

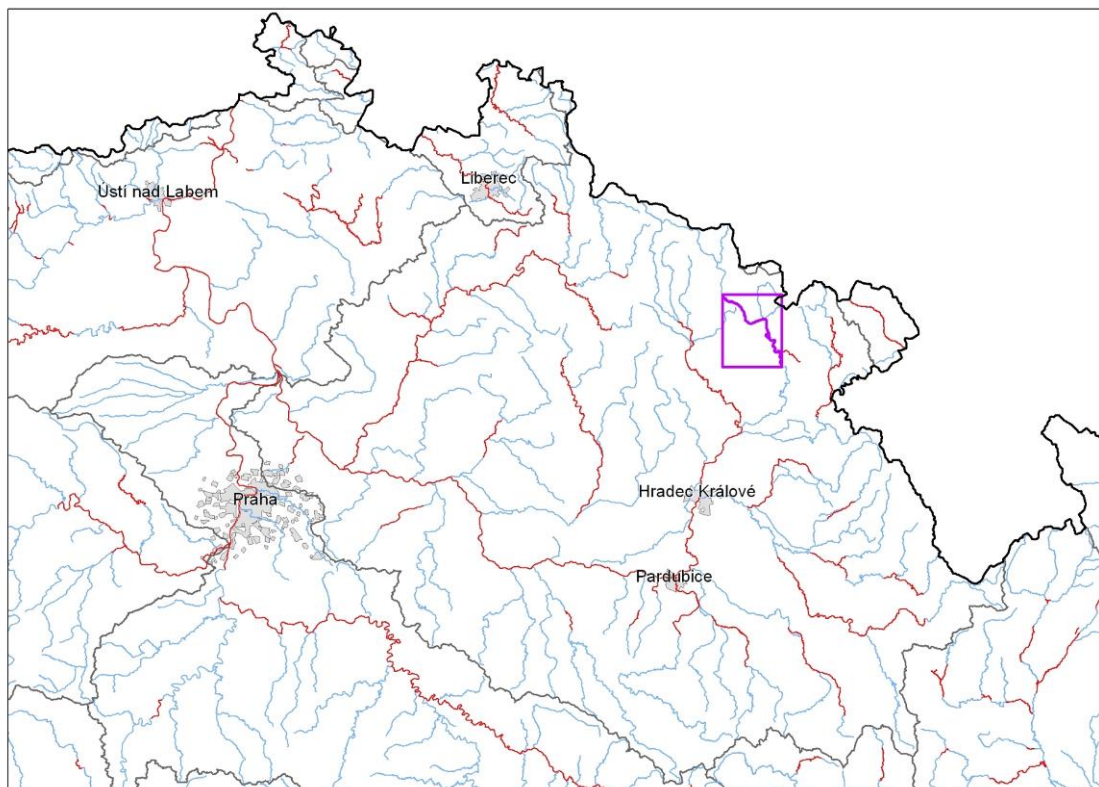


# TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

## DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ A STŘEDNÍ LABE

### B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ÚPA - 10100036\_1 - Ř. KM 28,898 - 58,024



PROSINEC 2012

## Obsah:

<b>1</b>	<b>Základní údaje</b>	<b>4</b>
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
<b>2</b>	<b>Popis zájmového území</b>	<b>5</b>
2.1	Všeobecné údaje	6
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	6
<b>3</b>	<b>Přehled podkladů</b>	<b>7</b>
3.1	Topologická data	7
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	7
3.1.2	Mapové podklady	7
3.1.3	Geodetické podklady	7
3.2	Hydrologická data	8
3.3	Místní šetření	8
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	9
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	9
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	10
<b>4</b>	<b>Popis koncepčního modelu</b>	<b>11</b>
4.1	Schematizace řešeného problému	11
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	12
4.3	Způsob zadávání OP a PP	12
<b>5</b>	<b>Popis numerického modelu</b>	<b>13</b>
5.1	Použité programové vybavení	13
5.2	Vstupní data numerického modelu	20
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	20
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	24
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	24
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	25
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	25
5.3	Popis kalibrace modelu	26
<b>6</b>	<b>Výstupy z modelu</b>	<b>28</b>
6.1	Podélné profily, příčné řezy	28
6.2	Záplavové čáry pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$	31
6.3	Hloubky pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$	32
6.4	Rychlosti pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$	32
6.5	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	32

<b>7</b>	<b>Aktivní zóna záplavového území .....</b>	<b>33</b>
7.1	Primární AZZU .....	33
7.2	Rozšíření AZZU .....	33
7.3	Stanovení aktivní zóny .....	33

## 1 Základní údaje

### 1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tabulka – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
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
RD	Realizační dokumentace (stavby)
MŘ	Manipulační řád
MVE	Malá vodní elektrárna
OP, PP	Okrajová podmínka, počáteční podmínka
ADM ř. km	Administrativní říční kilometráž dle Aplikace GISyPoNET
DKM	Digitální kilometráž dle sestaveného modelu
Q	Průtok, průtokový scénář (dle kontextu)
H	Hladina
E	Čára energie
PF, PP	Příčný profil, podélný profil

### 1.2 Cíle prací

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

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

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

### 1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- Popis postupů souvisejících se zajištěním vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.)
- Sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace
- Zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

### 1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Potřebné průtokové stavy byly řešeny na nově sestaveném matematického 1D modelu v zájmové oblasti. K řešení úlohy byl použit 1D model HEC-RAS (podrobněji viz kapitola 5.1).

## 2 Popis zájmového území

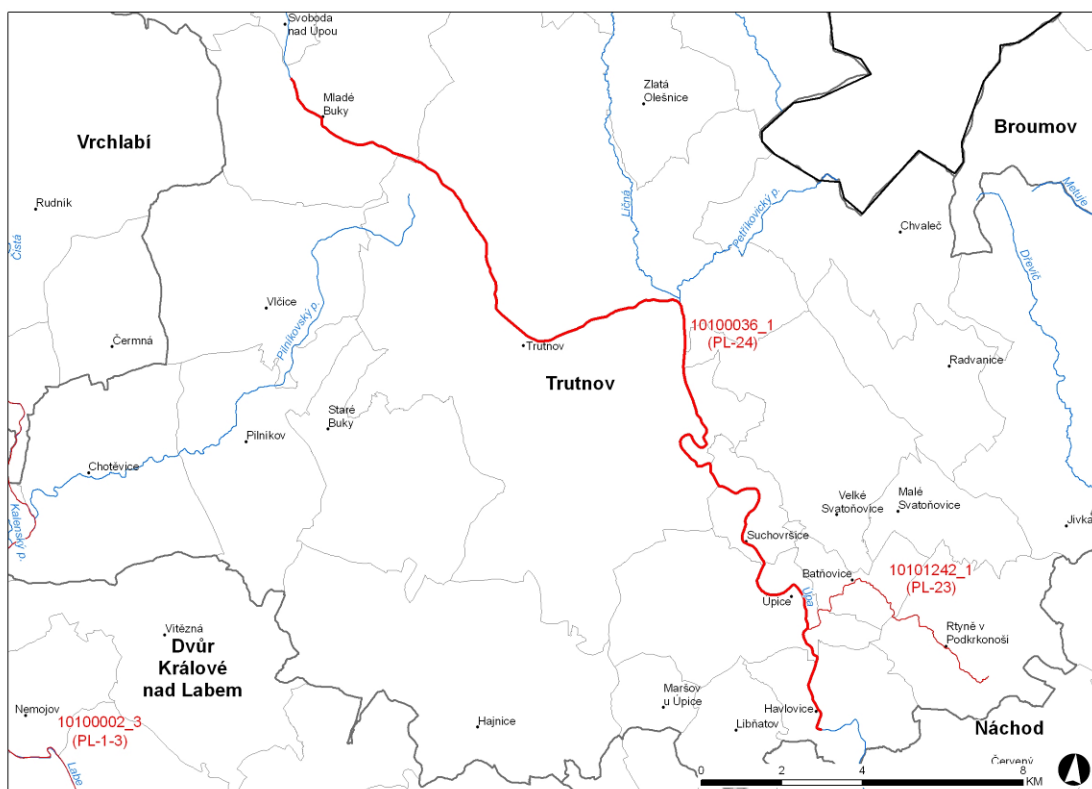
Název vodního toku: Úpa  
 IDVT (CEVT): 10100036\_1  
 Číslo hydrologického pořadí: 1-01-02-017  
 1-01-02-019  
 1-01-02-021  
 1-01-02-023  
 1-01-02-039  
 1-01-02-041  
 1-01-02-049

Začátek zájmového úseku: ř.km 28,898  
 Konec zájmového úseku: ř.km 58,024

Významné přítoky: Kalná (Sejfský potok) (adm ř. km od 54.217)  
 Zlatý potok (adm ř. km od 53.452)  
 Babský potok (adm ř. km od 53.021)  
 Ličná (adm ř. km od 44,675)  
 Mlýnský potok (adm ř. km od 39,041)  
 Radečka (adm ř. km od 33.686)  
 Rtyňka (adm ř. km od 32.043)

Dotčené obce: Trutnov, Havlovice, Mladé Buky, Suchovršice, Úpice

Obrázek – Přehledná mapa řešeného území



Výčet objektů uvádí kapitola 5.2.1, V zájmovém úseku Úpy se nenacházejí žádné údolní nádrže (vodní díla).

*Podklady:*

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

Říční kilometráž spravuje Povodí Labe, státní podnik.

## 2.1 Všeobecné údaje

Zájmového území je vymezeno kilometráží vodního toku (ř. km) 28,898 až 58,024. Jedná se o digitální říční kilometráž (DKM), která byla poskytnuta podnikem Povodí Labe, státní podnik. Směrové vedení osy toku bylo shledáno jako dostatečné (ačkoliv v některých úsecích není vedena korektně) a k její nevýznamné úpravě došlo pouze vlivem jejího zpracování v rámci přípravy modelu. Řešený úsek vodního toku prochází intravilánem několika sídel (viz kapitola 5.2.1).

## 2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Dle pořizovatele poskytnutých zpráv o povodních se na Úpě vyskytly tyto povodně:

červenec 1997:	N = 10 (Horní Maršov), N = 2-5 (Česká Skalice)
červenec 1998:	N = 0,5 (Horní Maršov, Česká Skalice)
březen 2000:	N = 2-5 (Slatina nad Úpou), N = 0,5 - 1 (Česká Skalice)
červenec 2001:	N = 5 (Horní Maršov), N = 2-5 (Slatina nad Úpou), N = 1 (pod VD Rozkoš)
srpen 2002:	N = 1 (Česká Skalice)
březen 2006:	N < 1 (Česká Skalice)
srpen 2006:	N = 5-10 (Horní Maršov), <b>N = 10 (Horní Staré Město)</b> , N = 5-10 (Slatina nad Úpou), N < 1 (Česká Skalice)

Max. doba opakování těchto evidovaných povodní je 10 let (Horní Maršov – mimo řešený úsek). Tučně je vyznačen údaj nacházející se v rámci řešeného úseku.

### 3 Přehled podkladů

#### 3.1 Topologická data

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

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

##### 3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

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

Vstupní data pro vytvoření DMT byla v textovém formátu (DMR a geodetické zaměření), popř. v několika málo případech (nově realizovaná opatření) ve formátu dwg nebo pdf.

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

##### 3.1.2 Mapové podklady

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

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

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

##### Základní vodohospodářská mapa 1:50 000

Státní mapové dílo pro oblast vodního hospodářství.

zdroj: VÚV T.G.M. v.v.i. ve spolupráci se Zeměměřickým úřadem

datum zpracování: 1989

měřítko: 1 : 50 000

##### Základní mapa ČR 1:10 000

Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídla, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy, atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis.

zdroj: Zeměměřický úřad

datum zpracování: aktualizace 2009

měřítko: 1 : 10 000

##### 3.1.3 Geodetické podklady

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

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

referenčním systémem Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

Pro popis koryta vodního toku bylo využito stávající geodetické zaměření z 12/1997 (ř. km 28,7 – 49,7) a 04/1998 (ř. km 49,8 – 60,5). Toto zaměření bylo doplněno v několika profilech o nové geodetické zaměření z května 2012.

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

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

datum pořízení: aktualizace 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: ČÚZK

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

datum pořízení: 1997, 1998, 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: Povodí Labe, státní podnik

## 3.2 Hydrologická data

Hydrologická data, standardní N-leté vody doplněné o  $Q_{500}$ , byla objednána od ČHMÚ ve vybraných profilech. Tyto průtoky představují okrajové podmínky hydrodynamického modelu.

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

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{500}$	Třída přesnosti
limn. stan. Trutnov, Hor. St. Město	19. 12. 2011	58.197	76.2	124	192	275	I
nad ústím Ličné	19. 12. 2011	52.597	79.3	128	198	281	II
nad ústím Mlýnského pot.	19. 12. 2011	44.364	96.1	153	233	328	II
nad ústím Rtyňky	19. 12. 2011	33.552	100	159	241	338	II
pod ústím Rtyňky	19. 12. 2011	31.861	104	165	248	346	II
nad ústím Maršovky	19. 12. 2011	30.737	105	166	249	348	II

## 3.3 Místní šetření

Místnímu šetření předcházelo podrobné seznámení s veškerými získanými podklady. Zejména se jednalo o stávající geodetické zaměření popř. i další podklady (studie odtokových poměrů, projektové dokumentace). Dále proběhla schůzka s úsekovým technikem s představením stávajících podkladů a konzultací o jejich aktuálnosti příp. doplněním o podklady a informace, které nebyly doposud získány.

S těmito informacemi a podklady bylo provedeno v řešené lokalitě místní šetření předmětného vodního toku a přilehlého inundačního území. Byla vytvořena fotodokumentace objektů a provedena základní představa schematizace hydraulického modelu na základě předpokládaného proudění vody v řece a inundačním území. Při zjištění nedostatečnosti/neaktuálnosti geodetických podkladů byla v terénu vtipována lokalizace zadání dalších geodetických prací.



Místní šetření bylo provedeno dne 12, 13, 14 a 25. 10. 2011.

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

Při zpracování DMT i hydrodynamického modelu byly dále využity tyto podklady (není-li uvedeno jinak poskytnuté pořizovatelem):

- Úpa v Havlovicích, SO 01 – vakový jez v ř. km 28,64 (RD). Aquatis, a.s. 2000.
- Úpa v Havlovicích, protipovodňová opatření, úprava levobřežní inundace (RD). Aquatis, a.s. 2005.
- Úpa – Trutnov, rekonstrukce regulace ve městě, ř. km 48,18 – 48,487 (RD). Kvarta, spol. s r.o. Choceň, 06/2002
- Úpa – Trutnov, rekonstrukce regulace ve městě, ř. km 48,487 – 49,025 (RD). Kvarta, spol. s r.o. Choceň, 11/2002
- Úpa, Úpice – Suchovršice, studie odtokových poměrů. Agroprojekce Litomyšl s. r. o., 2008
- Vymezení záplavového území Úpy v Havlovicích. Povodí Labe, 2011
- Úpa, Havlovice – ústí do Labe, hydrodynamický model HEC-RAS

Manipulační řády jezů

- Havlovice II, ad. ř. km 28,64
- Úpice - JUTA, ad. ř. km 32,02
- Adamov - JUTA, ad. ř. km 40,66
- Bohuslavice nad Úpou, ad. ř. km 41,37
- Poříčí - EPO, ad. ř. km 44,60
- Poříčí II, ad. ř. km 45,2
- Poříčí – PAJA, ad. ř. km 47,02
- Trutnov – Texlen, ad. ř. km 50,43
- Trutnov III, ad. ř. km 51,678
- Kalná voda, ad. ř. km 54,002
- Kalná voda – Grund, ad. ř. km 54,772
- Mladé Buky, ad. ř. km 55,438

Údaje o použitém hydrodynamickém modelu lze najít v dokumentaci, která je přímo implementována do tohoto softwaru (HEC-RAS 4.1 – viz dále kap. 5.1):

- HEC-RAS, River analysis system user's manual, version 4.1, Brunner G. W., CEIWR-HEC, 2010
- HEC-RAS, River analysis system hydraulic reference manual, version 4.1, Brunner G. W., 2010

### 3.5 Normy, zákony, vyhlášky

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

1. Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu
2. Zákon 254/2001 Sb., o vodách

3. Vyhláška 470/2001 Sb., seznam významných vodních toků
4. ČSN 73 2103 Úpravy řek
5. ČSN 75 0120. Vodní hospodářství - Terminologie hydrotechniky
6. ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod
7. TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích
8. TNV 75 2931 Povodňové plány

### **3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů**

Původní zaměření, které je v rozsahu celého řešeného úseku (koryta), je stále aktuální a bylo doplněno pouze o doměření koryta ve vytipovaných lokalitách, kde byly zjištěny změny (nové nebo zjevně rekonstruované objekty). Všechny dostupné podklady byly pro sestavení DMT a hydrodynamického modelu dostačující.

## 4 Popis koncepčního modelu

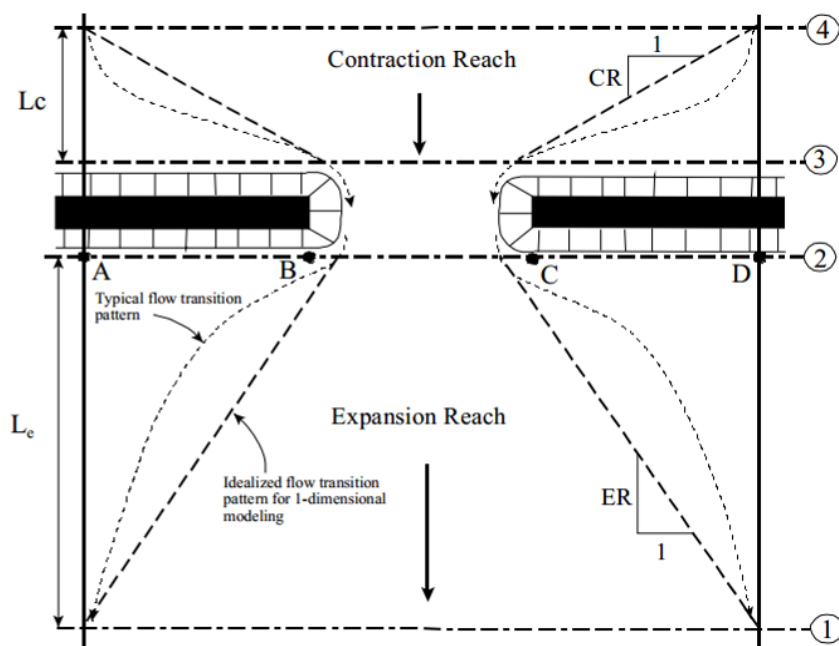
Pro hydraulické výpočty je použit matematický 1D model proudění. Model je podrobně popsán ve výše uvedené dokumentaci (HEC-RAS *user's manual, hydraulic reference manual*)

### 4.1 Schematizace řešeného problému

Zájmové území je schematizováno příčnými profily, které jsou vedeny kolmo na předpokládanou proudnici (obecně jsou křivočaré). Model byl sestaven jako 1D. Na řešeném úseku km 28,231 – 58,197 (29,97 km) bylo sestaveno celkem 533 příčných řezů, průměrná vzdálenost mezi řezy je 56 m. V extravilánu resp. v relativně pozvolna se měnících úsecích je vzdálenost profilů vyšší (až cca 200 m) a naopak. Model dále sestává z 57 mostních objektů (mosty, lávky, významnější produktovody/potrubní mosty), 20 spádových objektů (jezy a stupně) a 6 bočních objektů (schematizace MVE, pro které MŘ neuvádějí doporučení popř. příkaz k odstavení z provozu během povodně). Mostní objekty (*bridges*) a spádové objekty (*inline structures*) jsou v případě jejich kolmého křížení (resp. malé šikmosti) definovány profily kolmo na směr předpokládaného proudění. Tyto objekty jsou zpravidla sestaveny z celkem 4 příčných řezů (viz níže obrázek popř. výše uvedená dokumentace k modelu). V případě šikmých objektů (most na silnici I. třídy v Bohuslavicích, most na silnici I. třídy v Úpici) bylo třeba použít mírně odlišný přístup k zadání objektů (problematiku popisuje např. výše uvedený HEC-RAS *hydraulic reference manual* na str. 5-30). Obecně je třeba definovat profil objektu stejně jako v běžných případech – kolmo na směr proudění. Jsou možné tyto přístupy:

- příčný řez před objektem je veden kolmo na předpokládaný směr proudění. V tomto případě je třeba profily 3 a 4 (viz níže obrázek) umístit ve větší vzdálenosti od mostního profilu. Řez objektem (mostovka, pilíře) je potom zadán jako kolmý průmět na tyto 2 řezy (v modelu použito např. pro šikmé mosty na silnici I. třídy v Bohuslavicích a v Úpici – ID 400043354 a most ev. číslo 14-082). Nevýhodou je, že profily 2 a 3 mohou být relativně ve větší vzdálenosti od objektu, než je teoreticky správné. Tuto nevýhodu lze částečně eliminovat úpravou tzv. interních mostních profilů (korekce sklonu dna a korekce případných terénních překážek, které vzniknou průmětem objektu do profilu).
- příčný řez je veden podél mostní konstrukce šikmo. Takto vznikne značné zvýšení kapacity otvoru mostu, korekce je provedena s využitím funkce „skew“, která dle zadaného úhlu profil mostu i oba příčné profily 2 a 3 sníží (je provedeno např. přímění profilu opět průmětem na profil kolmý, v modelu použito pouze u estakády Trutnov-Svoboda nad Úpou – ID 400043412). Metodu lze aplikovat pouze do určitých úhlů šikmosti (45 stupňů) a v případě křivočarých profilů dochází k nekorektní transformaci těch částí profilu, které se od zadaného úhlu liší (problém široké inundace).
- šikmé jezy (v modelu pouze šikmý jez v Suchovršicích) lze zadat přímo jako šikmé. Delší přelivná hrana znamená větší kapacitu jezu v porovnání s jezy kolmými, tento ne zcela správný předpoklad lze v případě menších přepadových výšek akceptovat (v případě větších přepadových výšek pak provést korekci součinitele přepadu  $m$  resp.  $C$  zahrnující vliv šikmosti).

Obrázek – Schématické objekty (mosty, spádové objekty) 4 příčnými profily



## 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

Modelové výpočty ustáleného nerovnoměrného proudění vyžadují zadání okrajových podmínek v dolním výpočtovém profilu (říční proudění) popř. horním výpočtovém profilu (bystřinné proudění) některým z volitelných způsobů (známá hladina vody, kritická hloubka, hloubka rovnoměrného proudění, konsumční křivka).

Sestavený model byl mimo zájmový úsek (ř. km 29 – 58) rozšířen až do Havlovic po vakový jez (ř. km cca 28,3). Předpokladem je, že na konci řešeného úseku (km 29 cca poblíž nové lávky v Havlovicích) budou případné nepřesnosti vlivem nekorektně zadané počáteční podmínky zanedbatelné. V tomto spodním profilu (km 28,3) byla jako okrajová podmínka zadána hloubka rovnoměrného proudění při sklonu 0,24 %. Model byl v tomto úseku sestaven s ohledem na již sestavené modely Úpy (Havlovice – ústí Labe).

V horním profilu (model je spouštěn v tzv. „mixed“ režimu, kdy se připouští říční i bystřinné proudění) byla rovněž zadána OP hloubka při rovnoměrném proudění (řádově vyšší sklon než ve spodním úseku 1,98 %)

V místech významných přítoků se zadává pouze změna průtoků. Hydrologickou rozvahou byla vyloučena potřeba podrobnějšího zadání změn průtoků (byly využity pouze data obdržena od ČHMÚ + v profilu nad ústím Radečky data ČHMÚ poskytnutá zástupci pořizovatele v rámci studie odtokových poměrů Suchovršice – Havlovice). Další okrajové podmínky nebo počáteční podmínky model nevyžaduje.

## 5 Popis numerického modelu

### 5.1 Použité programové vybavení

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

#### Předpoklady výpočtu

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

#### Uživatelské manuály

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

#### Schematizace hydraulického modelu 1D x 1D+ model

Průtokový scénář Q5 je zpracován jako 1D model. Ostatní průtokové scénáře jsou v určitých úsecích zpracovány jako 1D+ modely. Ve všech případech je proudění schematizováno jako větvená síť – není definován tzv. „split flow“. Fakticky se ovšem vždy jedná o okružovou, jelikož hydraulicky není uvažováno s žádným přítokem Úpy (hydrologicky ano). Jedná se o případy, kdy voda vyběžší z hlavního koryta a v určité délce proudí v inundačním území s jinou výškou hladiny, než v hlavním korytě. Průtok je do větvi převeden pomocí tzv. „lateral structures“, principiálně se jedná o přepad do inundačního území. Tento postup je vhodný zejména na ohrázaném toku. Dále v textu je ne zcela přesně používán pojem „větve“ pro imaginární úsek toku mimo hlavní koryto.

#### **Průtokový scénář Q5: jednoduchá síť (1D model)**

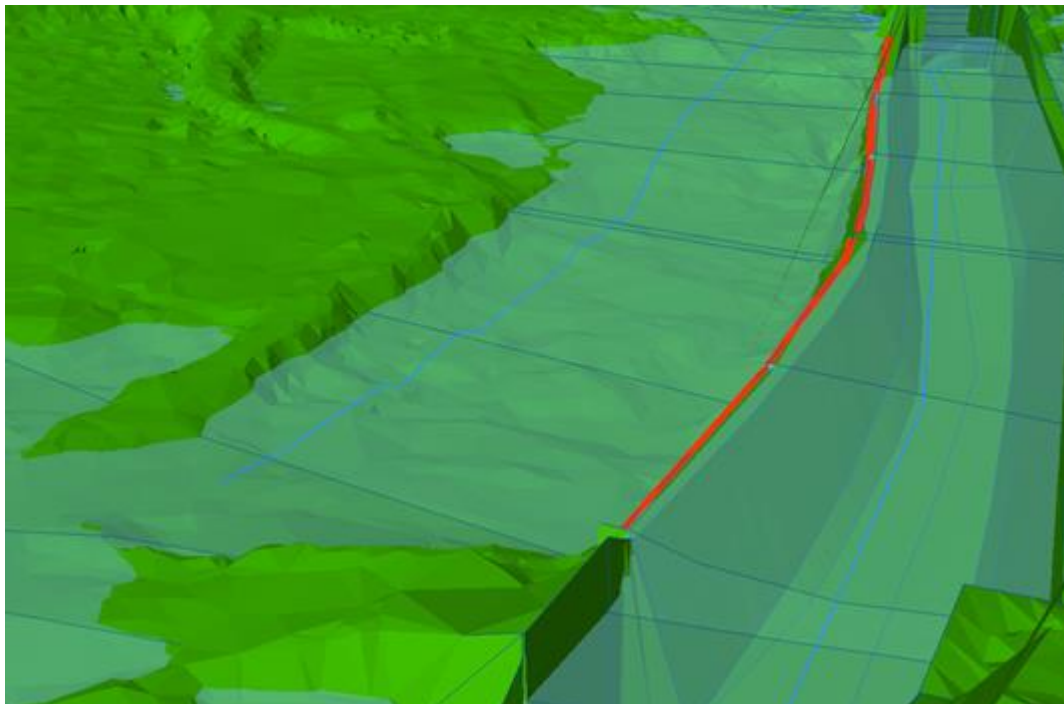
##### **Průtokový scénář Q20:**

1. Větev „LI Kalná Voda“. Vybřežení vody v Kalné vodě nad jezem Kalná voda – Grund. Délka větve cca 1,2 km. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí výše uvedených „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 54,502, konec větve 53,35. Maximální průtok je 28 m<sup>3</sup>/s. Voda obtéká jez a z důvodu zvýšeného levého břehu se do hlavního toku vrací pod jezem jen část průtoků. Pozn.: nad jezem celkový průtok odlehčuje MVE (viz dále popis uvažovaných MVE).

##### **Průtokový scénář Q100:**

1. Větev „LI Mladé Buky“. Vybřežení vody v Mladých Bucích nad pevným jezem Mladé Buky – Texlen (ADM ř.km 57.03). Voda proudí po místní komunikaci a pod jezem se postupně vrací do hlavního koryta. Aktivní délka větve cca 350 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 56,835, konec větve 56,46. Maximální průtok je 8,75 m<sup>3</sup>/s.

Obrázek – Princip větveného modelu (*lateral structures*) – větev LI\_Horní\_S\_Mesto



Obrázek – větev „LI\_Kalna\_Voda“ (Q20, Q100, Q500)



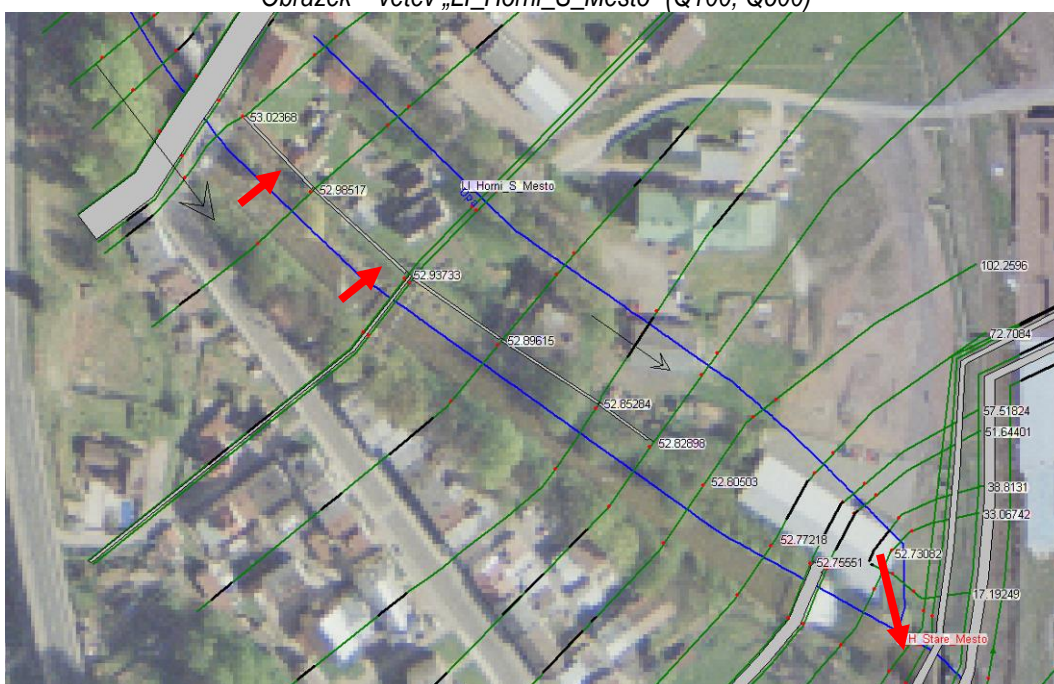
2. Větev „LI Kalna Voda“ (obdoba Q20). Vybřežení vody v Kalné vodě nad jezem Kalná voda – Grund. Délka větve cca 1,2 km. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „*lateral structures*“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 54,502, konec větve 53,35. Maximální průtok je 64,3 m<sup>3</sup>/s. Voda obtéká jez a z důvodu zvýšeného levého břehu se do hlavního toku vrací pod jezem jen část průtoků. Pozn.: nad jezem celkový průtok odlehčuje MVE (viz dále popis uvažovaných MVE).

3. Větev „LI Horní S Mesto“. Přelití hrází na levém břehu pod mostem u profilu ČHMÚ v Horním Starém Městě. Délka větve cca 300 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „*lateral structures*“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 53,024, konec větve 52,710. Maximální průtok je 12,3 m<sup>3</sup>/s. Voda přepadá přes hráz a vrací se do hlavního toku před železničním násypem, pod jezem „Bělídlo“.

Obrázek – větev „LI\_Mlade\_Buky“ (Q100)



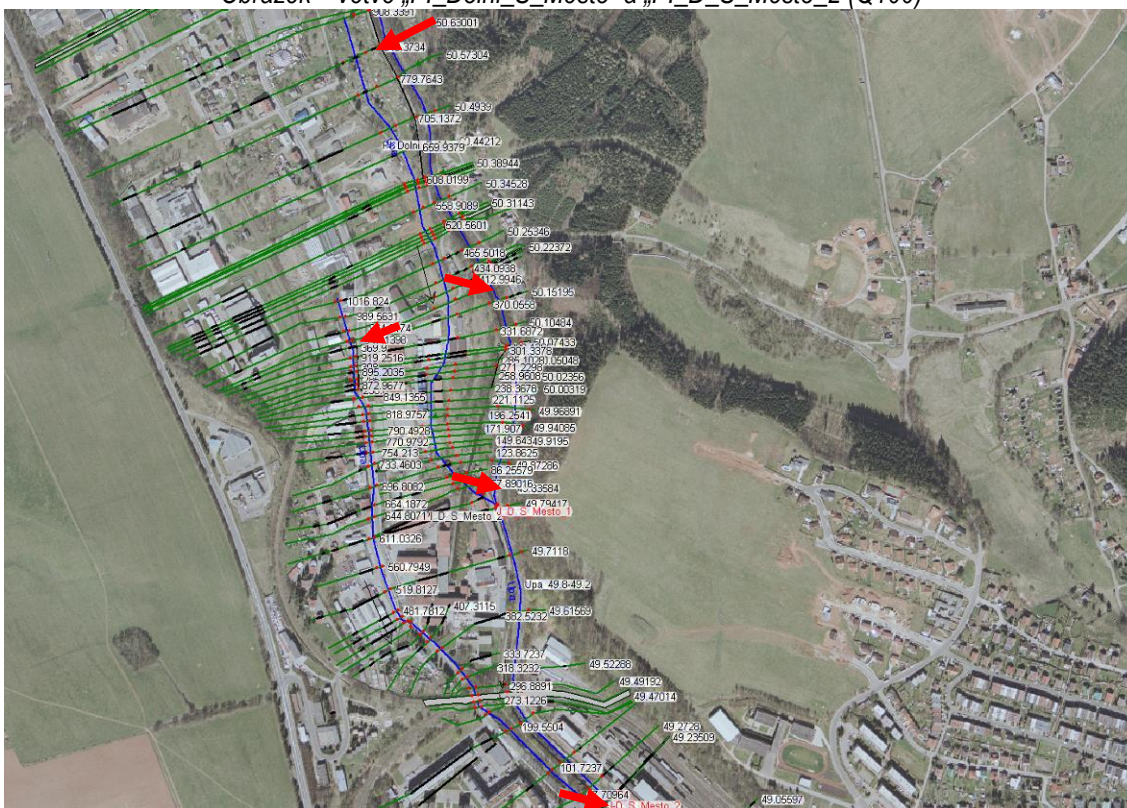
Obrázek – větev „LI\_Horni\_S\_Mesto“ (Q100, Q500)



4., 5. Dolní staré město, větve „PI\_Dolní S Mesto“ a „PI\_D\_S Mesto 2“. Jedná se o přelítí hrázi na pravém břehu cca 150 m pod mostem ID 400043396 (ADM ř.km 51.208). Délka první větve 900 m, délka druhé větve (2) 1 000 m. Komunikace pravé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek první větve (přepad do větve) DKM 50,339, konec první větve (ústí do hlavního toku) 49.794. Začátek druhé větve (2) cca DKM 50,2, konec druhé větve (2, ústí do hlavního toku) DKM 49,235. Maximální průtok v první větvi je 12,26 m<sup>3</sup>/s, maximální průtok v druhé větvi (2) je 2,4 m<sup>3</sup>/s. Jedná se o komplikovanou schematizaci, na hranici možností a spolehlivosti 1D (1D+) modelu (v zastavěném území). Voda přepadá přes levobřežní hráz. Pod jezem ID 400043390 (JEZ, Trutnov - Texlen, ADM ř.km 50.43) se část průtoků vrací do hlavního koryta, část průtoků přetéká dále do pravé inundace (osa úseku PI\_D\_S\_Mesto\_2 je vedena po místní komunikaci). Zbylý průtok první větve je potom zaústěn cca 250 m pod výše uvedený jez. V druhé větvi průtok (nevelký) proudí podél

místní komunikace až k železničnímu násypu (DKM 49,48), pod tímto křížením toku je po cca 270 m zaústěna do hlavního toku (náhon výše uvedeného jezu).

Obrázek – větev „PI\_Dolni\_S\_Mesto“ a „PI\_D\_S\_Mesto\_2 (Q100)“



**6. Větev „LI\_Porici“.** Přelítí hráze (zvýšeného levého břehu) v Trutnově - Pořičí. Délka větve cca 700 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 45,195, konec větve 44,508. Maximální průtok je 17,2 m<sup>3</sup>/s. Voda obtéká vakový jez v Pořičí a vrací se do hlavního toku před železničním násypem (400043364, MOST, Pořičí železniční vlečka, ADM ř.km 44.84).

Obrázek – větev „LI\_Porici“ (Q100, Q500)



**7. Větev „LI\_Upice“.** Rozlivy v Úpici. Délka větve cca 750 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM cca 34,01, konec větve 33,15. Maximální průtok je 26,6 m<sup>3</sup>/s. Voda se postupně rozlévá v Úpici. Před mostem na silnici I. třídy (400043334,



MOST, Úpice silnice, ADM ř.km 33.39) se malá část průtoků vrací do koryta. Zbýlý průtok je zaústěn do hlavního toku pod pevným jezem (400043329, JEZ, Úpice II, ADM ř.km 33.305).

Obrázek – větev „LI\_Úpice“ (Q100, Q500)



Obrázek – větve „LI\_Mladé\_Buky“ a „LI\_Mladé\_Buky\_2“ (Q500)



### Průtokový scénář Q500:

1., 2. Mladé Buky, větve „LI\_Mladé\_Buky“ a „LI\_Mladé\_Buky\_2“. Model opět simuluje vyběžení vody nad jezem jako v případě Q100 (viz výše), z důvodu podstatně vyššího průtoku a nepříznivé konfigurace terénu již nelze „zanedbat“ obtok podél silnice I. třídy (I/14). Délka první větve (obtok jezu po místní komunikaci) je cca 400 m + 500 m (nad jezem 400043424, JEZ, Mladé Buky, ADM ř.km 55.438). DKM délka druhé větve (2) cca 1 700 m. Komunikace průtoků mezi větvemi a hlavním korytem je schematizována pomocí „lateral structures“. Začátek první větve (vyběžení) je těsně pod mostem na silnici I/14 (400043433, MOST, Mladé Buky silnice, ADM ř.km 57.2) při DKM 56,893, konec obtoku jezu (ústí do hlavního toku pod jezem) je při DKM 56,461. Začátek druhé větve (2) cca DKM 56,77, konec druhé větve (2, ústí do hlavního toku), je pod jezem (Jez Mladé Buky, ADM ř.km 55.438) DKM 55,039. V tomto místě je rovněž zaústěna i první větev, která simuluje 2 samostatné větve (ve střední části je nulový průtoky, viz popis v dalším odstavci popř. schéma na příslušném obrázku).

Maximální průtok v první větvi je 64,8 m<sup>3</sup>/s (včetně počátečního průtoku 39 m<sup>3</sup>/s, viz níže), maximální průtok v druhé větvi (2) je 47,7 m<sup>3</sup>/s. Průtok při obtoku jezu (1. část 1. větve) je 15 m<sup>3</sup>/s. Max. průtok ve spodní části 1. větve (2.část 1. větve – převod vody z větve 2) je 34,6 m<sup>3</sup>/s. Voda nad jezem (resp. hned pod mostem) vyběží. Voda pak obtéká zvýšený násyp místní komunikace (cca kolmá k jezu) jednak podél jezu (1. větev) a dále poblíž silnice I. třídy (2. větev). Konec obtoku jezu je stejně jako v případě Q100 modelována pod jezem – dále není ve

větvi modelován žádný průtok. Druhá větev pokračuje podél silnice I. třídy, kdy cca při DKM 55,534 část průtoků začne přetékat do 1. větve (ve které až doposud proudí nulový průtok). Obě větve jsou společně zaústěny pod výše uvedený jez (MVE Havran).

Protože voda proudí v levé inundaci již nad mostem (na silnici I/14), je na začátku 1. větve (LI\_Mlade\_Buky) zadán průtok formou počáteční podmínky; průtok je odhadnut dle předchozího PF (DKM 56,901) – cca 39 m<sup>3</sup>/s (v hlavním toku je průtok ponížen).

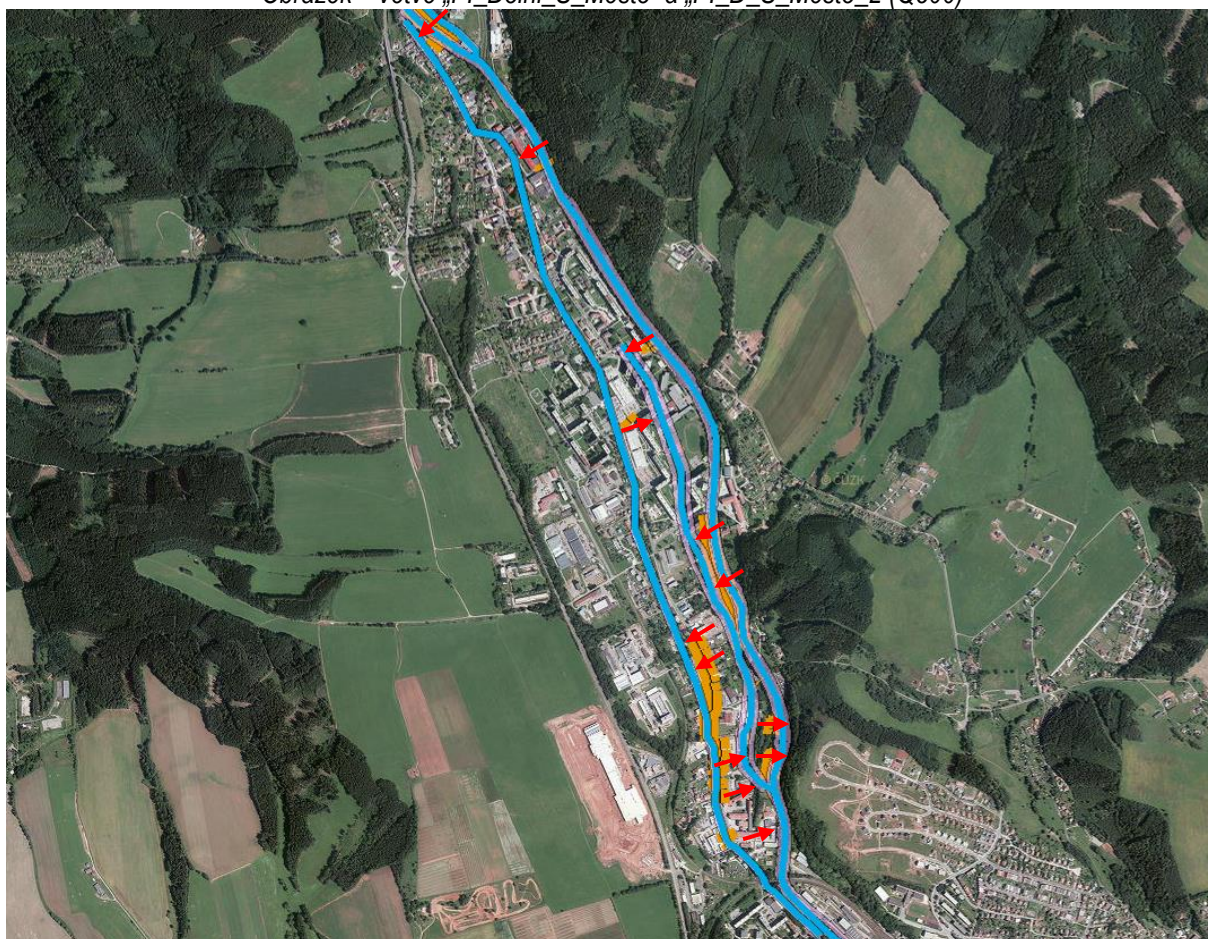
**3. Větev „LI Kalna Voda“** (obdoba Q20. Q100). Vybřežení vody v Kalné vodě nad jezem Kalná voda – Grund. Délka větve cca 1,2 km. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 54,563, konec větve 53,35. Maximální průtok je 117,8 m<sup>3</sup>/s (včetně počátečního průtoků 25 m<sup>3</sup>/s, viz níže). Voda obtéká jez a z důvodu zvýšeného levého břehu se do hlavního toku vrací pod jezem jen část (převážná) průtoků. Pozn.: nad jezem celkový průtok odlehčuje MVE (viz dále popis uvažovaných MVE).

Protože voda proudí v levé inundaci již nad začátkem větveného úseku, je ve větvi jako počáteční podmínka zadán průtok dle předchozího PF (DKM 54,659) – cca 25 m<sup>3</sup>/s (v hlavním toku je průtok ponížen).

**4. Větev „LI Horni S Mesto“**. Přelití hrází na levém břehu pod mostem u profilu ČHMÚ v Horním Starém Městě. Délka větve cca 300 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 53,024, konec větve 52,710. Maximální průtok je 57 m<sup>3</sup>/s (včetně počátečního průtoků 16,5 m<sup>3</sup>/s, viz níže). Voda přepadá přes hráz a vrací se do hlavního toku před železničním násypem, pod jezem „Bělídlo“. Reálně dochází k vybřežení již nad mostem „ČHMÚ“ (400043411, MOST, Trutnov-Svoboda n/Ú silnice, ADM ř.km 53.393).

Protože voda proudí v levé inundaci již nad začátkem větveného úseku, je ve větvi jako počáteční podmínka zadán průtok dle předchozího PF (DKM 53,0304) – cca 16,5 m<sup>3</sup>/s (v hlavním toku je průtok ponížen).

Obrázek – větve „PI\_Dolni\_S\_Mesto“ a „PI\_D\_S\_Mesto\_2 (Q500)“



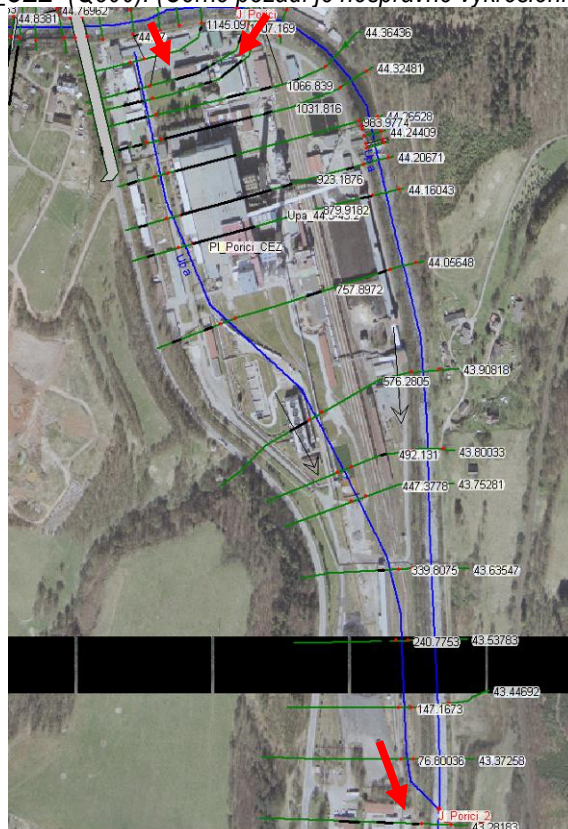
5., 6. Dolní staré město, větve „PI Dolni S Mesto“ a „PI D S Mesto 2“. 1. větev je co do rozsahu shodná s větví ve scénáři Q100. Druhá větev (\_2) byla významným způsobem prodloužena až do Horního Starého města – začátek je souběžný s větví „LI Horni S Mesto“ (viz předchozí odstavec). Zde je simulováno i přelítí pravobřežních hrází (toto přelítí oproti původnímu předpokladu není příliš významné). První větev opět simuluje přelítí hrází na pravém břehu cca 150 m pod mostem ID 400043396 (ADM ř.km 51.208).

Délka první větve je 900 m, délka druhé větve (\_2) 3 600 m. Komunikace pravé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek první větve (přepad do větve) DKM 50,339, konec první větve (ústí do hlavního toku) 49.794. Začátek druhé větve (\_2) cca DKM 52,896, konec druhé větve (\_2, ústí do hlavního toku) DKM 49,235. Maximální průtok v první větvi je 74,1 m<sup>3</sup>/s, maximální průtok v druhé větvi (\_2) je 37,7 m<sup>3</sup>/s. Jedná se o velmi komplikovanou schematizaci, na hranici možností a spolehlivosti 1D (1D+) modelu (v zastavěném území).

Voda přepadá přes pravobřežní hráz do pravé inundace v Horním Starém Městě (1,5 m<sup>3</sup>/s ne příliš významný průtok s ohledem na periodicitu). Dále po silnici teče skrz celé Dolní Staré město, přičemž dále v některých místech voda přetéká do 1. větve a naopak v jižní části je schematizace obdobná jako při Q100 (proudění je simulováno větším množstvím „lateral structures“. Pod jezem ID 400043390 (JEZ, Trutnov - Texlen, ADM ř.km 50.43) se část průtoků vrací do hlavního koryta, část průtoků přetéká dále do pravé inundace (osa úseku PI\_D\_S\_Mesto\_2 je vedena po místní komunikaci). Zbylý průtok první větve je potom zaústěn cca 250 m pod výše uvedený jez. V druhé větvi průtok proudí podél místní komunikace až k železničnímu násypu (DKM 49,48), pod tímto křížením toku je po cca 270 m zaústěn do hlavního toku (náhon výše uvedeného jezu).

7. Větev „LI Porici“. Obdoba Q100, větve prodloužena. Přelítí hráze (zvýšeného levého břehu) v Trutnově - Poříčí. Délka větve cca 1 250 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM 45,757, konec větve 44,508. Maximální průtok je 72,4 m<sup>3</sup>/s. Voda obtéká vakový jez v Poříčí a vrací se do hlavního toku před železničním násypem (400043364, MOST, Poříčí železniční vlečka, ADM ř.km 44.84). Pod jezem se část průtoků vrací postupně do hlavního toku.

Obrázek – větev „LI\_Porici\_CEZ“ (Q500). (Černé pozadí je nesprávné vykreslení na hranicích listů HEC-RAS)



**8. Větev „PI Pořící CEZ“.** Přelití pravého břehu pod mostem (400043365, MOST, Pořící silnice, ADM ř.km 45.09) v Trutnově - Pořící. Délka větve cca 1 150 m. Začátek větve (odtok do větve) DKM 44.67 – 44,51, konec větve 43.3. Pod větví pokračují rozlivy celé pravé inundace. Maximální průtok je 5,1 m<sup>3</sup>/s.

**9. Větev „LI Úpice“.** Obdoba Q100. rozlivy v Úpici. Délka větve cca 750 m. Komunikace levé inundace a hlavního koryta schematizován pomocí „lateral structures“. Začátek větve (odtok do větve) DKM cca 34,01, konec větve 33,15. Maximální průtok je 77,8 m<sup>3</sup>/s. Před a pod mostem na silnici I. třídy (400043334, MOST, Úpice silnice, ADM ř.km 33.39) se část průtoků vrací do koryta. Zbylý průtok je zaústěn do hlavního toku pod pevným jezem (400043329, JEZ, Úpice II, ADM ř.km 33.305). Pro případ Q500 by byl dostačující 1D model (rozlivy jsou s výjimkou okolí mostů po celé levé inundaci).

## 5.2 Vstupní data numerického modelu

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

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

V okrajových výpočtových profilech je okrajová podmínka zadána hloubkou rovnoměrného proudění (viz kap. 4.3).

### 5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Koryto vodního toku v řešeném úseku (29 km) protéká převážně územím ovlivněným antropogenní činností. Obce/města nacházející se na řešeném úseku:

- Svoboda nad Úpou
- Mladé Buky (místní části: Kalná Voda)
- Trutnov (místní části: Horní Staré Město, Střední Předměstí, Dolní Předměstí, Pořící, Bohuslavice, Adamov)
- Suchovršice
- Úpice
- Havlovice

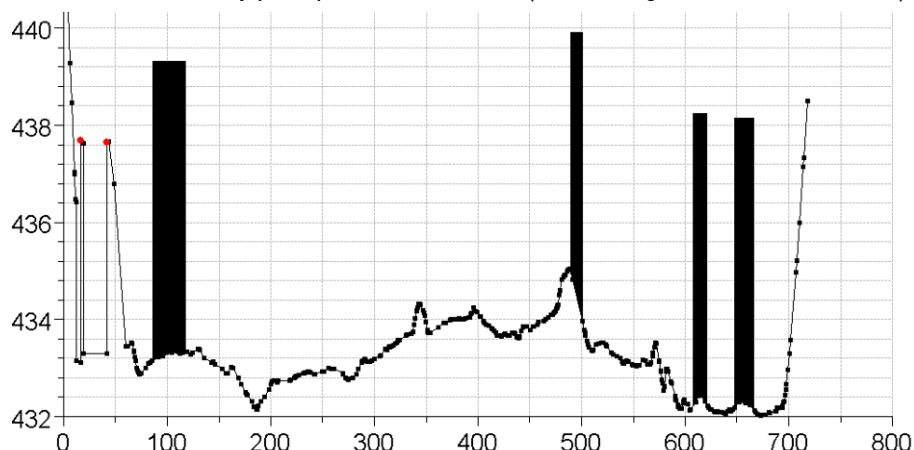
Nezastavěným územím Úpa protéká v podstatě pouze mezi Bohuslavicemi a Suchovršicemi. V zastavěném území je tok více či méně ovlivněn zásahy člověka. Nejčastěji jsou to hráze na březích toků a napřímení toku, lokální opevnění toku, souvislá regulace (Trutnov – Střední Předměstí). Významné je též ovlivnění podélného sklonu výstavbou jezů v minulosti (ukázkovým případem je VD Trutnov III, ad. ř. km 51,678 – MVE Zelená louka, kdy je pravobřežní inundace oddělena hrází (viz obrázek).

Většina rozhodujících úprav proběhla pravděpodobně v 19 a 20 století, břehové a doprovodné porosty jsou poměrně vzrostlé a lze předpokládat jejich nezanedbatelný vliv na hladinu vody při daném průtoku.

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

Manipulace na pohyblivých jezech tak, jak uvádějí příslušné MŘ, se projeví pouze nevýznamně pro Q5 (viz dále). Při průchodu povodní větší N-letosti jsou ve všech případech uzávěry zcela vyhrazeny. Pokud MŘ předepisuje popř. doporučuje odstavení MVE z provozu při povodních, model s převáděním této (minoritní) části průtoků neuvažuje.

Obrázek – Údolnicový profil před VD Trutnov III (PF 15 dle geod. zaměř. + DMRG5)



Objekty jsou popisovány dle atributů z aplikace GISyPoNET. Jedná se o internetovou aplikaci pro prohlížení a správu dat související s jevy na vodních tocích. Aplikaci spravuje Povodí Labe, státní podnik. Popis objektů je dle schématu „JEV\_ID, TYP\_JEVU, NAZEV\_JEVU, ADM\_RKM\_OD“. V ojedinělých případech databáze eviduje objekty, které v současnosti neexistují (lávky) a naopak některé nové objekty ještě nebyly do databáze zahrnuty. Do modelu dále byly v některých případech zadány méně významné objekty, které nejsou předmětem evidence GISyPoNET (některé produktovody a malé spádové objekty), a to na základě geod. doměření, údajích v podélném profilu a terénního průzkumu.

Jezy v zájmovém území (dle aplikace GISyPoNET)

- 400043312, JEZ, Havlovice II, ADM ř.km 28.64\*
- 400043322, JEZ, Úpice - JUTA, ADM ř.km 32.02
- 400043329, JEZ, Úpice II, ADM ř.km 33.305
- 400043339, JEZ, Suchovršice, ADM ř.km 36.17
- 400043344, JEZ, Adamov - JUTA, ADM ř.km 40.66
- 400043351, JEZ, Bohuslavice, ADM ř.km 41.37
- 400043355, JEZ, Bohuslavice III, ADM ř.km 41.77
- 400043360, JEZ, Poříčí - EPO, ADM ř.km 44.6
- 400043366, JEZ, Poříčí II, ADM ř.km 45.2
- 400043377, JEZ, Poříčí - PAJA, ADM ř.km 47.02
- 400043390, JEZ, Trutnov - Texlen, ADM ř.km 50.43
- 400043399, JEZ, Trutnov III, ADM ř.km 51.678
- 400043405, JEZ, Trutnov - Texlen-Přádelna, ADM ř.km 53.13
- 400043413, JEZ, Kalná Voda, ADM ř.km 54.002
- 400043418, JEZ, Kalná Voda - Grund, ADM ř.km 54.772
- 400043424, JEZ, Mladé Buky, ADM ř.km 55.438
- 400043429, JEZ, Mladé Buky - Texlen, ADM ř.km 57.03

Mosty a lávky v zájmovém území (dle aplikace GISyPoNET):

- 400043318, MOST, Havlovice místní komunikace, ADM ř.km 28.657\*
- 400043319, MOST, Havlovice silnice, ADM ř.km 29.608
- 400043320, MOST, Havlovice místní komunikace, ADM ř.km 30.635
- 400043321, MOST, Úpice-lávka, ADM ř.km 31.64
- 400043327, MOST, Úpice silnice, ADM ř.km 32.52
- 400043328, MOST, Úpice-lávka, ADM ř.km 32.865
- 400043334, MOST, Úpice silnice, ADM ř.km 33.39
- 400043335, MOST, Úpice místní komunikace, ADM ř.km 33.7
- 400043336, MOST, Úpice místní komunikace, ADM ř.km 34.9
- 400043337, MOST, Suchovršice cesta, ADM ř.km 35.275

400043338, MOST, Suchovršice místní komunikace, ADM ř.km 35.855  
400043342, MOST, Suchovršice cesta, ADM ř.km 36.47  
400043343, MOST, Bohuslavice-lávka, ADM ř.km 38.86  
400043354, MOST, Bohuslavice silnice, ADM ř.km 41.53  
400043359, MOST, Poříčí cesta, ADM ř.km 44.21  
400043364, MOST, Poříčí železniční vlečka, ADM ř.km 44.84  
400043365, MOST, Poříčí silnice, ADM ř.km 45.09  
400043374, MOST, Poříčí-lávka, ADM ř.km 45.345  
400043375, MOST, Poříčí místní komunikace, ADM ř.km 45.785  
400043376, MOST, Poříčí cesta, ADM ř.km 46.29  
400043381, MOST, Trutnov-lávka, ADM ř.km 47.42  
400043382, MOST, Trutnov cesta, ADM ř.km 47.8  
400043383, MOST, Trutnov silnice, ADM ř.km 48.487  
400043385, MOST, Trutnov cesta pro pěší, ADM ř.km 48.797  
400043386, MOST, Trutnov silnice, ADM ř.km 49.038  
400043387, MOST, Trutnov-lávka, ADM ř.km 49.49  
400043388, MOST, Trutnov-Poříčí žel. trať, ADM ř.km 49.83  
400043389, MOST, Trutnov-lávka, ADM ř.km 50.05  
400043395, MOST, Trutnov místní komunikace, ADM ř.km 50.658  
400043396, MOST, Trutnov místní komunikace, ADM ř.km 51.208  
400043397, MOST, Trutnov místní komunikace, ADM ř.km 51.318  
400043403, MOST, Trutnov místní komunikace, ADM ř.km 51.802  
400043404, MOST, Trutnov železnice, ADM ř.km 53.04  
400043411, MOST, Trutnov-Svoboda n/Ú silnice, ADM ř.km 53.393  
400043412, MOST, Trutnov-Svoboda n/Ú silnice, ADM ř.km 53.49  
400043422, MOST, Mladé Buky-lávka, ADM ř.km 54.775  
400043423, MOST, Mladé Buky-lávka, ADM ř.km 55.175  
400043427, MOST, Mladé Buky místní komunikace, ADM ř.km 55.528  
400043428, MOST, Mladé Buky místní komunikace, ADM ř.km 55.905  
400043432, MOST, Mladé Buky místní komunikace, ADM ř.km 57.08  
400043433, MOST, Mladé Buky silnice, ADM ř.km 57.26  
400043434, MOST, Mladé Buky místní komunikace, ADM ř.km 58.228  
400043440, MOST, Mladé Buky cesta, ADM ř.km 58.688

Ostatní jezy/spádové objekty v zájmovém území schematizované v modelu (neevidovány aplikací GISyPoNET)

Spádový stupeň, DKM 49,245  
Zakřivený malý jez pod mostem, DKM 48,660  
Spádový stupeň, DKM48,435

Ostatní mosty/lávky/produktovody v zájmovém území (neevidovány aplikací GISyPoNET)

Mladé Buky lávka u bobové dráhy č. 1, DKM 55,55  
Mladé Buky lávka u bobové dráhy č. 2., DKM 55,483  
Manipulační lávka nad jezem Kalná voda, DKM 53,652  
Potrubní most/produktovod, DKM 52,936  
Potrubní most nad železnicí, DKM 52,701  
Potrubní most/produktovod, DKM 51,517  
Manipulační lávka nad jezem Trutnov III, DKM 51,321  
Potrubní most/produktovod, DKM 50,384  
Potrubní most/produktovod, DKM 50,214  
Zakřivený most u Trutnovského nádraží, DKM 48,868  
Potrubní most/produktovod, DKM 48,465  
Potrubní most/produktovod, DKM 48,239  
Betonová lávka s ocelovým zábradlím, nad i pod produktovod, DKM 47,815  
Silniční betonový most u Liedlu, DKM 47,738

Betonová šikmá lávka nad jezem PAJA, DKM 46,716  
 Lávka nad jezem Poříčí-EPO, DKM 44,255  
 Dřevěná lávka v Suchovršicích, DKM 37,139  
 Potrubní most/produktovod, DKM 33,291  
 Šikmý most na silnici 1. třídy (14-082), DKM 32,513  
 Ocelová příhradová lávka v Havlovicích, DKM 28,941\*

\* objekty mimo řešené území, avšak zahrnutý do hydraulického modelu (dolní okrajová podmínka)

Pozn.: Objekty vstupující do výpočtu, které neuvádí aplikace GISyPoNET, jsou vztaženy k digitální kilometrāži, ve které je sestaven model (DKM).

#### Manipulace na pohyblivých jezích

Sestavený hydraulický model respektuje manipulační pravidla v objednatelém poskytnutých manipulačních řádech pohyblivých jezů. Pro průtokové scénáře N = 20, 100, 500 jsou všechny jezy vyhrazeny, aby byla jejich průtočná kapacita co nejvyšší. V případě průtokového scénáře N = 5 byla na 3 jezích simulována manipulace tak, aby byla dodržena nominální hladina (v případě vyhrazení je nominální hladina nižší). Níže uvedená tabulka uvádí hladiny v nadjezí při úplném vyhrazení (tučně jsou vyznačeny jezy, kde je vypočtená hladina nižší než hladina nominální).

Ovladatelný jez	$h_{\text{nominální}}$ dle MŘ	$h_{Q5, \text{vyhrazeno}}$ (PF ve zdrži)	Zcela vyhrazen	$\Delta H$ [m]	Tolerance dle MŘ
400043424, JEZ, Mladé Buky, ADM ř.km 55.438	464.98	466.26	ANO		
400043418, JEZ, Kalná Voda - Grund, ADM ř.km 54.772	459.51	460.77	ANO		
400043413, JEZ, Kalná Voda, ADM ř.km 54.002	452.46	453.01	ANO		
<b>400043399, JEZ, Trutnov III, ADM ř.km 51.678</b>	434.96	434.89	NE	-0.07	-0+10
400043390, JEZ, Trutnov - Texlen, ADM ř.km 50.43	423.62	424.25	ANO		
<b>400043377, JEZ, Poříčí - PAJA, ADM ř.km 47.02</b>	398.92	398.63	NE	-0.29	-5+10
<b>400043366, JEZ, Poříčí II, ADM ř.km 45.2</b>	386.35	386.32	NE	-0.03	-5+5
400043360, JEZ, Poříčí - EPO, ADM ř.km 44.6	382.10	382.33	ANO		
400043351, JEZ, Bohuslavice, ADM ř.km 41.37	369.28	370.23	ANO		
400043344, JEZ, Adamov - JUTA, ADM ř.km 40.66	366.20	366.63	ANO		
400043322, JEZ, Úpice - JUTA, ADM ř.km 32.02	332.95	333.41	ANO		

Pohyblivé jezy ADM č. km 51,678 (Trutnov III) a ADM ř. km 47,02 (Poříčí – PAJA) do finálního modelu vstupují pro N = 5 jako částečně zahrazené (málo, vypočtená hladina je o něco níže, než povoluje tolerance dle MŘ. Pozn. v případě spustných jezů – tzv. „*overflow – openair*“ hydraulický model nedává při manipulacích korektní výsledky, je model je třeba ladit manuálně).

#### Malé vodní elektrárny

V rámci sestavení hydraulického modelu je jednou z podmínek objednatelē respektování poskytnutých manipulačních řádů. Výše uvedené pohyblivé jezy byly zřízeny nejčastěji za účelem využití vodní energie. V případech, kdy manipulační řád neuvádí, že MVE musí popř. měla by být uzavřena, je v modelu pro všechny průtokové scénáře uvažováno s jejich funkcí během povodně – MVE převádí (otevřený náhon, podzemní vedení) průtok do maximální hltnosti turbín. Jedná se o tyto MVE, které jsou v HEC-RAS schematizovány jako tzv. „*lateral structures*“: Tento průtok je z modelu odečten (mezi MVE a vyústění odpadu z MVE).

- DKM 54,43 hltnost turbíny 3,5 m<sup>3</sup>/s (MVE při jezu Kalná Voda – Grund), vyústění DKM 53,865
- DKM 53,66 hltnost turbíny 5,8 m<sup>3</sup>/s (MVE při jezu Kalná Voda), vyústění DKM 53,651
- DKM 44,99 hltnost turbíny 4,9 m<sup>3</sup>/s (MVE při jezu Poříčí – EPO), vyústění DKM 44,985

- DKM 41,27 hltnost turbíny 7,6 m<sup>3</sup>/s (MVE při jezu Bohuslavice), vyústění DKM 41,234
- DKM 40,53 hltnost turbíny 6,0 m<sup>3</sup>/s (MVE při jezu Adamov – JUTA), vyústění DKM 38,672
- DKM 31,87 hltnost turbíny 6,0 m<sup>3</sup>/s (MVE při jezu Úpice – JUTA), vyústění DKM 38,673

### 5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost je v modelu zadávána pomocí Manningova drsnostního součinitele. Tento součinitel je jeden z faktorů, který ovlivňuje výslednou výšku hladiny a představuje jednu z charakteristik popisující terén a odpor prostředí. Pro potřeby výpočtu byly hodnoty drsnostních součinitelů odhadnuty dle odborné literatury a z podobnosti jiných toků. Drsnostní součinitel ovlivňuje více faktorů, mimo jiné např. sezonalita (vliv vegetace), transport sedimentů, údržba vodního toku apod. Minimální a maximální hodnota součinitele se ve stejném úseku může v průběhu času i významně měnit. Pro vodohospodářskou úlohu tohoto typu (stanovení průběhu hladin a rozsah záplavového území) je bezpečnější volit hodnoty n spíše při horním intervalu (tomu odpovídá vyšší hladina a větší rozlivy), kdy se předpokládá větší odpor koryta proti proudění (např. vegetace v letním období představuje vyšší odpory, přičemž právě letní povodně jsou v našich podmínkách nejčastější a většinou je při nich dosaženo nejvyšších kulminačních průtoků).

Pro jednotlivé scénáře byly z důvodu jednoznačnosti použity stejné hodnoty součinitelů drsnosti, ačkoliv různé výzkumné a odborné práce uvádějí, že drsnost je funkcí hloubky proudění (se vzrůstající hloubkou/průtokem/unášecí silou se snižuje hodnota drsnosti).

Přehledně jsou jednotlivé drsnostní součinitele uvedeny v následující tabulce. V případě opevněného koryta se předpokládá pouze opevnění břehů, údaje o souvislém opevnění dna (dlažbou nebo betonem) nejsou známy.

Charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
Koryto: oba břehy opevněny (beton, kamenné zdivo, kamenná dlažba)	0,035 – 0,04
Koryto: jeden břeh opevněn (beton, kamenné zdivo, kamenná dlažba)	0,04 – 0,045
Koryto bez opevnění	0,05
Inundace: louky popř. pole	0,1
Inundace: rozptýlená zástavba	0,15
Inundace: zástavba hustá	0,2 – 0,3

### 5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Okrajové podmínky (průtoky) jsou zadány v místech s výrazně měnícími hydrologickými poměry v místech významných přítoků. Byly vesměs využity data obdržena od ČHMÚ. Pro průtokové scénáře Q500 byly okrajové podmínky přizpůsobeny modelové situaci (počáteční průtoky ve větvích – ponížení průtoku v hlavním korytu). Hodnoty okrajových podmínek (zadávaných v rámci modulu „steady flow data“) uvádějí níže tabulky. V tabulce znamená:

- „Reach“ – úsek toku. Pro hlavní koryto jsou úseky pro přehlednost nazývány dle staničení (DKM). V případě 1D+ modelu (větvení) je pak vedlejší úsek (větev) nazvána dle lokality popř. jiného významného bodu. LI .... levá inundace, PI...pravá inundace
- „RS“ (*river station*): staničení v HEC-RAS, které odpovídá DKM (řešený úsek je DKM 29 – 58). Staničení ve vedlejších úsecích (větvě) jsou uváděny v metrech dle generovaného staničení v programu HEC-GEORAS (s ruční korekturou, software generuje pro vedlejší úseky staničení často s chybami (méně chyb je právě pro použití staničení v metrech).



- QN (5, 20, 100, 500) – vlastní hodnota okrajové podmínky (hydrologie, v souladu s kapitolou 3.2). Hodnota průtoku platí vždy v úseku **pod** (po proudu) zadávaným profilem, až do další změny/konce. V případě vedlejších úseků (větví) dochází k automatickému převodu části průtoku do těchto úseků („*lateral structure*“, viz kapitola 5.1 (postupné změny průtoků dokumentuje psaný podélný profil). Je nutné zadat na začátku vedlejších úseků (větví) hodnotu průtoku větší než nula (0,001).

V případě Q500, pokud ve vedlejším úseku (větví) tento „navazuje“ na významnější proudění v inundaci v rámci předchozího 1D schématu, je na začátku větve zadán předpokládaný průtok (dle proudění v inundaci v příčném profilu před začátkem 1D+). To je konkrétně případ:

- Vedlejší úsek „LI\_Mlade\_Buky“. V hlavním úseku staničení DKM 58.197 – 56.89312 (staničení na 5 desetinných míst nemá reálný význam, ale „papírově“ je vhodné dodržet přesnou hodnotu jako v modelu) teče 275 m<sup>3</sup>/s dle ČHMÚ. Následuje 1D+ schéma (popis větvi již byl uveden). V levé inundaci, ve větvi „LI\_Mlade\_Buky“ teče 39 m<sup>3</sup>/s, proto je v hlavním úseku Úpy průtok ponížen na 236 m<sup>3</sup>/s. Pod modelovým zaústěním větve do hlavního toku (konec 1D+) opět teče 275 m<sup>3</sup>/s (DKM 55.03937).
- Vedlejší úsek „LI\_Kalna\_Voda“. V hlavním úseku staničení DKM 55.03937– 54,56352 teče 275 m<sup>3</sup>/s dle ČHMÚ. Následuje 1D+ schéma. V levé inundaci, ve větvi „LI\_Kalna\_Voda“ teče 25 m<sup>3</sup>/s, proto je v hlavním úseku Úpy průtok ponížen na 250 m<sup>3</sup>/s. Pod modelovým zaústěním větve do hlavního toku (konec 1D+) opět teče 275 m<sup>3</sup>/s (DKM 53.34849).
- Vedlejší úsek „LI\_Horni\_S\_Mesto“. V hlavním úseku staničení DKM 53.34849– 53.02368 teče 275 m<sup>3</sup>/s dle ČHMÚ. Následuje 1D+ schéma. V levé inundaci, ve větvi „LI\_Horni\_S\_Mesto“ teče 16,5 m<sup>3</sup>/s, proto je v hlavním úseku Úpy průtok ponížen na 258,5 m<sup>3</sup>/s. Pod modelovým zaústěním větve do hlavního toku (konec 1D+) opět teče 275 m<sup>3</sup>/s (DKM 52.71023).

Popis jednotlivých větví včetně jejich DKM s ohledem na hlavní tok uvádí kapitola 5.1.

Zadání horní a dolní okrajové podmínky na začátku a konci modelu je popsáno v kapitole 4.3. Dolní okrajová podmínka není zadána jako hloubka, ale jako sklon rovnoměrného proudění v dostatečné vzdálenosti pod řešeným úsekem (dle geodetického zaměření). Model byl dostatečně prodloužen pod řešený úsek (cca 700 m).

Tabulka - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení – průtokový scénář Q5 (vlevo) a Q20 (vpravo)

Flow Change Location					Flow Change Location				
	River	Reach	RS	Q5		River	Reach	RS	Q20
1	Upa	Upa_58.2-28.0	58.197	76.2	1	Upa	LI_Kalna_Voda	1231.914	0.001
2	Upa	Upa_58.2-28.0	52.66359	79.3	2	Upa	Upa_58.2-53.3	58.197	124
3	Upa	Upa_58.2-28.0	44.36436	96.1	3	Upa	Upa_53.3-28.0	53.34849	124
4	Upa	Upa_58.2-28.0	38.95294	98.8	4	Upa	Upa_53.3-28.0	52.66359	128
5	Upa	Upa_58.2-28.0	33.55188	100	5	Upa	Upa_53.3-28.0	44.36436	153
6	Upa	Upa_58.2-28.0	31.88071	104	6	Upa	Upa_53.3-28.0	38.95294	157
7	Upa	Upa_58.2-28.0	30.73734	105	7	Upa	Upa_53.3-28.0	33.55188	159
					8	Upa	Upa_53.3-28.0	31.88071	165
					9	Upa	Upa_53.3-28.0	30.73734	166

#### 5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

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

#### 5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

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

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

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

Určitou míru nejistoty rovněž představuje hodnota součinitele drsnosti  $n$ , který je funkcí mnoha proměnných a spolehlivěji jej lze určit pouze měřením in-situ.

Tabulka -  $N$ -leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení – průtokový scénář  $Q_{100}$  (vlevo) a  $Q_{500}$  (vpravo)

River	Reach	RS	Q100	Flow Change Location				
Upa	Upa_58.2-55.0	58.197	192					
Upa	LI_Mlade_Buky	1716.13	0.001	1	Upa	PI_D_S_Mesto_2	3694.446	0.001
Upa	Upa_55.0-53.3	55.03937	192	2	Upa	PI_Dolni_S_Mesto	1699.603	0.001
Upa	LI_Kalna_Voda	1231.914	0.001	3	Upa	LI_MI_Buky_2	1769.074	0.001
Upa	Upa_53.3-52.7	53.34849	192	4	Upa	Upa_58.2-55.0	58.197	275
Upa	LI_Horni_S_Mesto	309.3416	0.001	5	Upa	Upa_58.2-55.0	56.89312	236
Upa	Upa_52.7-49.8	52.71023	192	6	Upa	LI_Mlade_Buky	1786.128	39
Upa	Upa_52.7-49.8	52.66359	198	7	Upa	Upa_55.0-53.3	55.03937	275
Upa	PI_Dolni_S_Mesto	908.3391	0.001	8	Upa	Upa_55.0-53.3	54.56352	250
Upa	Upa_49.8-49.2	49.79417	198	9	Upa	LI_Kalna_Voda	1231.914	25
Upa	LI_Porici	698.9877	0.001	10	Upa	Upa_53.3-52.7	53.34849	275
Upa	PI_D_S_Mesto_2	1016.824	0.001	11	Upa	Upa_53.3-52.7	53.02368	258.5
Upa	Upa_49.2-44.5	49.23509	198	12	Upa	LI_Horni_S_Mesto	309.3416	16.5
Upa	LI_Upice	751.6357	0.001	13	Upa	Upa_52.7-49.8	52.71023	275
Upa	Upa_44.5-33.2	44.50863	198	14	Upa	Upa_52.7-49.8	52.66359	281
Upa	Upa_44.5-33.2	44.36436	233	15	Upa	Upa_49.8-49.2	49.79417	281
Upa	Upa_44.5-33.2	38.95294	238	16	Upa	LI_Porici	1268.08	0.001
Upa	Upa_44.5-33.2	33.55188	241	17	Upa	Upa_49.2-44.5	49.23509	281
Upa	Upa_33.2-28.0	33.15126	241	18	Upa	Upa_44.5-43.2	44.50863	281
Upa	Upa_33.2-28.0	31.88071	248	19	Upa	Upa_44.5-43.2	44.36436	328
Upa	Upa_33.2-28.0	30.73734	249	20	Upa	LI_Upice	751.6357	0.001
				21	Upa	PI_Porici_CEZ	1145.09	0.001
				22	Upa	Upa_43.2-33.2	43.28183	328
				23	Upa	Upa_33.2-28.0	33.15126	338
				24	Upa	Upa_33.2-28.0	31.88071	346
				25	Upa	Upa_33.2-28.0	30.73734	348

### 5.3 Popis kalibrace modelu

Na řešeném území se nenachází žádné povodňové značky, na které by mohl být model kalibrován.

Pořizovatel poskytl zpracovateli měrnou křivku ( $Q$ - $H$ ) pro limnigraf „Horní Staré Město“. Profil je umístěn v mostním profilu. Tabulka níže uvádí porovnání hladin dle  $Q$ - $H$  křivky a hladiny vypočtených modelem (v profilu bezprostředně před mostem). Vzhledem k tomu, že jsou uvedeny pouze relativní vodočty, a zaměřený profil dna před mostem není rovný (nejhlubší dno = 445,7 m n. m., nejvyšší dno = 446,12 m n. m.], je nulová hladina vztažena k průměrné nadmořské výšce dna **445.91 m n. m.** Jak bylo uvedeno v kapitole 5.2, drsnosti jsou ve všech případech zadány jednou hodnotou. V případě  $Q_5$  a  $Q_{20}$  voda nevybřeží a je převáděna pouze korytem, v případě  $Q_{100}$  již před mostem dochází k nevýznamnému vybřežení. Součinitel drsnosti koryta je uvažován jako 0,35 v okolí mostu resp. 0,4 – 0,5 v úseku pod a nad. Tabulka uvádí vypočtené hladiny v příčném profilu bezprostředně nad mostem (DKM 53,042) a cca 13 m nad mostem (DKM 53,056).

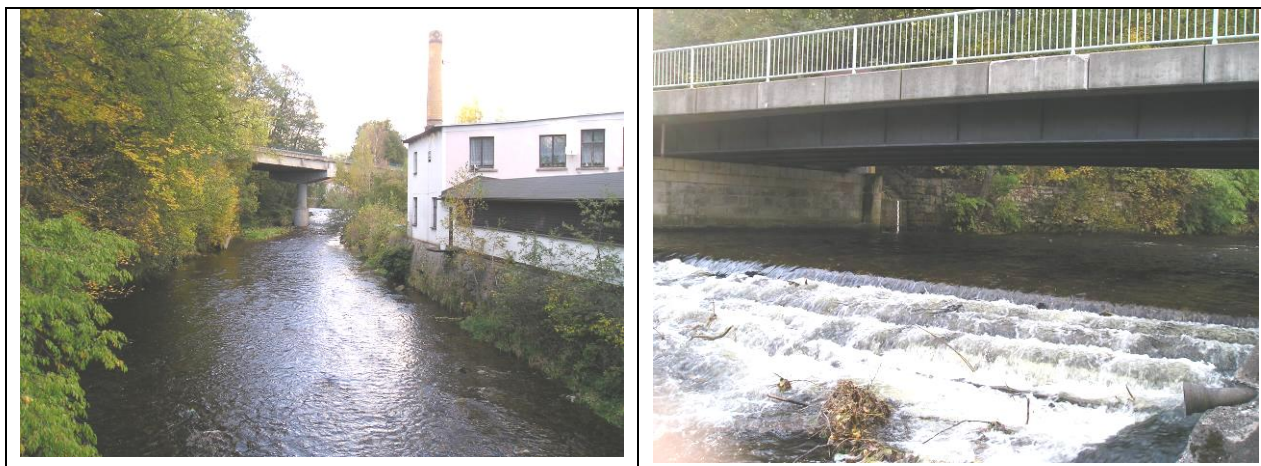
Tabulka – Porovnání hladin modelu a  $Q$ - $H$  křivky limnigrafu Horní Staré Město

$N$	$Q_N$ [m <sup>3</sup> /s]	$h_{\text{limnigraf}}$ [cm]	$h_{\text{dno,min}}$ [m n. m.]	$h_{\text{dno,max}}$ [m n. m.]	$h_{\text{dno,stř}}$ [m n. m.]	$h_{\text{limnigraf}}$ [m n. m.]	$h_{N,HEC-RAS}$ (DKM 53.04291)	$\Delta H$ [m]	$h_{N,HEC-RAS}$ (DKM 53.05645)	$\Delta H$ [m]
5	76.2	151	445.7	446.12	445.91	447.42	447.54	-0.12	447.51	-0.09

20	124	219	445.7	446.12	445.91	448.1	448.19	-0.09	448.14	-0.04
100	192	300	445.7	446.12	445.91	448.91	449.05	-0.14	448.98	-0.07
500	275	n/a	445.7	446.12	445.91	n/a	449.69		449.61	

Vypočtené hladiny jsou v dobré shodě s předpokládanými nadmořskými výškami limnigrafu pro dané N (jsou nadhodnoceny v řádu jednotek centimetrů).

Obrázek – Profil limnigrafu Horní Staré město – (pohled proti proudu)



## 6 Výstupy z modelu

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

### 6.1 Podélné profily, příčné řezy

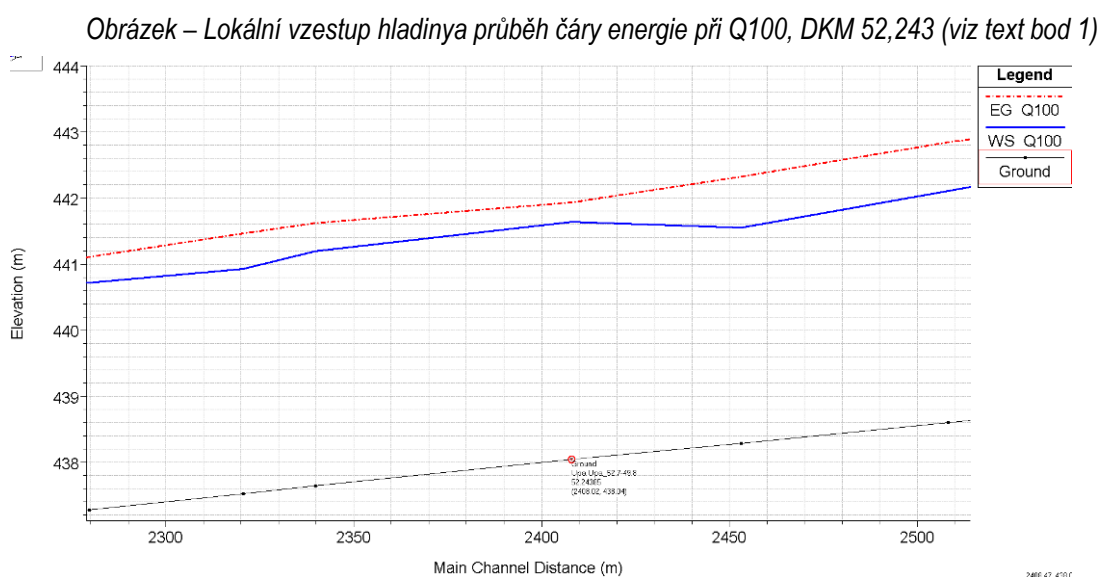
Bezprostředním výstupem hydraulického modelu jsou hladiny ve výpočetních profilech a další hydraulické charakteristiky: úroveň čáry energie a její sklon, průřezová rychlost (popř. rychlosti v předem zvoleném počtu segmentů), průtočná plocha atd.

Základním požadavkem modelu je, aby čára energie (která je počítán jako součet geodetické výšky, tlakové výšky (to je pro beztlakové proudění hladina) a rychlostní výšky) byl monotónní sestupná křivka. Tato nutná podmínka je ve všech průtokových scénářích sestaveného modelu splněna.

V běžných případech má rovněž hladina vody klesající tendenci. V některých případech toto ovšem neplatí, typickým příkladem je vodní skok při změně režimu proudění (bystřinné na říční). Stejně tak i v případě podstatných změn průtočného průřezu může hladina lokálně stoupnout, alespoň při modelové 1D popř. 1D+ schematizaci reálného proudění (které lze, bez přijetí více nebo méně zjednodušujících předpokladů, analyticky přesně popsat jen v několika málo případech). Rychlostní výška má v těchto případech (přibližně při rychlostech 3 m/s a více) nezanedbatelně vysokou hodnotu a v energetických výpočtech dvou sousedních profilů tato skutečnost může způsobit lokální vzduť a zvýšení hladiny. Reálně by toto pravděpodobně nenastalo, resp. došlo by k zatopení horního průřezu a cca vodorovné hladině.

S ohledem na výše zmíněné je vhodné upozornit na některé vlastnosti modelu, které jsou příčinou ne zcela obvyklého „chování“ popř., s ohledem na měřítko modelu, drobných nesrovnalostí:

1. V předchozím odstavci naznačené skutečnosti nastávají za určitých podmínek sporadicky i v sestaveném modelu – hladina v profilu níže po proudu je vyšší než hladina v profilu „nad. Příkladem je DKM 52,243 při scénáři Q100 (viz obrázek, čára energie je v pořádku).



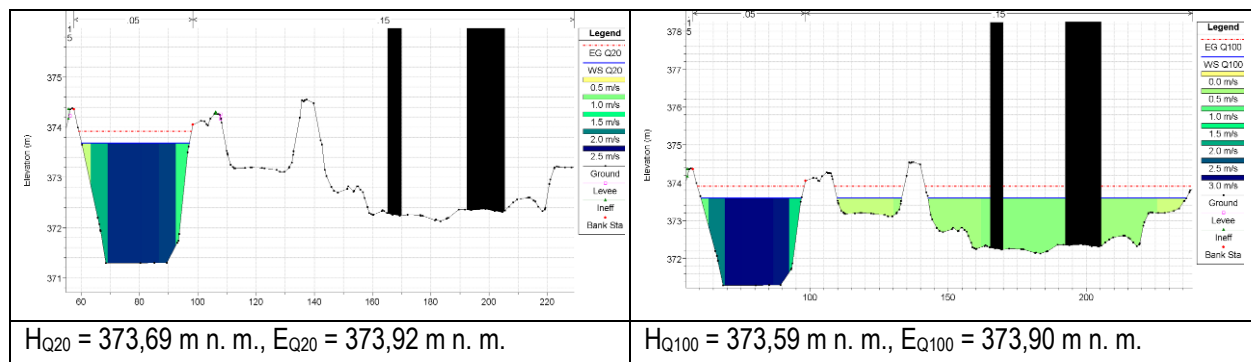
2. Pro vyšší průtokový scénář je lokálně hladina vyšší než pro nižší průtokový scénář (proudění neovlivňuje jez nebo most).

Tento jev je způsoben nemožností 1D modelu vystihnout složité poměry, kdy mezi korytem a jednou z inundací se nachází vyvýšený terén. Příkladem může být DKM 41,709 (Q20 a Q100). Zatímco pro Q20 je pomocí „levee“ celý průtok koncentrován v korytu, v případě Q100 průtok proudí v celé pravé inundaci, i za lokálně zvýšeným terénem. Vlivem rozdílných hydraulických charakteristik je potom výsledná hladina při Q100 (počítaná jako vážený průměr) lokálně nižší o cca 10 cm (dokonce i čára energie je o 2 cm níže).

Tuto nesrovnalost by bylo možné řešit 1D+ schematizací (potom by byla hladina v korytu výš a naopak v pravé inundaci níže než na uvedeném obrázku). S ohledem na řádově vyšší pracnost 1D+ modelu a další numerické obtíže je tato nepřesnost akceptována jako přijatelná.

Tato situace rovněž nastává dále při DKM 57,7 a 57,2 (Q100 proudí jen v korytě a přilehlé inundaci Q 500 proudí i za silnicí 1- třídy).

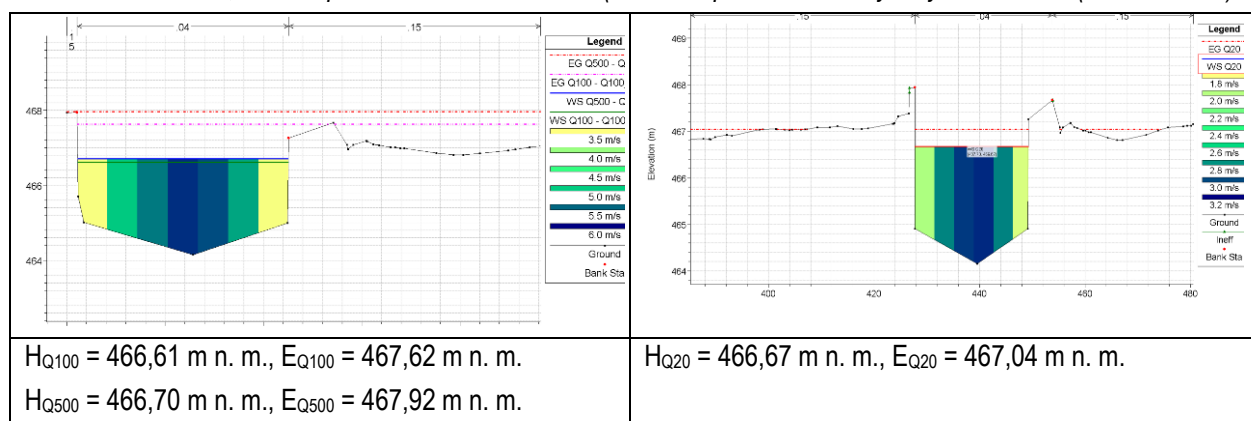
Obrázek – DKM 41,709 – příklad lokálně vyšší hladiny pro nižší průtokový scénář (viz text bod 2)



3. Lokální nesrovnalosti v průběhu hladin v okolí zaústění větvi (hladina pro vyšší průtokový scénář je nižší než pro nižší průtokový scénář). Příkladem může být jez Mladé Buky (MVE Havran) DKM 55,09. V případě Q100 a Q500 je pod jez zaústěna větev (popř. 2 větve pro Q500: LI\_Mlade\_Buky a LI\_MI\_Buky\_2). Nad jezem pak model generuje (při shodných geometrických i drsnostních charakteristikách) pro Q100 a Q500 výrazně vyšší rychlosti, vlivem toho je menší tlaková výška (hloubka), v případě Q100 i než H pro Q20. Nepřesnosti vlivem vyústění větve vzniká dále:

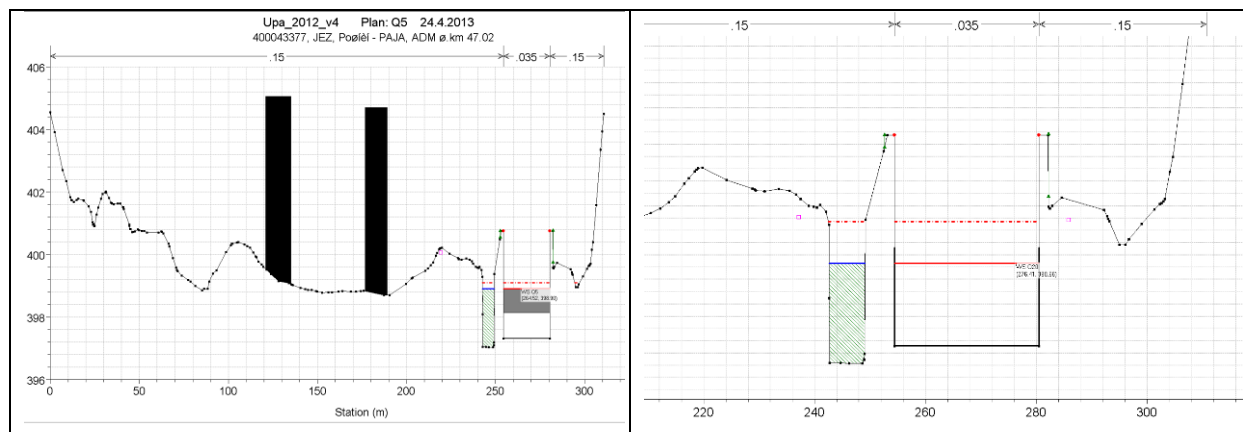
- DKM 49,234 (ústí větve H\_S\_Mesto2 nad pevný jez (resp. stupeň). Z větve přitéká cca 2 m<sup>3</sup>/s, v důsledku toho při Q100 dochází k lokálnímu nereálnému skoku o 13 cm, následně pod jezem opět poklesne. Proudění se odehrává jen v korytě, je nevýznamné. Pro Q100 je již průběh v pořádku.

Obrázek – DKM 55,09 – PF pro Q100 a Q500 vs Q20 (lokální nepřesnost hladiny – vyústění větve (viz text bod 3)



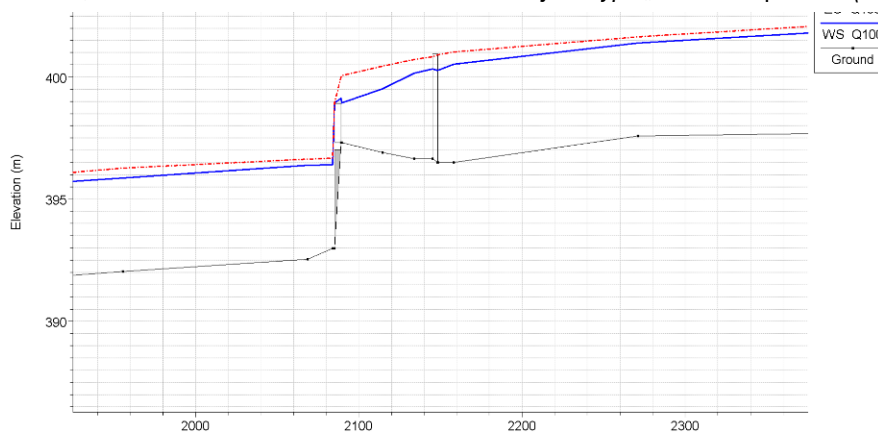
4. Lokální nesrovnalosti v průběhu hladin v okolí jezů DKM 46,66. Kapitola 5.2.1 zmiňuje obtíže spojené s použitím pohyblivého jezů typu „overflow openair“ (typ jezů klapka, poklop, popř. náplátky). Pro Q5 byl tento typ nahrazen bezproblémovým „sluice“ (stavidlo) a na tomto typu je manipulováno tak, aby hladina ve zdrži byla nominální dle MŘ. Výsledkem je lokálně rozdílný průběh hladin nad jezem pro scénář Q5 a ostatní scénáře (kdy je již jez typu „overflow openair“ vyhrazen a funguje jako pevný přepad. Protože se Q5 nachází pouze v korytě, je tuto nepřesnost možné zanedbat. Podobně je tato nepřesnost i v DKM 41,26

Obrázek – DKM 46,66 – lokální nesrovnalost hladin Q5 x Q20,100,500 – manipulace na jezu (viz text bod 4)



5. Lokální nesrovnalost u pohyblivých jezů typu „overflow openair“. Souvisí s bodem č. 4. Průběh hladin je v okolí jezů v některých případech vyčíslen ne zcela korektně, pravděpodobně je citlivé na geometrická data (situování PF apod.). Čára energie je ovšem v pořádku

Obrázek – DKM 46,66 – lokální nesrovnalost v hladině v okolí jezů typu „overflow openair“ (viz text bod 5)

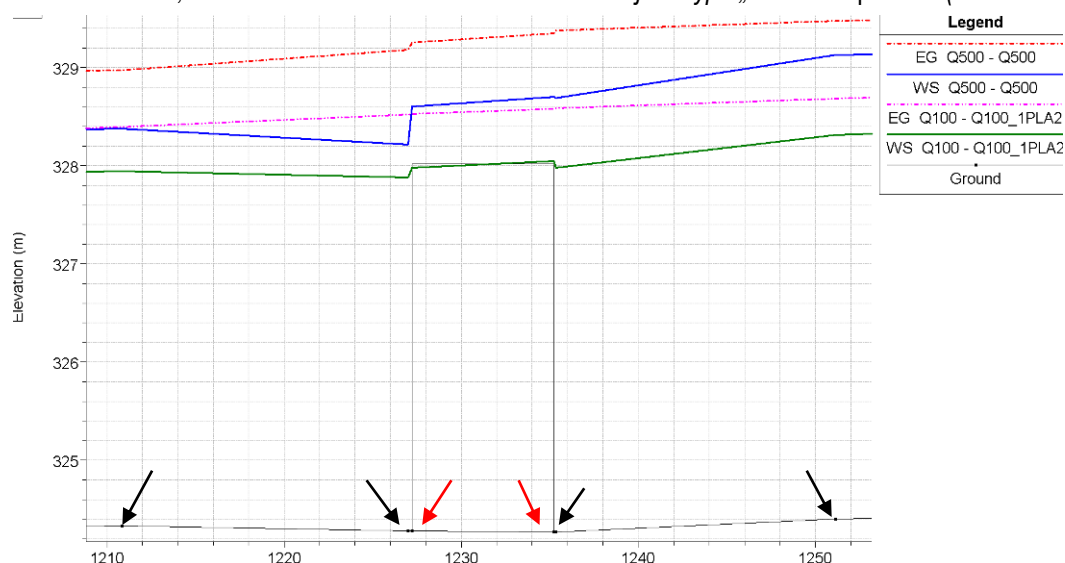


6. Lokální nesrovnalosti hladin v okolí mostních objektů. Tento jev se vyskytuje u velkého množství mostních objektů. Jedná se o náhlé kolísání hladiny v okolí mostu (náhlý sestup, náhlý vzestup). Kapitola 4.1 uvádí metodiku zadávání mostních objektů. V případě sestaveného modelu byla metoda 4 PF v okolí mostu vždy dodržena. Uvedený jev pravděpodobně souvisí se situováním PF „2“ a PF „3“ (viz schéma kap. 4.1 bezprostředně k profilu mostu, nikoliv krátkou vzdáleností před most, jak uvádí „hydraulic reference manual“. Důvodem je požadavek objednatele na vykreslení příčných řezů v profilech zaměřených geodety – a ty jsou zaměřeny právě na vstupu popř. na výstupu z mostu. V případě detailního hydraulického posouzení objektu by bylo třeba vhodné příčné řezy umístit ve vhodněji situovaných PF (dle metodiky, kterou uvádí příloha výše uvedeného hydraulického manuálu

HEC-RAS), eventuálně sít' příčných profilů zhuštit. HEC-RAS si při vlastním výpočtu automaticky vytváří další 2 PF, které jsou velmi blízko PF č. „2“ a PF „3“ (viz níže obrázek: černě zadávané PF 1 – 4, červeně automaticky vytvořené interní PF). Druhou možností odstranění těchto výkyvů v případě detailního posouzení je výpočet objektů pomocí metody „pressure and/or Weir“ (hydraulicky výtok otvorem + přepad přes mostovku), nikoliv pomocí metody založené na rovnici energie (Bernoulli – defaultně nastavená metoda).

Protože jsou tyto náhlé změny pouze lokální, lze je s ohledem na účel sestaveného modelu (není řešen detail) akceptovat. Průběh čáry energie je ve všech případech klesající, zohledňuje ztrátu na toku i výtoku.

Obrázek – DKM 46,66 – lokální nesrovnalost v hladině v okolí jezu typu „overflow openair“ (viz text bod 5)



7. Psaný podélný profil a kreslený podélný profil jsou generovány odlišným způsobem. Psaný podélný profil je upraveným výstupem z hydraulického modelu HEC-RAS, kreslený podélný profil je generován v prostředí ATLAS DMT. V ATLAS DMT jsou zadávány mostní profily od výtokového profilu (od spodu), zatímco v HEC-RAS cca v ose (nikdy není zcela přesně v ose, není cílem modelu). Proto jsou v těchto dvou mostních objektech s mírně odlišným staničením (cca  $\frac{\text{š}_{\text{mostu}}}{2}$ ).
8. Lokální nesrovnalosti vlivem simulovaných manipulací na jezích (viz kapitola 5.2.1). Protože je manipulováno na hladinu ne bezprostředně nad jezem, ale v jezové zdrži (nad jezem je hladina silně ovlivněná výpočtem – křivka snížení), ve výše uvedených případech může jezu být hladina  $Q_{20}$  v profilu jezu nižší než při  $Q_5$ . Pro účely této studie je tato nepřesnost nevýznamná (nejsou rozlivy). Příkladem může být jez DKM 51,3190 (PF 122 dle podélných řezů).

## 6.2 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 1:5 000.

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

Tabulka – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
16902	Trutnov	579025	Trutnov
		579220	Havlovice
		579548	Mladé Buky
		579726	Suchovršice
		579777	Úpice
		579785	Velké Svatoňovice*

\* okrajové dotčení DKM cca 442,7 – 43 (Levý břeh Úpy je cca hranicí správního území)

### 6.3 Hloubky pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočítané úrovně hladiny a sestaveného digitálního modelu terénu. V barevné škále zobrazuje názorně hloubku vody při povodni v záplavovém území a upozorňuje na rizikové oblasti s vysokými hloubkami vody. Výsledný rastr ve formátu .tif o velikosti pixelu 2 x 2 m obsahuje informace o hloubce vody pro každý pixel. Pro přehledné znázornění hloubek v tištěné podobě je výsledná hloubka vody rozdělena do kategorií s pevně zvoleným rozsahem hloubky (znázorněno v legendě mapového výstupu). Mapa hloubek je zobrazena na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:5 000. Nad mapu hloubek jsou zobrazeny bodové rychlosti proudění ve všech výpočetních profilech (viz kapitola 6.3).

### 6.4 Rychlosti pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$

Informace o rychlostech proudění vody v korytě a v inundačním území jsou u jednorozměrného modelu známy pouze ve výpočetních profilech. Po provedení výpočtu a získání úrovně vodní hladiny v profilu je možné dopočítat rozdělení rychlostí v korytě a levé i pravé inundaci. Rychlosti jsou prezentovány pomocí vhodně distribuovaných bodů na příčných profilech. Distribuce bodů je závislá na velikosti vodního toku (koryta toku) a rozsahu záplavového území. V korytě vodního toku musí být vždy umístěn alespoň jeden bod charakterizující rychlost proudění v korytě.

Výsledné zobrazení rychlostí je součástí mapy hloubek, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

### 6.5 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 (jsou-li k dispozici, není tento případ) atd.

Strmé resp. kolmé stěny mohou představovat určitý problém v interpretaci rastrových dat, zejména pokud rastry nemají v jednotlivých scénářích jednotně nastavenou polohu rastru vůči pixelům (metodika toto striktně nevyžaduje).

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.



## 7 Aktivní zóna záplavového území

Aktivní zóna záplavového území (dále též „AZZU“) je definována Vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., „o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území“ jako „území v zastavěných území obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tak bezprostředně ohrožuje život, zdraví a majetek lidí“.

Aktivní zóna se podle této vyhlášky stanovuje pro ustálený průtok odpovídající  $Q_{100}$ .

Stanovení AZZU se tedy stává velmi účinným preventivním nástrojem pro snížení povodňových škod. Zbývající část záplavového území mimo aktivní zónu, se nepodílí výraznou měrou na přímém provádění povodňových průtoků, ale při vyšších povodňových stavech je povodni zasažena. Pro tuto oblast vodní zákon neukládá žádná omezení, ale vodoprávní úřad může stanovit omezující podmínky pro její využívání a rozvoj.

### 7.1 Primární AZZU

Metodika stanovení primárních AZZU vychází ze základních zákonitostí proudění vody v otevřených korytech za podmínek ustáleného nerovnoměrného proudění a ze základních pravidel řešení ochrany před povodněmi. Primární AZZU lze definovat dle několika pravidel, která jsou platná obecně.

- Primární AZZU je vždy vlastní koryto hlavního toku v šířce definované břehovými hranami (nejedná se o definici koryta ve smyslu zákona o vodách).
- Všechny vedlejší paralelní permanentní vodoteče, derivační, či jiné kanály a zaústění přítoků hlavního toku jsou vždy definované jako primární AZZU v šířce určené břehovými hranami.
- V případě, že se jedná o tok ohrázený příbřežními hrázemi chránícími před povodněmi dimenzovanými na  $Q_{100}$ , jsou tyto hráze současně hranicí AZZU.
- Linie existujícího průběžného mobilního hrazení podél toku s kapacitou na  $Q_{100}$  tvoří hranici AZZU.

### 7.2 Rozšíření AZZU

S přihlédnutím k tomu, že lze odlišit mnoho typů toků a jejich niv s rozlišnou charakteristikou inundačních území a poměrů proudění vody v nich, není možné stanovit jednotnou metodiku stanovení AZZU pro všechny tyto říční typy. Na základě analýzy nejběžnějších typů toků, které se vyskytují v ČR, byly definovány čtyři základní přístupy řešení AZZU:

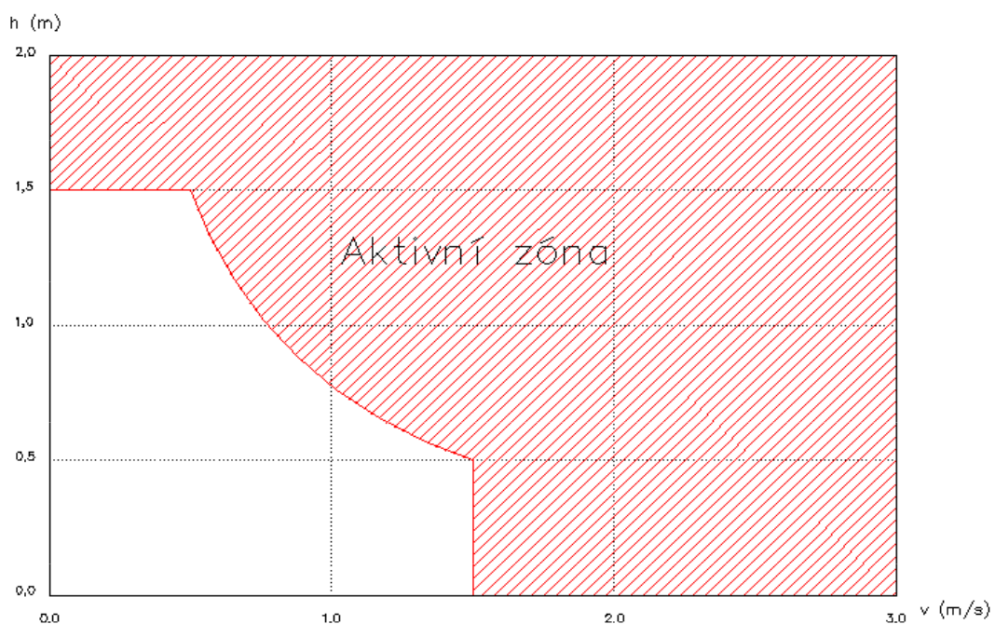
- A) Stanovení rozšířené AZZU podle záplavových území,
- B) Stanovení rozšířené AZZU podle parametrů proudění,
- C) Stanovení rozšířené AZZU podle rozdělení měrných průtoků,
- D) Stanovení rozšířené AZZU detailní 2D studií.

Každý vodní tok, pro který se vymezuje AZZU, je nutno klasifikovat a zvolit pro něj jeden nebo kombinaci z doporučených výpočetních postupů.

### 7.3 Stanovení aktivní zóny

Stanovení aktivní zóny záplavového území bylo stanoveno na základě kombinací přístupu stanovení podle záplavového území dvacetileté vody a závislosti na součinu hloubky a rychlosti vody při stoletém průtoku.

Závislost AZZU na součinu hloubky a rychlosti nejlépe vystihuje následující graf sestavený dle Finka – Bewicka. Aktivní zóna představuje oblast proudění při  $Q_{100}$ , když hloubka vody je rovna nebo větší 1,5 m, rychlost vody je rovna nebo větší 1,5 m/s, nebo součin těchto dvou veličin je větší nebo roven 0,75.



Obr. 1 Stanovení aktivní zóny záplavového území v závislosti na hloubce a rychlosti proudění podle Finka a Bewicka.