



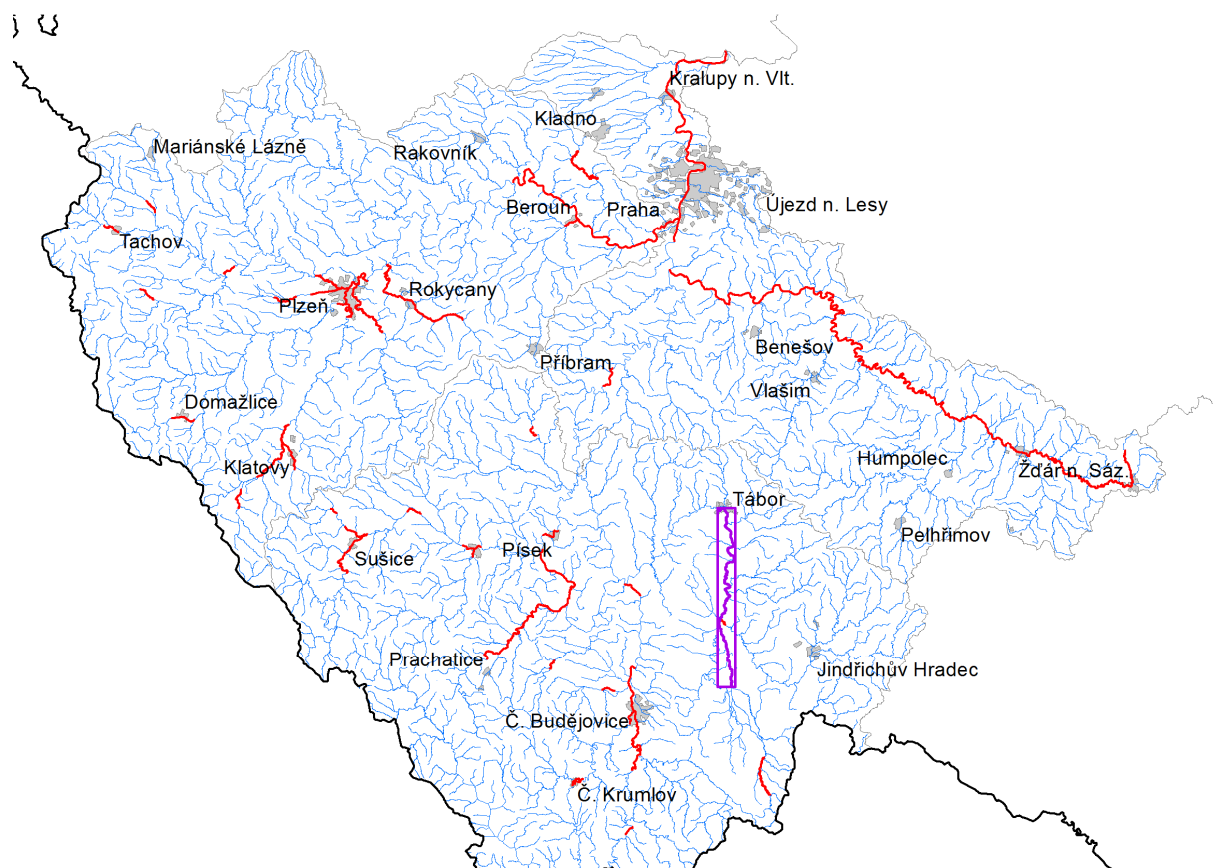
TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTECH POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LUŽNICE - 10100007_1 - Ř. KM 39,000 - 94,200 (PV-3-1)

NEŽÁRKA - 10100050_1 - Ř. KM 0,000 - 2,500 (PV-13-1)





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 MODEL Y A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LUŽNICE - 10100007_1 - Ř. KM 39,000 - 94,200 (PV-3-1)

NEŽÁRKA - 10100050_1 - Ř. KM 0,000 - 2,500 (PV-13-1)

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, SRPEN 2013.

Obsah:

1	Základní údaje	6
1.1	Seznam zkratk a symbolů	6
1.2	Cíle prací	6
1.3	Předmět práce	6
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	7
1.4.1	Hydrodynamický model	7
1.4.2	Výsledky výpočtů	8
2	Popis zájmového území	9
2.1	Všeobecné údaje	11
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	11
3	Přehled podkladů	12
3.1	Topologická data	12
3.1.1	Mapové podklady	12
3.1.2	Geodetické podklady	13
3.2	Hydrologická data	14
3.3	Místní šetření	14
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	15
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	15
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	15
4	Popis koncepčního modelu	16
	Použitý software	16
4.1	Stacionární proudění	16
4.2	Rozvržení modelů a definice okrajových podmínek	17
5	Popis numerického modelu	18
5.1	Použité programové vybavení	18
5.2	Vstupní data numerického modelu	18
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	19
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	20
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	21
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	22
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	22
5.3	Popis kalibrace modelu	22
6	Výstupy z modelu	24
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	24
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	25
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	25
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	25

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D model	Jednorozměrný matematický model proudění
2D model	Dvourozměrný matematický model proudění
B.p.v.	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMR 5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMR 4G	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
MIKE 11	Matematický model Mike 11 (1D model)
MIKE 21 FM	Matematický model Mike 21 FM (2D model – flexible mesh)
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	Záplavová 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 (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

Hydrologická data

Pro účel studie byla objednána a ČHMÚ stanovena aktuální hydrologická data (N-leté průtoky) v následujících profilech zájmových úseků Lužnice a Nežárky:

- Lužnice - pod Rožmberkem
- Lužnice - LGS Frahelž
- Lužnice - pod Nežárkou
- Lužnice - nad Dírenským p.
- Lužnice - nad Černovickým p.
- Lužnice - LGS Klenovice
- Lužnice - nad Chotovinským p.
- Lužnice - pod Chotovinským p.
- Nežárka - ústí do Lužnice

Topologická data

Pro potřeby 2D 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 (DMR 5G), částečně doplněného automaticky zpracovanými podklady (4. generace – DMR 4G). Do digitálního modelu reliéfu terénu byl vložen digitální model říčních koryt, který byl vytvořen pomocí interpolace zaměřených příčných profilů.

1.4.1 Hydrodynamický model

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmových oblastech toků byly vypočteny kombinovaným dvourozměrným a jednorozměrným matematickým modelem proudění v otevřených korytech. Systém matematických modelů MIKE Flood umožňuje propojení 1D a 2D modelů do funkčního celku, ve které běží propojené modely souběžně a vzájemně si předávají simulované charakteristiky proudění formou vnitřních okrajových podmínek.

Použitý dvourozměrný matematický model je MIKE 21FM (v. 2012), vyvinutý firmou DHI, Hørsholm (Dánsko). Tento model je založen na řešení Navier-Stokesových diferenciálních rovnic (rovnice kontinuity a 2 pohybové rovnice v horizontální rovině) metodou konečných objemů v jednotlivých elementech půdorysné výpočetní sítě. Model MIKE 21 FM pracuje v nepravidelné výpočetní síti; tzn. jeho výpočetní síť lze, na rozdíl od pravouhlých sítí, přizpůsobit tvaru území a tak omezit počet výpočetních bodů.

Říční koryta jsou schematizována matematickým modelem MIKE 11 (v. 2012). Jedná se o jednorozměrný plně dynamický model pro řešení dynamických procesů na vodních tocích. Může být použit k popisu jak větvené tak okružné sítě. Model je založen na aproximaci Saint-Venantových diferenciálních rovnic metodou konečných diferencí ve vystřídáném výpočetním schématu Abbott-Ionescu.

Schematizace zájmového území

V zájmových úsecích Lužnice (ř.km 39,0 - 94,2) a Nežárky (ř.km 0,0 - 2,5) jsou použity různé způsoby schematizace proudění – s ohledem na komplikovanost proudění, hydraulické charakteristiky v jednotlivých oblastech – a především s cílem vystihnout charakteristiky proudění za povodně v území co nejvěrněji. Celá zájmová oblast se tak rozpadá na následující pod-celky:

1. **hráz rybníka Rožmberka až silniční most Dráčov** (ř.km 94,2 až 70,0)
území je schematizováno technologií MIKE Flood (viz výše). Kombinace 2D a 1D modelu umožňuje co nejsprávněji schematizovat složitosti proudění a problematická místa v tomto úseku:
 - proudění v zaplavené soustavě rybníků po přelítí rybníčních hrází – při $Q > Q_{100}$

- proudění v intravilánu Veselí nad Lužnicí – propojovací stoka Degárka, velké množství objektů na tocích (rozdělovací objekty, pohyblivé jezy, mosty) + uvažované prvky PPO
- 2. **silniční most Dráčov až jižně od rybníka Švadlačky** (ř.km 70,0 až 68,9)
úsek je schematizován v technologii 1D+, tj. větveným 1D modelem s jednou větví schematizující proudění v říčním korytě, jednou větví pro levobřežní inundační území a dvěma větvemi pro pravobřežní inundační území
Poznámka: Jedná se o „překryvný“ úsek dvou modelových celků – viz dále v kap. 4.2.
- 3. **jižně od rybníka Švadlačky až jižní okraj Sezimova Ústí** (ř.km 68,9 až 47,2)
úsek je schematizován technologií MIKE Flood. Kombinace 2D a 1D modelu umožňuje správnou schematizaci charakteristik proudění v intravilánech Soběslavi a Plané nad Lužnicí – vliv prvků PPO podél Lužnice (resp. Černovického potoka) + řady objektů (mosty, jezy) na Lužnici
- 4. **Sezimovo Ústí až Tábor, ř.km 39,0** (ř.km 47,2 až 39,0)
úsek je schematizován 1D – mezi ř.km 47,2 až 46,7 je použita 1D+ schematizace (s jednou větví 1D modelu pro levobřežní inundační území); od ř.km 46,7 až po dolní okraj modelu je proudění simulováno v celoúdobných profilech. V tomto úseku je údolí Lužnice (celkové inundační území) velmi úzké – jedná se v podstatě o hluboký kaňon řeky, proudění v inundačních území je souběžné s osou toku – 1D schematizace je dostatečná k vystižení charakteristik proudění.

Základní postup tvorby hydrodynamického modelu:

Nad ortofoto-mapami příslušného území byla v programovém prostředí Mesh Generator zkonstruována dvourozměrná trojúhelníková výpočetní síť v takové šíři a rozsahu, aby pokryla ZÚ úseků modelu, schematizovaných 2D modelem (úseky 1 a 3 – viz výše) pro všechny simulované průtoky Q_N . V oblastech, kde by schematizace trojúhelníkovými výpočetními elementy nebyla vhodná (liniové stavby – hráze, násypy komunikací), byly ve výpočetní síti použity buňky obdélníkové.

Takto vytvořená výpočetní síť 2D modelu a DMT byly použity při generaci batymetrie (reliéf terénu na půdorysu výpočetní sítě – základní řídicí soubor pro výpočet 2D modelu) zájmového území.

Součinitele drsností v ZÚ byly plošně rozděleny na základě klasifikace území v digitálním geografickém modelu ZABAGED® a postupně upravovány dle kalibračních výpočtů, stejně tak jako drsnosti v korytě řeky.

Hodnoty návrhových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v profilech „Lužnice – pod Rožmberkem“ a „Nežárka – ústí“ byly použity jako horní okrajové podmínky pro výpočet ustáleného proudění. Dalšími vstupy do modelu byly průtoky ve vybraných přítocích Lužnice. Tyto přítoky byly zvoleny na základě tabulky N-letých průtoků (zdroj ČHMÚ; tab. 3), aby místně vystihovaly přírůstky N-letých průtoků v Lužnici. Hodnoty přítoků byly dopočteny tak, aby doplňovaly řadu návrhových průtoků ČHMÚ. Souhrn všech návrhových průtoků uvádí tab. 6.

Výpočty pro jednotlivé N-letosti byly vždy počítány ve dvou scénářích: daná N-letost z Lužnice resp. Nežárky a průtok v komparativním toku byl stanoven rozdílem tak, aby průtok v profilu „Lužnice – pod Nežárkou“ byl v obou scénářích shodný a odpovídal hodnotě stanovené ČHMÚ (viz tab. 3).

Dolní okrajovou podmínkou modelu je úroveň hladiny v Lužnici v ř.km 38,165 vypočtená dle konzumní křivky tohoto profilu modelem MIKE 11.

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 NEŽÁRKA
ID úseku IDVT CEVT	10100007_1 (LUŽNICE – ř.km 39,000 - 94,200) 10100050_1 (NEŽÁRKA – ř.km 0,000 - 2,500)
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-07-02-050, 1-07-02-059, 1-07-03-079, 1-07-04-001, 1-07-04-010, 1-07-04-026, 1-07-04-040, 1-07-04-050, 1-07-04-066
Říční kilometry začátku a konce úseku:	LUŽNICE – ř.km 39,000 - 94,200 NEŽÁRKA – ř.km 0,000 - 2,500
Významná vodní díla – zdymadla:	rybník Rožmberk odvodňovací stoky Adolfska a Degárka
Významné přítoky:	Miletínský potok, Bechyňský potok, Dírenský potok, Černovický potok, Maršovský potok, Chotovinský potok

Zájmovými toky jsou Lužnice a Nežárka.

Lužnice je jihočeská řeka s horním tokem v Rakousku. Je to pravobřežní přítok Vltavy; je dlouhá 208 km a odvodňuje území o rozloze 4234,65 km². Průměrný průtok činí 24,3 m³s⁻¹, oproti ostatním jihočeským řekám má však velmi malý spád a teče pomalu, což se negativně projevuje při povodních.

Lužnice reguluje množství vody mnoha rybníků ve svém povodí (například Rožmberku již od dob Jakuba Krčína z Jelčan nebo napájecím kanálem Zlatá stoka). V minulosti byla na řece provozována voroplavba. Již panovník Karel IV. stanovil předpisy péče o splavnění Lužnice pro dopravu dřeva (potvrzuje to zápis v archivu s datem 3.8.1366).

Lužnice protéká Novohradskými horami, Třeboňskou pánví a Středočeskou pahorkatinou, celý horní tok Lužnice až k Veselí nad Lužnicí je součástí CHKO Třeboňsko, jednoho z přírodně nejceněnějších území jižních Čech, které je zařazeno do systému biosférických rezervací UNESCO.

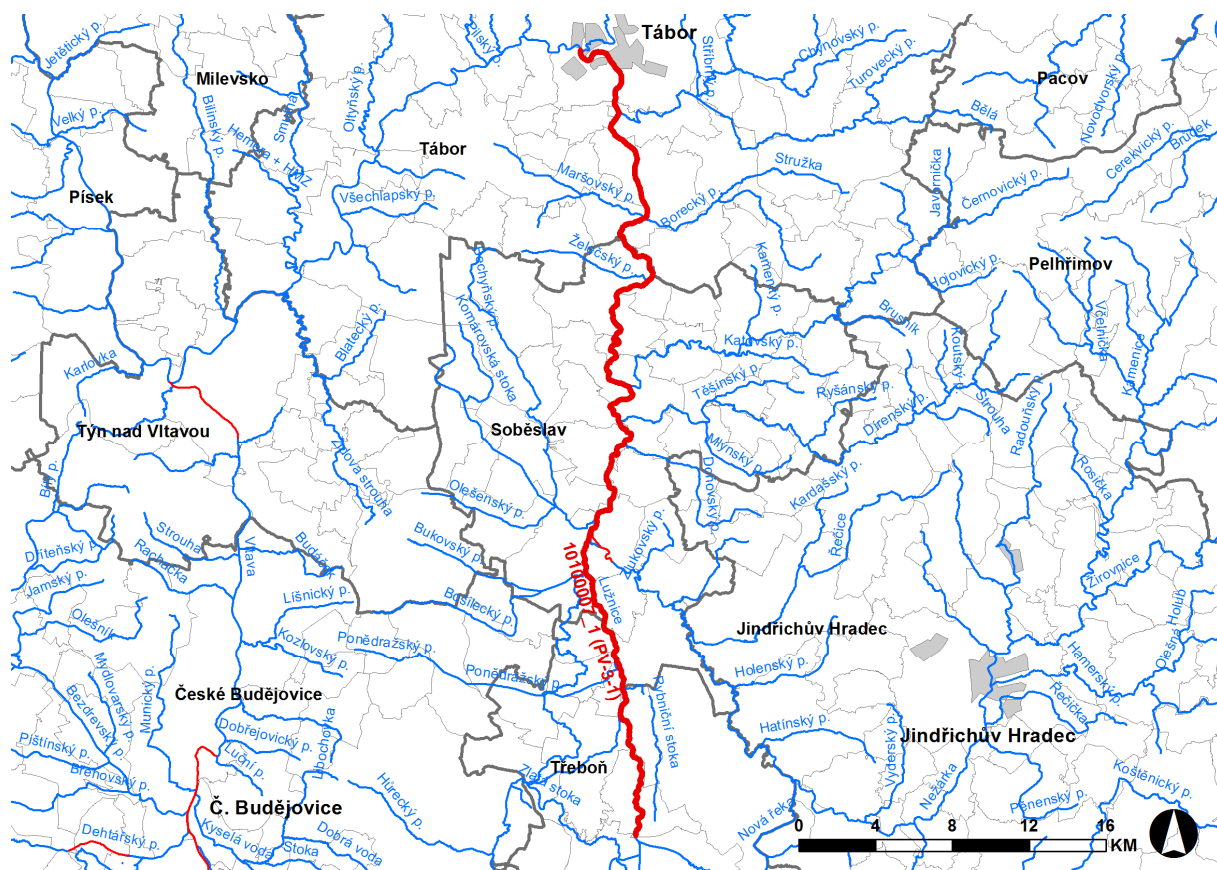
Nežárka je významný pravostranný přítok řeky Lužnice v Jihočeském kraji. Je dlouhá 56,2 km (společně se svou delší zdrojnicí Žirovnici má celkovou délku 86,1 km). Plocha jejího povodí měří 1000,1 km².

Řeka Nežárka vzniká soutokem říček Kamenice a Žirovnice v Jarošově nad Nežárkou v nadmořské výšce 471 m. Nejprve její tok míří jihozápadním směrem k Jindřichovu Hradci. Od Jindřichova Hradce teče řeka na jih k obci Lásenice, u které postupně obrací svůj tok směrem na západ. Dále po proudu u Stráže nad Nežárkou se řeka stáčí na severozápad. Pod Stráží nad Nežárkou ústí do Nežárky Nová řeka, která převádí větší část průtoku z Lužnice do Nežárky – slouží především k regulaci přítoku do rybníka Rožmberk. SZ směr si ponechává až ke svému ústí do Lužnice ve Veselí nad Lužnicí v nadmořské výšce 408 m.

Z vodohospodářského hlediska je průtok v zájmovém úseku Lužnice a Nežárky ovlivněn manipulací na Novořeckých splavech (rozdělení průtoku v Lužnici mezi Lužnici (Starou řeku) a Novou řeku, ústící do Nežárky) a největším českým rybníkem Rožmberk, který dokáže povodňové průtoky významně transformovat – viz „Opatření Rožmberk; Studie využití retenčních schopností rybníka Rožmberk pro transformaci povodňových průtoků v řece Lužnici. Vodní díla – TBD a.s., Praha, listopad 2008“ [ii].

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
Předchozí studie	- „Flood Analyses and Mitigation on the Lužnice River (FLAMIS). ČVUT, EPFL, ČHMÚ, Povodí Vltavy, 2004 – 2006 [1]



Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území

2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek Lužnice byl zadán od ř. km 39,000 do ř.km 94,200 a na Nežárce od ř. km 0,000 do ř.km 2,500 dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a je vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

LUŽNICE

začátek: x = -733907 y = -1160876

konec: x = -736778 y = -1119776

NEŽÁRKA

začátek: x = -735171 y = -1146365

konec: x = -736040 y = -1144672

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V posledních letech bylo povodí Lužnice zasaženo několika povodňovými vlnami, které významně přispěly k rozvoji protipovodňových opatření v regionu. Bezesporně nejvýznamnější povodní byla povodeň v srpnu 2002, významnou byla též povodeň v dubnu 2006. Pro ilustraci jsou v tabulce 2 uvedeny hodnoty kulminačních průtoků obou povodní (dle vyhodnocení ČHMÚ) v limnigrafických stanicích či jiných důležitých profilech v zájmové oblasti.

Tabulka 2 – Kulminační průtoky historických povodní [m^3s^{-1}]

Rok	Datum	Vodní tok	Profil	Průtok (m^3s^{-1})	Doba opakování (roky)
2002	14. 8.	Lužnice	odtok z Rožmberka	270	$> Q_{500}$
2002	14. 8.	Lužnice	LGS Frahelž	395	$> Q_{1000}$
2002	15. 8.	Lužnice	LGS Klenovice	625	$> Q_{1000}$
2002		Nežárka	LGS Hamr	n/a	
2006	2.4.	Lužnice	odtok z Rožmberka	85	
2006		Lužnice	LGS Frahelž	n/a	
2006	2.4.	Lužnice	LGS Klenovice	347	Q_{50} až Q_{100}
2006	1.4.	Nežárka	LGS Hamr	188	$< Q_{50}$

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:

- DMR 5G (ČZÚK, a.s., 2011-2012)
- DMR 4G (ČZÚK, a.s., 2011-2012)
- ORTOFOTO v digitální podobě (geoportál CENIA)
- ZABAGED v digitální podobě (Povodí Vltavy s.p.)
- Zaměření použitá v projektu „Flood Analyses and Mitigation on the Lužnice River (FLAMIS). ČVUT, EPFL, ČHMÚ, Povodí Vltavy, 2004 – 2006“ [i]
- Zaměření koryt Nežárky, Degárky a Adolfky (Geodis Brno s.r.o., 2013)

Další podklady:

- Říční kilometráž (digitální, Povodí Vltavy s.p.)
- Osa toku (digitální, Povodí Vltavy s.p.)
- Kalibrační podklady – povodňové značky (Povodí Vltavy, s.p.; DHI a.s., 2003)
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (DHI a.s., 2012)

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 (ČZÚK, a.s., 2011-12), podrobné body byly předány v ASCII formátu.

Svahy koryta a objekty na toku (jezy, mosty) byly převzaty z již stávající TPE a projektu FLAMIS [i]; novější objekty byly doplněny dle aktuální dokumentace.

Zpracovatel studie si DMT převedl pro vlastní potřeby do softwarů Atlas DMT a ArcGIS.

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 DMR 5G 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.

Dále mapa na Geoportálu INSPIRE – aktuální ortofotomapa CENIA (což je česká informační služba MŽP). *INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe* je iniciativou Evropské komise, která si klade za cíl vytvořit evropský legislativní rámec potřebný k vybudování evropské infrastruktury prostorových informací a pravidel zejména k podpoře environmentálních politik a politik, které životní prostředí ovlivňují.

3.1.2 Geodetické podklady

Byly použity předchozí geodetické podklady, jejichž přesnost byla ověřena měřením systémem geodetickou GPS Trimble zpracovatelem přímo při rekognoskaci.

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

Veškeré podklady i výstupy jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém systému B.p.v.

3.2 Hydrologická data

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

Tabulka 3 – Lužnice a Nežárka, hodnoty N-letých průtoků [m^3s^{-1}]

Řeka	Hydrologický profil	ČHP	plocha povodí (km^2)	5	20	100	500
Lužnice	pod Rožmberkem	1-07-02-050	1386,6	26	55	120	235
Lužnice	LGS Frahelž	1-07-02-059	1536,6	34	68	145	279
Lužnice	pod Nežárkou	1-07-04-001	2717,5	111	183	315	492
Lužnice	nad Dírenským p.	1-07-04-010	2880,0	126	205	333	507
Lužnice	nad Černovickým p.	1-07-04-026	3003,4	138	222	353	523
Lužnice	LGS Klenovice	1-07-04-040	3152,0	151	240	374	545
Lužnice	nad Chotovinským p.	1-07-04-050	3308,2	167	265	407	583
Lužnice	pod Chotovinským p.	1-07-04-066	3521,8	187	296	454	646
Nežárka	ústí do Lužnice	1-07-03-079	1000,1	103	157	234	334

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400

3.3 Místní šetření

Při stavbě modelu bylo využito bohaté fotodokumentace projektu FLAMIS [1]. Terénní průzkum (pro ověření skutečností, vyjasnění nesrovnalostí v datech) se uskutečnil v květnu a červnu 2013.

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

Toto šetření bylo pro zpracovatele důležité rovněž z hlediska stanovení součinitelů drsnosti matematického modelu a dále pro kontrolu významných příčných a podélných hrází, valů a náspů v záplavovém území Lužnice.

Charakter záplavového území

Zájmové území úsek se skládá z několika výrazně odlišných oblastí:

- v horním úseku od hráze rybníka Rožmberka až po Veselí nad Lužnicí protéká Lužnice rybníční soustavou Třeboňské pánve. Kapacita koryta dosahuje až Q_{20} . Komplikovaný systém hrází rybníků odolává až Q_{100} .
- V úseku od Veselí nad Lužnicí po Planou nad Lužnicí se jedná o zemědělsky využívanou krajinu s četnými sídly podél toku. Kapacita říčního koryta zpravidla nedosahuje ani Q_5 , průběh hladin je ovlivněn četnými jezy
- Od Plané nad Lužnicí přes Sezimovo Ústí k Táboru protéká Lužnice prakticky spojitou urbanizovanou aglomerací, záplavové území je však úzké, od Sezimova Ústí se v podstatě jedná o hluboký kaňon řeky.

Významnější dosud značně zaplavovaná sídla (Veselí nad Lužnicí, Soběslav, Planá nad Lužnicí) již dokončila či v současné době budují protipovodňovou ochranu – ta je zpravidla navržena na Q_{50} , event. s bezpečnostním navýšením na Q_{100} .

Zemědělsky využívané plochy se v zájmové oblasti vyskytují jako převažující

Lesní porosty (převážně jehličnaté kultury),

Inundační území v intravilánu je tvořeno budovami a objekty občanského, zemědělského a průmyslového charakteru, v extravilánu jde především o zemědělsky využívané plochy (rybníční soustava, pole, louky, lesy) a ostatními volnými plochami.

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

Povodí Vltavy poskytlo zpracovateli **manipulační řády** všech vodních děl na toku.

- [i] Flood Analyses and Mitigation on the Lužnice River (FLAMIS). ČVUT, EPFL, ČHMÚ, Povodí Vltavy, 2004 – 2006
- [ii] Opatření Rožmberk; Studie využití retenčních schopností rybníka Rožmberk pro transformaci povodňových průtoků v řece Lužnici. Vodní díla – TBD a.s., Praha, listopad 2008

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 řády 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 DMR 5G několika lokalit s nepřehledným terénem porostlým hustými křovisky a travinami, kde bylo zjištěno převýšení nad skutečným terénem (zaměřeným geodeticky v příčném profilu) o 1 – 2 metry; většinou se však jednalo o území malého rozsahu.

Obdobnou výškovou chybou byla postížena rozsáhlá soustava hrází rybníční sítě. Hráze jsou typicky porostlé stromy (často zapojené koruny) a odrazy systému LIDAR a zpracované výsledky se často lišily od skutečnosti i o mnoho desítek centimetrů. V případě hrází rybníků se jednalo o poměrně dlouhé linie, které musely být opravovány.

4 Popis koncepčního modelu

Stanovení záplavového území vychází dle vyhlášky MŽP z výpočtů ustáleného nerovnoměrného proudění; k simulacím lze využít jak 1D tak 2D matematické modely.

Použitý software

Pro výpočty hydraulických charakteristik proudění byly použity software **MIKE 21 FM** ver. 2012, **MIKE 11** ver. 2012 a **MIKE Flood** (propojení MIKE 11 a MIKE 21) ver. 2012, vyvinuté DHI Water & Environment & Health, Hørsholm (Dánsko).

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

Mike 21 FM

Pro simulaci proudění byl použit dvourozměrný matematický model proudění v otevřeném korytě s inundačním územím MIKE 21 FM (verze 2012). Nepravidelná síť umožňuje zahuštění a zmenšení výpočetních elementů (tj. zvýšit podrobnost popisu zájmového území) v oblastech, kde je třeba podrobněji modelovat reliéf terénu (např. v místech objektů či překážek proudění), resp. v oblastech, kde požadujeme velmi detailní znalost výsledků.

MIKE 11

Matematický model MIKE 11 je jednorozměrný plně dynamický model pro řešení dynamických procesů na vodních tocích. Může být použit k popisu jak větvěné tak okružové sítě a lze ho aplikovat i na problémy pseudo-dvourozměrného 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.

Mike Flood

Matematický model Lužnice i krátkého úseku Nežárky využívá koncepce MIKE Flood – technologie založené na propojení 1D modelu (popisuje jen říční koryto a objekty na něm) a 2D modelu, který detailně simuluje charakteristiky proudění v inundačním území. Oba modely jsou vzájemně propojeny systémem „linků“, které na základě aktuálních gradientů hladin zajišťují „přelévání vody“ (výměnu průtoků) mezi říčními koryty (hlavní tok Lužnice i Nežárky, Degárka, Adolfska) a inundačním územím přes spojitě definované břehové hrany.

4.1 Stacionární proudění

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 Rozvržení modelů a definice okrajových podmínek

Vzhledem k rozlehlosti zájmového území (cca 55 km toku Lužnice) a nutnosti schematizovat většinu záplavového území 2D matematickým modelem byly v zájmovém úseku postaveny dva samostatné modely – oba v technologii MIKE Flood (tedy oba jsou kombinací 2D a 1D):

- **model JIH** - od hráze rybníka Rožmberka po rybník Švadlačky (ř.km 94,119 až 68,935)

Model tvoří systém větví 1D modelu (koryta Lužnice, Nežárky, Adolfky, Degárky a větví schematizujících proudění v inundačním území v cca 1 km dlouhém „překryvném“ úseku obou modelů) a celkem 178 881 elementů 2D modelu.

Horní okrajové podmínky jsou ustálené průtoky na Lužnici (hráz rybníka Rožmberka) a Nežárce (ř.km 2,922). Výpustný objekt i s MVE v hrázi rybníka Rožmberka má maximální kapacitu cca $43 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ v závislosti na úrovni hladiny v rybníku [11]. Odtok z Rožmberka (HOP na Lužnici) byl proto rozdělen na průtok hlavním korytem a odtok Adolfkou (ať už z vedlejší výpusti či od bezpečnostního přelivu). Průtoky ve významných přítocích (Miletínský a Bechyňský potok) byly zadávány jako bodové zdroje. Hodnoty průtoků pro jednotlivé okrajové podmínky při různých Q_N uvádí tab. 6.

Dolní okrajovou podmínkou 1D modelu jsou konstantní úrovně hladin, vypočtené modelem SEVER v ř.km 68,935) pro jednotlivé Q_N .

- **model SEVER** - od silničního mostu v Dráchově po Tábor (ř.km 69,949 až 38,165)

Model tvoří systém větví 1D modelu (koryta Lužnice a větví schematizujících proudění v inundačních územích v cca 1 km dlouhém „překryvném“ úseku obou modelů a v úseku pod Sezimovým Ústím) a celkem 92 704 elementů 2D modelu.

Horní okrajovou podmínkou je ustálený průtok v Lužnici (v pf. Dráchov; odpovídá hodnotám „Lužnice – nad Dírenským p.“ v tab. 3). Průtoky ve významných přítocích (Dírenský, Černovický, Maršovský a Chotovinský potok) byly zadávány jako bodové zdroje. Hodnoty průtoků pro jednotlivé okrajové podmínky při různých Q_N uvádí tab. 6.

Dolní okrajovou podmínkou modelu je úroveň hladiny v Lužnici v ř.km 38,165 vypočtená dle konzumní křivky tohoto profilu modelem MIKE 11.

Způsob schematizace proudění v jednotlivých úsecích (modelových celcích) pomocí 2D a 1D modelů je popsána v kap. 1.4.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro simulaci ustáleného nerovnoměrného proudění byl použit dvourozměrný matematický model proudění v otevřeném korytě s inundačním územím MIKE 21FM, verze 2012 v kombinaci s jednorozměrným modelem MIKE 11.

Výstupem modelu MIKE 21FM jsou primárně tyto charakteristiky proudění:

- hodnoty úrovní hladiny vody
- vektory rychlostí (tj. směr a velikost vektorů rychlostí, nebo též možno vyjádřit pomocí velikosti podélné a příčné složky vektorů rychlostí)

ve všech výpočetních bodech zájmové oblasti a pro všechny počítané časové kroky. 2D model tak dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém inundačním území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) i o rozdělení rychlostí v celé inundační oblasti.

Charakteristiky proudění ovlivňují především reliéf terénu (tvar koryta, inundačního území, sklonové poměry) a odpory proudění (drsnost a tvarové odpory – zúžení resp. rozšíření průtočného profilu, oblouky, obtékání překážek, proudění přes objekty, apod.). Velkou pozornost je proto třeba věnovat přípravě souboru s geometrickými daty pro 2D model, neboť tento soubor v sobě obsahuje jak vlastní reliéf terénu tak i veškerá data pro výpočet tvarových odporů.

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 - *M21FM_User_Guide.pdf*, *M21FM_GridGenerator.pdf*, *MIKE21FM_Scientific_documentation.pdf* a *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.

Při přípravě modelu v daném úseku byla vytvořena trojúhelníková síť vymežující oblast modelu, doplněna ve specifických případech výpočetními čtyřúhelníky. Z dostupných podkladů (viz kap. 3.1 Topologická data) byl sestaven digitální model terénu zájmové oblasti. Promítnutím této sítě na DMT byl získán geometrický (batymetrický) model terénu ve **výpočetní síti modelu MIKE 21 FM**. Hustota sítě (vzdálenost mezi výpočetními body) je proměnlivá - v rozsahu cca 4 ÷ 60 m. V intravilánu s hustou zástavbou a v oblastech, kde potřebujeme detailní znalost hydraulických charakteristik, je výpočetní síť hustší, v širokém záplavovém území je výpočetní síť řidší. Pro potřeby studie je míra schematizace zájmového území dostatečně jemná pro podrobný popis prostorových jevů proudění v oblasti. Domy a bloky domů jsou z výpočetní sítě vyňaty (v matematickém modelu jsou tedy „obtékány“); ploty a jiné překážky podobného charakteru byly simulovány pruhy zvýšené drsnosti. Vlastní tok s objekty hydraulicky významnými je popsán pomocí 1D schematizace **modelu MIKE 11** vzájemně

propojených výpočetních bodů na toku. Na rozhraní mezi oběma modely, většinou na břehové hraně, byly sestaveny linky simulující přetékaní vody mezi zaplavovaným územím a řekou.

Hráze PPO byly do batymetrie zadány kótami odpovídajícími niveletě koruny hráze. **Protipovodňové zdi a mobilní hrazení** byly zadávány funkcí „Hráze (Dikes)“ MIKE 21 FM, která umožňuje vytvořit linie hrází (de facto o nulové šířce), jež se promítanou do hran výpočetní sítě a jsou přelévány až po překročení zadané nivelety (jednotlivě v bodech tvořících linii). Průtok přepadající přes linii hráze je počítán podle rovnice zatopeného/nezatopeného přepadu.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již popsán v kap. 2 a 3.

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

Tabulka 4 – Přehled objektů na toku

řeka	ř.km.	Popis objektu
Lužnice	92.170	silniční most - Lužnice
Lužnice	91.484	jez - Lužnice
Lužnice	87.954	silniční most - Klec (silnice II./148)
Lužnice	86.791	silniční most
Lužnice	86.371	pohyblivý jez - Klec
Lužnice	84.748	silniční most - Frahelž
Lužnice	84.374	železniční most - Frahelž
Lužnice	83.598	most
Lužnice	82.085	jez
Lužnice	80.985	silniční most - Vlkov
Lužnice	76.866	silniční most
Lužnice	76.815	železniční most - Veselí nad Lužnicí
Lužnice	76.466	lávka
Lužnice	75.891	lávka
Lužnice	75.782	silniční most - Veselí nad Lužnicí (silnice II./603)
Lužnice	75.664	pohyblivý jez - Veselí nad Lužnicí
Lužnice	74.510	silniční most - Veselí nad Lužnicí (silnice I./3)
Lužnice	70.052	jez - Dráčov
Lužnice	69.959	silniční most - Dráčov
Lužnice	67.905	jez - Čejnov
Lužnice	65.269	lávka
Lužnice	64.522	jez - Soběslav
Lužnice	64.295	silniční most - Soběslav (silnice II./135)
Lužnice	62.787	jez - Špačkův Mlýn
Lužnice	60.512	silniční most - Klenovice
Lužnice	57.877	lávka - Skalice

řeka	ř.km.	Popis objektu
Lužnice	56.340	jez - Roudná
Lužnice	48.757	jez - Planá nad Lužnicí
Lužnice	48.682	silniční most - Planá nad Lužnicí
Lužnice	46.374	jez - Soukeník
Lužnice	44.326	silniční most - Sezimovo Ústí
Lužnice	43.865	jez - Sezimovo Ústí
Lužnice	42.705	silniční most - Buriánka
Lužnice	41.338	železniční most
Lužnice	41.235	jez - Tábor
Lužnice	40.478	jez - Tábor, Suchomel
Lužnice	40.158	silniční most - Tábor
Lužnice	39.721	jez - Tábor
Lužnice	39.383	silniční most - Tábor (silnice II./137)
Lužnice	39.051	jez - Tábor
Nežárka	2.365	železniční most
Nežárka	1.109	jez - u vodárny
Nežárka	0.998	železniční most
Nežárka	0.368	silniční most - Veselí nad Lužnicí (silnice II./603)
Degárka	0.957	hradící objekt - odbočení z Nežárky
Degárka	0.824	železniční most
Degárka	0.704	silniční most
Adolfka	0.452	most - Hamr

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost a místní zvýšené odpory proudění jsou pro model MIKE 21FM zadávány pro každý element výpočetní sítě. Základní „mapa drsností“ byla vytvořena zpracováním podrobných ortofotomap a informací ZABAGED® (každý element výpočetní sítě získal drsnost „propíchnutím“ výpočetní sítě s databází klasifikující území) v modelové oblasti; hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“ ukazuje tabulka 5.

Součinitele drsnosti koryta jsou v modelu MIKE 11 zadávány pro jednotlivé výpočetní úseky a jejich finální hodnoty jsou výsledkem kalibračních výpočtů.

Tabulka 5 – Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“

Popis povrchu	n
hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030
nízká, sekaná tráva	0,035 – 0,042
vyšší, nesekaná tráva, pole	0,053 – 0,065
řídý lesní porost	0,060 – 0,064
hustý lesní porost	0,087 – 0,106
keře	0,085 ÷ 0,110
technické stavby	0,070 ÷ 0,100
ploty	0,090 ÷ 0,220

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Tabulka 6 – schema N-letých průtoků pro simulace [m^3s^{-1}]

	scénář LUŽNICE				scénář NEŽÁRKA			
	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
Lužnice – pod Rožmberkem	26	55	120	235	8	26	81	158
<i>z toho: výpustný objekt</i>	26	36	39	42	8	26	38	40
<i>přepad do Adolfky</i>	0	19	81	193	0	0	43	118
Miletínský potok	8	13	25	44	0	0	0	0
Lužnice – LGS Frahelž	34	68	145	279	8	26	81	158
Nežárka - ústí	77	115	170	213	103	157	234	334
Lužnice – pod Nežárkou	111	183	315	492	111	183	315	492
Bechyňský potok	15	22	18	15	15	22	18	15
Dírenský potok	12	17	20	16	12	17	20	16
Černovický potok	13	18	21	22	13	18	21	22
Lužnice – LGS Klenovice	151	240	374	545	151	240	374	545
Maršovský potok	16	25	33	38	16	25	33	38
Chotovinský potok	20	31	47	63	20	31	47	63
Lužnice – Tábor (DOP)	187	296	454	646	187	296	454	646

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 (úrovně hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, špatný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

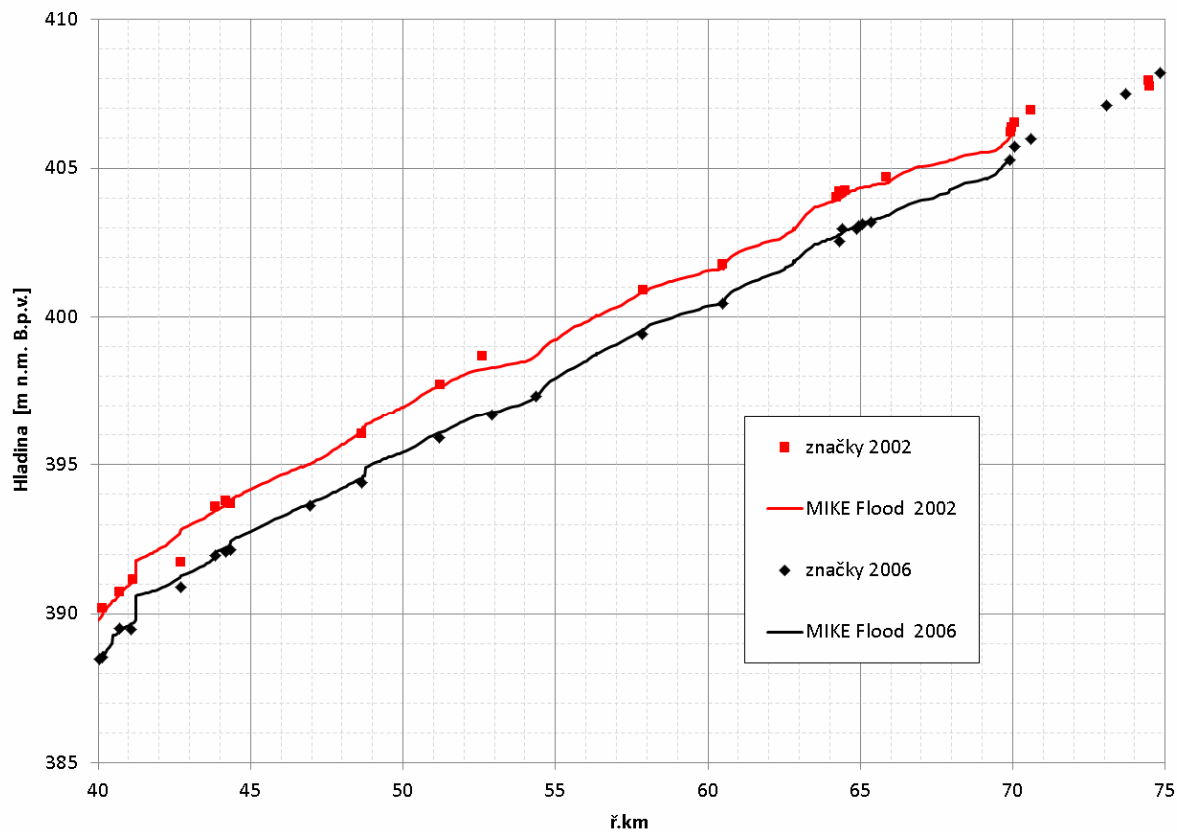
Kalibrace modelu byla provedena pomocí série kalibračních výpočtů, při kterých byly upravovány hodnoty součinitelů drsnosti v celé ploše modelu (tj. v jednotlivých úsecích koryta a rovněž i v inundačním území dle typu zástavby či využití území) tak, aby při shodných průtocích bylo dosaženo uspokojivé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

Ke kalibraci modelu byly využity soubory dat historických povodní v srpnu 2002 a dubnu 2006. Jedná se o povodně relativně nedávné – charakter toku a zástavba a rozvoj území se od těchto povodní příliš nezměnily. Pro obě tyto povodně je k dispozici bohatý soubor značek kulminační hladiny s vyhodnocenými nadmořskými výškami. Přestože některé hydrologické údaje k těmto povodním chybějí (viz tab. 2), bylo možné zrekonstruovat hydrologické zatěžovací stavy modelu pro výpočet ustáleného proudění – předmětem kalibrace je tedy výpočet hladin při kulminačním průtoku.

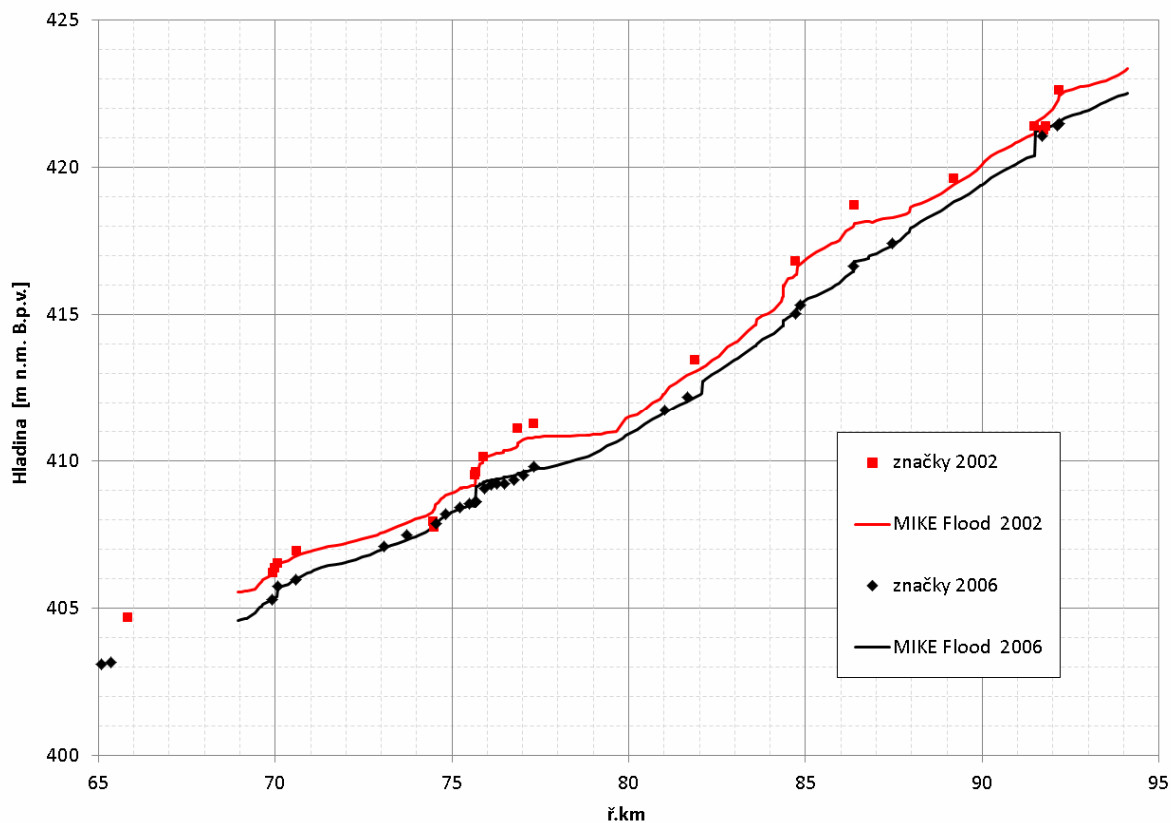
Výsledky kalibrace modelu pro obě historické povodně jsou uvedeny na obrázcích obr. 2 a 3. Z grafů je patrná dobrá shoda mezi zaměřenými průběhy hladin a výsledky kalibračních výpočtů v modelu SEVER, a to pro obě kalibrační povodně. Pomineme-li jen několik málo nepřesných či chybně vyhodnocených kulminačních značek, je odchylka vypočtených úrovní hladin od změřených v intervalu ± 10 cm (ojediněle až ± 15 cm), a to v celé délce podélného profilu.

U modelu JIH bylo dosaženo velmi dobré shody mezi vypočteným průběhem hladiny a vyhodnocenými značkami pro povodeň z dubna 2006 – odchylky do 10 cm. U povodně ze srpna 2002 zaznamenáváme dobrou shodu v oblastech horního okraje modelu (pod hrází Rožmberka) a dolního okraje (již spojené proudy Lužnice a Nežárky). Největší rozdíly byly zjištěny v okolí ř.km 77 a ř.km 86. Důvodem může být značná nejistota v hodnotě kulminačního průtoku v těchto oblastech. Při povodni v r. 2002 došlo k přelití rybníčních hrází, celá oblast rybníků byla víceméně spojitě zaplavena a při porušování hrází mohlo docházet k silným nestacionárním jevům. Na úroveň kulminačních značek v okolí ř.km 77 a ř.km 86 není možné se s hladinou dostat ani extrémně vysokými hodnotami součinitelů drsnosti (ještě reálnými), ani zvýšením průtoku – i značné zvýšení průtoku se projeví především vyšším průtokem v široké oblasti přelitých rybníků a zvýšením hladiny jen o několik centimetrů.

I přes výše uvedené výhrady ke kalibraci na povodeň ze srpna 2002, můžeme celkově považovat výsledek kalibrace za velmi dobrý. Povodeň z dubna 2006 odpovídá svým kulminačním průtokem cca Q_{50} v celém zájmovém úseku. Součinitele drsnosti získané z této kalibrace byly proto následně použity při simulaci Q_5 , Q_{20} a Q_{100} v zájmovém území. Povodeň ze srpna 2002 je extrémní – kulminačním průtokem přesahuje Q_{500} , ve stanicích Frahelž a Klenovice dokonce Q_{1000} . Součinitele drsnosti získané z této kalibrace byly proto použity při simulaci Q_{500} .



Obrázek 2 – Výsledky kalibrace „modelu SEVER“



Obrázek 3 – Výsledky kalibrace „modelu JIH“

6 Výstupy z modelu

Základní informací, kterou poskytují výsledky 2D matematického modelu, je **průběh hladin** a rozložení **vektorů rychlostí** (tj. směru a velikosti vektorů rychlostí) v celé zájmové oblasti (tj. „v ploše“). Vektory svislicových rychlostí mohou být rozloženy na podélnou a příčnou složku (vzhledem k zakřivené ose výpočetní sítě, resp. jinému souřadnicovému systému). S užitím základních hydraulických vztahů mohou být vyjádřeny další veličiny: **hloubka** vody (rozdíl vypočtené úrovně hladiny a terénu, resp. nivelety dna) a **měrné průtoky** (násobky vektorů rychlostí a hloubek).

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 7 – Správní území obcí dotčená maximálním rozlivem

KODORP	NAZORP	ICOB	NAZOB
17023	Třeboň	508501	Lužnice
17023	Třeboň	546674	Lomnice nad Lužnicí
17023	Třeboň	546844	Novosedly nad Nežárkou
17023	Třeboň	547336	Třeboň
16470	Tábor	552046	Tábor
15170	Soběslav	552275	Dráčov
16470	Tábor	552585	Košice
16470	Tábor	552828	Planá nad Lužnicí
16470	Tábor	552933	Radimovice u Želče
15170	Soběslav	553018	Roudná
16470	Tábor	553069	Sezimovo Ústí
15170	Soběslav	553077	Skalice
15170	Soběslav	553131	Soběslav
15170	Soběslav	553255	Val
15170	Soběslav	553263	Vesce
15170	Soběslav	553271	Veselí nad Lužnicí
15170	Soběslav	553310	Vlkov

KODORP	NAZORP	ICOB	NAZOB
17023	Třeboň	562637	Frahelž
17023	Třeboň	562653	Ponědražka
17023	Třeboň	562670	Ponědraž
17023	Třeboň	562688	Klec
15170	Soběslav	563897	Žišov
15170	Soběslav	563986	Klenovice
15170	Soběslav	599115	Řípec
16470	Tábor	599123	Ústrašice

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

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 dvourozměrného modelu jsou známy ve všech výpočetních bodech. 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.

U jednorozměrného modelu jsou rychlosti vypočtené v bodech. V tom případě je nutné hodnoty rychlostí z bodů extrapolovat dle charakteru konkrétního území.

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 rychlostí.

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

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. Přesto je třeba upozornit na dvě nejzávažnější nejistoty v případě povodňového modelu Lužnice mezi ř.km 94,2 až 39,0, resp. předpoklady, které modeláři provedli:

1. nepřesnosti DMR 5G v několika lokalitách s nepřehledným terénem porostlým hustými křovisky a travinami, kde bylo zjištěno převýšení nad skutečným terénem (zaměřeným geodeticky v příčném profilu) o 1 – 2 metry. Obdobnou výškovou chybou byla postižena rozsáhlá soustava hrází rybníční sítě – již uvedeno v kap. 3.6.
Tyto nepřesnosti byly modeláři opravovány. Přesto není možné mít jistotu, že při Q_{500} (při kterém je značná část rybníční soustavy zaplavena) budou přetékaty linie hrází rybníků přesně v místech, kde bylo vypočteno modelem. Příkladem může být rybník Naděje, jehož severní hráz byla v modelu zvýšena (upravena na niveletu hrází v okolí).
2. Protipovodňová ochrana pily v Dráchově (cca ř.km 69,8) není za běžného provozu kompletně uzavřena – cesta ze SZ strany. Při simulacích byl učiněn předpoklad, že tato cesta bude při Q_{100} nějakým způsobem (pytle s pískem) uzavřena ... a ve výsledcích není území pily při Q_{100} zaplaveno. Pokud by cesta uzavřena nebyla, dojde k zaplavení chráněného území.