p. 95 u Budějovické brány	220	485,46	256	485,52
0,51	na Plášťovém mostě v Jelení zahradě	220	486,50*	256	487,10
1,4	na vstupním objektu Tenis centra v Českém Krumlově	220	492,54	256	492,70
0,512	Na zdi koryta v profilu limnigrafu	107	485,29	94	485,13

* Pravděpodobně se jedná o překlep, dle výškového umístění značky na pilíři mostu se jeví jako odpovídající výška ~486,90 m n.m.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Základním výstupem z 1D modelu HEC – Ras, sestaveným nad DMT jsou georeferencované tiffy o zvolené velikosti pixelu, polygony záplavových čar a bodové rychlosti v místech výpočetních příčných profilů.

Tabulka 9 – Psaný podélný profil

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
0.00000	474.15	51	478.61	94	478.61	163	479.57	256	480.65	P1
0.02085	475.33	51	478.61	94	478.61	163	479.57	256	480.65	P2
0.03708	476.48	51	478.78	94	479.44	163	479.74	256	480.65	P3
0.04400	476.73	51	479.4	94	481.56	163	481.99	256	482.38	P4
0.04639	Lávka pro pěší									O1L
0.04750	476.73	51	479.4	94	481.56	163	482.33	256	482.8	P5
0.05000	476.90	51	481.72	94	482	163	482.33	256	482.8	P6
0.06924	477.30	51	481.95	94	482.38	163	482.97	256	483.5	P7
0.08245	477.55	51	481.96	94	482.79	163	483.72	256	484.53	P8
0.08745	479.10	51	482.51	94	483.07	163	483.73	256	484.53	P9
0.09600	479.29	51	482.51	94	483.07	163	483.73	256	484.53	P10
0.10380	Most historický									O2M
0.10500	479.30	51	482.94	94	484.14	163	484.83	256	485.56	P11
0.11388	479.30	51	483.56	94	484.2	163	484.85	256	485.57	P12
0.15000	480.12	51	483.62	94	484.31	163	485.02	256	485.79	P13
0.20000	480.42	51	483.64	94	484.34	163	485.07	256	485.87	P14
0.25000	480.92	51	483.65	94	484.35	163	485.08	256	485.89	P15
0.30000	480.89	51	483.68	94	484.37	163	485.09	256	485.89	P16
0.35000	481.13	51	483.72	94	484.39	163	485.09	256	485.89	P17
0.40000	481.27	51	483.72	94	484.39	163	485.09	256	485.89	P18
0.45000	481.66	51	483.96	94	484.73	163	485.09	256	485.89	P19
0.49100	482.13	51	484.18	94	484.9	163	485.47	256	486.34	P20
0.49900	482.15	51	484.3	94	485.01	163	485.72	256	487.07	P21

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
0.50419	Lávka pro pěší									O3L
0.50600	482.15	51	484.38	94	485.09	163	486.05	256	487.56	P22
0.51400	482.17	51	484.42	94	485.14	163	486.1	256	487.68	P23
0.55000	482.25	51	484.48	94	485.17	163	486.16	256	487.78	P24
0.60000	482.45	51	484.68	94	485.48	163	486.36	256	487.78	P25
0.65000	483.11	51	484.86	94	485.67	163	486.66	256	487.85	P26
0.68000	483.51	51	485.57	94	486.23	163	486.86	256	487.85	P27
0.69200	483.54	51	485.57	94	486.23	163	486.86	256	487.85	P28
0.70400	Most silniční									O4M
0.71422	483.31	51	485.65	94	486.31	163	486.96	256	487.85	P29
0.71600	483.31	51	485.65	94	486.31	163	486.96	256	487.86	P30
0.71685	Křížení s nadzemním vedení potrubí									
0.71700	483.31	51	485.66	94	486.33	163	487.18	256	488.59	P31
0.72500	483.41	51	485.66	94	486.34	163	487.37	256	489	P32
0.75000	483.33	51	485.67	94	486.38	163	487.46	256	489	P33
0.75800	483.33	51	485.67	94	486.38	163	487.46	256	489	P34
0.76220	Potrubní přemostění									
0.76400	483.33	51	485.76	94	486.5	163	487.48	256	489.03	P35
0.77000	483.33	51	485.81	94	486.56	163	487.52	256	489.04	P36
0.80000	483.38	51	485.99	94	486.71	163	487.52	256	489.07	P37
0.85000	483.69	51	486.27	94	487.12	163	488.11	256	489.26	P38
0.90000	484.32	51	486.43	94	487.31	163	488.31	256	489.42	P39
0.95626	484.57	51	486.65	94	487.56	163	488.51	256	489.62	P40
1.00000	484.81	51	486.75	94	487.56	163	488.56	256	489.69	P41

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
1.03400	485.05	51	487.32	94	488.1	163	488.56	256	489.69	P42
1.03900	485.05	51	487.36	94	488.14	163	488.66	256	489.92	P43
1.04100	Lávka pro pěší									O5L
1.04400	485.05	51	487.42	94	488.26	163	489.27	256	490.01	P44
1.05000	485.15	51	487.42	94	488.26	163	489.27	256	490.01	P45
1.10000	485.21	51	487.75	94	488.44	163	489.27	256	490.65	P46
1.15000	486.08	51	488.25	94	489.13	163	490.2	256	491.4	P47
1.17200	486.45	51	488.47	94	489.38	163	490.56	256	491.47	P48
1.17700	486.40	51	488.54	94	489.45	163	490.61	256	491.49	P49
1.17800	486.80	51	488.54	94	489.45	163	490.61	256	491.49	P50 O6S – stupeň ve dně
1.18100	486.53	51	488.55	94	489.45	163	490.61	256	491.49	P51
1.18396	486.59	51	488.55	94	489.45	163	490.61	256	491.49	P52
1.19200	486.80	51	488.65	94	489.55	163	490.61	256	491.49	P53
1.197	Most historický									O7M
1.20100	486.78	51	488.71	94	489.65	163	490.93	256	491.49	P54
1.20500	486.89	51	488.71	94	489.65	163	490.93	256	491.49	P55
1.20800	486.95	51	488.71	94	489.65	163	490.93	256	491.49	P56
1.21700	Most silniční									O8M
1.22900	486.85	51	488.79	94	489.73	163	491.27	256	492.34	P57
1.23900	486.69	51	488.79	94	489.74	163	491.44	256	492.51	P58
1.25000	486.60	51	488.79	94	489.74	163	491.44	256	492.51	P59
1.30000	486.23	51	488.96	94	489.74	163	491.44	256	492.51	P60
1.35000	487.22	51	489.53	94	490.17	163	491.44	256	492.51	P61

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
1.39000	487.36	51	489.7	94	490.38	163	491.44	256	492.51	P62
1.39450	487.30	51	489.8	94	490.55	163	491.58	256	492.66	P63
1.39850	487.70	51	489.8	94	490.55	163	491.58	256	492.67	P64 O9J – jez pevný
1.40300	487.38	51	489.89	94	490.65	163	491.6	256	492.67	P65
1.45000	487.91	51	490.18	94	491.02	163	492.01	256	492.85	P66
1.50000	487.79	51	490.32	94	491.14	163	492.05	256	492.92	P67
1.55000	488.15	51	490.44	94	491.28	163	492.24	256	493.02	P68
1.60000	488.69	51	490.54	94	491.42	163	492.44	256	493.54	P69
1.65000	488.71	51	491.14	94	491.96	163	492.9	256	493.54	P70
1.68000	489.22	51	491.27	94	492.18	163	493.25	256	493.92	P71
1.68800	489.30	51	491.39	94	492.26	163	493.25	256	493.92	P72
1.70200	Most silniční									O10M
1.71500	489.66	51	491.51	94	492.35	163	493.94	256	494.54	P73
1.72200	489.83	51	491.58	94	492.44	163	494.01	256	494.59	P74
1.72800	489.98	51	491.58	94	492.44	163	494.01	256	494.59	P75
1.73260	490.39	51	491.13	94	492.44	163	494.01	256	494.59	P76
1.73525	491.31	51	492.45	94	492.96	163	494.01	256	494.59	P77 O11J – jez pevný
1.74000	490.90	51	492.78	94	493.39	163	494.09	256	494.6	P78
1.75000	490.83	51	492.78	94	493.39	163	494.09	256	494.6	P79
1.80000	491.10	51	493.13	94	493.88	163	494.3	256	494.71	P80
1.83900	491.35	51	493.34	94	494.23	163	494.83	256	495.31	P81
1.84400	491.41	51	493.35	94	494.24	163	494.84	256	495.32	P82
1.84700	Most – železniční vlečka									O12M

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
1.85200	491.41	51	493.4	94	494.33	163	494.91	256	495.39	P83
1.85700	491.15	51	493.44	94	494.35	163	494.92	256	495.42	P84
1.90000	490.95	51	493.57	94	494.4	163	495	256	495.51	P85
1.95000	491.27	51	493.72	94	494.61	163	495.2	256	495.69	P86
2.00000	491.81	51	494.27	94	494.81	163	495.31	256	495.79	P87
2.05000	491.52	51	494.35	94	494.83	163	495.31	256	495.79	P88
2.10000	491.95	51	494.49	94	495.03	163	495.54	256	496.04	P89
2.15000	492.32	51	494.71	94	495.22	163	495.72	256	496.22	P90
2.20000	492.02	51	494.71	94	495.22	163	495.76	256	496.29	P91
2.25000	492.39	51	494.93	94	495.33	163	495.84	256	496.39	P92
2.30000	492.54	51	495.14	94	495.57	163	495.84	256	496.57	P93
2.35000	492.83	51	495.29	94	495.66	163	496.43	256	496.79	P94
2.40000	493.17	51	495.66	94	496.53	163	497.1	256	497.48	P95
2.45000	493.49	51	495.93	94	496.85	163	497.1	256	497.48	P96
2.50000	493.54	51	496.08	94	496.93	163	497.87	256	498.28	P97
2.52100	494.26	51	496.3	94	497.34	163	498.17	256	498.61	P98
2.52600	494.34	51	496.31	94	497.35	163	498.27	256	498.76	P99
2.52700	Lávka pro pěší									O13L
2.52877	494.34	51	496.34	94	497.38	163	498.33	256	498.81	P100
2.53500	494.44	51	496.34	94	497.39	163	498.35	256	498.83	P101
2.55000	494.04	51	496.47	94	497.57	163	498.43	256	498.91	P102
2.60000	494.65	51	496.89	94	497.81	163	498.54	256	499.03	P103
2.65000	494.98	51	497.38	94	498.08	163	498.6	256	499.03	P104
2.70000	495.47	51	497.71	94	498.34	163	498.94	256	499.46	P105

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
2.75000	495.79	51	497.89	94	498.48	163	499.07	256	499.61	P106
2.80000	496.37	51	498.23	94	498.66	163	499.19	256	499.72	P107
2.84100	496.85	51	498.48	94	499.09	163	499.55	256	499.86	P108
2.84200	497.15	51	498.57	94	499.23	163	499.7	256	500.04	P109
2.85790	496.97	51	498.95	94	499.39	163	499.78	256	500.09	P110
2.86295	496.99	51	499.03	94	499.57	163	499.94	256	500.29	P111
2.86400	Lávka pro pěší									O14L
2.86630	496.99	51	499.28	94	499.73	163	500.1	256	500.44	P112
2.87129	497.04	51	499.31	94	499.75	163	500.13	256	500.48	P113
2.90000	497.20	51	499.45	94	499.85	163	500.2	256	500.54	P114
2.95000	497.48	51	499.49	94	499.89	163	500.23	256	500.55	P115
3.00000	497.49	51	499.58	94	500.02	163	500.5	256	500.98	P116
3.05000	497.69	51	499.71	94	500.16	163	500.64	256	501.12	P117
3.10000	497.79	51	499.8	94	500.25	163	500.72	256	501.18	P118
3.15000	497.90	51	499.89	94	500.36	163	500.89	256	501.42	P119
3.17500	497.89	51	499.89	94	500.36	163	500.89	256	501.45	P120
3.18000	497.79	51	499.92	94	500.38	163	501.21	256	501.76	P121
3.18318	Lávka pro pěší									O15L
3.18405	497.79	51	499.93	94	500.4	163	501.33	256	501.92	P122
3.18900	497.99	51	499.93	94	500.5	163	501.45	256	502.05	P123
3.20000	498.27	51	499.93	94	500.5	163	501.45	256	502.05	P124
3.20900	498.27	51	500.12	94	500.86	163	501.65	256	502.37	P125
3.21500	498.10	51	500.24	94	500.97	163	501.71	256	502.38	P126
3.22350	Most historický									O16M

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
3.22500	498.20	51	500.3	94	501.16	163	502.44	256	502.99	P127
3.23000	498.20	51	500.3	94	501.16	163	502.46	256	503.01	P128
3.23500	498.28	51	500.3	94	501.16	163	502.46	256	503.01	P129
3.24400	Most silniční									O17M
3.25350	498.56	51	500.3	94	501.21	163	502.93	256	503.98	P130
3.26000	498.76	51	500.3	94	501.21	163	502.93	256	503.99	P131
3.28100	498.53	51	500.6	94	501.47	163	503.04	256	504.07	P132
3.28248	499.90	51	500.73	94	501.47	163	503.04	256	504.07	P133
3.28493	500.19	51	500.88	94	501.47	163	503.04	256	504.07	P134 O18J – jez pevný
3.30000	499.53	51	501.08	94	501.47	163	503.04	256	504.07	P135
3.35000	499.80	51	501.44	94	501.91	163	503.04	256	504.09	P136
3.40000	499.90	51	501.77	94	502.21	163	503.04	256	504.09	P137

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Analýzou průniku maximálního rozlivu (při průtoku Q_{500}) a správních územích byly zajištěny informace o následujících dotčených správních územích obcí uvedené v následující tabulce.

Tabulka 10 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
02293	Český Krumlov	545392	Český Krumlov
		545554	Kájov

Mapa povodňového nebezpečí zobrazuje rozsah zaplaveného území, hloubky a rychlosti proudění.

Záplavové čáry jsou vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyloučit nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

Hloubka je vypočtena jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Výsledkem je rastr hloubek o velikosti pixlu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízne záplavovou čarou pro daný scénář.

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u jednorozměrného modelu jsou známy ve výpočetních profilech. Po provedení výpočtu a získání úrovně vodní hladiny v profilu je možné dopočítat rozdělení rychlostí v korytě a levé i pravé inundaci. Rychlosti jsou prezentovány pomocí vhodně distribuovaných bodů na příčných profilech. Distribuce bodů je závislá na velikosti vodního toku (koryta toku) a rozsahu záplavového území. V korytě vodního toku bude vždy umístěn alespoň jeden bod charakterizující rychlost proudění v korytě.

Výsledné zobrazení rychlostí je součástí mapy rizik, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty mohou vstupovat do výpočtů a dále do výsledků v každé dílčí fázi zpracování. Jedná se zejména o nejistoty v přesnosti hydrologických a geodetických dat, zpracování digitálního modelu terénu, schematizace řešeného území hydrodynamickým modelem, výpočetního schématu hydrodynamického modelu, stanovení drsnosti povrchů, kalibračních značek, kulminačních průtoků historických povodní atd.

Způsob zpracování vycházel z použití nejmodernějších a aktuálních vstupních podkladů, hydrodynamických modelů, metod zpracování hydrodynamických modelů a prezentace jejich výsledků s cílem minimalizovat nejistoty ve výsledcích výpočtů.