

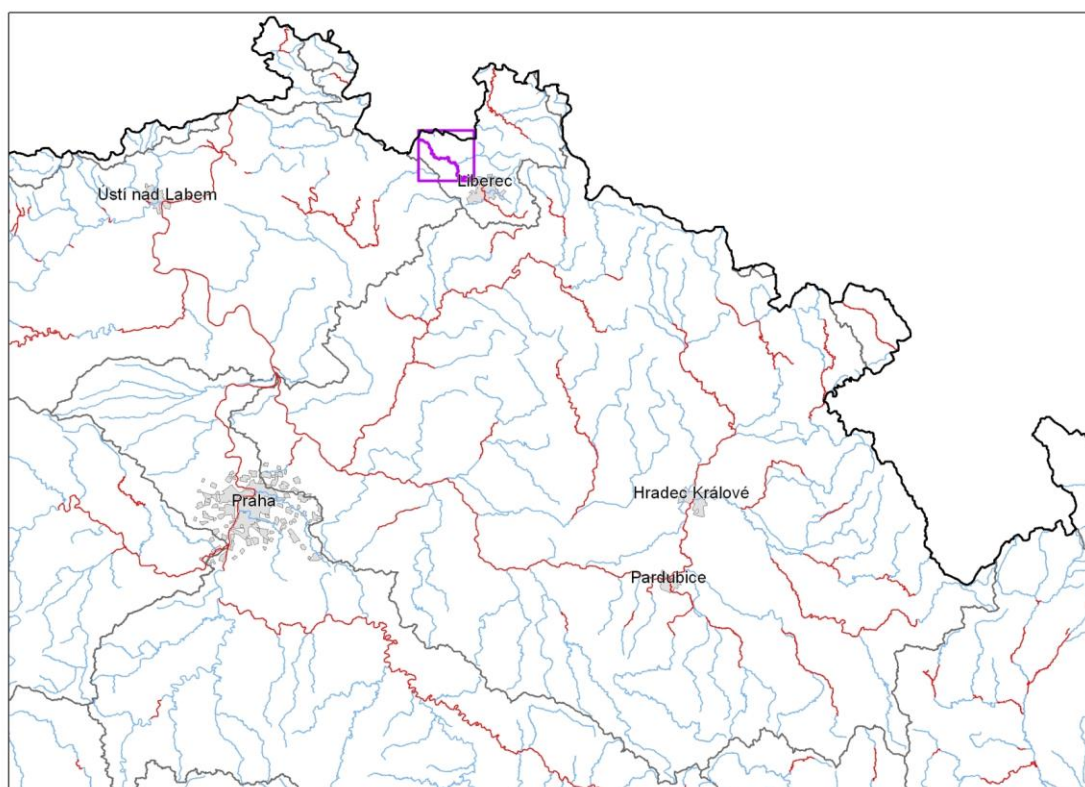


TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ LUŽICKÁ NISA A OSTATNÍ PŘÍTOKY ODRY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LUŽICKÁ NISA - 10100061_1 - Ř. KM 0,000 - 26,000 (PL-5-1)



PROSINEC 2012





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ LUŽICKÁ NISA A OSTATNÍ PŘÍTOKY ODRY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LUŽICKÁ NISA - 10100061_1 - Ř. KM 0,000 - 26,000 (PL-5-1)

Pořizovatel:



Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
Hradec Králové
500 03

Zhotovitel: sdružení „VRV + HDP + DHI“



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s.
Nábřeží 4
Praha 5
150 56



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



DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
Praha 10
100 00



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s.
Nábřeží 4
Praha 5
150 56

V PRAZE, PROSINEC 2012.

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	8
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	9
3	Přehled podkladů.....	10
3.1	Topologická data	10
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	10
3.1.2	Mapové podklady.....	10
3.1.3	Geodetické podklady	10
3.2	Hydrologická data	11
3.3	Místní šetření	12
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura.....	12
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	12
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného území	14
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	18
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	18
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	18
5.3	Popis kalibrace modelu	18
6	Výstupy z modelu	22
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	23

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ADM	Administrativní
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
ICOB	Identifikační číslo obce
JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
ORP	Obec s rozšířenou působností
SOP	Studie odtokových poměrů
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZÚ	Záplavová území
2D model	Matematický model dvourozměrného proudění

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

Potřebné průtokové stavy byly řešeny na nově sestaveném matematického 1D modelu v zájmové oblasti.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku: Lužická Nisa
IDVT (CEVT): 10100061_1
Číslo hydrologického pořadí: 2-04-07-021
2-04-07-023
2-04-07-035
2-04-07-037

Začátek zájmového úseku: ř.km 0,0
Konec zájmového úseku: ř.km 26,0

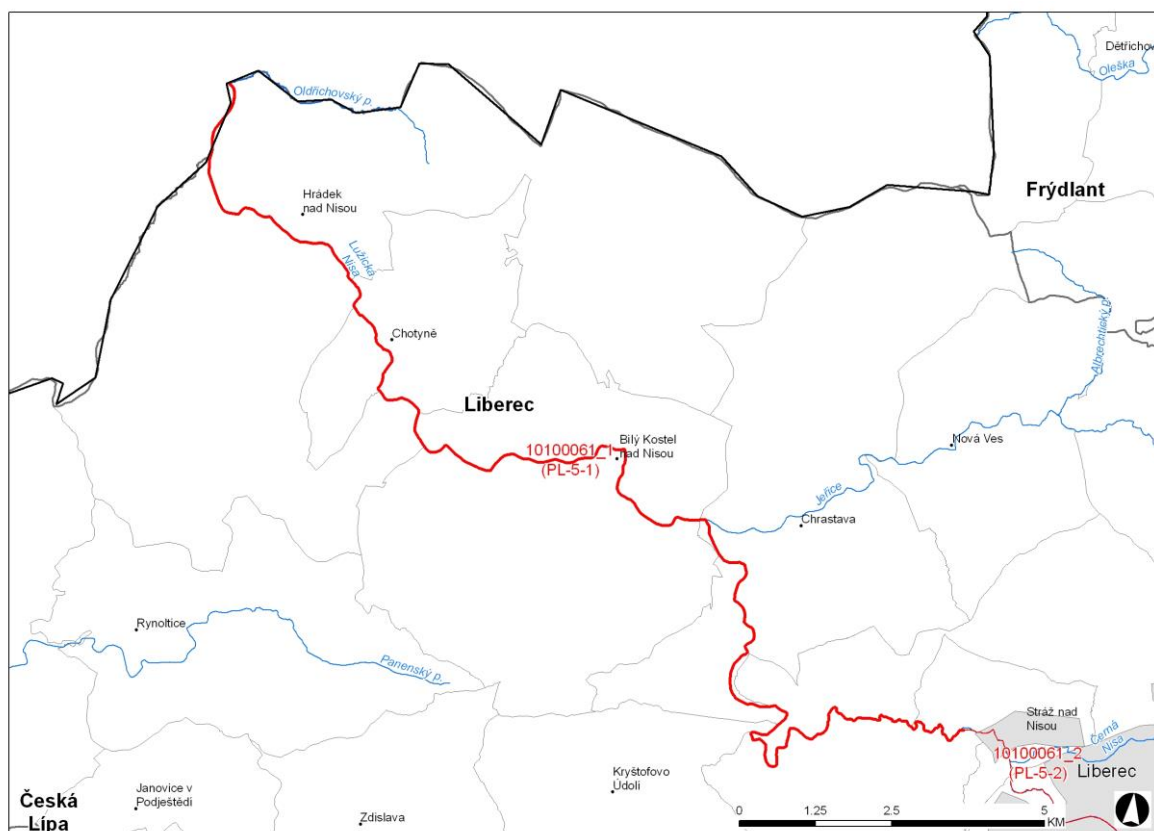
Významné přítoky: Údolský potok (ř. km 20,385)
Jeřice (ř. km 14,900)
Václavský potok (ř. km 5,920)

V zájmovém úseku Lužické Nisy se nevyskytují významná vodní díla.

Podklady:

Vrstvu a informace o navržených úsecích s významným povodňovým rizikem vlastní Ministerstvo životního prostředí. Názvy toků - spravuje VÚV TGM, v.v.i.; IDVT CEVT – spravuje Ministerstvo zemědělství.
Říční kilometráž spravuje Povodí Labe, státní podnik.

Obrázek – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Zájmového území je vymezeno kilometrží vodního toku (ř. km) 0,0 až 26,0. Jedná se o digitální říční kilometrží (DKM), která byla poskytnuta podnikem Povodí Labe, státní podnik. Tato osa byla upravena dle aktualizovaného geodetického zaměření, a proto se veškeré staničení dále vztahuje k nově vytvořené ose. Řešený úsek vodního toku prochází intravilánem města Hrádek nad Nisou, Chrastavou a dále drobnými obcemi.

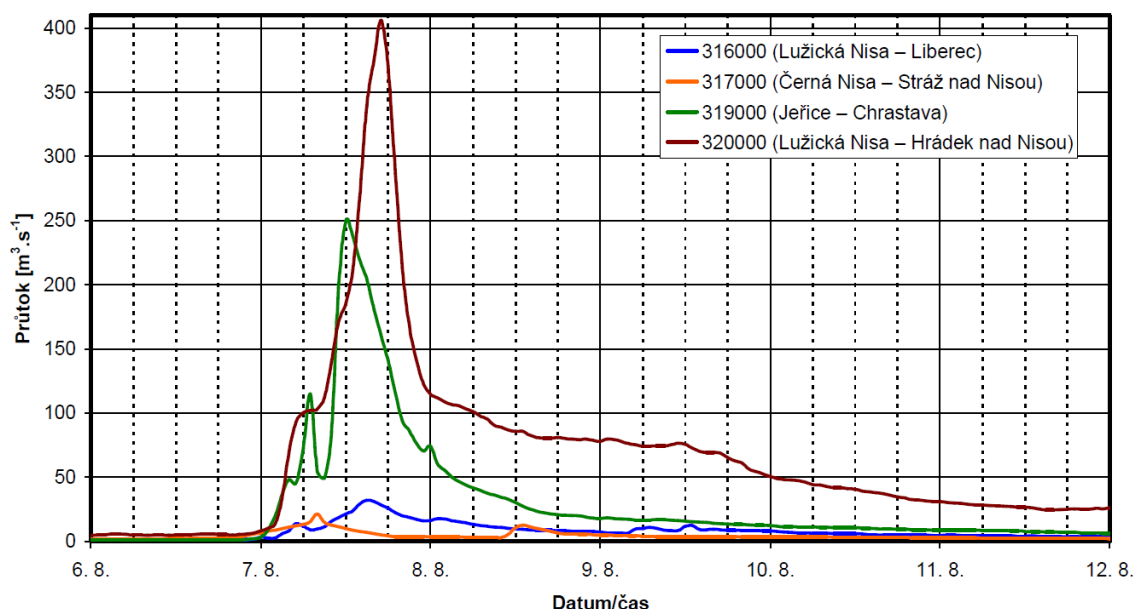
2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Povodeň 8/2010

Povodeň zasáhla oblast Libereckého a Ústeckého kraje, zejména povodí Lužické Nisy, Smědé, Ploučnice a Kamenice. Povodňové stavy na ostatním území ČR již byly nevýznamné.

Při vyhodnocení povodně byl zaznamenán rozliv a povodňové značky. Kulminační průtoky se vyhodnocovali pomocí matematického modelu proudění, srážkoodtokového modelu a odečtem z měrné křivky limnigrafické stanice v Hrádku nad Nisou.

Průběh průtoků na Lužické Nise a přítocích



3 Přehled podkladů

3.1 Topologická data

Hlavními topologickými daty byl digitální model terénu (DMT), který byl vytvořen z geodetického zaměření příčných profilů a objektů popisující koryto vodního toku a digitálního modelu reliéfu (DMR) popisujícího inundační území. Dalšími podklady vstupující do vytváření DMT byly projektové dokumentace, příp. skutečné zaměření již postavených staveb, které ovlivňují průtokové poměry.

Mezi další důležité topologické podklady patří některé vrstvy z GIS, jako je vrstva budov získaná z vektorového ZABAGEDu příp. upravená za pomoci leteckých snímků.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen v softwaru ArcGIS a charakterizuje řešené území pomocí trojúhelníkové nepravidelné sítě (tin). DMT v tomto formátu slouží pro sestavení geometrie hydrodynamického modelu. Pro vytváření map hloubek byl převeden do rastrového formátu s velikostí mřížky 2x2 metry.

Vstupní data pro vytvoření DMT byla v textovém formátu (DMR a geodetické zaměření), nebo ve formátu .dwg (povinné spojnice s výškovou hodnotou).

Digitální model terénu je v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Základní Mapa – rastrový mapový podklad byl využit pro tisky mapových atlasů v měřítku 1:10 000 v celém rozsahu zájmového území.

Ortofoto snímky oblastí kolem vodních toků byly využity jako jeden ze zdrojů informací pro určování drsnostních charakteristik inundačních území. Tyto snímky byly k dispozici na celém řešeném úseku.

Vektorový ZABAGED sloužil k lokalizaci budov, které byly zadávány do hydrodynamického modelu.

Základní vodohospodářská mapa 1:50 000

Státní mapové dílo pro oblast vodního hospodářství.
zdroj: VÚV T.G.M.. v.v.i. ve spolupráci se Zeměměřickým úřadem
datum zpracování: 1989
měřítko: 1 : 50 000

Základní mapa ČR 1:10 000

Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídla, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy, atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis.
zdroj: Zeměměřický úřad
datum zpracování: aktualizace 2009
měřítko: 1 : 10 000

Ortofoto České republiky

Sada periodicky aktualizovaných barevných ortofot v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1:5 000 .
zdroj: Zeměměřický úřad
datum zpracování: aktualizace 2011
měřítko: 1 : 5 000

3.1.3 Geodetické podklady

Pro popis inundačního území byl použit podklad DMR 5. generace, který vytváří a poskytuje ČÚZK.

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, Z, kde Z 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.

DMR 5. generace byl k dispozici v celém rozsahu řešeného území.

Pro popis koryta vodního toku bylo využito stávající geodetické zaměření z prosince 1996 doplněno o nové geodetické zaměření z května 2012. Původní geodetické zaměření bylo využito zejména na objektech, kde je zaměření stále aktuální. V samotném korytě bylo využito nové geodetické zaměření z důvodu výrazných změn jak příčných profilů koryta, tak v některých částech i trasování způsobené přirozenými procesy, které byli při povodních v roce 2010 intenzivnější.

Po povodních z roku 2010 vznikly projekty na obnovu po povodních, na základě kterých bylo vytvořeno geodetické zaměření v mnoha lokalitách a navržena obnova koryta. Všechny navržené obnovy jsou do digitálního modelu i matematického modelu zahrnuty.

Veškeré geodetické podklady byly v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G)

datum pořízení: aktualizace 2012
výškový systém: Balt p.v.
souřadnicový systém: JTSK
pořizovatel zaměření: ČÚZK

Digitální model reliéfu ČR 4. generace (DMR 4G)

datum pořízení: aktualizace 2012
výškový systém: Balt p.v.
souřadnicový systém: JTSK
pořizovatel zaměření: ČÚZK

Geodetické zaměření příčných profilů koryta (pro modelaci dna koryta) a objektů

datum pořízení: 1996, 2012
výškový systém: Balt p.v.
souřadnicový systém: JTSK
pořizovatel zaměření: Povodí Labe, státní podnik

Projektové dokumentace obnovy po povodni - Hrádek nad Nisou, Chrastava, Machnín, Bílý Kostel, Dolní Suchá, Chotyně

datum pořízení: 2011
výškový systém: Balt p.v.
souřadnicový systém: JTSK
pořizovatel zaměření: Povodí Labe, státní podnik

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data, standardní N-leté vody doplněné o Q_{500} , byla objednána od ČHMÚ ve vybraných profilech.

Tabulka - N-leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
nad Údolským potokem	19. 12. 2011	20,385	65,1	121	212	335	II.
nad Jeřicí	19. 12. 2011	14,900	74,6	139	243	385	II.

nad Václavickým potokem	19. 12. 2011	5,920	96,4	186	336	543	II.
státní hranice	19. 12. 2011	0,000	101	195	353	572	II.

3.3 Místní šetření

Místnímu šetření předcházelo podrobné seznámení s veškerými získanými podklady. Zejména se jednalo o stávající geodetické zaměření a projektové dokumentace staveb typu protipovodňové opatření, obnovy po povodních a úprava toku. Dále proběhla schůzka s úsekovým technikem s představením stávajících podkladů a konzultací o jejich aktuálnosti příp. doplněním o podklady a informace, které nebyly doposud získány.

Se všemi informacemi a podklady bylo provedeno v řešené lokalitě podrobné místní šetření jak vlastního toku, tak přilehlého inundačního území. Byla vytvořena fotodokumentace objektů a vytvořena základní představa schematizace hydraulického modelu na základě předpokládaného proudění vody v řece a inundačním území. Při zjištění nedostatečnosti geodetických podkladů byla v terénu vytipována lokalizace zadání dalších geodetických prací.

Místní šetření bylo provedeno dne 13. 10. 2011.

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

Do DMT i hydrodynamického modelu byly zahrnuty všechny projektové dokumentace obnovy po povodních a nové geometrie mostních objektů, které byly po povodních 2010 zničeny a jsou navrženy jejich rekonstrukce, které ve většině případů mění průtočný profil a zlepšují průtokové poměry odstraněním pilířů.

Manipulace na pohyblivých jezech se při modelování řídí získanými manipulačními řády.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování jsou v souladu s následujícími dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [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 2415 Suché nádrže.
- [7] TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.
- [8] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [9] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [10] 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).
- [11] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [12] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [13] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Původní zaměření, které je v rozsahu celého řešeného úseku, je stále aktuální a bylo doplněno pouze o doměření koryta ve vytipovaných lokalitách, kde proběhla výstavba mostu nebo úprava koryta. Všechny dostupné podklady byly pro sestavení DMT a hydrodynamického modelu dostačující.

4 Popis koncepčního modelu

Pro hydraulické výpočty je použit matematický 1D+ model proudění s využitím okružové schematizace.

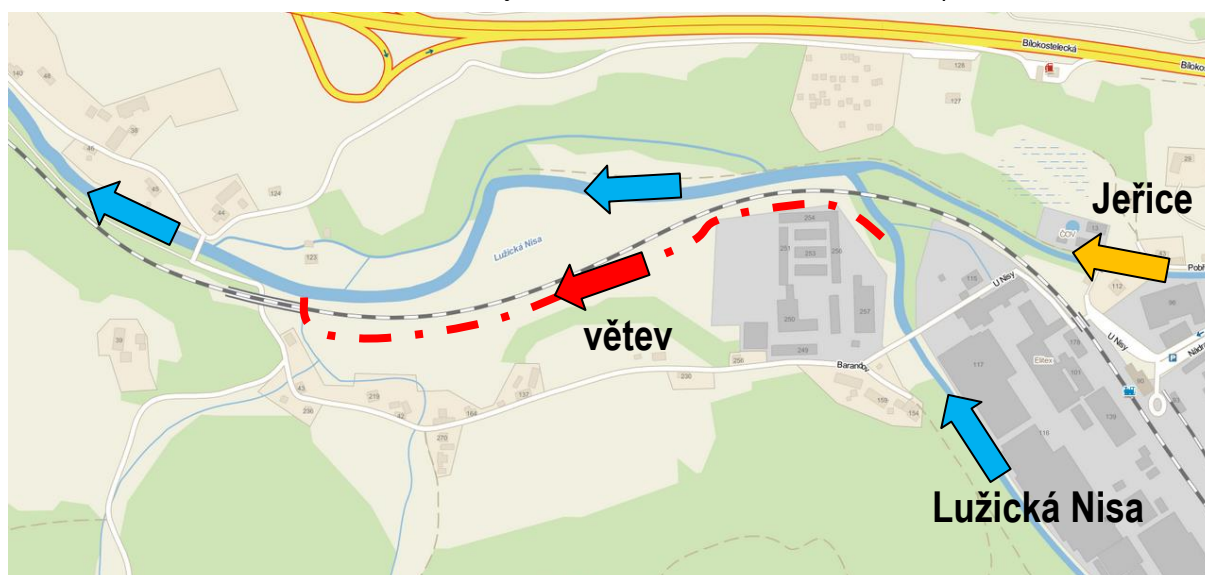
4.1 Schematizace řešeného území

Zájmové území je schematizováno příčnými profily. Charakter území přechází z podhorského do rovinatého a níže po toku se údolí rozšiřuje. Proto bylo zapotřebí v Hrádku nad Nisou vytvořit schematizaci 1D+ s větvenou okružovou sítí.

Větevná síť byla použita v Chrastavě pro popsání proudění nad železničním náspem a v Hrádku nad Nisou byla použita okružová síť pro popis proudění v inundačních polích kolem průmyslu a za cyklostezkou okolo ČOV.

Vzdálenost mezi výpočetními příčnými profily je v průměru na celý úsek 150 m, což je pro tok tohoto charakteru dostačující. Ve významnějších místech, např. intravilán, je zpravidla vzdálenost mezi profily menší.

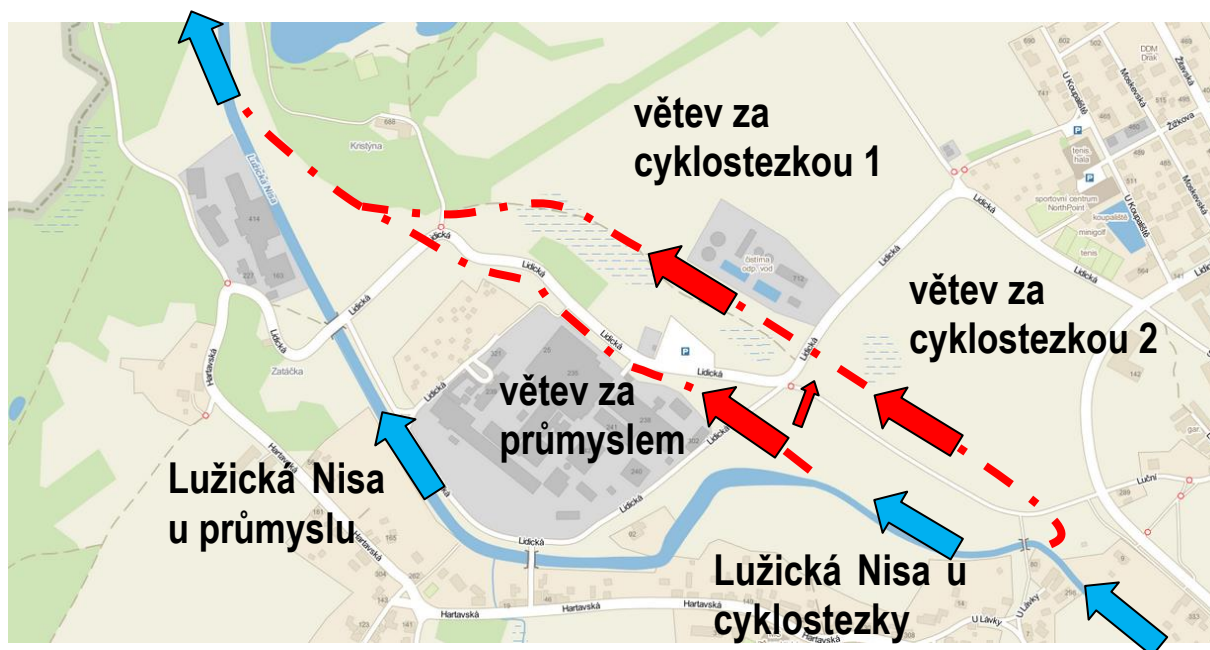
Obrázek – Schema vedlejší větve v Chrastavě za železničním náspem



Tabulka – Rozdělení průtoku v lokalitě větvení v Chrastavě

Vodní tok	Popis	Úsek toku (km od - do)	Q_5 ($m^3.s^{-1}$)	Q_{20} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{500} ($m^3.s^{-1}$)
Lužická Nisa	pod rozvětvením	5,920 – 13,873	96,4	186	336	543
větev	nad železničním náspem	0,000 – 0,919	0	1,2	49,1	124,5
Lužická Nisa	přítok větve – pod Jeřicí	13,873 – 14,777	96,4	184,8	286,9	418,5
Lužická Nisa	nad Jeřicí – odpojení větve	14,777 – 15,147	74,6	137,8	193,9	260,5
Lužická Nisa	nad rozvětvením	15,147 – 20,248	74,6	139	243	385

Obrázek – Schema vedlejší větve okružové sítě v Hrádku nad Nisou



Tabulka – Rozdělení průtoku v lokalitě větvení v Chrástavě

Vodní tok	Popis	Úsek toku (km od - do)	Q_5 ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{20} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{500} ($m^3 \cdot s^{-1}$)
Lužická Nisa	pod rozvětvením	0,000 – 1,494	101	195	353	572
Lužická Nisa	u průmyslu	1,494 – 2,579	67,1	112,4	162,7	429,3
Lužická Nisa	u cyklostezky	2,579 – 3,120	80,7	151,6	262,1	300,2
větev	za cyklostezkou 1	0,000 – 0,621	26,2	43,4	146	142,7
větev	za cyklostezkou 2	0,621 – 1,038	20,3	60,2	90,9	142,7
větev	za průmyslem	0,000 – 0,566	7,7	22,4	44,3	129,1
Lužická Nisa	nad rozvětvením	3,120 – 5,920	101	195	353	572

Hodnoty průtoků v korytě Lužické Nisy a jednotlivých větví v Hrádku nad Nisou se v průběhu dílčích úseků (viz tabulka rozdělení průtoků) mírně mění z důvodu přelévání vody mezi jednotlivými větvemi.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

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

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Modelové výpočty ustáleného nerovnoměrného proudění vyžadují zadání okrajové podmínky v dolním výpočtovém profilu formou hodnot úrovně hladin.

Dolní okrajová podmínka byla dopočítána za předpokladu vytvoření rovnoměrného proudění, kdy je sklon čáry energie, vodní hladiny a dna toku totožný.

V místech významných přítoků se zadává jen změna průtoků. Další okrajové podmínky nebo počáteční podmínky model nevyžaduje.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro výpočet byl použit matematický program vyvinutý americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center- HEC), který spadá pod tým inženýrů institutu vodních zdrojů (Institute for Water Resources - IWR) americké armády. Slouží k jednorozměrnému matematickému modelování říčních systémů (River Analysis Systém - RAS). První verze HEC- RAS 1.0 byla uvedena v červenci roku 1995. Nejnovější verze je v současnosti HEC- RAS 4.1.

Předpoklady výpočtu

- Průtok vody v řece je buď nerovnoměrný ustálený anebo nerovnoměrný neustálený.
- Proudění je pozvolna měnící se. Nedochází k náhlým změnám v příčném průřezu.
- K náhlé změně průřezu může dojít pouze v objektech, jako jsou jezy, mosty nebo propustky
- Sklon řeky je menší než $i = 0,1$
- Proudění je jednorozměrné, proud vody má směr vždy kolmý na zadaný příčný profil.

Uživatelské manuály

- HEC-RAS River Analysis System - User's Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010
- HEC-RAS River Analysis Systém – Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010
- HEC-GeoRAS Geospatial River Analysis System - User's Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010

5.2 Vstupní data numerického modelu

Numerický model proudění je definován příčnými profilem nad digitálním modelem terénu, ze kterého si odečítá geometrii. Příčné profiley jsou rozděleny na pravou a levou inundaci a samotné koryto vodního toku, kde jsou pro tyto tři části určeny drsnostní charakteristiky v podobě Manningova součinitele v závislosti charakteru a využití území a materiálu dna. Hodnoty Manningova součinitele drsnosti pro jednotlivé dílčí části profilů byly stanoveny na základě mapových podkladů, fotodokumentace, rekognoskace terénu a archivních zrnitostních rozborů splavenin.

Hydrologická data se přebírají z údajů ČHMÚ (viz kap. 3.2) jako okrajové podmínky výpočtu v profilech, kde dochází ke změně průtoků.

V dolním výpočtovém profilu je okrajová podmínka v podobě spočítané úrovně hladin na základě předpokladu vytvoření rovnoměrného proudění, kdy je sklon čáry energie, vodní hladiny a dna toku totožný.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Koryto vodního toku má v řešeném úseku z větší části přírodní charakter s lichoběžníkovým průtočným profilem. Řešená lokalita již svým charakterem přechází z podhorského území na plošší, kde na konci úseku u hranic dochází k významnějším rozlivům a složitějšímu proudění v inundačním území. V řešeném území jsou dvě významná zastavěná území, Hrádek nad Nisou a Chrástava. Zbývající území je zastavěno rozptýlenou zástavbou. Manipulace na ovladatelných jezích byla do modelu zadána dle manipulačních řádů jednotlivých jezů.

Výpočet je proveden za předpokladu zachování volného průtočného profilu mostů a také modelového geometrického tvaru ochranných hrázek podél koryta, bez uvažování jejich potenciálního porušení.

Veškeré objekty jsou popisovány dle atributů z aplikace GISyPoNET. Jedná se o internetovou aplikaci pro prohlížení a správu dat související s jevy na vodních tocích. Aplikaci spravuje Povodí Labe, státní podnik. Popis objektů je dle schématu „Jev_ID, Typ_jevu, Název_jevu, adm_řKM_od“.

Jezy v zájmovém území:

400057704, JEZ, Stráž n/N, ADM ř. km 26,009

400057701, JEZ, Svárov, ADM ř. km 25,124
400057759, OBJ_KOR, Machnín, ADM ř. km 23,344
400057758, OBJ_KOR, xxx Machnín, ADM ř. km 23,224
400057695, JEZ, Machnín, ADM ř. km 21,885
400048148, OBJ_KOR, stupeň, ADM ř. km 17,537
400048129, JEZ, Bílý Kostel, ADM ř. km 12,140
400048120, JEZ, Bílý Kostel, ADM ř. km 8,835
400057683, JEZ, Chotyně, ADM ř. km 7,321
400057692, JEZ, Chrastava, ADM ř. km 15,862
400048137, JEZ, Chrastava, ADM ř. km 14,663
400048107, JEZ, Hrádek nad Nisou, ADM ř. km 1,570

Mosty a lávky v zájmovém území:

400057126, MOST, Machnín, ADM ř. km 23,810
400057127, MOST, Machnín - žel., ADM ř. km 22,407
400057128, MOST, Andělská Hora - žel., ADM ř. km 19,672
400057129, MOST, Andělská Hora, ADM ř. km 19,199
400057130, MOST, Andělská Hora - Energom., ADM ř. km 17,978
400057131, MOST, Chrastava, ADM ř. km 16,717
400056929, MOST, Chrastava - lávka proviz., ADM ř. km 15,857
400057134, MOST, Chrastava - žel., ADM ř. km 15,818
400057135, MOST, Chrastava, ADM ř. km 15,693
400057136, MOST, Chrastava, ADM ř. km 15,110
400057137, MOST, Chrastava - žel., ADM ř. km 14,844
400057138, MOST, Bílý Kostel, ADM ř. km 13,752
400057139, MOST, Bílý Kostel, ADM ř. km 12,943
400056930, MOST, Bílý Kostel - jiné, ADM ř. km 12,600
400057140, MOST, Bílý Kostel, ADM ř. km 12,391
400056931, MOST, Bílý Kostel - lávka, ADM ř. km 11,656
400057141, MOST, Bílý Kostel, ADM ř. km 10,448
400057142, MOST, Bílý Kostel - žel., ADM ř. km 10,238
400056932, MOST, Bílý Kostel - lávka, ADM ř. km 9,777
400057143, MOST, Bílý Kostel, ADM ř. km 8,944
400056935, MOST, Chotyně - lávka, ADM ř. km 6,651
400057144, MOST, Chotyně, ADM ř. km 6,376
400056936, MOST, Chotyně - lávka, ADM ř. km 5,948
400057145, MOST, Hrádek n/N, Donín, ADM ř. km 4,514
400057146, MOST, Hrádek n/N, Donín, ADM ř. km 3,678
400056937, MOST, Hrádek n/N - lávka, ADM ř. km 3,082
400057147, MOST, Hrádek n/N, ADM ř. km 2,349
400048108, MOST, Hrádek nad Nisou silnice, ADM ř. km 1,904

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost je v modelu zadávána pomocí Manningova drsnostního součinitele. Tento součinitel je jeden z faktorů, který ovlivňuje výslednou výšku hladiny a představuje jednu z charakteristik popisující terén a odpor prostředí. Pro potřeby výpočtu byly hodnoty drsnostních součinitelů odvozeny z podobnosti jiných toků, kde je tento součinitel znám a lze tedy předpokládat i v námi řešeném území. V úsecích, kde jsou k dispozici kalibrační povodňové značky, byla výsledná drsnost upravena dle těchto bodů tak, aby pro známý průtok byla dosažena známá zaměřená hladina. Přehledně jsou jednotlivé drsnostní součinitele uvedeny následující tabulce.

Charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
koryto řeky	0,025 – 0,04
louky, pole	0,06 – 0,09
zalesněné území	0,1 – 0,12
zastavěné území	0,2

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajové podmínky jsou zadány v místech s výrazně měnícími hydrologickými poměry v místech významných přítoků a odběru do odlehčovací štol. Na Horních okrajových podmínkách je zřetelný účinek protipovodňového opatření, kde se od místa odlehčení části povodňového průtoku skokově sníží hodnoty průtoků.

Dolní okrajové podmínky byly dopočítány na základě předpokladu vytvoření rovnoměrného proudění, kdy je sklon čáry energie, vodní hladiny a dna toku totožný.

Tabulka - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Úsek Lužické Nisy / N-leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Státní hranice – pod Václavickým potokem	0,000 – 5,832	101	195	353	572	
Nad Václavským potoce – pod Jiřicí	5,832 – 14,777	96,4	186	336	543	
Nad Jeřicí – pod Údolským potokem	14,777 – 20,248	74,6	139	243	385	
Nad Údolským potokem – konec řešeného úseku	20,248 – 26,000	65,1	121	212	335	
Dolní okrajová podmínka v podobě úrovně hladiny	0,000	236,90	237,10	237,50	237,80	Dolní okrajová podmínka (m n.m.)

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Pro hydraulické výpočty je použit model ustáleného proudění, počáteční podmínky pak nejsou zadávány.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Pro zpracování zadání skládající se ze sestavení DMT a vytvoření matematického modelu byly veškeré dostupné podklady dostačující.

Nicméně je nutné vzít v úvahu přesnosti použitých podkladů a jejich interpretace. Samotná geodetická data v podobě polohové a výškové umístěných bodů mají svou danou přesnost a hodnoty mezi nimi jsou výsledky určité interpolace, kde může docházet k nejistotám.

Další z nejistot, ke kterým může docházet, je fakt, že se řešené území schematizuje pomocí příčných profilů, ve kterých probíhá výpočet, a výsledky jsou dále interpretovány plošně pomocí interpolace.

5.3 Popis kalibrace modelu

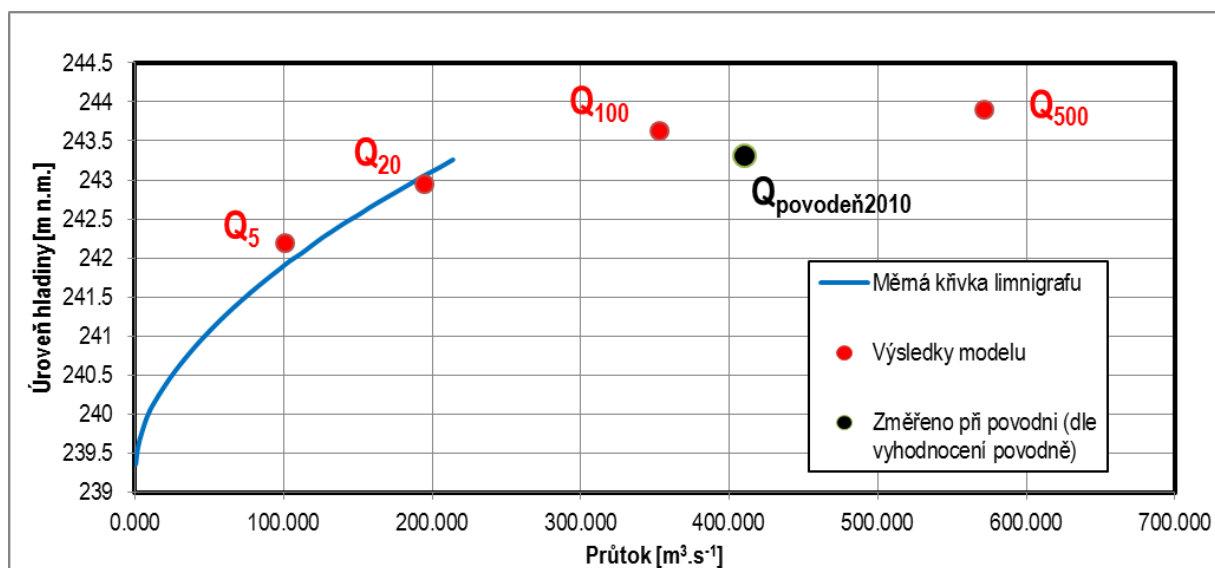
Matematický model byl kalibrován na povodňové značky z povodně roku 2010.

Český hydrometeorologický ústav má v platnosti od 1.8.2010 měrnou křivku (křivka 644, DBC 3200) v Hrádku nad Nisou, se kterou byly porovnány výsledky výpočtů matematickým 1D modelem. Rozdíl udává rozdíl mezi odečtenou úrovní z měrné křivky limnigrafické stanice a vypočtenou úrovní hladiny. Rozdíl je tedy s příslušným znaménkem. Jelikož se limnigrafická stanice nachází v profilu Lužické Nisy v místě, kde dochází k významnému proudění v pravém inundačním území za průmyslovým areálem a dále za komunikací, tak při jednotlivých modelovaných průtokových scénářích je rozdílná hodnota Q_N dle hydrologických dat a odpovídajícího a hodnota průtoku, pro který byl pro daný scénář odečítán stav z měrné křivky.

Tabulka – Porovnání výsledků modelu s limnigrafickou stanicí v Hrádku nad Nisou

N- leté průtoky Q_N	Hodnota Q_N dle hydrologických dat (celkový průtok proudícího ve všech větích v inundačním území) ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Vypočtená hodnota Q_N v místě Lmg. (bez průtoky proudícího ve větvích v inundačním území) ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Lmg. Hrádek nad Nisou nula vodočtu 239.36 (m n.m.)	vypočtená úroveň hladiny (m n.m.)	Rozdíl (m)
Q_5	101	67,1	241,91	242,19	+0,28
Q_{20}	195	112,4	243,06	242,94	-0,12
Q_{100}	353	162,7	-	243,63	-
Q_{500}	572	240	-	243,90	-
$Q_{povodeň}$ 2010	410	193,5	243,31 (dle vyhodnocení povodně)	244,22	+0,91

Obrázek – Porovnání výsledků modelu s limnigrafickou stanicí v Hrádku nad Nisou



Dle zprávy vyhodnocení po povodních byl stanoven kulminační průtok povodně 2010 na limnigrafu v Hrádku nad Nisou. Pro kalibraci modelu byl využit tento průtok a kalibrační značky v úseku od hranice ČR a pravostranného přítoku Václavického potoka. V tomto úseku se nenachází významný přítok a lze předpokládat, že vyhodnocený kulminační průtok bude odpovídat limnigrafu v Hrádku nad Nisou, který byl vyhodnocen. Průtok byl vyhodnocen na $410 m^3 \cdot s^{-1}$.

V řešené lokalitě, kde byly k dispozici kalibrační značky, jsou výrazné rozlivy a dle naměřených značek byla hladina při povodni výrazně rozdílná v údolnicových profilech, kdy hladina v korytě a v inundačním území při plném kontinuálním zaplavení celého údolnicového profilu byla v některých případech rozdílná v desítkách centimetrů. Na základě těchto skutečností dosahují výsledky kalibrace v některých případech větší odchylky.

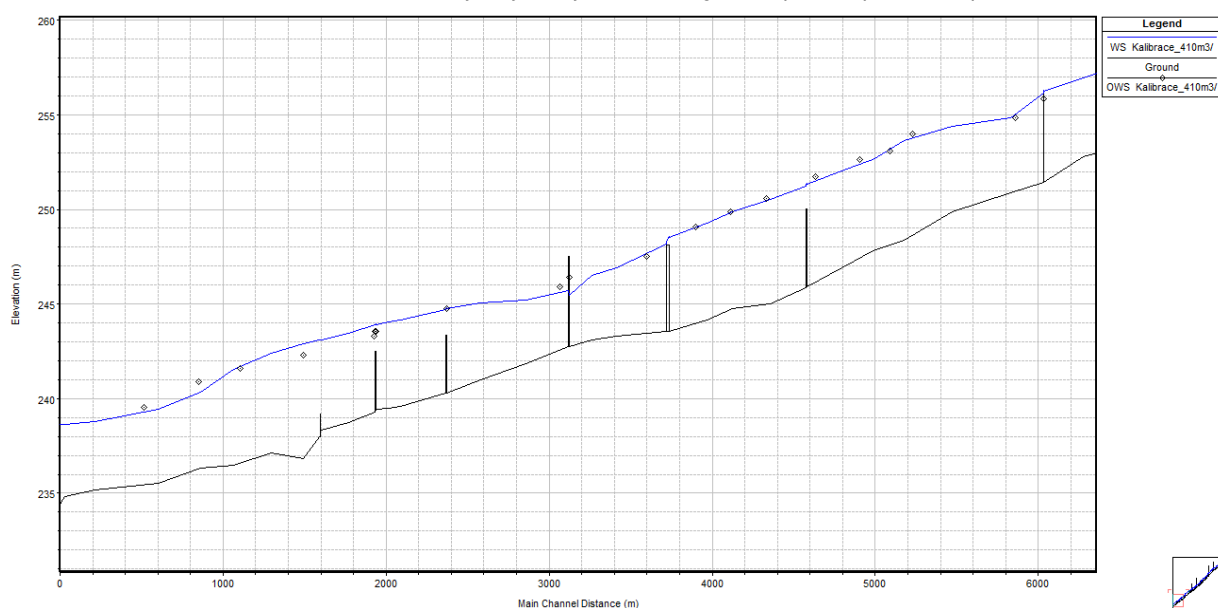
Drsnosti zadávané při kalibraci nabývali vyšších hodnot, protože při takto rozsáhlých rozlivech s meandrujícím tokem přes celé údolí dochází ke změnám směru v inundačním území, které nelze dostatečně přesně charakterizovat 1D modelem.

Tabulka – Kalibrační značky a výsledky kalibrace dle vyhodnocení povodně z roku 2010

Místo	X (m)	Y (m)	Z (m n.m.)	Poznámka	Z model (m n.m.)	rozdíl (m)
Hrádek nad Nisou	-702864	-960975	239,52	povodňové značky jsou umístěné v blízkosti koryta, kde dochází ke změně z úzkého rozlivu do významně širšího. Tato změna nelze jednoznačně popsat jednorozměrným modelem.	239,29	-0,23
Hrádek nad Nisou	-703066	-961245	240,90		240,28	-0,62
Hrádek nad Nisou	-703117	-961469	241,60		241,69	+0,09
Hrádek nad Nisou	-703178	-961852	242,28	Tento výraznější rozdíl je způsoben schematizací území a proudění v něm. Při povodni došlo k proudění přes vodní dílo Kristýna a protření hráze u jachtového klubu. Schematizace území je provedena tak, že se veškerý průtok proudící inundačními poli vrací zpět do koryta podél hráze VD. Jelikož je v těchto místech průtočný profil hrází zúžen, dojde k nárůstu úrovně hladiny.	242,92	+0,64
Hrádek nad Nisou	-702930	-962156	244,14		244,50	+0,36
Hrádek nad Nisou	-703081	-962254	243,54	Kalibrační značka je umístěna pod silničním mostem na druhém břehu od limnigrafu a udává hodnotu rozdílnou, než je uvedeno ve zprávě o povodni, kde je hodnota dle odečtu (243.31 m n.m.)	243,93	+0,39
Hrádek nad Nisou	-702868	-962604	244,76		244,77	+0,01
Hrádek nad Nisou	-702547	-962783	245,23		245,28	+0,05
Hrádek nad Nisou	-702301	-962773	245,92	Značky v lokalitě v blízkosti lávky, kterou povodeň kompletně zničila a odnesla mostovku.	245,66	-0,26
Hrádek nad Nisou	-702213	-962720	246,40		246,24	-0,16
Hrádek nad Nisou	-702029	-963002	247,44		247,26	-0,18
Hrádek nad Nisou	-701838	-962959	247,51		247,66	+0,15
Hrádek nad Nisou	-701589	-963062	249,08		249,05	-0,03
Hrádek nad Nisou	-701396	-963209	249,86		249,80	-0,06
Hrádek nad Nisou	-701295	-963322	250,60		250,48	-0,12
Hrádek nad Nisou	-701111	-963507	251,74		251,53	-0,21
Hrádek	-700988	-963738	252,64		252,40	-0,24

Místo	X (m)	Y (m)	Z (m n.m.)	Poznámka	Z model (m n.m.)	rozdíl (m)
nad Nisou						
Hrádek nad Nisou	-700872	-963882	253,08		253,18	+0,10
Chotyně	-700675	-963914	253,99		253,76	-0,23
Chotyně	-700393	-964321	254,86		255,02	+0,16
Chotyně	-700535	-964586	255,86	tato značka a další proti toku jsou nad pravostranným přítokem (Václavický potok), kde již není znám kulminační průtok kalibrační povodně z roku 2010	256,16	+0,30

Obrázek – Kalibrační značky a výsledky kalibrace v grafické podobě podélného profilu



6 Výstupy z modelu

Výstupem z hydrodynamického modelu jsou hydraulické charakteristiky proudění modelovaných průtokových scénářů spočítané v jednotlivých příčných profilech. Lze je prezentovat tabelární nebo grafickou formou v podobě podélných a příčných profilů, bodového pole rychlostí a map hloubek. Pro sestavení map povodňového nebezpečí jsou základním výstupem z hydraulických modelů mapa hloubek a mapa rychlostí. Mapové výstupy představují georeferencovanou rastrovou mapu v požadovaném měřítku a formátu.

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

Záplavové čáry tvoří obalovou křivku záplavovému území resp. mapám hloubek. Zobrazují maximální rozsah povodně pro daný průtok. Jsou zobrazeny v jedné mapě pro všechny povodňové scénáře. Tím je umožněno snadné porovnání rozsahu povodní. Záplavové čáry jsou zobrazeny na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:10 000.

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

Tabulka – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
08203	Liberec	563919	Bílý Kostel nad Nisou
08203	Liberec	564095	Hrádek nad Nisou
08203	Liberec	564109	Chotyně
08203	Liberec	564117	Chrastava
08203	Liberec	564176	Kryštofovo Údolí
08203	Liberec	563889	Liberec
08203	Liberec	544477	Stráž nad Nisou

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

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočítané úrovně hladiny a sestaveného digitálního modelu terénu. V barevné škále zobrazuje názorně hloubku vody při povodni v záplavovém území a upozorňuje na rizikové oblasti s vysokými hloubkami vody. Výsledný rastr ve formátu .tif o velikosti pixelu 2 x 2 m obsahuje informace o hloubce vody pro každý pixel. Pro přehledné znázornění hloubek v tištěné podobě je výsledná hloubka vody rozdělena do kategorií s pevně zvoleným rozsahem hloubky (znázorněno v legendě mapového výstupu). Mapa hloubek je zobrazena na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:10 000.

Nad mapu hloubek jsou zobrazeny bodové rychlosti proudění ve všech výpočetních profilech (viz kapitola 6.3).

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

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u jednorozměrného modelu jsou známy pouze 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 hloubek, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty mohou vstupovat do výpočtů a dále do výsledků v každé dílčí fázi zpracování. Jedná se zejména o nejistoty hydrologických dat, geodetických dat, zpracování digitálního modelu terénu, schematizace řešeného území hydrodynamickým modelem, přesnost hydrodynamického modelu, drsnosti povrchů, kalibrační značky, kulminační průtoky historických povodní atd.

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