



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

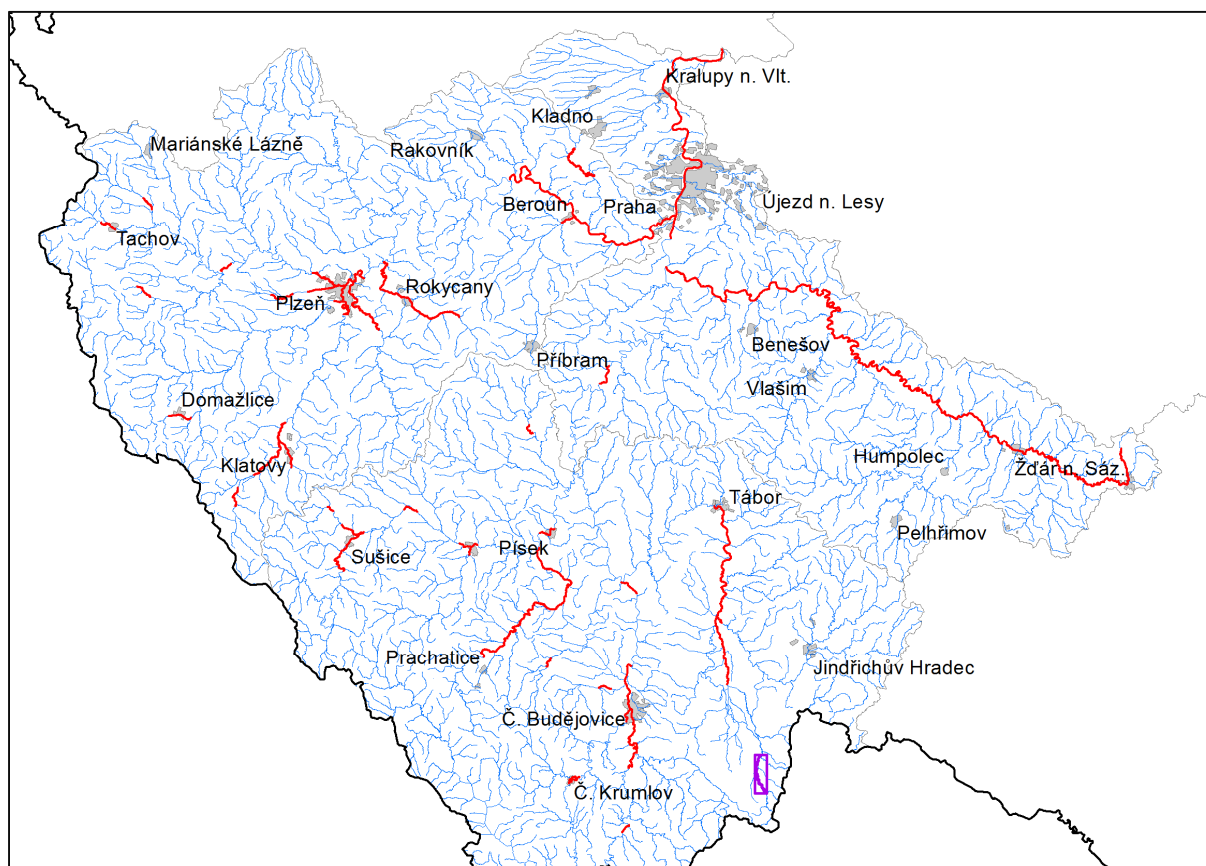
Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTECH POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LUŽNICE - 10100007_2 - Ř. KM 123,500 - 141,200 (PV-3-2)



DUBEN 2013



TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTECH POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LUŽNICE - 10100007_2 - Ř. KM 123,500 - 141,200 (PV-3-2)

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik

Holečkova 8

Praha 5

150 24

Zhotovitel:



DHI a.s.

Na Vrších 1490/5

Praha 10

100 00



Sweco Hydroprojekt a.s.

Táborská 31

Praha 4

140 16

Řešitel:



DHI a. s.

Na Vrších 1490/5

Praha 10

100 00

V PRAZE, DUBEN 2013.

Obsah:

1	Základní údaje	5
1.1	Seznam zkratk a symbolů	5
1.2	Cíle prací	5
1.3	Předmět práce	5
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	6
1.4.1	Hydrodynamický model	6
1.4.2	Výsledky výpočtů	6
2	Popis zájmového území	7
2.1	Všeobecné údaje	8
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	8
3	Přehled podkladů	9
3.1	Topologická data	9
3.1.1	Mapové podklady	9
3.1.2	Geodetické podklady	10
3.2	Hydrologická data	10
3.3	Místní šetření	10
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	11
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	11
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	11
4	Popis koncepčního modelu	12
	Použitý software	12
4.1	Schematizace řešeného problému	12
4.2	Způsob zadávání OP a PP	12
5	Popis numerického modelu	14
5.1	Použité programové vybavení	14
5.2	Vstupní data numerického modelu	14
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	14
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	15
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	15
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	15
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	15
5.3	Popis kalibrace modelu	16
6	Výstupy z modelu	17
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	17
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	18

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění
2D model	Matematický model dvourozměrného proudění
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMR4G	Digitální model reliéfu České republiky 4. generace
DMT	Digitální model terénu
DMT ATLAS	Software pro zpracování digitálního modelu terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
HOP	Horní okrajová podmínka
LG	Limnigraf
M21C / MIKE21	Matematický model Mike21C (2D model – curvilinear)
MIKE21 FM	Matematický model Mike21 FM (2D model – flexible mash)
MPN	Mapy povodňového nebezpečí
MR	Manipulační řady
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PPO	Protipovodňová opatření
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SZÚ	Studie záplavového území
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
VE	Vodní elektrárna
VUV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavové území

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 semi-kvantitativní 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 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

Hydrologická data

Pro účel studie byla objednána a ČHMÚ stanovena aktuální hydrologická data (N-leté průtoky) v třech profilech zájmového úseku Lužnice – Lužnice nad Tuští, Lužnice nad Černým p. a Lužnice nad Dračicí.

Topologická data

Pro potřeby 1D+ matematického modelu byl využit digitální model terénu (DMT) vytvořený na základě digitálního zaměření reliéfu České republiky pomocí technologie Lidar vyhodnoceného kombinací automatického a manuálního zpracování – model 5. generace (5G), částečně doplněného automaticky zpracovanými podklady 4. generace (4G). Digitální model je doplněn o digitální model dna řeky, který byl vytvořen pomocí interpolace zaměřených příčných profilů.

1.4.1 Hydrodynamický model

Hydraulické výpočty byly provedeny pomocí MIKE 11 – 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} , které byly zároveň horní okrajovou podmínkou modelu. Hodnoty významných přítoků byly dopočteny z dostupných podkladů a připojeny do modelu jako bodové zdroje. Dolní okrajová podmínka byla pro absenci hydrologických dat na dolním okraji modelované oblasti vytvořena pomocí Q-h křivky spočtené modelem MIKE 11. Aby byla eliminována případná chyba ve spodní části modelovaného území způsobená nepřesností této aproximované křivky, byl matematický model sestaven až do kilometru 121,5 – okrajová podmínka se tedy nachází cca 2 km pod zájmovým územím, což bezpečně vylučuje ovlivnění modelovaných výsledků v zájmovém území v případě nedokonalosti použité Q-h křivky.

Použitý matematický model je MIKE 11 (v. 2011), vyvinutý firmou DHI, Hørsholm (Dánsko). Jedná se o jednorozměrný plně dynamický model pro řešení dynamických procesů na vodních tocích. Může být použit k popisu jak větevné tak okružové sítě. Model je založen na aproximaci Saint-Venantových diferenciálních rovnic metodou konečných diferencí ve vystřídáném výpočetním schématu Abbott-Ionescu.

1.4.2 Výsledky výpočtů

Z dosažených výsledků byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

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

na základě kterých budou vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

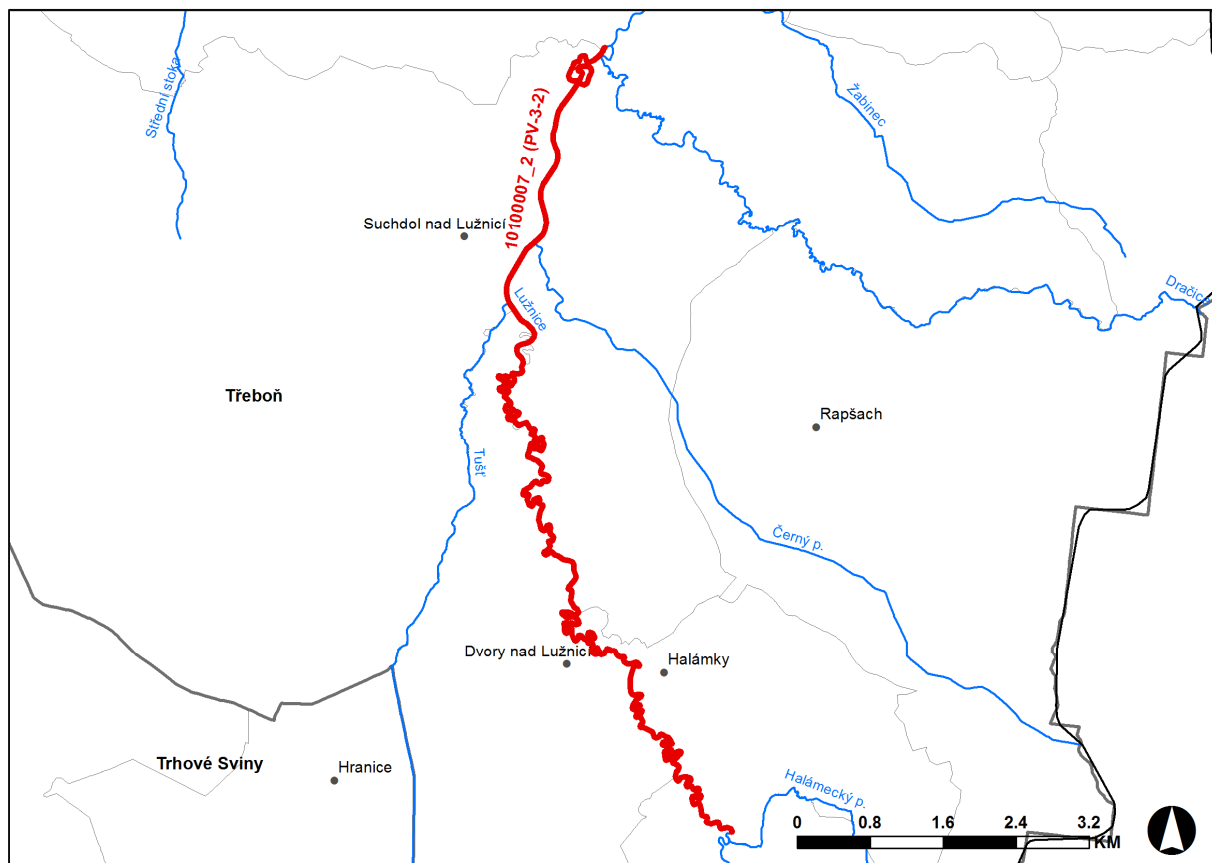
Název toku:	LUŽNICE
ID úseku IDVT CEVT	10100007_2 (LUŽNICE - ř. km 123,500 - 141,200)
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-07-02-006, 1-07-02-008, 1-07-02-010
Říční kilometry začátku a konce úseku:	LUŽNICE - ř. km 123,500 - 141,200
Významná vodní díla – zdymadla:	nejsou
Významné přítoky:	Tuř (Hrdlořežský potok), Černý potok, Dračice

Lužnice pramení na rakouské straně Novohradských hor pod horou Eichelberg v nadmořské výšce 990 m a hned se stáčí do České Republiky, aby se po pár kilometrech vrátila do Rakouska, protékla městem Weitra a u Českých Velenic (na rakouské straně Gmünd) se znovu obrátila k České Republiky. Zájmový úsek začíná cca 18 km od státní hranice a do Suchdola nad Lužnicí je pomalu tekoucí nížinnou řekou, která meandruje převážně písčitém korytem se slepými rameny, které je na mnoha místech zarostlé a plné napadaných stromů. Pod Suchdolem začíná řeka napájet rybníky Třeboňské pánve na obou březích. Koryto řeky v Suchdole nad Lužnicí je uměle narovnané a má pravidelný tvar.

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

Podklady:

Název toku	- zdroj VÚV TGM, v.v.i.
ID úseku IDVT CEVT	- zdroj Ministerstvo zemědělství
Číslo hydrologického pořadí toku	- zdroj VÚV TGM, v.v.i.
Úsek toku	- zdroj Povodí Vltavy, s.p.
Významná vodní díla	- zdroj ZM-10, Povodí Vltavy, s.p.
Významné přítoky	- zdroj ZM-10
Povodňový model	- „LUŽNICE (nad NŘ splavy) Záplavová území“, Povodí Vltavy, s.p., 2008



Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území

2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek Lužnice byl určen na Vltavě od ř. km 123,500 - 141,200 dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

LUŽNICE

začátek: x = -724860 y = -1185567
konec: x = -726254 y = -1176952

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Historicky nejvyšší zaznamenaná povodeň se zde vyskytla v srpnu 2002.

Tabulka 2 – Hodnoty kulminačních průtoků při povodni 2002 v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Rok	Datum	Profil	Průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Doba opakování (roky)
2002	13. 8.	Nová ves	380	500+
2002	13. 8.	Jez Pilař	470	500+

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).

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N-letých průtoků (ČHMÚ, 2012)
- Hydrologické poměry ČSSR III, „modrá kniha“, III. díl (Hydrometeorologický ústav Praha, 1970)

Topologické podklady:

- DMT (DHI Hydroinform, a.s., data 2004/5 a starší)
- DMR5G (ČÚZK, a.s., 2011-2012)
- DMR4G (ČÚZK, a.s., 2011-2012)
- ORTOFOTO v digitální podobě (geoportál CENIA)
- ZABAGED v digitální podobě (Povodí Vltavy, s.p.)

Další podklady:

- Říční kilometráž (digitální, Povodí Vltavy, s.p.)
- Osa toku (digitální, Povodí Vltavy, s.p.)
- Povodňový model (Povodí Vltavy, s.p.)
- Kalibrační podklady – povodňové značky (Povodí Vltavy, s.p.)
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (DHI, a. s. 2013)

3.1 Topologická data

Pro vytvoření modelu záplavového území byl použit *Digitální model reliéfu ČR 5. generace* (DMR 5G), který 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, H s úplnou střední chybou výšky 0,14 m (ČÚZK, a.s., 2011-12), podrobné body byly předány v ASCII formátu.

Zpracovatel studie si DMT převedl pro vlastní potřeby do softwaru ARC GIS.

DMT je prostorová plocha, která (podle kvality zadání) kopíruje skutečný (zaměřený) nebo projektovaný terén. Vzniká na základě zadaných 3D bodů. Lze zadat i 3D čáry. Zadanými body plocha prochází, mimo ně se dopočítává podle matematických vzorců tak, aby se blížila skutečnosti – výpočet není založen na lineární interpolaci, ale modeluje hladký „oblý“ terén. Tam, kde je to na závalu, lze doplnit terénní hrany. Hlavními zdroji dat pro vytváření (generování) DMT jsou textové soubory (bodové pořady) z DMR5G a výkresy ve formátu DXF (body, linie, plochy).

3.1.1 Mapové podklady

Pro účely studie byla využita Základní mapa České republiky 1:10 000 aktualizovaná Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (dále jen ČÚZK) v roce 2009. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítko.

ZM10 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.

Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje ČÚZK.

ZM10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bezešvé mapy – čtvercích 2x2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Křovák EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 3149x3149, rozlišení 400 x 400 DPI, hloubku barev 4 bit/pixel

Dále 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.

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byly v r. 2009 – 2010 aktualizované **ORTOFOTOMAPY ČR** – obdélníky 2,5 x 2,0 km ve formátu TIF, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Předané soubory TIF mají velikost 2500x2000, rozlišení 96 x 96 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

Všechny souřadnice mapových podkladů jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.1.2 Geodetické podklady

Geodeticky zaměřené příčné profily byly využity k vymodelování DMT koryta řeky.

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.2 Hydrologická data

Vodní tok: LUŽNICE
Datum zpracování: 2012
Vydal: ČHMÚ, pobočka České Budějovice

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

Hydrologický profil	ČHP	plocha povodí (km ²)	5	20	100	500
Tuší (Hrdlořezským p.)	1-07-02-006	664	69	123	210	324
nad Černým p.	1-07-02-008	722	73	131	221	338
nad Dračicí	1-07-02-010	750	75	134	225	344

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400

3.3 Místní šetření

Terénní průzkum se uskutečnil srpnu v roce 2012.

Během průzkumu byla pořízena aktuální fotodokumentace všech objektů na toku, významných částí toku, charakteru a překážek v záplavovém území.

Toto šetření bylo pro zpracovatele významné z hlediska stanovení drsnostních součinitelů matematického modelu a dále pro kontrolu významných příčných a podélných hrází, valů a náspů v DMT záplavového území Vltavy.

Charakter zaplavené zástavby

Zájmový úsek se skládá ze dvou výrazně odlišných částí. Významnější částí zájmového území je intravilán města Suchdol nad Lužnicí charakteristický výrazně upraveným tokem. Druhou a větší částí zájmového území je od začátku zájmového úseku až městu Suchdol nad Lužnicí. Tento úsek se vyznačuje meandrováním koryta a inundační území je převážně bažinaté, plné starých ramen a tůní a zarostlé bujnou vegetací.

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

Nejsou.

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] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [4] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [5] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [6] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [7] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

Za významné a přesnost ovlivňující výsledky lze považovat nepřesnosti DMR5G ve všech místech porostlých hustými křovisky a travinami, kde bylo zjištěno převýšení nad skutečným terénem (zaměřeným geodeticky v příčném profilu) o 1 – 2 metry.

4 Popis koncepčního modelu

Stanovení záplavového území vychází dle vyhlášky MŽP z výpočtů ustáleného nerovnoměrného proudění, to lze popsat jak 1D, tak 2D modely.

Zájmový úsek toku tvoří upravené i přirozené koryto Lužnice o šířce toku 7– 45 metrů. Tok v intravilánu je z větší části upravený a kapacita koryta zvýšena.

Použitý software

Pro výpočty hydraulických charakteristik proudění byly použity software **MIKE 11 ver. 2011** vyvinutý DHI Water & Environment & Health, Hørsholm (Dánsko).

Veškerý software, použitý pro výpočet, je komerčně dostupný, má zajištěn servis a pravidelný update.

Mike 21FM

Pro simulaci proudění byl použit jednorozměrný matematický model proudění v otevřeném korytě s inundačními územími MIKE 11 (verze 2011). V celé délce zájmového území byla vytvořena separátní výpočetní větve pro koryto a dále oddělené větve pro pravé i levé inundační území. V oblasti intravilánu města Suchdol nad Lužnicí a zvláště pro náhon procházející levým inundačním územím v intravilánu města Suchdol nad Lužnicí byly vytvořeny další samostatné výpočetní větve pro proudění. Všechny tyto větve byly spojeny malými příčnými větvemi speciálního typu pro příčné proudění, tzv. LINK CHANNELS.

Výstupem modelu MIKE 11 jsou primárně tyto charakteristiky proudění:

- hodnoty úrovní hladiny vody,

ve všech výpočetních elementech zájmové oblasti a pro všechny počítané časové kroky.

MIKE 11

Matematický model MIKE 11 je jednorozměrný plně dynamický model pro řešení dynamických procesů na vodních tocích. Může být použit k popisu jak větvené tak okružové sítě a lze ho aplikovat i na problémy pseudo-dvouřozměrného proudění (tzv. 1D+). Model je založen na aproximaci Saint-Venantových diferenciálních rovnic metodou konečných diferencí ve vystřídáném výpočetním schématu Abbott-Ionescu.

Objekty na tocích (mosty, jezy) jsou schematizovány pomocí příčných profilů, resp. funkčních objektů, které umožňují definovat rozměry objektů geometricky přesně a hydraulickou funkci objektů odpovídajícími matematickými vztahy.

Drsnost koryta v jednotlivých výpočetních úsecích je výsledkem kalibračních výpočtů.

4.1 Schematizace řešeného problému

Použitá metodika výpočtu charakteristik proudění nepočítá s vlivem neustáleného proudění na odtokové poměry (v souladu s Metodikou zpracování SZÚ).

Výpočet charakteristik proudění metodou ustáleného proudění zcela odpovídá Metodice zpracování SZÚ, metodice pořizování hydrologických dat (N-letých průtoků) a především požadavkům Směrnice 2007/60/EC.

4.2 Způsob zadávání OP a PP

Horní okrajová podmínka modelu – ustálený průtok – byl zadáván dle tab. 3 na vstupu do výpočetní sítě, tj. v ř. km ř. km 241,200. Vzhledem k ustálenému charakteru výpočtu není bod vstupu vody do modelu příliš významný. Příbytek vody v toku podél toku je nulový, stačí tedy stanovený průtok vložit výše nad předepsaným profilem. Výhodou je naopak relativní stabilita toku již v prvním sledovaném profilu. Jako další zdrojové body jsou využity profily těsně pod soutoky s významnými přítoky tak, aby byla dodržena podmínka předepsané n-lelosti.

Dolní okrajová podmínka modelu – tak aby nebyl závěrový profil sledované oblasti ř. km. 123,500 zasažen případnou nepřesností dolní okrajové podmínky modelu, je poslední profil modelu v ř. km. 121,500.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro simulaci ustáleného nerovnoměrného proudění byl použit jednorozměrný matematický model proudění v otevřeném korytě s inundačním územím MIKE 11, verze 2011.

Pro modelování toku v korytě je použit 1D model MIKE 11, jehož výstupy jsou hydraulické charakteristiky toku v bodech. Výsledky z tohoto modelu je třeba distribuovat na plochu celého toku, čímž se do systému vnáší určitý stupeň nepřesnosti. Tato nevýhoda je kompenzována výraznou stabilitou modelu zejména při popisu objektů v toku. Zároveň je třeba si uvědomit, že v průběhu povodně je informace o rychlostech a hloubkách přímo v toku méně podstatná. Daný prostor je vždy vyhodnocen jako vysoce rizikový.

Podrobná specifikace modelu, detailní popis všech jeho vstupních souborů a jeho použití lze najít v manuálech programu - *M11_User_Guide.pdf*, *M11_Scientific_documentation.pdf*.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Z dostupných podkladů (viz kap. 3.1 Topologické podklady) byl nejprve sestaven digitální model terénu.

Pro potřeby 1D+ matematického modelu byl využit digitální model terénu (DMT) vytvořený na základě digitálního zaměření reliéfu České republiky pomocí technologie Lidar vyhodnoceného kombinací automatického a manuálního zpracování – model 5. generace (5G), částečně doplněného automaticky zpracovanými podklady 4. generace (4G). Digitální model je doplněn o digitální model dna řeky, který byl vytvořen pomocí interpolace zaměřených příčných profilů.

Pro popis samotného koryta řeky byly použity zaměřené příčné profily. Geometrie profilů použitých pro popis inundačního území byla extrahována z digitálního modelu terénu 5G.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již popsán v kap. 3.3 Místní šetření.

Popis objektů na toku je uváděn po směru proudu; staničení je „evropské“ (zdroj DIBAVOD).

Tabulka 4 – Přehled objektů na toku

ř.km.	Popis objektu
125,413	most Suchdol nad Lužnicí
127,008	most Suchdol nad Lužnicí (E49)
127,064	jez Suchdol nad Lužnicí
127,757	jez

ř.km.	Popis objektu
137,245	most Halámky

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnost byla stanovena v každém profilu zvlášť. V inundačních územích byly drsnosti značně proměnlivé na základě využití příslušného území.

Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“ ukazuje tab 5.

Tabulka 5 – Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“

Popis povrchu	n
hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030-0,040
nízká, sekaná tráva	0,035 – 0,040
vyšší, nesezaná tráva, pole	0,040 – 0,065
řídce lesní porost	0,052-0,070
hustý lesní porost	0,075-0,130
keře	0,085 ÷ 0,100
technické stavby	0,070 ÷ 0,100
ploty	0,090 ÷ 0,200

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Hodnoty okrajových podmínek byly stanoveny na základě N-letých průtoků získaných od ČHMÚ. Hodnoty bodových zdrojů jako přítoků do modelu byly stanoveny jako rozdíly N-letých průtoků v úsecích Lužnice mezi jednotlivými přítoky.

Tabulka 6 - N-leté povodňové průtoky pro model [m³/s]

	Q5	Q20	Q100	Q500
Lužnice nad Tuští	69	123	210	324
Tušť	4	8	11	14
Černý p.	2	3	4	6

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Počáteční podmínky – kóty hladin ve všech bodech výpočetní sítě – byly odvozovány z výsledků dříve provedených výpočtů.

5.2.5 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 popsání topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

Kalibrace modelu byla provedena pomocí série kalibračních výpočtů, při kterých byly upravovány hodnoty součinitelů drsnosti v celé ploše modelu (tj. v jednotlivých úsecích koryta a rovněž i v inundačním území dle typu zástavby či využití území) tak, aby při shodných průtocích bylo dosaženo uspokojivé shody mezi vypočtenými a zaměřenými průběhy hladin, resp. značkami hladin.

V zájmové oblasti existuje pouze jeden ucelený soubor dat, který je vhodný ke kalibraci matematického modelu. Jedná se o data shromážděná z povodňové epizody ze srpna roku 2002.

Tabulka 7 - Kalibrace modelu

Ř. km	Lokalizace kalibračního bodu	Vypočtená hladina (m n. m.)	Výška značky (m n. m.)	Rozdíl (m)	Poznámka
125.421	Most Suchdol nad Lužnicí - Klikov	448.27	448.32	-0,05	hladina z inundační větve
127.087	Jez u mostu na Toušř stavidlo.	450.49	450.42	0,07	
127.532	Chatový tábor Suchdol nad Lužnicí	450.76	450.77	-0,01	
137.255	Most Dvory - Halámky (prostřední)	458.01	457.97	0,04	
140.345	Čerpací stanice u Nové vsi - jímací objekt	459.4	459.40	0,00	hladina z inundační větve

6 Výstupy z modelu

Základní informací, kterou poskytují výsledky 1D+ matematického modelu, je průběh hladin a hodnoty rychlostí v každém výpočetním bodě. S užitím základních hydraulických vztahů může být vyjádřena hloubka vody (rozdíl vypočtené úrovně hladiny a terénu, resp. nivelety dna).

Mapy hloubek a rychlostí byly základními vstupními parametry pro stanovení míry povodňového nebezpečí v záplavovém území.

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.

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a DHI Flood Tool Box byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} a Q_{500} vygenerovány záplavové čáry a mapy hladin v zájmové oblasti.

Formát záplavových čar *.shp – polygon, vektorový formát ESRI

Formát map hladin *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2x2 m

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

Tabulka 8 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	ICOB	Název obce

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. 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.

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a DHI Flood Tool Box byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} a Q_{500} vygenerovány mapy hloubek.

Formát map hloubek *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2x2 m

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, kalibrační značky, kulminační průtoky historických povodní atd.

Dalším faktorem, s nímž model nepočítá, je množství plavenin, které postupují 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 značně pozměnit průtočný profil (částečné nebo úplné ucpání), což má zásadní vliv na jeho průtočnou kapacitu a následně na průběh hladin nad objektem.

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.