



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

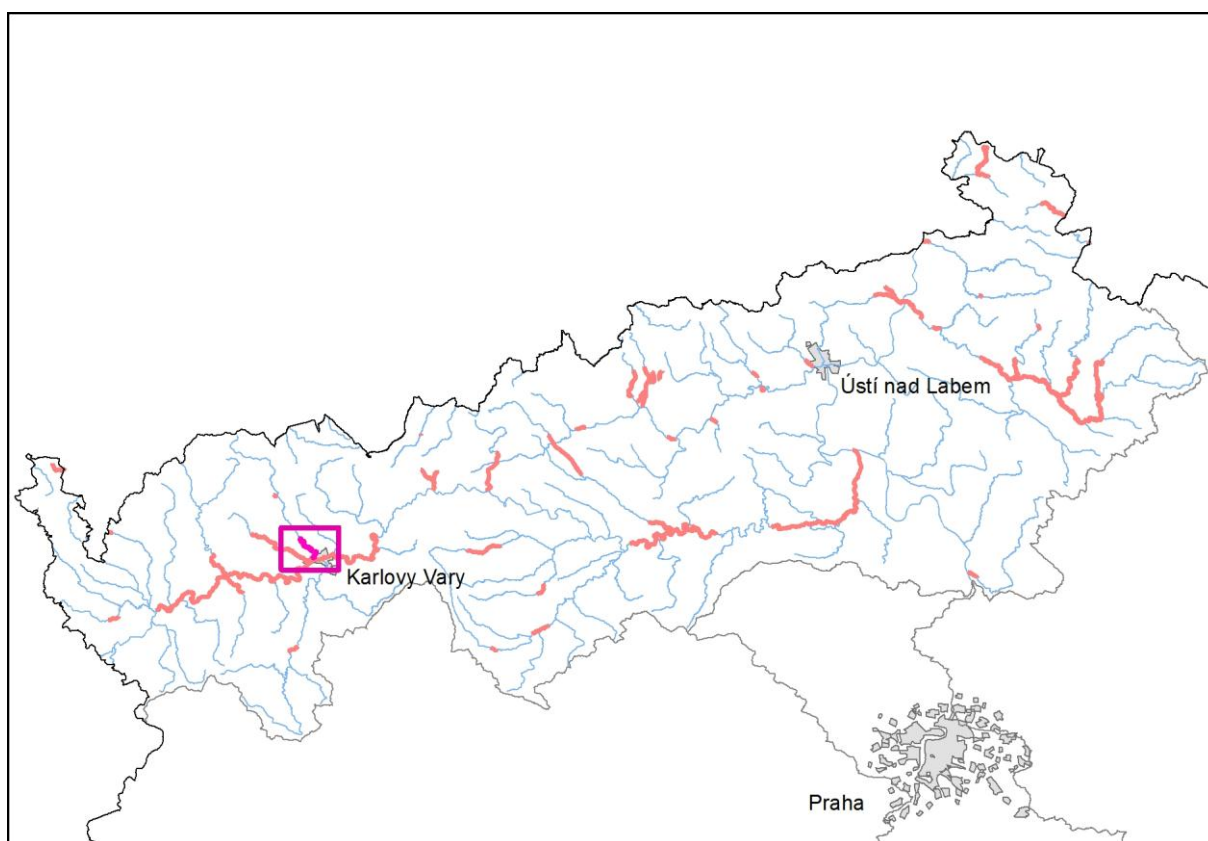
Pro vodu,
vzduch a přírodu

ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLAST POVODÍ OHŘE A DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ROLAVA – 10100121_1 - Ř. KM 0,000 – 5,900



listopad 2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLAST POVODÍ OHŘE A DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ROLAVA – 10100121_1 - Ř. KM 0,000 – 5,900

Pořizovatel:



Povodí Ohře, státní podnik
Bezručova 4219
Chomutov
430 03

Zhotovitel: sdružení „HYDROPROJEKT + Hydrosoft + AZ Consult“



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



HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.
U Sadu 13/62
Praha 6
162 00



AZ Consult, spol. s r.o.
Klíšská 12
Ústí nad Labem
400 01



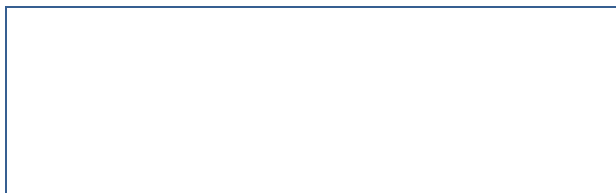
OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



Ing. Zdeněk Klíma
Pod Vinicí 322/29
Litoměřice
412 01



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

V Praze, listopad 2013

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací	7
1.3	Předmět práce	7
1.4	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
3.2.1	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	13
Pro zpracování studie byly použity pouze základní hydrologické údaje ČHMÚ.		13
3.3	Místní šetření	14
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	15
4	Popis koncepčního modelu	16
4.1	Schematizace řešeného problému	16
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	16
4.3	Způsob zadávání OP a PP	16
5	Popis numerického modelu	17
5.1	Použité programové vybavení	17
5.2	Vstupní data numerického modelu	17
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	17
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	18
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	18
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	19
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	19
5.3	Popis kalibrace modelu	19
6	Výstupy z modelu	20
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	23
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	23
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	23
6.3.1	Bodová vrstva průměrných celoprofilových rychlostí	24

6.3.2	Plošné rozdělení rychlostí v inundaci	24
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	24

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

V následující tabulce č. 1.1 jsou abecedně seřazeny všechny zkratky a symboly použité při zpracování části B, Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí.

Tab. č. 1.1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
DPI	Rozlišení dané počtem bodů na jeden palec (2,5 cm)
DMR 4G	Digitální model reliéfu 4.generace
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5.generace
GIS	Geografické informační systémy
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku v Centrální evidenci vodních toků
SOP	Studie odtokových poměrů
LG	Limnigraf
ZÚ	Záplavová území
ZM10	Základní mapa 1:10 000

1.2 Cíle prací

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

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

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 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- popis postupů souvisejících se zajištěním 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).

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Výchozím podkladem pro zpracování studie byla data ze studie „Záplavové území Rolavy – povodňový model úsek soutok s Ohří – jez nad Starou Rolí, ř. km 0,000 až 4,514“ provedené v roce 2000 s aktualizací v roce 2008 v HEPS Terežín, Povodí Ohře, státní podnik.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum s cílem zjistit, zda geodetické zaměření je dostatečné nebo bude třeba provést dodatečné zaměření. V průběhu terénního průzkumu byla pořízena nová fotodokumentace.

Na základě místního šetření bylo shledáno, že od doby provádění studie nedošlo v zájmovém území k žádným významným změnám v odtokových poměrech. Původní zaměření ze studie bylo prohlášeno za dostatečné a nebylo nutné provádět dodatečné zaměření.

S ohledem na 5- letou platnost hydrologických dat bylo nutné v zájmovém profilu hydrologická data (průtoky n-letých vod) vydávaných ČHMÚ nechat znovu ověřit. U ověřených dat nebyly shledány zásadní změny průtoků, což vedlo k rozhodnutí prezentovat grafické výstupy nad původní mapou ZM 10 z roku 2008. Pro výpočet byla použita původní trať ze zaměření z roku 2008.

Hydraulické výpočty vodního toku včetně objektů a inundačního území byly provedeny pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Získané výsledky byly jako bodová informace dále zpracovány pomocí nástrojů GIS nad výše zmíněným mapovým podkladem. V první řadě byly rozšířeny příčné profily tak, aby přesahovaly průběh záplavy Q_{500} , což bylo nezbytné pro tvorbu „Map hloubek“. Dále za pomoci vygenerovaných bodů z DMR 5G byly nad mapovým podkladem vyneseny průběhy záplavových čar a průběhy rychlostí. Průběhy obou typů čar byly upřesněny nad vytvořenou „Mapou hloubek“ z DMR 5G. Výsledky jsou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí v kapitole 6.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku: Rolava

ID úseku IDVT CEVT: 10100121_1

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-13-01-1520-0-00 (Ohře)
1-13-01-1650-0-00 (Rolava)
1-13-01-1660-0-00 (Ohře)

Úsek vodního toku: ř. km 0,00 – 5,900

Významná vodní díla: přírodní koupaliště Rolava

Významné přítoky: Slatinný potok, Nejdecký potok

Řeka Rolava pramení v Přírodním parku Přebuz v Krušných horách, zhruba 1 km východně od Jeřábího vrchu (964 m) v blízkosti německých hranic, v nadmořské výšce 920,8 m. Prameniště je oblast vřesovišť a rašelinišť.

Teče převážně jihovýchodním směrem, protéká městy Nejdek a Nová Role. Ústí do řeky Ohře na jejím 171,6 říčním kilometru v Karlových Varech (místní část Rybáře), v nadmořské výšce 370,3 m pod estakádou silnice I/6.

Patří do pstruhového pásma. U prameniště řeky se v historii dobýval cín metodou hlubinné těžby.

Podklady:

Název toku - zdroj VÚV TGM, 2011

ID úseku IDVT CEVT - zdroj Ministerstvo zemědělství, 2011

Číslo hydrologického pořadí vodního toku - zdroj ČHMÚ, 2013

Úsek vodního toku - zdroj Povodí Ohře, státní podnik, 2011

Významná vodní díla - zdroj ZM10, ČÚZK, 2012

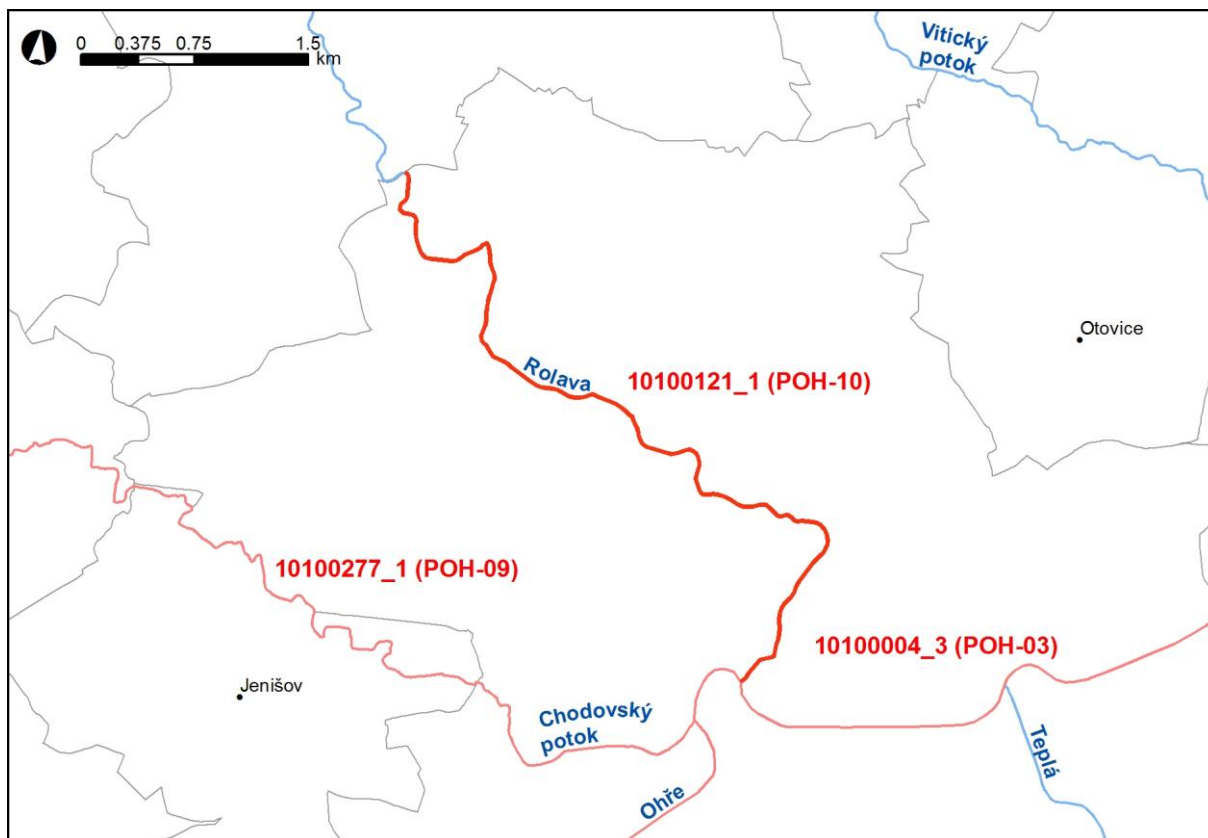
Významné přítoky - zdroj ZM10, ČÚZK, 2012

Souhrnná technická zpráva „Záplavové území Rolavy, Ohře – jez nad Starou Rolí, povodňový model“, HEPS

Terezín, Povodí Ohře, státní podnik, aktualizace 2008

Wikipedie

Obr. č. 1 Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

V rámci této studie byl posuzován úsek vodního toku Rolavy v ř. km 0,00 až po ř. km 5,90. Staničení bylo převzato z předchozí studie a odpovídá požadavku objednatele určujícím počátek a konec posuzovaného území.

Rolava pramení v rašeliništích při státní hranici v Krušných horách, severně od Rolavy ve výšce 918 m n. m. Protéká Nejdkem, Novou Rolí, Starou Rolí a po své cestě jižním směrem ústí zleva do Ohře v Karlových Varech - Rybářích.

Koryto je v intravilánu Karlových Varů a Staré Role upravené jako lichoběžník se stabilizovanou patou břehů, místy je provedena úprava kamennými zdmi. Kapacita koryta v intravilánu je proměnlivá. Místy má koryto kapacitu Q_{100} , místy je kapacita menší než Q_5 . V extravilánu nad Starou Rolí je kapacita menší než Q_5 .

Sklon vodního toku je v celém zájmovém úseku vodního toku rovnoměrný a činí 0,56 %.

Rychlost vody se pohybuje se v rozmezí 1,2 m/s až 2,4 m/s, výjimečně překračuje 2,5 až 3 m/s.

Režim proudění je v celém zájmovém úseku vodního toku říční.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na vodním toku byly pomocí limnigrafu LG Stará Role - 3,8 ř. km dosud zaznamenány tyto nejvyšší povodňové stavy viz tab. č. 2.1.

Tab. č. 2.1 *Nejvyšší povodňové stavy LG Stará Role*

historické povodně			
datum kulminace	Q	H	N - letost
dle nejvýše dosaženého vodního stavu	m ³ /s	cm	
13.08.2002	39,3	261	5
12.03.1981	102	249	100
10.04.1987		217	
8.12.1974		216	
03.01.2003	60,3	187	20
22.07.1980		182	
31.03.2006	34,4	137	2-5

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 236/2002 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

- Základní mapy 1 : 10 000 – digitální, rastrové – ZABAGED®, poskytlo Povodí Ohře, státní podnik, 2012
- Výškopisná data DMR 4G, copyright ČÚZK, MO ČR, MZe ČR, 2010
- Geodetické zaměření – příčné profily, podélný profil, povodňové značky, provedla firma AquaGeo, v.o.s., Litoměřice, září 1998.
- Výsledky hydraulického výpočtu nerovnoměrným prouděním (program Hydrocheck), 2012
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Plzeň, 06/2011
- Hydrologické poměry ČSSR III. díl, HMÚ Praha, 1970
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný 22.3.2011 a 29.9.2011 zaměřený na zmapování stavu koryta a břehů se zřetelem na místní překážky a další relevantní faktory
- Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 236/2002 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- Geomorfologie Českých zemí, Jaromír Demek a kol., AC, 1965
- Vyšší geomorfologické jednotky České republiky, Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha, 1996
- Metadata poskytnutá Zeměměřickým ústavem k aktuální verzi ZM 10, 2012
- Atlas podnebí ČSSR, ČHMÚ

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

Digitální model terénu byl sestaven z Digitálního modelu reliéfu České republiky 4. generace DMR 4G od ČÚZK a pro zpřesnění oblasti koryta byly použity 3D terénní hrany břehů a hladiny, které zpracovala společnost GEODIS BRNO, spol. s r.o. Sestavení DMT proběhlo v softwaru společnosti ESRI v ArcGIS pomocí extenze 3D Analyst. DMT byl vygenerován ve formátu ESRI tin, který se převedl do formátu georeferencovaný tif s velikostí pixelu 2 x 2 m.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla vybrána Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) vytvořená Zeměměřickým úřadem v roce 2008. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítko.

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů. Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť. Předměty obsahu mapy jsou znázorněny pouze na území České republiky. Míra generalizace polohopisu je na takové úrovni, že nedochází k rozsáhlejšímu spojování jednotlivých staveb do bloků a ke zjednodušování tvarů. Mapa tak poskytuje velmi podrobnou představu o zobrazovaném území.

Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2 x 2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK.. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový

umísťovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umísťovacího čtverce a velikost pixlu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 3149 x 3149 (72DPI).

3.1.3 Geodetické podklady

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.4, nebylo nutné provést nové geodetické zaměření. Při stavbě modelu bylo použito zaměření z původní studie provedené firmou AquaGeo, v.o.s., Litoměřice v září 1998. Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 4G, která poskytlo Povodí Ohře, státní podnik.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu: ústí do Ohře, Karlovy Vary

Datum pořízení: 15.6.2011

Říční kilometr: ř. km 0,00

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400: II.

Velikost plochy povodí k profilu: 137,25 km²

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-13-01-1520-0-00 (Ohře)
1-13-01-1650-0-00 (Rolava)
1-13-01-1660-0-00 (Ohře)

N-leté průtoky: viz tabulka č. 3.1

N-leté průtoky porovnání: viz tabulka č. 3.2

Tab. č. 3.1 N-leté průtoky (Q_N) v m³.s⁻¹

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Ústí do Ohře, KV	15.6.2011	0,00	39,6	66,6	106	156	II.

Tab. č. 3.2 Porovnání N-letých průtoků platných a z původní studie (Q_N) v m³.s⁻¹

Vodní tok	N-leté průtoky (Q_N) v m ³ .s ⁻¹								datum předání
	1	2	5	10	20	50	100	500	
Rolava	16,7	25,4	39,6	52,3	66,6	88,8	106	156	15.6.2011
	16,7	25,4	39,6	52,3	66,6	88,8	106		červen 2006
%	0	0	0	0	0	0	0		

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že hodnoty průtoků oproti původním hydrologickým datům se nezměnily a proto záplavové čáry mohly být vynášeny nad původním rastrem z roku 2008.

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity pouze základní hydrologické údaje ČHMÚ.

3.3 Místní šetření

Místní šetření proběhlo 22.3.2011 a 29.9.2011 a byla zpracována podrobná fotodokumentace. Každá fotografie je časově a prostorově lokalizovaná. Součástí fotodokumentace jsou i fotky ze starších studií. Lokalizace starší fotodokumentace nebyla dodatečně prováděna, v některých případech ale byly i starší fotky lokalizované.

Cílem místního šetření bylo:

- a) posouzení nutnosti doplňujícího geodetického zaměření. V případech rekonstrukcí objektů či vlastního koryta či jakékoliv změně v korytě či inundačním území bylo posuzováno, zadali je, nebo není potřeba provést nové zaměření. Výsledek šetření je popsán v kapitole 3.1.3 Geodetické podklady.
- b) posouzení drsnostních charakteristik. Cílem průzkumu bylo mimo jiné i posouzení drsnostních charakteristik, zejména v inundaci, kde se odtokové parametry mohly změnit novou výstavbou. Dále bylo potřeba určit drsnostní charakteristiky v území potenciálně zaplaveném povodní Q_{500} .
- c) posouzení morfologie terénu z pohledu průtoku Q_{500} . Bylo nutné rozhodnout, zdali bude nutné rozšiřovat profily původního modelu, či nikoliv. Ne vždy se celá se inundace podílí na průtoku. Na základě průzkumu byly některé profily v době sestavování modelu, proti původní studii rozšiřovány z výškopisu DMR 4G.
- d) posouzení objektů z pohledu průtoku Q_{500} . Původní modely nepočítaly s tak velkým průtokem. Bylo tedy nutné posoudit průtokové parametry objektů i při této extrémní povodni. U některých objektů byly na základě pořízené fotodokumentace upraveny průtokové koeficienty či další parametry objektu, například rozsah zasahování mostovky do průtočného profilu.
- e) posouzení ohrožení zaplavovaného území povodní. Tato část průzkumu měla za úkol pořídit fotodokumentaci ohrožených objektů v inundaci tak, aby později bylo možné rozhodovat, zda a v jakém rozsahu bude nemovitost ohrožena. Jedná se zde ale o doplňkovou informaci pro analýzy v GIS a v žádném případě se nejedná o evidenci a podrobnou dokumentaci jednotlivých objektů zasažených vodou.

Při stavbě modelu pak byla pořízená fotodokumentace významným nástrojem pro rozhodování kde a jak model upravovat.

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

V průběhu zpracování nebyly poskytnuty žádné další podklady.

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 hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [4] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [5] 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).
- [6] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [7] Vyhláška č.178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [8] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté podklady plně pokryly zájmové území. Původní profily musely být místy rozšířeny, protože v původní studii nebyl řešen průtok Q_{500} . Pro rozšíření profilů bylo použito podkladu DMR 4G, jehož přesnost je pro potřeby modelu v okrajových částech inundace dostatečná.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění. Pro tento typ výpočtů je vhodný program HYDROCHECK verze 5.X, který používáme.

Jedná se o programový prostředek vyvinutý společností Hydrossoft Veleslavín s.r.o. v devadesátých letech ve spolupráci s Podniky Povodí. Řeší ustálené nerovnoměrné proudění v otevřených neprizmatických korytech v režimových oblastech říčních i bystřinných. Základem řešení nerovnoměrného proudění je obecná metoda po úsecích. Významné objekty byly počítány funkcemi programu Hydrocheck jako objekty.

Program Hydrocheck verze 5.X je mimo jiné vhodným nástrojem pro posuzování aktivní zóny, či hodnocení map rizik, neboť umožňuje vyhodnocování svislicových rychlostí v příčném řezu. Díky tomu je možné vyhodnocovat rychlosti v inundaci a vytvářet mapu rychlostí jako plošnou informaci, nikoliv jen bodovou.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schéma modelu je poměrně jednoduché. Koryto prochází prakticky v celém zájmovém úseku údolnicí a inundace není široká. Nebylo tedy nutné zpracovávat dílčí úseky vodního toku jako okružovou síť. Vzdálenosti příčných profilů v intravilánu jsou cca 50 m, v extravilánu cca 200 až 250 metrů, v místech, kde to bylo potřeba hustěji.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity je ve výpočtech zanedbán. Studie je zpracována metodou stacionárního nerovnoměrného proudění, což je v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Jelikož se jedná o výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění v říčním korytě, zadává se okrajová podmínka v dolním výpočtovém profilu v podobě hladiny a průtoku. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoku. Jiné okrajové ani počáteční podmínky výpočtu se nezadávají.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Vlastní výpočty byly prováděny metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v programu HYDROCHECK verze 5.X, který se osvědčil při výpočtech obdobných studií.

Základní výhodou programu HYDROCHECK verze 5.X je možnost rozdělení průtočného profilu na libovolné segmenty pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu. HYDROCHECK verze 5.X umožňuje zobrazit podrobné rozdělení rychlostí v příčném profilu tak i rozdělení aktivní zóny v příčném profilu.

Pro výpočty konsumpčních křivek významných objektů byl použit nástroj - výpočty objektů, který je nyní přímou součástí programu HYDROCHECK verze 5.X.

Kromě metody nerovnoměrného proudění bývá užíváno i nástrojů rovnoměrného proudění pro stanovení konzumpční křivky dolní okrajové podmínky.

Pro vynášení záplavových čar z vypočtených úrovní hladin do mapového podkladu je využíváno funkce HYDROCHECKu verze 5.X, který generuje vypočtené průřezy hladin v profilech do mapy.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Základem prací na studii je podrobný terénní průzkum. Na základě terénního průzkumu a kvalitní fotodokumentace jsou určeny drsnostní charakteristiky a později vynášeny záplavové čáry a aktivní zóna.

Podkladem pro práci bylo podrobné geodetické zaměření v rozsahu potřebném pro jednorozměrný matematický model, tedy příčné a údolní profily a veškeré objekty. Kromě toho byly pro vynášení záplavové čáry a aktivní zóny použity všechny měřené body v rámci TPE.

Základním prvkem zadání je příčný profil - jeho geometrický tvar a rozměry, včetně součinitele drsnosti omočeného profilu.

Průtočný profil je možno rozdělit pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu.

Na základě fotodokumentace a poznámek získaných při rekognoskaci terénu byly voleny hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro jednotlivé části omočeného profilu.

Kromě vytvoření geometrického modelu říční sítě včetně objektů je pro simulaci nerovnoměrného proudění nutné zadat okrajové podmínky. Jedná se především o průtok a označení počátečního (popřípadě koncového) profilu, ve kterém má být průběh proudění řešen. Dále se zadává hladina v počátečním profilu, pokud není zvolen režim jejího automatického výpočtu z konzumpční křivky.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

ř. km 0,000 až 1,604 profily PF45 až PF27M – nad soutokem s Ohří, intravilán Karlovy Vary

V úseku vodního toku nad soutokem po profil PF39 je kapacita koryta Q_{20} . Při povodni Q_{100} je na pravém břehu zaplavováno několik nemovitostí. V úseku vodního toku, mezi profily PF39 až PF33 je kapacita koryta vyšší než Q_{100} a koryto provede i průtok Q_{500} . Mezi profily PF33 až PF27M je kapacita koryta menší než Q_5 . Přilehlé nemovitosti jsou ale zaplavovány až při povodni Q_{100} .

ř. km až 1,604 až 4,298 profily PF27M až PF05M –intravilán Stará Role

Mezi profily PF27M až PF20 je koryto kapacitní maximálně na Q_5 . Na pravém břehu nad železničním mostem PF27M je v záplavě Q_5 zahrádková kolonie. Kolem profilu PF21 je na pravém břehu při Q_{20} zaplavována část průmyslového areálu.

Mezi profily PF20 až PF05 je koryto kapacitní na průtok Q_{100} s jedinou výjimkou kolem profilu PF16, pod železničním mostem, kde při Q_{100} dojde k zaplavení několika nemovitostí.

ř. km až 4,298 až 5,876 profily PF05M až U09 –extravilán nad Starou Rolí

V celém úseku je kapacita koryta menší než Q_5 , ale veškerá zástavba je mimo dosah Q_{100} i Q_{500} .

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Program Hydrocheck verze 5.X umožňuje zadávání drsností nepřímo pomocí kódů, proto byl změněn způsob práce s drsnostmi. Dříve bylo jen velmi těžké měnit bodové drsnosti v profilech z tohoto důvodu byly vyplňovány bodové drsnosti pouze mimo koryto a v korytě byla používána globální drsnost, kterou bylo možné v celém úseku trati snadno změnit.

Nyní byly vyplňovány všechny drsnosti v celém příčném profilu a snadná možnost korigovat drsnosti během výpočtu zůstává zachována.

Použité drsnosti jsou uvedeny v tabulkách 5.1 a 5.2. Podrobné informace o použitých drsnostech v příčných profilech najdete ve výpisu výpočtové trati.

Tab. č. 5.1 Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
Beton v dobrém stavu	0,020
Beton starý	0,035
dlažba	0,025 - 0,045
tráva	0,035 - 0,045
keře	0,060 - 0,090

Tab. č. 5.2 Použité drsnosti dle Manninga v inundačním území

Popis	n
silnice chodníky - asfalt, beton	0,020 - 0,025
cesta	0,035 - 0,040
louky, pole	0,035 - 0,045
stromy, keře	0,060 - 0,120
hustý porost	0,120 - 0,160
zahrady s ploty, zástavba	0,160 - 0,200 nebo vypuštěné z výpočtu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Dolní okrajová podmínka byla stanovena v počátečním profilu řešeného úseku – PF45, ř. km 0,028. Pro řešený úsek jsou k dispozici průtoky pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Jejich hodnoty jsou v následující tabulce č. 5.3. Hladiny k nim byly určeny z výsledků původní studie a lze je odečíst z výsledného výpočtového modelu.

Tab. č. 5.3 N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

profil DOP / N- leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
PF45, u ústí do Ohře, Karlovy Vary, ř. km 0,028	0,0 – 5,9	39,6	66,6	106	156	

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Jak již bylo řečeno dříve, počáteční podmínky se v případě ustáleného nerovnoměrného proudění nezadávají.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Vstupní data byla pro zpracování studie dostatečná.

5.3 Popis kalibrace modelu

Pro kalibraci modelu nebyly k dispozici žádné povodňové značky.

6 Výstupy z modelu

Hlavním výstupem z matematického modelu je psaný podélný profil, jež je zpracován pro všechny průtokové epizody a jež je hlavním nástrojem pro tvorbu záplavových čar. Psaný podélný profil kromě vypočtené úrovně hladiny obsahuje i informaci o výšce dna (nejhlubší dno), úroveň levého a pravého břehu (břehová hrana) a dále úroveň spodní hrany mostovky mostních objektů. Profil je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Psaný podélný profil je uveden na následující stránce.

Tab. č. 6.1 Výpočet úrovně hladin

Profil	Staničení ř.km	Kóta dna	Levý břeh	Pravý břeh	HI. Q ₅	Q ₅	HI. Q ₂₀	Q ₂₀	HI. Q ₁₀₀	Q ₁₀₀	HI. Q ₅₀₀	Q ₅₀₀
	[km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]
PF45	0,029	369,75	373,65	371,91	372,70	39,6	372,80	66,6	373,50	106,0	373,91	156,0
PF44	0,093	369,89	373,22	374,84	372,73	39,6	372,87	66,6	373,57	106,0	374,02	156,0
PF43M	0,110	370,09	374,90	374,81	372,73	39,6	372,89	66,6	373,58	106,0	374,04	156,0
PF42	0,133	370,38	376,84	377,00	372,75	39,6	372,93	66,6	373,64	106,0	374,12	156,0
PF41	0,319	371,23	377,62	374,13	373,06	39,6	373,47	66,6	374,15	106,0	374,70	156,0
PF40	0,453	371,70	377,97	375,93	373,46	39,6	373,95	66,6	374,59	106,0	375,17	156,0
PF39	0,672	372,57	378,00	376,95	374,18	39,6	374,69	66,6	375,31	106,0	375,92	156,0
PF38M	0,690	372,57	376,80	376,70	374,23	39,6	374,73	66,6	375,34	106,0	375,92	156,0
PF37	0,700	372,60	379,69	379,60	374,26	39,6	374,77	66,6	375,40	106,0	375,99	156,0
PF36	0,830	372,91	378,35	378,64	374,65	39,6	375,18	66,6	375,81	106,0	376,43	156,0
PF35	1,000	373,06	378,11	377,80	375,05	39,6	375,59	66,6	376,21	106,0	376,83	156,0
PF34J	1,013	376,06	380,18	377,89	377,25	39,6	377,72	66,6	378,31	106,0	378,99	156,0
PF33	1,021	375,99	379,22	379,37	377,25	39,6	377,72	66,6	378,31	106,0	378,99	156,0
PF32	1,189	376,12	379,03	379,35	377,94	39,6	378,44	66,6	379,01	106,0	379,43	156,0
PF31	1,352	376,72	379,04	380,72	378,51	39,6	379,04	66,6	379,60	106,0	380,09	156,0
PF30M	1,370	376,36	380,85	381,05	378,56	39,6	379,10	66,6	379,68	106,0	380,19	156,0
PF29	1,378	376,39	381,62	382,42	378,59	39,6	379,13	66,6	379,72	106,0	380,23	156,0
PFD	1,526	377,70	380,18	380,21	379,19	39,6	379,67	66,6	380,19	106,0	380,68	156,0
PFCst	1,540	379,39	380,56	384,92	382,02	39,6	382,34	66,6	382,73	106,0	383,16	156,0
PF28	1,578	379,01	381,81	383,04	382,02	39,6	382,34	66,6	382,73	106,0	383,16	156,0
PF27M	1,604	378,97	391,90	391,75	382,04	39,6	382,38	66,6	382,79	106,0	383,23	156,0
PF26	1,613	378,62	385,01	387,41	382,07	39,6	382,44	66,6	382,88	106,0	383,34	156,0
PF25	1,750	379,60	386,33	383,14	382,18	39,6	382,61	66,6	383,12	106,0	383,50	156,0
PF24	1,962	380,36	387,90	386,58	382,60	39,6	383,13	66,6	383,71	106,0	384,18	156,0
PF23	2,104	381,09	387,24	386,40	383,26	39,6	383,76	66,6	384,27	106,0	384,71	156,0
PF22	2,279	382,10	383,77	384,84	384,15	39,6	384,55	66,6	384,85	106,0	385,17	156,0
PF21	2,388	382,49	387,08	386,13	384,72	39,6	385,22	66,6	385,70	106,0	386,19	156,0
PFB	2,431	382,70	387,58	385,43	384,88	39,6	385,37	66,6	385,88	106,0	386,39	156,0
PFAst	2,440	383,49	388,36	385,81	384,94	39,6	385,42	66,6	385,93	106,0	386,45	156,0
PF20M	2,506	383,58	387,52	388,65	385,30	39,6	385,78	66,6	386,32	106,0	386,86	156,0

Profil	Staničení ř.km	Kóta dna	Levý břeh	Pravý břeh	HI. Q ₅	Q ₅	HI. Q ₂₀	Q ₂₀	HI. Q ₁₀₀	Q ₁₀₀	HI. Q ₅₀₀	Q ₅₀₀
	[km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]
PF19	2,724	384,44	386,72	388,47	386,37	39,6	386,87	66,6	387,42	106,0	387,99	156,0
PF18M	2,740	385,00	389,47	391,37	386,45	39,6	386,93	66,6	387,48	106,0	388,05	156,0
PF17	2,746	384,93	388,21	390,00	386,45	39,6	386,94	66,6	387,50	106,0	388,07	156,0
PF16	2,870	385,10	388,57	387,22	387,00	39,6	387,52	66,6	388,09	106,0	388,64	156,0
PF15M	2,902	385,28	388,60	388,85	387,04	39,6	387,56	66,6	388,14	106,0	388,70	156,0
PF14	2,931	385,45	387,52	388,24	387,16	39,6	387,70	66,6	388,29	106,0	388,88	156,0
PF13	3,067	385,74	389,12	389,80	387,70	39,6	388,25	66,6	388,88	106,0	389,51	156,0
PF12M	3,089	386,02	390,40	390,42	387,79	39,6	388,34	66,6	388,99	106,0	389,61	156,0
PF11	3,104	386,24	388,91	390,62	387,86	39,6	388,42	66,6	389,07	106,0	389,70	156,0
PF10	3,352	387,05	391,74	390,22	388,96	39,6	389,52	66,6	390,16	106,0	390,74	156,0
PF09	3,643	388,29	392,13	395,64	390,21	39,6	390,79	66,6	391,42	106,0	391,96	156,0
PF08	3,839	389,29	397,78	394,00	391,19	39,6	391,76	66,6	392,42	106,0	392,90	156,0
PF07	4,087	390,63	394,02	398,15	392,77	39,6	393,32	66,6	393,95	106,0	394,37	156,0
PF06	4,277	392,14	395,86	395,11	393,94	39,6	394,48	66,6	395,10	106,0	395,51	156,0
PF05M	4,298	391,23	395,78	395,72	394,10	39,6	394,75	66,6	395,64	106,0	396,28	156,0
PF04	4,312	391,65	398,37	398,55	394,10	39,6	394,75	66,6	395,64	106,0	396,28	156,0
PF03	4,480	393,43	397,69	396,48	395,16	39,6	395,56	66,6	396,07	106,0	396,55	156,0
PF02J	4,496	396,65	397,50	396,69	398,15	39,6	398,44	66,6	398,68	106,0	398,93	156,0
PF01	4,514	395,14	400,90	399,23	398,15	39,6	398,44	66,6	398,68	106,0	398,93	156,0
U002	4,575	396,08	400,36	399,46	398,21	39,6	398,51	66,6	398,73	106,0	398,95	156,0
R003	4,782	396,82	400,80	400,00	398,26	39,6	398,55	66,6	398,78	106,0	399,01	156,0
U004	5,040	398,35	401,14	401,02	399,29	39,6	399,57	66,6	399,83	106,0	400,06	156,0
R005	5,272	398,78	401,50	402,00	400,28	39,6	400,64	66,6	400,96	106,0	401,20	156,0
R006	5,489	399,44	404,00	404,00	401,14	39,6	401,54	66,6	401,94	106,0	402,17	156,0
R007	5,687	401,06	406,00	406,00	402,36	39,6	402,73	66,6	403,11	106,0	403,38	156,0
R008	5,874	402,07	408,00	408,00	403,50	39,6	403,87	66,6	404,24	106,0	404,49	156,0
U009	6,105	403,68	406,46	415,70	404,79	39,6	405,01	66,6	405,25	106,0	405,47	156,0

6.1 Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Z vypočítaných úrovní hladiny v jednotlivých profilech byl interpretován průběh záplavové čáry. Z tohoto znázornění a z průběhu hladin v podélném profilu je patrný rozsah zatápěných ploch a objektů. Dále se tímto způsobem zjistí překážky průtoku, které působí patrné vzdutí hladiny, jejichž odstraněním nebo rekonstrukcí je možno rozsah zátop redukovat.

Záplavové čáry byly 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 vyliditovat 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.

Při aplikaci výsledků výpočtu je nutno si uvědomit, že přírodní třírozměrný v čase proměnný děj je popisován stacionárním jednorozměrným matematickým výpočtem s použitím mnoha zjednodušujících předpokladů a odhadů. Přesnost výpočtu je limitována zejména hustotou příčných profilů použitých k výpočtu a odhadem drsnostního součinitele.

Hodnoty úrovně hladin získané interpolací mezi jednotlivými výpočtovými příčnými profily nemusí odpovídat skutečnosti.

Nejsou zde postiženy jevy běžně se vyskytující při povodních - hladina v inundaci nemusí být v jednom příčném profilu stejná jako v korytě, v obloucích dochází k příčnému převýšení hladiny, hladina je rozvlněná, atd.

Výpočet je proveden pro ideální stav koryta. Není započítáno ucpání průtočného profilu plaveným materiálem, které hrozí zejména v mostních profilech. Vliv na proudění má i sezónní stav vegetačního pokryvu.

Výsledky tohoto výpočtu nejsou neměnné. Může dojít ke změnám vlivem zpřesnění topografických podkladů, změny hydrologických údajů, použitím přesnějších výpočetních modelů, nebo vlivem změn v průtočném profilu vodního toku.

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

Tab. č. 6.2 Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
4103	Karlovy Vary	554961	Karlovy Vary
4103	Karlovy Vary	555398	Nová Role

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

Určení hloubek pro jednotlivé povodňové scénáře je provedeno v prostředí ArcGIS, jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Digitální model hladiny byl vytvořen lineární interpolací hladin mezi jednotlivými příčnými profily, které byly převzaty z hydraulického modelu. Výsledkem je rastr hloubek o velikosti pixlu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízne záplavovou čarou pro daný scénář.

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

Pro hodnocení rizik vznikly ve studii dva samostatné výstupy vypočtených rychlostí a to vrstva bodová a plošná. Bodová vrstva slouží pro zobrazení v mapě rychlostí jako informace o průměrné celoprofilové rychlosti. Tato informace je však pro hodnocení rizik bezcenná, proto vznikla vrstva plošného rozdělení rychlostí. Ta pak bude použita pro další hodnocení.

6.3.1 Bodová vrstva průměrných celoprofilových rychlostí

Při výpočtu nerovnoměrného proudění byly z výpočetního programu Hydrocheck exportovány pro jednotlivé profily a jednotlivé průtokové epizody průměrné celoprofilové rychlosti. Takto získaná hodnota rychlosti pak byla v GIS přiřazena jako bodová informace průsečíku daného příčného řezu a osy vodního toku. Pro každý profil a jednu průtokovou epizodu tak byla získána informace o rychlosti, celkem tedy pro každý profil 4 hodnoty rychlosti ($Q_5 - Q_{500}$).

6.3.2 Plošné rozdělení rychlostí v inundaci

Program Hydrocheck pracuje se svislicovými rychlostmi a dokáže do mapy zobrazit rozdělení rychlostí v příčném řezu. Pokud umístění a hustota příčných řezů dostatečně popisuje záplavové území, lze poměrně přesně určit i plošné rozdělení rychlostí v inundaci zvláště, když je při posuzování k dispozici mapa hloubek. Plošné rozdělení rychlostí vychází z těchto předpokladů:

- nezajímá nás rychlost v korytě, ale pouze v inundaci
- pro hodnocení rizik nás nezajímá rychlost menší než 1 m/s
- rychlost je rozdělena po 0,5 m/s na kategorie 1,0 až 1,5 - 1,5 až 2,0 atd.

Na základě těchto předpokladů byly nad mapou vykresleny polygony rychlostí větších než 1 m/s. Tato plošná vrstva je podkladem pro další hodnocení rizik.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Jak bylo uvedeno výše, výpočetní model 1D je vždy schematizací skutečnosti. Hlavní míra nejistoty však neplyne ze špatného odhadu drsnostních charakteristik, nebo nedostatečně popsané topologie území a koryta, ale ze vstupních průtokových dat, jejichž přesnost je nezdědka v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s nímž model nepočítá, je množství plavenin, které postupují vodním tokem při povodni, ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu. Tyto plaveniny, pak zejména v prostoru objektů mohou způsobit naprosto převratné změny průtočného profilu (částečné nebo úplné ucpání), které pak mají na průběh hladiny zásadní vliv.

Pokud však odhlédneme od nejistot způsobených nepřesnými hydrologickými daty a budeme vztahovat rozsah záplavového území ke konkrétnímu průtoku (a nikoliv k deklarované četnosti povodně) a budeme postupovat v souladu s Metodikou stanovení ZÚ, tedy výpočet bez plavenin, můžeme konstatovat, že vypovídací schopnost modelu je značně vysoká. Největší ovlivnění hladin nastává v místech objektů, jejichž nesprávné posouzení, či špatně provedený výpočet ve vztahu k zatopení dolní vodou, má na úroveň hladiny zásadní vliv. Poměrně významné je i ovlivnění výpočtu chybně umístěnými dílčími profily v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byt v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.