

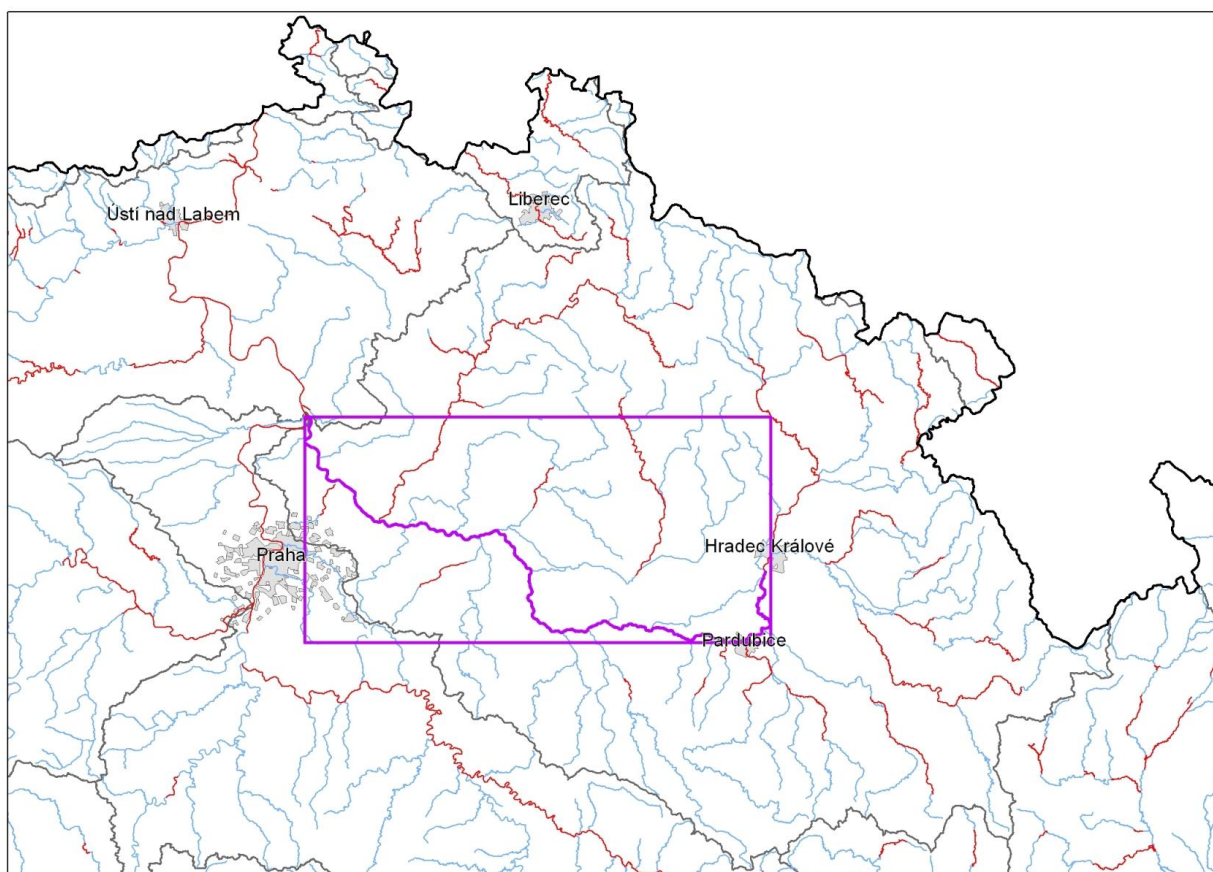


TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ A STŘEDNÍ LABE A DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍ LABE A OSTATNÍ
PŘÍTOKY LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LABE – 10100002_2 - Ř. KM 838,000 – 989,000 (PL-1-2)





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu





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 HORNÍ A STŘEDNÍ LABE A DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍ LABE A OSTATNÍ
PŘÍTOKY LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODEL Y A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

LABE – 10100002_2 - Ř. KM 838,000 – 989,000 (PL-1-2)

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:



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

V PRAZE, PROSINEC 2012.

Obsah:

1	Základní údaje	9
1.1	Seznam zkratk a symbolů	9
1.2	Cíle prací	9
1.3	Předmět práce	9
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	10
1.4.1	Hydrodynamický model	10
1.4.2	Výsledky výpočtů	11
2	Popis zájmového území	12
2.1	Všeobecné údaje	13
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	14
3	Přehled podkladů	16
3.1	Topologická data	16
3.1.1	Mapové podklady	17
3.1.2	Geodetické podklady	17
3.2	Hydrologická data	18
3.3	Místní šetření	18
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	19
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	19
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	20
4	Popis koncepčního modelu	21
4.1	Schematizace řešeného problému	21
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	22
4.3	Způsob zadávání OP a PP	22
5	Popis numerického modelu	23
5.1	Použité programové vybavení	23
5.2	Vstupní data numerického modelu	23
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	24
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	25
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	26
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	27
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	27
5.3	Popis kalibrace modelu	27
6	Výstupy z modelu	34
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	34
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	36
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	37
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	37

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských map
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DMT ATLAS	Software pro zpracování digitálního modelu terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
HOP	Horní okrajová podmínka
M21C	Matematický model Mike21C (2D model – curvilinear)
MPN	Mapy povodňového nebezpečí
MŘ	Manipulační řády jezů
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
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
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 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 14 profilech zájmového úseku – nad ústím Labského náhonu, nad Loučnou, pod Loučnou, pod Chrudimkou, pod Bylankou, nad Doubravou, nad Cidlinou, nad Mrlinou, nad Výrovkou, nad Vlkavou, nad Jizerou, pod Jizerou, nad Vltavou, pod Vltavou.

Topologická data

Pro potřeby 2D matematického modelu byl využit digitální model terénu (DMT) ve formátu Atlas DMT koryta řeky Labe včetně vybudovaných objektů a přilehlých inundačních území v úseku ústí Vltavy – Opatovice nad Labem (Březhrad).

Tento model vznikl sloučením tří základních zdrojů topologických dat – terén dna z vyměřovací lodi Střekov, záplavové území z aktuálního celoplošného měření reliéfu DMR5G, svahy koryta a jezy vyjmuté z již sestaveného DMT pro potřeby studie „Studie odtokových poměrů Labe v úseku Opatovice nad Labem - Mělník“ (DHI Hydroinform a.s., 2005) [1].

1.4.1 Hydrodynamický model

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmové oblasti toku byly simulovány dvourozměrným matematickým modelem MIKE21C (rel. 2011, sp.7), vyvinutý firmou DHI Water & Environment, Hørsholm (Dánsko). Tento model pracuje s křivočarou výpočetní sítí, kterou bylo možné dobře přizpůsobit tvaru zájmového území.

Z důvodu výpočetních a časových nároků na matematické simulace, byl celý úsek Středního Labu, dlouhý 151 km, rozdělen na dvě části v ř. km 932,700

1. **model SL_A** Mělník – Týnec nad Labem (ř. km 838,000 – 933,500)
2. **model SL_B** Týnec n.L. – Opatovice nad Labem (Březhrad) (ř. km 933,600 – 990,100).

Dělicí profil pro předávání okrajových podmínek v ř.km 932,700 byl zvolen s ohledem na to, že proudění je zde kolmé k profilu a dochází zde ke koncentraci téměř celého objemu do hlavního koryta.

Dle metodiky MPN byl soutok Labe a Jizery řešen „vystřídáním schématem“, tzn. že nejprve byl zátěžový průtok Q_N zadán do Labe a na vstupním profilu (okraji výpočetní sítě) Jizery byl použit takový doplněk, aby byl za soutokem dosažen stanovený průtok Q_N , pak následoval opačný výpočet, kdy zátěžový průtok Q_N byl zadán do vstupního profilu Vltavy a úsekem Labe před soutokem protékal doplněk.

Za účelem vyhodnocení průběhu hydraulických charakteristik na soutoku Labe – Vltava, bude v současnosti vznikající 2D model Vltavy obsahovat tok Labe až k profilu jezu Lobkovice, kde bude v ř. km 850,300 zakončen.

Za účelem výpočtů průběhu hydraulických charakteristik na soutoku Labe – Jizera, byl z modelu SL_A extrahován submodel **SOUTOK**, od obce Záryby po profil jezu Lysá nad Labem (ř. km 859,530 – 878,071). Model zahrnuje tok Jizery od zaústění v Lázních Toušev nad obcí Nový Vestec.

Základní postup tvorby hydrodynamického modelu:

Nad ortofoto-mapami příslušného území byla v programovém prostředí MIKE 21C Grid Generatoru (v. 2011) zkonstruována dvourozměrná křivočará výpočetní síť v takové šíři a rozsahu, aby plně pokryla ZÚ Labe pro všechny simulované průtoky Q_N .

Tato síť a DMT byly použity při generaci batymetrie (geometrie) zájmového území.

Drsnosti 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.

Průtokové stavy Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve vstupním profilu Mělník pod Vltavou byly horní okrajovou podmínkou ustálených hydraulických výpočtů modelu. Hodnoty přítoků byly dopočteny vzhledem k bilanci průtoků Labe mezi sedmi známými profily.

Dolní okrajovou podmínkou modelu DL_A, DL_B a SOUTOK byla vždy hladina (a to v profilu jez Střekov, Hřensko a Porta Bohemica) odpovídající danému zátěžovému stavu.

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 byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

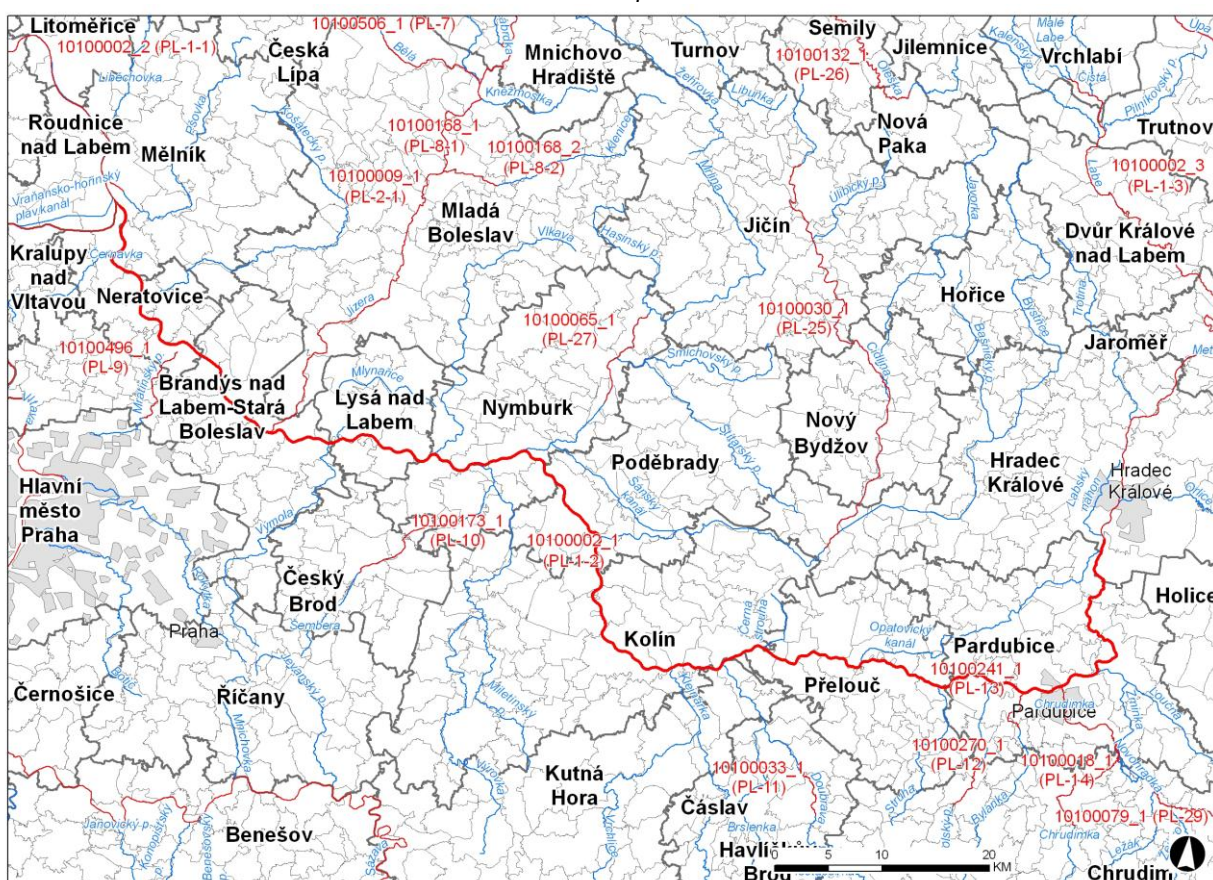
2 Popis zájmového území

Název toku:	LABE
ID úseku IDVT CEVT	10100002_2
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-03-01-019 1-03-04-059 1-04-05-067 1-05-04-005 1-12-03-003
Říční kilometry začátku a konce úseku:	ř. km 838,000 – 989,000
Významná vodní díla – zdymadla:	Obříství Lobkovice Kostelec nad Labem Brandýs nad Labem Čelákovice Lysá nad Labem Hradištko Kostomlátky Nymburk Poděbrady Velký Osek Klavary Kolín Veletov Týnec nad Labem Přelouč Srnojedy Pardubice Opatovice
Významné přítoky:	Vltava Jizera Vlkava Výrovka Mrlina Cidlina Doubrava Bylanka Chrudimka Loučná

Podklady:

Název toku	- zdroj VÚV TGM, v.v.i.
ID úseku IDVT CEVT	- zdroj Ministerstvo zemědělství
Číslo hydrologického pořadí toku	- zdroj ČHMÚ
Úsek toku	- zdroj Povodí Labe, s.p.
Významná vodní díla	- zdroj ZM-10, Povodí Labe, s.p.
Významné přítoky	- zdroj ZM-10
Povodňový model	- „Studie odtokových poměrů Labe v úseku Opatovice nad Labem - Mělník“ (DHI Hydroinform a.s., 2005).

Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek Labe byl určen od ř. km 838,000 do ř. km 989,000, dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a přesně vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

začátek:	x = -734652,27	y = -1015403,98
konec:	x = -643029,84	y = -1046427,19

Nová kilometráž labské vodní cesty v ČR byla zavedena na základě novelizace zákona č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, s platností od 1.1.2009. Došlo tak k formálnímu nahrazení původní plavební kilometráže vyznačené v terénu i říční kilometráže Povodí Labe, s.p., užívané k evidenci vodních děl a objektů. Kilometráž má počátek v ústí do moře a na státní hranici ve Hřensku kilometrem má hodnotu 726,600 a pokračuje souvisle proti proudu. V km 730,000 se shoduje s kilometrem 0 německé kilometráže. Soutok Labe s Vltavou, který byl původním počátkem české plavební kilometráže, má nyní kilometr 837,370. Přístav ve Chvaleticích dosahuje kilometráže 940,200.

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

Labe je největší česká řeka, pramenící na Labské louce v Krkonoších v nadmořské výšce 1389,5 a u obce Hřensko ve výšce 119,89 m n.m. odtékající z Čech do Německa. Její délka na území České republiky je cca 368,07 km. Tato studie je zpracována pro **Střední Labe** – úsek od Opatovic nad Labem (Březhradu) po ústí Vltavy u Mělníka 151,0 km.

Dnešní podoba středního toku Labe (na území ČR) je výsledkem dlouhodobých úprav jak jeho řečiště a břehů, tak i jeho okolí. Rozhodující změny nastaly až v průběhu posledních cca 100 let v souvislosti s rozvojem říční plavby, železniční dopravy, průmyslu a obchodu ve středočeském i východočeském regionu a rovněž energetiky a vodního hospodářství. Splavňování středního Labe kaskádou zdymadel bylo zahájeno krátce po vzniku Československé republiky v roce 1918. V rámci těchto prací byly budovány nové jezy s plavebními komorami a prováděny soustavné směrové úpravy říčního koryta.

Dnešní podoba kanalizovaného úseku (úplné kaskády) od Mělníka do Chvaletic pochází z dob pravidelné přepravy hnědého uhlí do chvaletické elektrárny po vodní cestě. V tomto úseku bylo postupně vybudováno a modernizováno celkem 15 plavebních stupňů. Mezi Semínem a Přeloučí (nad Chvaleticemi) se nachází krátký přejetelný (byť historicky zregulovaný) úsek zvaný „Labské hrčáky“ se sklonem dna až 5 ‰. Následuje opět kanalizovaný úsek z Přelouče do Pardubic se 3 zdymadly, z nichž stupeň Přelouč není toho času uzpůsoben pro plavbu. Úsek od pardubického jezu až nad Opatovice nad Labem je téměř celý regulovaný s jediným vysokým pevným jezem v Opatovicích, z jehož zdi je odebírána voda pro tepelnou elektrárnu.

Celý zájmový úsek od Mělníka po Opatovice nad Labem, který je předmětem této studie, má průměrný podélný sklon 0,4 až 0,5 ‰ a vyznačuje se v celé své délce širokými záplavovými územími, jež zejména na soutoku Labe s Vltavou a rovněž v úseku od Nymburka do Poděbrad dosahují při Q_{100} šířky až přes 5 km.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Nejvýznamnější historickou povodní v úseku Středního Labe byla povodeň z března 2006. Touto povodní bylo zasaženo prakticky celé území. Povodeň byla způsobena táním značné sněhové zásoby, která se díky dlouhodobým mrazům udržela téměř až do konce března, kdy došlo k značnému oteplení a tím i rychlému tání. Toto tání pak bylo doprovázeno i vydatnými srážkami. V oblasti našeho zájmového úseku Středního Labe byly rozvodněny i některé menší a větší vodní toky, např. Loučná, Doubrava, Mrlina atd., kde byl místně dosažen či překročen 20letý průtok.

Hodnota kulminačního průtoku Labe nad soutokem s Vltavou nepřekročila 20letou dobu opakování (v Kostelci nad Labem).

Další významnější historické povodně byly ještě v letech 2000, 1997 a 1981. Povodeň z roku 2000 se projevila v dolním úseku zájmové oblasti, protože byla utvářena významným přítokem z Jizery. Povodeň z července 1997 zasáhla především východní část republiky a horní část Labe, kde většinu průtoků zadržely nádrže na Horním Labi a pod Hradcem Králové Labe kulminovalo při 500 m³/s, což je asi 20letý průtok.

Tabulka 2 – Kulminační průtoky pro povodeň z roku 2006

Profil	Datum kulminace	Q [m³/s]	H [cm]	N - letost
Němčice	02.04.2006 02:45	518	579	10-20
Přelouč	02.04.2006 16:50	648	445	10-20
Nymburk	03.04.2006 14:30	766	441	10-20
Kostelec n. Labem	03.04.2006 21:00	1030	781	20

Zdroj: ČHMÚ

Tabulka 3 – Kulminační průtoky pro povodeň 1997

Profil	Datum kulminace	Q [m³/s]	H [cm]	N - letost
Němčice	09.07.1997 15:30	506	601	10-20
Přelouč	10.07.1997 11:30	571	456	5-10

Zdroj: ČHMÚ

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, 2011)
- Hydrologické poměry ČSSR III, „modrá kniha“, III. díl (Hydrometeorologický ústav Praha, 1970)

Topologické podklady:

- DMT (DHI Hydroinform, a.s., data 1999 a starší)
- DMR5G (ČZÚK, a.s., 2011)
- ZABAGED - rastrové mapy v digitální podobě (Povodí Labe, s.p.2009)
- Základní mapy 1:10 000 v digitální podobě (Povodí Labe, s.p. 2009)
- ORTOFOTO v digitální podobě (Povodí Labe, s.p. 2006)

Další podklady:

- Říční kilometráž (digitální, Povodí Labe, a.s., DIBAVOD???)
- Povodňový model Středního Labe, v úseku Opatovice nad Labem - Mělník“ (DHI Hydroinform a.s., 2005)
- Kalibrační podklady – zaměření popovodňových značek 03 2006 (Povodí Labe, s.p.)
- Kalibrační podklady – vyhodnocení průtoků v profilu Mělník a Ústí n. L. (vlastní databáze DHI, a.s.)
- Kalibrační podklady – Q-h křivky měrných profilů (Povodí Labe, s.p.)
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (DHI, a.s., 2011 a starší)
- Manipulační řady pro všechny zdymadla (Povodí Labe, s.p., 2003 - 2011)
- MVE – projektové dokumentace dvou v současnosti budovaných elektráren (Povodí Labe, s.p., FG CONSULT s.r.o., Statika Praha s.r.o., Pöyry Environment a.s., Hydropol Project & Management a.s..)
- PPO – projektové dokumentace pro lokalitu Poděbrady a Pardubice (Povodí Labe, s.p.)

3.1 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem, který je potřebný pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí nich je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

Vytvoření (aktualizace) DMT

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), podrobné body byly předány v ASCII formátu.

Dno Labe bylo zaměřeno vyměřovací lodí Střekov (Povodí Labe, s.p., 2011), zpracovateli byly předány podrobné body o sponu 1x1 m v ASCII formátu.

Svahy koryta a všechny objekty na toku (jezy, mosty) byly vyříznuty z již stávajícího DMT.

Zpracovatel studie si DMT převedl pro vlastní potřeby do softwaru DMT ATLAS.

DMT je prostorová plocha, která více nebo méně zdařile (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 závadu, 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).

Základní zobrazení (reprezentace) DMT vzniká při generaci a velmi zjednodušeně lze prohlásit, že Atlas zadané body spojuje do trojúhelníků tak, aby se tyto trojúhelníky co nejvíc blížily rovnostranným. Model uživatel upravuje vkládáním „povinných hran“.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.1.1 Mapové podklady

Pro účely studie byla využita Základní mapa České republiky 1:10 000 aktualizovaná Zeměměřickým úřadem v roce 2009. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

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 Zeměměřický úřad.

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 / Krovak 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. 2004 – 2006 aktualizované **ORTOFOTOMAPY ČR** – čtverce 2,5 x 2,0 km ve formátu tif, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 2500x2000, rozlišení 96 x 96 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

Dále byly použity mapy z Geoportálu INSPIRE – aktuální ortofotomapa CENIA (což je česká informační služba MŽP). *IN*frastructure for *S*patial *I*nfoRmation in *E*urope 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.

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

3.1.2 Geodetické podklady

Nové geodetické podklady nebyly v rámci studie MPN pořízeny.

3.2 Hydrologická data

Tabulka 4 - N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Nad ústím Labského náhonu	13.4.2012		410	589	817	1068	II
Nad ústím Loučné	13.4.2012	971,635	420	603	834	1087	II
Nad ústím Chrudimky	13.4.2012	971,467	428	612	845	1100	II
Nad ústím Bylanky	13.4.2012	967,491	488	685	930	1195	II
Pod ústím Bylanky	13.4.2012	963,745	492	690	937	1204	II
Nad ústím Doubravy	13.4.2012	931,458	508	709	956	1222	II
Nad ústím Cidlina	13.4.2012	908,069	558	794	1091	1413	II
Nad ústím Mrlina	13.4.2012	907,664	601	844	1146	1473	II
Nad ústím Výrovky	13.4.2012		612	854	1150	1470	II
Nad ústím Vlkavy	13.4.2012		632	881	1190	1520	II
Nad ústím Jizery	13.4.2012	869,195	655	9090	1220	1550	II
Pod ústím Jizery	13.4.2012	868,915	753	1040	1385	1750	II
Nad ústím Vltavy	13.4.2012	837,556	772	1064	1420	1800	II
Pod ústím Vltavy	13.4.2012		2060	2990	4150	5410	II

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400

3.3 Místní šetření

Hlavní rozsáhlá rekognoskace terénu proběhla v období květen až srpen 2004 a též v březnu a červnu 2005. Byla provedena rekognoskace břehů a říčního koryta (plavbou ve člunu) a inundačního území (pochůzkou/pojížděnou).

Cílem rekognoskace Labe bylo především přímo v terénu zvážit význam jednotlivých částí složeného průtočného profilu pro převádění proudění za povodně (včetně starých a slepých ramen) a pořídit podrobnou fotodokumentaci objektů na toku. Byl zjišťován skutečný stav oblastí, ve kterých chyběla geodetická data (zaměření koryta) a doplňovány místní podrobnosti reliéfu terénu (zaústění/přehrazení vodotečí, skutečný průběh hrází či břehových linií, průtočnost slepých ramen). Rekognoskace inundačního území byla zaměřena především na doplnění topologických dat o místní podrobnosti (liniové stavby přehrazující záplavová území; terénní deprese propojující záplavová území, dosud nepodchycené útvary v inundačním území apod.).

Rekognoskace území byla též významným zpřesňujícím a doplňujícím podkladem pro vyhodnocení hydraulické drsnosti.

Na základě pohovorů s úsekovými technikami byla pak v listopadu 2011 provedena doplňková rekognoskace zaměřená hlavně na mostní objekty.

Charakter zaplavené zástavby

Zástavba – na zájmovém úseku se nachází několik velkých měst – např. Pardubice, Kolín, Nymburk, Brandýs n.L. atd. Vzhledem k tomu, že se celý úsek vyznačuje širokými záplavovými územími, což jsou zejména na soutoku Labe s Vltavou a rovněž úsek od Nymburka po Poděbrady, byla na některých místech navržena protipovodňová opatření. A to v Pardubicích na levém i pravém břehu a podél Chrudimky a v Poděbradech (Polabec a Kostelní předměstí).

Zemědělsky využívané plochy se v zájmové oblasti vyskytují nejvíce. Především v Polabské nížině, kde jsou pro ni příznivé podmínky.

Lesní porosty tvoří převážně jehličnany cca 77% zalesněné plochy. V celé oblasti povodí Středního a Horního Labu je zalesněno pouhých 30% plochy.

Koryto vodního toku je v převážné délce na březích lemováno vzrostlými stromy, svahy jsou místy porostlé křovisky a hustými travinami, vyjma intravilánu, kde se jedná o udržovaný travní porost.

Inundační území je v intravilánu měst tvořeno budovami a objekty občanského, zemědělského a průmyslového charakteru, travními a ostatními volnými plochami (hřiště, parkoviště, parky). V blízkosti měst, obcí a vesnic se při březích nacházejí zahrádkářské kolonie a chatové osady. V extravilánu se střídají po celém úseku rovinaté plochy s uzavřeným územím. K největším rozlivům dochází v oblasti soutoku Vltavy a Labu (Mělnická kotlina) a rovněž v úseku od Nymburka do Poděbrad.

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

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

PPO v Pardubicích a v **Poděbradech** byly předány zadavatelem a dále samotnými zpracovateli projektové dokumentace ve formě digitální podoby technických zpráv, koordinačních situací, podélných a příčných řezů.

Bylo také čerpáno z předchozí studie „Studie odtokových poměrů Labu v úseku Opatovice nad Labem - Mělník“ (DHI Hydroinform a.s., 2005).

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 nedostatečné lze považovat nepřesnost DMR5G několika lokalit s nepřehledným terénem porostlým hustými křovisky a travinami, kde bylo zjištěno převýšení nad skutečným terénem (zaměřeným geodeticky v příčném profilu) o 2 – 3 m, většinou se však jednalo o lokální území, které netvořilo souvislou linii, a tudíž zde nemohlo v DMT dojít k umělému zvyšování souvislých břehových hran (to by pak mohlo negativně zkreslit stanovení rozsahu ZÚ).

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, meandrující koryto Labe o šíři 50 m – 100 m. V dolní části v rozlehlém a rovinatém záplavovém území Polabské nížiny a v úseku od Nymburka po Poděbrady se nachází rozsáhlé nížiny, kde dochází k větším rozlivům a i v důsledku morfologické činnosti koryta se v záplavovém území nacházejí stará a slepá ramena, vedoucí rovnoběžně či příčně k hlavnímu toku.

Z výše uvedených skutečností vyplynula nutnost zajistit výběrem vhodného matematického modelu takové hydrodynamické výpočty, které umožní stanovit rozdílnou úroveň hladin v příčném profilu a detailně zobrazí směry a rychlosti proudění v ZÚ.

4.1 Schematizace řešeného problému

MIKE 21C

Pro takto charakterizované záplavové území Labe byl vybrán dvourozměrný matematický model, který popisuje reliéf toku ve správné topologii a v celé ploše (půdorysné) – zájmová oblast je pokryta sítí výpočetních bodů. Tato dvourozměrná horizontální schematizace předpokládá zjednodušení ve vertikálním směru – uvažuje rozdělení rychlosti po svislici jako konstantní a zanedbává vertikální složky rychlostí. Na druhou stranu 2D model dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém zájmovém území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) a umožňuje získat velmi detailní popis sledovaných hydraulických charakteristik (např. hloubek či směru i velikostí rychlostí) včetně jejich plošného rozdělení.

Matematický model **MIKE 21C** je vlastní software vyvíjený společností DHI (DHI Water & Environment & Health, Hørsholm, Dánsko).

Dvourozměrný matematický model neustáleného proudění MIKE 21C je založen na řešení **Saint-Venantových diferenciálních rovnic (rovnice kontinuity a rovnice zachování hybnosti)** metodou konečných diferencí v jednotlivých bodech půdorysné výpočetní sítě. Řídící rovnice modelu MIKE 21C:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q - f V V_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0$$

Model MIKE 21C pracuje v **neekvidistantní křivočaré síti**; tzn. že jeho výpočetní síť lze, na rozdíl od pravouhlých (obdélníkových) sítí, přizpůsobit tvaru území a tak omezit počet bodů a tím i velikost výpočetní matice. Neekvidistantní síť dále umožňuje zahuštění výpočetních bodů (tj. zmenšení velikosti výpočetních „buněk“) v oblastech, kde je třeba podrobněji modelovat reliéf terénu (např. objekty na toku), resp. v oblastech, kde požadujeme velmi detailní znalost výsledků.

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 objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Horní okrajová podmínka modelu SL_A – ustálený průtok – byl zadáván dle tab. 4 na vstupu do výpočetní sítě, tj. v ř. km 932,700. Pravostranný přítok Vlkava byl do modelu zadáván jako bodový zdroj (hodnoty průtoků dle tab. 4). Levostranné přítoky Doubrava, Výrovka a Vltava a pravostranné přítoky Cidlina, Mrlina a Jizera byly zadávány jako boční okrajové podmínky na kraji výpočetní sítě hodnotami průtoků dle tab. 4.

Dolní okrajová podmínka modelu SL_A – hladina – byla zadána do profilu v ř. km 838,000 a byla převzata z předchozí studie [1]. Hladina byla odečtena z Q-H křivky v profilu limnigrafické stanice Mělník, ke které dle výsledků ze studie [1] byla připočtena hodnota 0,4m.

Horní okrajová podmínka modelu SL_B – ustálený průtok – byl zadáván dle tab. 4 na vstupu do výpočetní sítě, tj. v ř. km 990,1. Levostranný přítok Bylanka byl do modelu zadáván jako bodový zdroj (hodnoty průtoků dle tab. 4). Levostranné přítoky Loučná a Chrudimka byly zadávány jako boční okrajové podmínky na kraji výpočetní sítě hodnotami průtoků dle tab. 4.

Dolní okrajová podmínka modelu SL_B – hladina – byla zadána do profilu v Týnec n.L. v ř. km 932,700, kde je proudění i při velkých povodních víceméně soustředěno do říčního koryta a zároveň směr proudění je v zásadě kolmý k profilu a rozdělení rychlostí po profilu nevykazuje žádné anomálie. Hodnota byla převzata z modelu SL_A.

Horní okrajová podmínka modelu SOUTOK – ustálený průtok – byl zadáván dle tab. 4 na vstupu do výpočetní sítě, tj. v ř. km 878,071 v profilu jezu Lysá nad Labem.

Dolní okrajová podmínka modelu SOUTOK – hladina – byla zadána do profilu v ř. km 859,53, hladiny byly vypočteny modelem SL_A.

Počáteční podmínky – kóty hladiny ve všech bodech výpočetní sítě – byly stanoveny na základě zaměřených hladin po povodni 04 2006 a dále odvozeny z vypočtených hladin Povodňového modelu Labe.

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 21C, rel 2011, sp 7.

Výstupem modelu MIKE 21C 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 zájmovém území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) i o rozdělení rychlostí v celé oblasti.

Charakteristiky proudění ovlivňují především reliéf terénu (tvar koryta, inundačního území, sklonové poměry) a odpory proudění (drsnot 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.

Podrobná specifikace modelu, detailní popis všech jeho vstupních souborů a jeho použití lze najít v manuálech programu - *M21C_User_Guide.pdf*, *M21C_GridGenerator.pdf*, *MIKE21C_Scientific_documentation.pdf*.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Z dostupných podkladů (viz kap. 3.1 Topologické podklady) byl nejprve sestaven digitální model terénu v modelu ATLAS DMT. Vzhledem k velkému rozsahu zájmového území byla pro tvorbu 2D matematického modelu celá oblast rozdělena do 2 hlavních výpočetních úseků a jednoho submodelu na soutoku:

Tabulka 5 – Velikosti výpočetních sítí - po úsecích

	výpočetní síť [bodů]	batymetrický model [bodů]
Mělník – Týnec nad Labem	8653 x 396	8652 x 395
Týnec nad Labem - Opatovice	6663 x 396	6662 x 395
SOUTOK	1848 x 396	1847 x 395

Při přípravě modelu v daném úseku byla vytvořena křivočará (vnitřně ortogonální) síť, která vymezuje oblast modelu. Z dostupných podkladů (viz kap. 3.1 Topologická data) byl sestaven digitální model terénu zájmové oblasti v modelu Atlas DMT. Promítnutím této sítě na DMT byl získán geometrický (batymetrický) model terénu ve **výpočetní síti modelu MIKE 21C**. Hustota sítě (vzdálenost mezi výpočetními body) je proměnlivá - v rozsahu cca 3-20 m v podélném směru (směru rovnoběžném s osou toku) a cca 2-10 m v příčném směru. Ve městech a v úsecích, kde se nacházejí objekty na toku (mosty, plavební stupně) je výpočetní síť hustší, ve volných říčních tratiích a 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. Pilíře mostů a rovněž jezové pilíře a přelivné hrany jezů jsou v geometrickém modelu reprezentovány zvýšeným terénem v místě jejich polohy. Domy a bloky domů byly modelovány pomocí podstatně vyvýšeného terénu (nepřelitelné překážky); ploty a jiné překážky podobného charakteru byly simulovány pruhy zvýšené drsnosti.

Linie a stavby PPO byly do batymetrie zadány s kótami horních úrovní PPO konstrukcí (zemní valy, zdi a mobilní hrazení s osazujícími prvky) dle projektové dokumentace.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již podrobně popsán v kap. 3.3 Místní šetření. Popis objektů na toku, je uváděn proti směru proudu, staničení dle říční kilometráže zavedené Povodí Labe s.p. V úseku SL_A je 15 pohyblivých jezů z toho 7 při Q_5 hradí – jsou to Týnec n.L., Veletov, Klavary Nymburk, Kostomlátky, Lysá n.L. a Kostelec n.L. Při Q_{20} hradí už pouze jez Kostomlátky. Při Q_{100} a Q_{500} jsou již všechny jezy vyhrazeny. Všechny MVE byly zavřeny při všech simulovaných průtocích.

Tabulka 6 – Objekty na úseku Mělník - Opatovice

Název objektu	ADM ř. km
jez Obříství	843,504
sil. most - Obříství	845,296
pásový dopravník - Neratovice	848,472
dopravníky, potrubí - Neratovice	848,586
žel. most - Neratovice	849,827
jez Lobkovice	850,306
sil. most - Kostelec nad Labem	856,919
jez Kostelec nad Labem	857,430
sil. most - Brandýs nad Labem	865,026
jez Brandýs nad Labem	865,205
dálniční most - Brandýs nad Labem	867,113
lávka - Lázně Toušeň	869,663
jez Čelákovice	872,327
žel. most - Čelákovice	873,628
plynovod - Přerov nad Labem	877,364
jez Lysá nad Labem	878,071
sil. most - Lysá nad Labem	880,352
jez Hradištko	887,570
jez Kostomlátky	891,440
žel. most - Nymburk	895,385
lávka - Nymburk	895,902
sil. most - Nymburk	895,982
jez Nymburk	896,493
sil. most - Chvalovice	900,547
plynovod - Velké zboží	901,989
sil. most - Poděbrady	904,108
jez Poděbrady	904,573

Název objektu	ADM ř. km
lávka - Poděbrady	905,791
dálniční most - Poděbrady	908,453
jez Velký Osek	911,772
jez Klavary	916,539
lávka Kolín - Zálábí	919,954
jez Kolín	920,567
sil. most - Kolín	920,570
sil. most - Kolín	920,836
žel. most - Kolín	921,098
parovod - Kolín	923,338
jez Veletov	929,159
jez Týnec nad Labem	932,714
sil. most - Týnec na Labem	933,369
lávka - Chvaletice	938,548
sil. most - Řečany	943,184
lávka - Přelouč	950,015
jez Přelouč	951,177
sil. most - Valy	954,644
jez Srnojedy	960,796
sil. most - Rosice	963,669
žel. most - Pardubice-Rosice	965,019
sil. most - Pardubice-Rosice	965,061
sil. most- Pardubice	965,696
sil. most -Pardubice	966,823
jez Pardubice	967,423
sil. most - Kunětice	973,395
sil. most - Němčice	978,773
sil. most - Hrobice	982,021
sil. most - Opatovice	987,615
jez Opatovice	987,863

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost a místní zvýšené odpory proudění jsou pro model MIKE 21C zadávány pro každý bod výpočetní sítě. Základní „mapa drsností“ byla vytvořena zpracováním podrobných ortofotomap a informací ZABAGED® (každý bod získal drsnost „propíchnutím“ výpočetní sítě s databází klasifikující území) v modelové oblasti. Hodnoty součinitelů drsnosti byly dále doplňovány a zpřesňovány na základě výsledků kalibračních výpočtů matematického modelu. Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“ ukazuje tab 7.

Tabulka 7 – Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“

popis povrchu	n
říční koryto, plavební dráha	0,024 ÷ 0,04
hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030
nízká, sekaná tráva	0,035 ÷ 0,040
vyšší, nesezaná tráva, pole	0,040
řídý lesní porost	0,052
hustý lesní porost	0,087
keře	0,095
technické stavby	0,070 ÷ 0,100
ploty	0,090 ÷ 0,200

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Okrajové podmínky modelu (horní a boční průtokové okrajové podmínky) vycházejí ze zadání návrhových průtoků viz. tab. 4. Dolní okrajová podmínka (hladina) modelu SL_A je odvozena z konzumní křivky v Mělnice, ke které byla připočtena hodnota 0.4 m. Tato přičtená hodnota byla zjištěna z předchozích studií „Studie odtokových poměrů Labe v úseku Opatovice nad Labem - Mělník“ (DHI Hydroinform a.s., 2005) a „Povodňový model Labe, úsek Mělník – Hřensko“ (DHI Hydroinform a.s., 2002).

Dolní okrajová podmínka modelu SL_B je předávací podmínka mezi jednotlivými úseky modelu a bude se předávat hladina z modelu SL_A.

Dolní okrajová podmínka pro model SOUTOK je převzata z modelu SL_A

Tabulka 8 A - N-leté povodňové průtoky pro model SL_A uvažované při hydraulickém řešení

Úsek název vodního toku / N-leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Týnec nad Labem – ústí Doubravy	932,700 – 931,336	492	690	937	1204	HOP
Doubrava	931,336	66	104	154	209	BOP
Ústí Doubravy – ústí Cidlina	931,336-907,900	558	794	1091	1413	
Cidlina	907,900	43	50	55	60	BOP
Ústí Cidlina – ústí Mrlina	907,900 – 896,400	601	844	1146	1473	
Mrlina	896,400	11	10	4	0	BOP
Ústí Mrlina – ústí Výrovky	896,400 – 891,233	612	854	1150	1473	
Výrovka	891,233	20	27	40	47	BOP
Ústí Výrovky – ústí Vlkavy	891,233 – 886,748	632	881	1190	1520	
Vlkava	886,748	23	28	30	30	zdroj
Ústí Vlkavy – ústí Jizery	886,748 – 869,100	655	909	1220	1550	
Jizera	869,100	98	131	165	200	BOP
Ústí Jizery – ústí Vltavy	869,100 – 837,300	753	1040	1385	1750	
Vltava	837,300	1307	1950	2765	3660	BOP
Profil DOP	837,300	2060	2990	4150	5410	DOP
<i>Hladina v profilu DOP</i>	<i>837,300</i>	<i>159,68</i>	<i>160,87</i>	<i>162,30</i>	<i>163,70</i>	<i>DOP</i>

Tabulka 8 B - N-leté povodňové průtoky pro model DL_B uvažované při hydraulickém řešení

Úsek / název vodního toku / průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Opatovice(Březhrad) – ústí Labského náhonu	990,100 – 989,500	410	589	817	1068	
Labský náhon	989,500	10	14	17	19	zdroj
Ústí Labského náhonu – ústí Loučná	989,500 – 971,586	420	603	834	1087	
Loučná	971,586	8	9	11	13	BOP
Ústí Loučné – ústí Chrudimky	971,586 – 967,576	428	612	845	1100	
Chrudimka	967,576	59	72	84	94	BOP
Ústí Chrudimky – ústí Bylanky	967,576 – 963,811	487	684	929	1194	
Bylanka	963,811	5	6	8	10	zdroj
Ústí Bylanky - Týnec nad Labem	963,811 – 932,700	492	690	937	1204	DOP

Tabulka 8 SOUTOK - N-leté povodňové průtoky pro submodel SOUTOK uvažované při hydraulickém řešení

Úsek / název vodního toku / průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Profil jezu Lysá nad Labem – ústí Jizery	878,071 – 869,100	655	909	1220	1550	HOP
Jizera	869,100	98	131	165	200	BOP
Ústí Jizery - Záryby	869,100 – 859,530	753	1040	1385	1750	DOP
Hladina v profilu Záryby	859,530	166,18	166,85	167,30	167,98	DOP

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Počáteční podmínky – kóty hladin ve všech bodech výpočetní sítě – byly odvozovány z výsledků dříve provedených výpočtů 2D modelem a z povodňových značek zaměřených podél toku.

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 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. Výsledek kalibračních výpočtů je uveden na následujících grafech a tabulkách

Pro kalibraci zájmové oblasti Středního Labe byla použita povodňová epizoda z března/dubna 2006, protože zasáhla celý zájmový úsek, nashromážděná data jsou ucelená a relevantní; povodňová epizoda v kulminacním průtoku odpovídá cca Q_5 až Q_{20} (pod soutokem s Jizerou až Q_{50}), tedy průtokům, jejichž simulace je požadována pro potřeby studie. Kalibrace byla počítána metodou ustáleného proudění. Povodeň z března/dubna 2006 byla využita jak ke kalibraci koryta Labe, tak inundačních území. Hodnoty součinitelů drsností koryta Labe i inundačního území byly v prvním kroku kalibrace modelu převzaty z předešlé studie [1].

Hodnoty součinitelů drsností pro nejvyšší povodně (Q_{100} a Q_{500}) byly stanoveny s využitím poznatků z kalibrace modelu Dolního Labe – tento úsek kalibrován mj. na povodeň ze srpna 2002 (více než Q_{100}). Hodnoty součinitelů drsností pro Q_{100} byly proto zvýšeny o 2 % až 5 % oproti zkalibrovaným na povodeň 2006 a pro Q_{500} zvýšeny o 3 % až 8 % oproti zkalibrovaným na povodeň 2006.

Tabulka 9 - Kalibrace modelu SL_A - jezy

Ř. km	Lokalizace kalibračního bodu	Výška srovnávací hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
932,910	jez Týnec n.L. - nad	201,19	201,29	0,10
932,510	jez Týnec n,L. - pod	201,19	201,14	-0,05
929,360	jez Veletov - nad	199,2	199,19	-0,01
928,960	jez Veletov - pod	198,49	198,42	-0,07
920,770	jez Kolín - nad	196,19	196,10	-0,09
920,370	jez Kolín - pod	194,39	194,49	0,10
916,740	jez Klavary - nad	192,76	192,82	0,06
916,240	jez Klavary - pod	191,42	191,59	0,17
911,970	jez Velký Osek - nad	190,39	190,30	-0,09
911,570	jez Velký Osek - pod	190,09	190,09	0,00
904,770	jez Poděbrady - nad	188,08	188,09	0,01
904,370	jez Poděbrady - pod	187,6	187,62	0,02
896,690	jez Nymburk - nad	184,44	184,54	0,10
896,290	jez Nymburk - pod	183,94	184,07	0,13
891,640	jez Kostomlátky - nad	181,15	181,18	0,03
891,240	jez Kostomlátky - pod	180,07	180,06	-0,01
887,770	jez Hradištko - nad	178,81	178,81	0,00
887,370	jez Hradištko - pod	178,56	178,58	0,01
878,270	jez Lysá n,L. - nad	174,69	174,65	-0,04
877,870	jez Lysá n,L. - pod	174,29	174,57	0,28
872,530	jez Čelákovice - nad	172,81	172,79	-0,02
872,130	jez Čelákovice - pod	172,47	172,45	-0,02
865,400	jez Brandýs n,L. - nad		169,45	
865,000	jez Brandýs n,L. - pod	169,21	169,28	0,07
857,630	jez Kostelec n,L. - nad	165,84	165,84	0,00
857,230	jez Kostelec n,L. - pod	165,62	165,56	-0,06
850,500	jez Lobkovice - nad	162,77	162,76	-0,02
850,100	jez Lobkovice - pod	162,66	162,69	0,03
843,700	jez Obříství - nad	161,08	161,20	0,12
843,300	jez Obříství - pod		161,19	

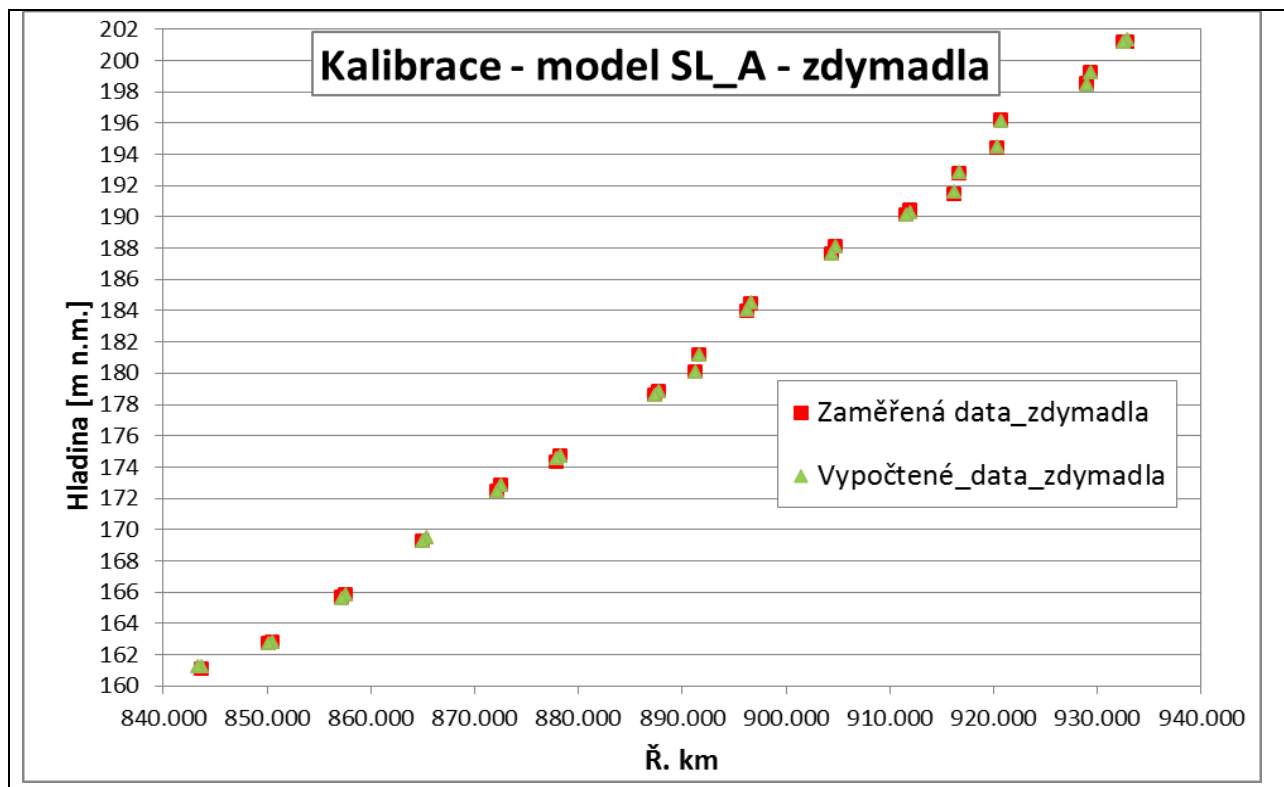
Tabulka 10 - Kalibrace modelu SL_A – povodňové značky

Ř, km	Lokalizace kalibračního bodu	Výška srovnávací hladiny (m n, m.)	Výška vypočítané hladiny (m n, m.)	Rozdíl (m)
933,400	návodní strana - zídka u výusti cca 10 m před mostem	202,98	201,74	-1,24
904,200	pravá strana silnice ve směru na Prahu, pravá opěra krajního oblouku na povodní straně inundačního mostu	187,47	187,47	0,00
904,100	povodní strana, zídka u schodů směrem k řece pod rest, Bílá Ruže cca 15 m od mostu	187,47	187,42	-0,05
902,000	2. patka opěry produktovodu ve směru po toku	186,85	186,80	-0,05
900,400	silniční most přes silnici Poděbrady - Nymburk, obrubník v tunelu u 10, opěry svodidel od kraje tunelu ve směru od Nymburka, poblíž areál Poděbradka	186,45	186,29	-0,16
896,000	povodní strana - krajní opěra mostu, poblíž parkoviště	183,89	183,92	0,04
895,300	obruba stezky pro cyklisty podél toku, cca 40 - 50 m od železniční tratě směrem po toku	183,41	183,52	0,11
893,700	opevnění výustě u areálu Goedhart Bohemia	182,67	182,70	0,03
880,400	mezník "43" na břehové hrany, cca 50 m od silničního mostu směrem proti toku	175,99	176,02	0,02
878,000	návodní strana - opevnění železničního mostu	173,17	173,17	0,00
871,800	zídka přístřešku popelnic u vchodu do tenisového areálu cca 20 m od břehu, poblíž fotbalový stadion	172,35	172,38	0,03
871,100	plot areálu ČOV, 7, kůl plotu směrem od závozy	172,16	172,21	0,05
869,300	hrana budníku u branky plotu RD, cca 25 m od břehu, poblíž fotbalového hřiště	171,77	171,71	-0,06
867,100	opevnění mezi břehem a zpevněnou cestou pod dálničním mostem Praha - Mladá Boleslav	170,08	170,19	0,11
859,900	sloup el, vedení u rodinného domku čp, 11, cca 50 m od břehu Labe	167,23	167,27	0,04
856,950	návodní strana - kamenná zídka před mostem, cca 5 m od břehu	165,11	165,43	0,32
851,300	branka plotu u RD čp, 39/35 cca 10 m od břehu	163,63	163,54	-0,09
845,900	zídka přístřešku u rodinného domku čp, 637	161,33	161,45	0,12
845,250	zídka přístřešku u schodů za restaurací "Na Štěpáně"	161,16	161,32	0,16
844,000	cihlová zeď plotu cca 25 m od Obecního úřadu	161,01	161,22	0,21

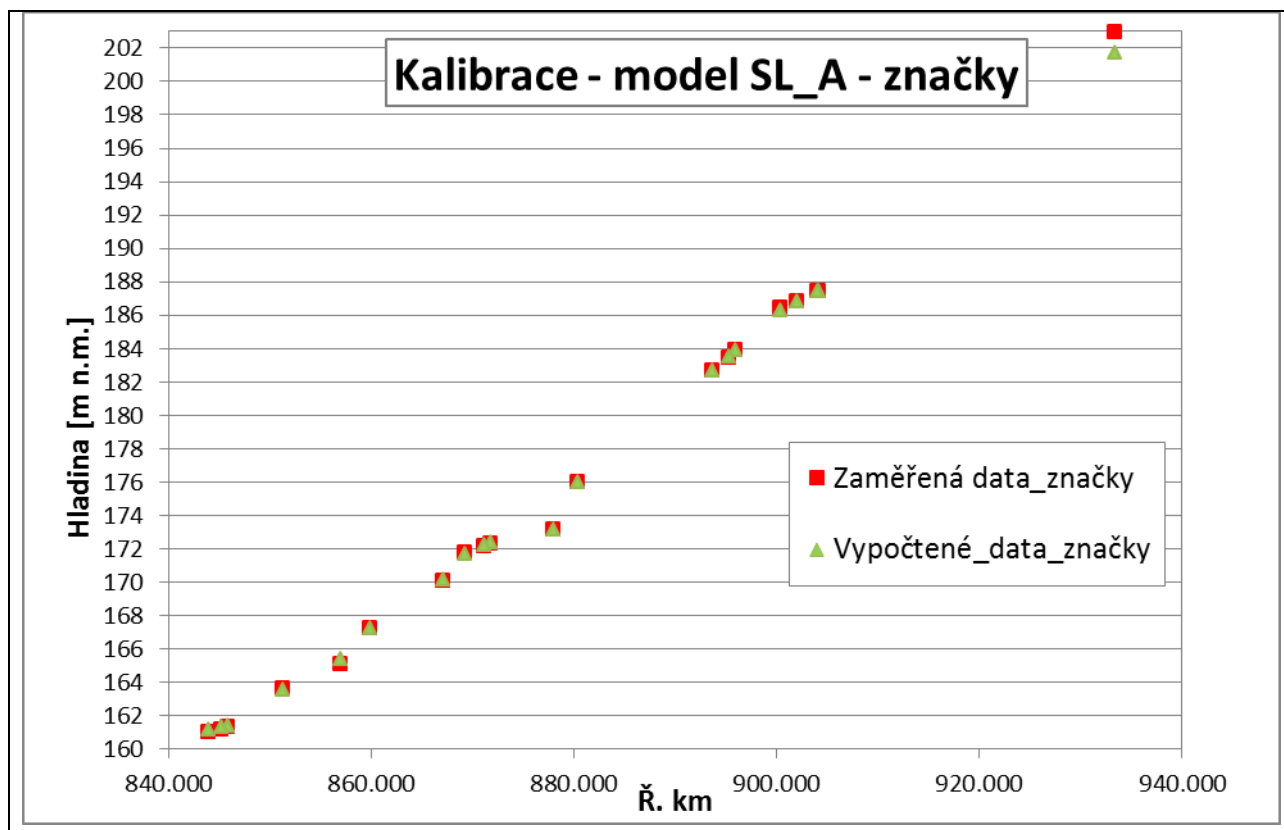
Tabulka 11 - Kalibrace modelu SL_B

Ř, km	Lokalizace kalibračního bodu	Výška srovnávací hladiny (m n, m,)	Výška vypočítané hladiny (m n, m,)	Rozdíl (m)
978,75	stanice ČHMÚ Němčice	222,61	222,527	-0,08
973,40	Kunětice – most, návodní strana opěry mostu	220,76	220,07	-0,69
967,54	zďymadlo Pardubice - horní voda	217,09	217,165	0,07
967,43	zďymadlo Pardubice - dolní voda	216,51	216,515	0,00
966,86	povodní strana - opěra mostu u zimního stadionu	216,23	216,397	0,17
965,72	návodní strana - opěra mostu Polabiny	215,95	216,06	0,11
965,07	návodní strana - opěra mostu cca 30 m od koryta toku	215,89	215,867	-0,02
963,48	nátokový objekt cca 450 m od mostu po směru toku	215,09	215,072	-0,02
960,80	zďymadlo Srnojedy - horní voda, 2, pilíř od levého břehu	213,93	213,74	-0,19
960,80	zďymadlo Srnojedy - dolní voda	213,57	213,478	-0,09
954,65	mezi žel, tratí a sil, mostem, rohový kůl oplocení cca 45 m od mostu	211,18	211,165	-0,02
951,18	zďymadlo Přelouč - horní voda	209,76	209,658	-0,10
950,95	zďymadlo Přelouč - dolní voda, cca 150 m za mostem ve směru toku	209,09	209,018	-0,07
950,01	povodní strana - kolík u opěry lávky, 2,4 m od lávky	209,15	207,841	-1,31
943,19	návodní strana - opěra mostu	205,66	205,649	-0,01

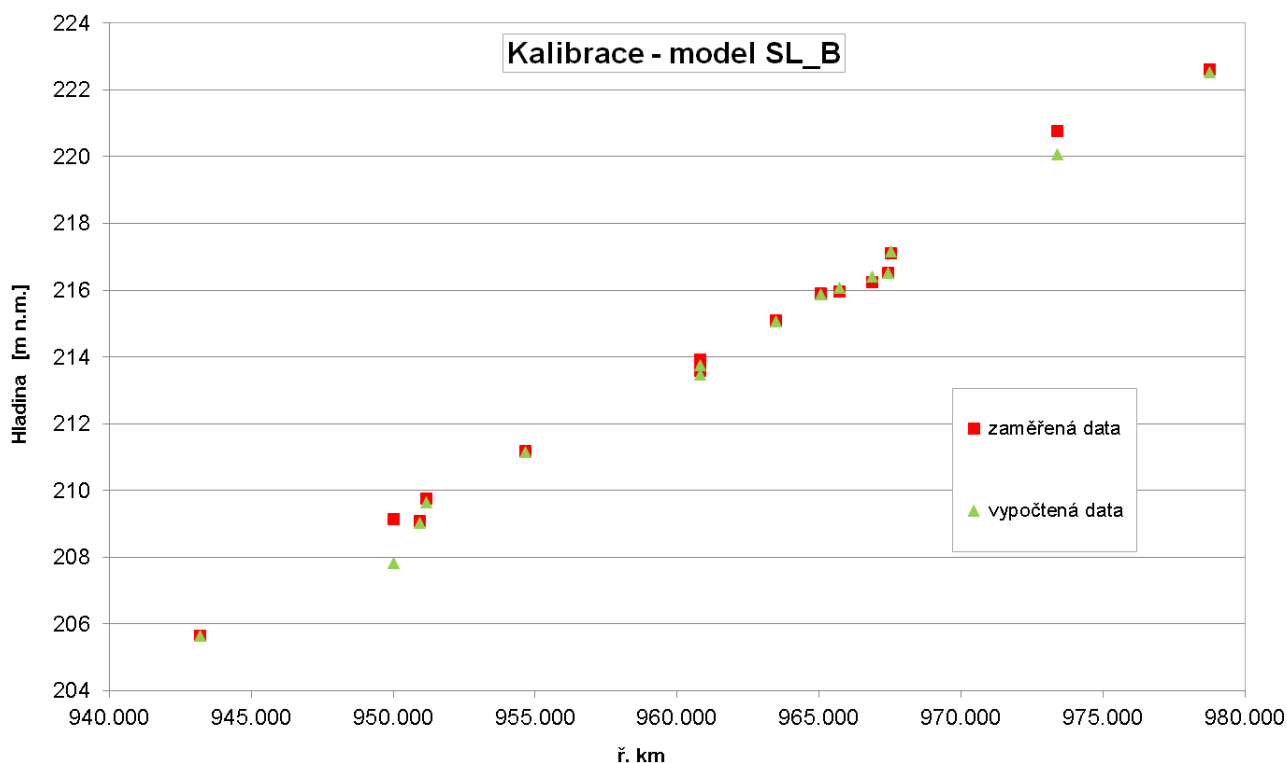
Graf 1 – Kalibrace modelu – úsek Mělník – Týnec - jezy



Graf 2 – Kalibrace modelu – úsek Mělník – Týnec - značky



Graf 3 – Kalibrace modelu – úsek Týnec - Hradec

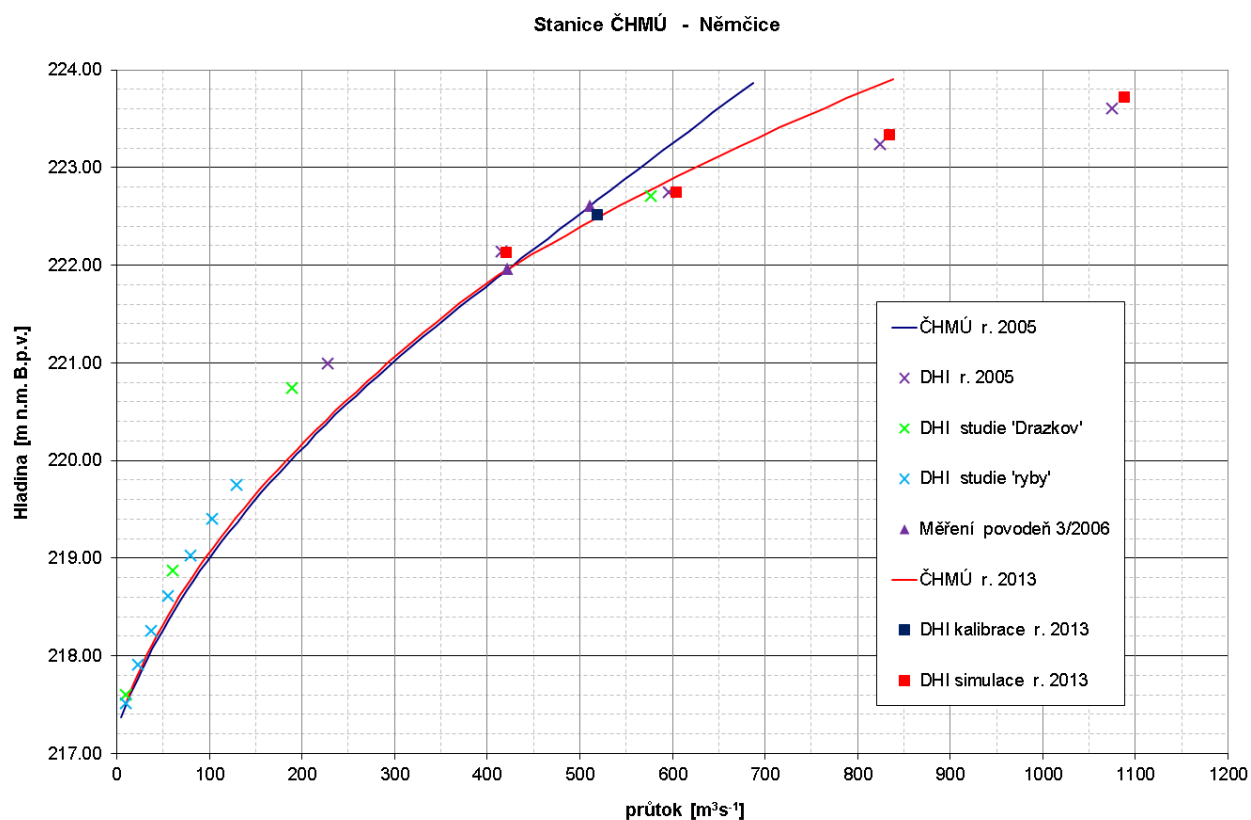


U výsledků kalibrace na povodeň z března/dubna 2006 je patrná dobrá shoda mezi zaměřenými a vypočtenými hladinami, Odchylna se většinou pohybuje v rozmezí $\pm 0,1$ m, Maximálně do $\pm 0,2$ m, Příčinou větších odchylek (značka pod zdymadlem Přelouč v ř.km 950,01 nebo značka na mostu v Kuněticích) může být jak vývoj rozsáhlého záplavového území a dna koryta Labe od roku 2006, tak i nepřesnosti ve vyhodnocení povodňových průtoků či chyba při zpracování značek kulminačních hladin.

Za zvláštní pozornost stojí vyhodnocení vypočtených hladin v profilu stanice ČHMÚ v Němčicích a jejich porovnání s konzumními křivkami. Nepřesnost této křivky pro střední a vysoké povodňové průtoky (cca pro $Q > 500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) byla diskutována již v závěrečné zprávě studie [1]. ČHMÚ od té doby (od r. 2005) průběh konzumní křivky (zejména pro $Q > 400 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) upravil – snížil úroveň hladin pro odpovídající průtoky – viz křivky „ČHMÚ r. 2005“ a „ČHMÚ r. 2013“ na grafu 4. Přesto se úroveň hladin, vycházející ze současně platné konzumní křivky ČHMÚ, pro průtoky $> 600 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ zdají být nereálně vysoké.

Souhrn všech hodnot, využitých k analýze, je zřejmý z grafu 4. Jsou zde uvedeny dvě konzumní křivky ČHMÚ (cca z let 2005 a 2013 – v těchto letech byly jako aktuální používány), dále pak vypočtené hladiny modelem MIKE 21C v předchozích studiích (jako symbol použity „x“) a výsledky získané v rámci současné studie (jako symbol použity „■“). Přestože v předchozích studiích byl používán model sestavený z DMT Geodisu (2003) a zaměření dna Labe Valentynou (2004) a zkalibrovaný na povodně z let 1997 a 2000 a v současné studii je model sestaven z DMR 5G (2011), říční dno zaměřeno lodí Střekov (2011) a pro kalibraci byla využita povodeň z roku 2006, výsledky obou modelů v softwaru MIKE 21C si vzájemně velmi dobře odpovídají. Porovnáme-li však výsledky simulací s průběhem aktuální konzumní křivky, zjišťujeme, že v rozsahu nižších povodňových průtoků ($Q = 150$ až $400 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) jsou vypočtené hladiny výše než hladiny vycházející z konzumní křivky; naopak pro vysoké povodňové průtoky ($Q > 700 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) jsou vypočtené hladiny nižší (až výrazně nižší) a hladin, vycházejících z aktuální konzumní křivky, nelze dosáhnout ani nereálně vysokými drsnostmi koryta Labe a inundačního území zároveň. To indikuje možnou nepřesnost konzumní křivky v určitém rozsahu průtoků, popř. i její ovlivnění manipulacemi na jezu v Pardubicích.

Graf 4 – Porovnání výsledků ve stanici ČHMÚ Němčice



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),

Z průběhu hladin byl sestaven psaný podélný profil, který obsahuje niveletu dna a úrovně hladin pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} a Q_{500} nad osou koryta,

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 obcí uvedené v následující tabulce,

Tabulka 16 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	505781	Zápy
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	534684	Borek
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	534960	Křenek
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	534986	Lhota
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	535362	Záryby
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	538094	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	538132	Čelákovice
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	538566	Nový Vestec
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	538914	Lázně Toušeň
3209	Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	564974	Káraný
3602	Hradec Králové	569810	Hradec Králové
3602	Hradec Králové	571113	Vysoká nad Labem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
3204	Kolín	533165	Kolín
3204	Kolín	533394	Konárovice
3204	Kolín	533530	Nová Ves I
3204	Kolín	533700	Starý Kolín
3204	Kolín	533769	Tři Dvory
3204	Kolín	533807	Týnec nad Labem
3204	Kolín	533823	Veletov
3204	Kolín	533840	Velký Osek
3204	Kolín	533858	Veltruby
3204	Kolín	537675	Pňov-Předhradí
3205	Kutná Hora	534196	Svatý Mikuláš
3205	Kutná Hora	534595	Záboří nad Labem
3208	Lysá nad Labem	537454	Lysá nad Labem
3208	Lysá nad Labem	537624	Ostrá
3208	Lysá nad Labem	537721	Přerov nad Labem
3208	Lysá nad Labem	537781	Semice
3207	Mladá Boleslav	557030	Skorkov
3206	Neratovice	534935	Kostelec nad Labem
3206	Neratovice	535087	Neratovice
3206	Neratovice	535141	Ovčáry
3206	Neratovice	535222	Tišice
3208	Nymburk	529630	Kostomlátky
3208	Nymburk	537004	Nymburk
3208	Nymburk	537055	Budiměřice
3208	Nymburk	537152	Hořátev
3208	Nymburk	537179	Hradištko
3208	Nymburk	537331	Kostomlaty nad Labem
3208	Nymburk	537373	Kovanice
3208	Nymburk	537667	Písty
3208	Nymburk	537764	Sadská
3606	Pardubice	553719	Srnojedy
3606	Pardubice	555134	Pardubice
3606	Pardubice	572870	Němčice
3606	Pardubice	572896	Černá u Bohdanče
3606	Pardubice	573515	Kunětice
3606	Pardubice	574813	Bukovina nad Labem
3606	Pardubice	574856	Čeperka
3606	Pardubice	574953	Dřítěč

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
3606	Pardubice	575046	Hrobice
3606	Pardubice	575429	Opatovice nad Labem
3606	Pardubice	575534	Ráby
3606	Pardubice	575577	Rokytno
3606	Pardubice	575593	Rybitví
3606	Pardubice	575640	Sezemice
3606	Pardubice	575704	Staré Hradiště
3606	Pardubice	576051	Živanice
3208	Poděbrady	537217	Choťanky
3208	Poděbrady	537403	Křečkov
3208	Poděbrady	537438	Libice nad Cidlinou
3208	Poděbrady	537586	Opolany
3208	Poděbrady	537659	Písková Lhota
3208	Poděbrady	537683	Poděbrady
3208	Poděbrady	599662	Oseček
3606	Přelouč	530794	Trnávka
3606	Přelouč	574805	Břehy
3606	Přelouč	574961	Hlavečnick
3606	Přelouč	575071	Chvaletice
3606	Přelouč	575178	Kladruby nad Labem
3606	Přelouč	575194	Kojice
3606	Přelouč	575259	Labské Chrčice
3606	Přelouč	575500	Přelouč
3606	Přelouč	575607	Čerčany nad Labem
3606	Přelouč	575615	Selmice
3606	Přelouč	575623	Semín
3606	Přelouč	575925	Valy

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,

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a DHI Flood Tool Box byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} 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, drsnosti povrchů, 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,