



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

# NÁVRH ÚPRAVY TOKU NA VYBRANÉ LOKALITĚ

RIVER REGULATION WITH REGARD TO THE FLOOD PROTECTION AND REVITALIZATION

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

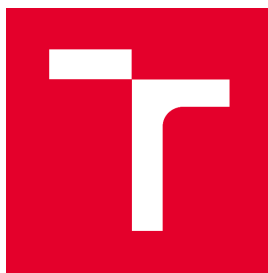
Patrik Rychlý

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID DUCHAN, Ph.D.

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Patrik Rychlý
<b>Název</b>	Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. David Duchan, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

- 1) Příčné a podélné profily úseku toku
- 2) Situace a digitální model terénu
- 3) Hydrologické podklady

Literatura:

- 1) Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, 1959
- 2) Studijní opora "Proudění v systémech říčních koryt" a "Projekt vodní stavby".
- 3) ES 2007. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. října o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.
- 4) MŽP ČR 2009. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV T.G. Masaryka v.v.i, Brno. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- 5) Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na vybrané lokalitě bude provedeno ověření kapacity koryta. Na základě hydraulických výpočtů bude proveden návrh úpravy toku s přihlédnutím k revitalizaci a přírodě blízké protipovodňové ochrany.

Výstupy:

- 1) Textová část
- 2) Mapové výstupy

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. David Duchan, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem vhodné varianty revitalizace náhonu řeky Chrudimky a výstavbou protipovodňového parku v intravilánu města Chrudim. V rámci práce je nejdříve popsán stávající stav řešené lokality, následně jsou navrženy tři varianty možného řešení vzhledem k limitům daného území. Z navržených variant je vybrána jako nejvhodnější ta, která svým zpracováním navazuje na již revitalizovaný tok v sousedícím parku. Zvolená varianta pro řešené území je detailněji zpracována. V rámci zpracování je vytvořen 1D hydraulický model, který je porovnán s hydraulickým modelem současného stavu. Bakalářská práce může sloužit jako podklad pro případnou realizaci.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Chrudim, Chrudimka, náhon, parková úprava, revitalizace, protipovodňová ochrana, HEC-RAS, 1D

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis is focused on the design of a suitable variant for the millrace revitalization of the Chrudimka river and the construction of a flood protection park in the urban area of the town of Chrudim. Within the thesis, first the current state of the solved locality is described, then three variants of a possible solution are proposed with regard to the limits of the given area. From the proposed variants the most suitable one is selected, which, with its processing, follows on from the already revitalized stream in the adjacent park. The selected variant for the given area is elaborated in more detail. As part of the processing, a 1D hydraulic model is created, which is compared with the hydraulic model of the current state. The thesis can serve as a basis for a possible realization of such project.

## **KEYWORDS**

Chrudim, Chrudimka, millrace, landscaping, revitalization, flood protection, HEC-RAS, 1D

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Patrik Rychlý *Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě*. Brno, 2021. 48 s., 48 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.  
Vedoucí práce Ing. David Duchan, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Patrik Rychlý  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh úpravy toku na vybrané lokalitě* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Patrik Rychlý  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Davidu Duchanovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a vysvětlení veškeré vzniklé problematiky při zpracování práce. Dále bych také rád poděkoval všem osloveným subjektům za poskytnutá data.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PROUDĚNÍ VODY V OTEVŘENÝCH KORYTECH</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Druhy proudění</b> .....	<b>5</b>
3.1.1	Ustálené a neustálené proudění .....	5
3.1.2	Rovnoměrné a nerovnoměrné proudění .....	5
<b>3.2</b>	<b>Rovnoměrné ustálené proudění</b> .....	<b>5</b>
3.2.1	Rovnice kontinuity, rychlost proudění vody v korytě .....	5
3.2.2	Rychlostní součinitel dle Pavlovského .....	6
3.2.3	Rychlostní součinitel dle Manninga .....	6
3.2.4	Rychlostní vztah dle Stricklera .....	6
<b>3.3</b>	<b>Nerovnoměrné ustálené proudění</b> .....	<b>6</b>
<b>3.4</b>	<b>Metoda po úsecích</b> .....	<b>6</b>
<b>3.5</b>	<b>Stanovení výšky hladiny v programu HEC-RAS</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ÚPRAVY VODNÍCH TOKŮ</b> .....	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Renaturace</b> .....	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Revitalizace</b> .....	<b>9</b>
4.2.1	Hlavní efekty revitalizace koryta .....	9
4.2.2	Přírodě blízká protipovodňová opatření měst a obcí .....	11
<b>4.3</b>	<b>Úprava toku</b> .....	<b>17</b>
4.3.1	Hlavní účely úprav toků .....	17
4.3.2	Zásady navrhování úprav toků .....	17
<b>5</b>	<b>POPIS ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ</b> .....	<b>19</b>
<b>5.1</b>	<b>Správní údaje</b> .....	<b>19</b>
<b>5.2</b>	<b>Přírodní charakteristiky</b> .....	<b>19</b>
5.2.1	Geologické poměry .....	19
5.2.2	Klimatické poměry .....	19
5.2.3	Ochrana přírody .....	20
<b>5.3</b>	<b>Vlastnické vztahy</b> .....	<b>21</b>
<b>5.4</b>	<b>Technické limity území</b> .....	<b>22</b>
5.4.1	Inženýrské sítě .....	22
5.4.2	Studie opravy mostu Malecká .....	22



5.4.3	Studie odtokových poměrů .....	23
5.4.4	Složení půdy.....	23
<b>5.5</b>	<b>Územní plán .....</b>	<b>23</b>
<b>5.6</b>	<b>Stávající stav toku .....</b>	<b>23</b>
5.6.1	Chrudimka.....	24
5.6.2	Náhon.....	26
5.6.3	Spojovací koryto .....	28
5.6.4	Protipovodňová opatření .....	28
<b>6</b>	<b>NÁVRHY OPATŘENÍ.....</b>	<b>30</b>
<b>6.1</b>	<b>Limity území.....</b>	<b>30</b>
<b>6.2</b>	<b>Varianty přístupu technického řešení .....</b>	<b>31</b>
6.2.1	Varianta 1 .....	31
6.2.2	Varianta 2.....	31
6.2.3	Varianta 3.....	32
<b>7</b>	<b>DETAILNÍ ŘEŠENÍ VÝSLEDNÉ VARIANTY .....</b>	<b>34</b>
<b>7.1</b>	<b>Hydraulika stávajícího stavu.....</b>	<b>34</b>
7.1.1	Vstupní data .....	34
7.1.2	Kalibrace modelu .....	34
7.1.3	Okrajové podmínky.....	34
7.1.4	Vyhodnocení kalibrace.....	36
<b>7.2</b>	<b>Popis navržené varianty.....</b>	<b>38</b>
<b>7.3</b>	<b>Hydraulika navrženého stavu .....</b>	<b>38</b>
7.3.1	Vstupní data .....	39
7.3.2	Okrajové podmínky.....	39
7.3.3	Vyhodnocení navržené varianty .....	39
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>44</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>45</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>46</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>48</b>

# 1 ÚVOD

Město Chrudim disponuje krásnou architekturou a od roku 2017 také nově zrekonstruovaným parkem Střelnice, kde došlo i k revitalizaci koryta náhonu. Revitalizované území spadá do přírodní památky Ptačí ostrovy a je využíváno jako prostor pro volnočasové aktivity v zeleni. Ačkoliv je park Střelnice ideálním místem pro trávení volného času, navazuje na prostor, který dříve sloužil jako skládka. V současné době je prostor využíván ke skladování materiálu a parkování. Tento fakt kazí celkový dojem z dané lokality včetně parku Střelnice.

Z tohoto důvodu se vedení města Chrudimi rozhodlo, že by danou lokalitu chtělo zrekonstruovat na plochu využitelnou k rekreaci, volnočasovým aktivitám, a především rozšířit zeleň v intravilánu města. V rámci této lokality by tedy měl vzniknout park, který bude sloužit k výše zmíněným účelům a dále také jako protipovodňová ochrana přilehlých pozemků.

V ideálním případě by se oblast měla proměnit na místo, kde dojde k propojení zeleno-modré infrastruktury a lepší povodňovou situaci.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je sestavení a kalibrace hydraulického modelu stávajícího stavu a následné hydraulické ověření navržené varianty revitalizace koryta náhonu řeky Chrudimky za mostem Malecká. V rámci návrhu dojde k realizaci protipovodňového parku v prostoru bývalé skládky. Výsledná varianta může sloužit jako podklad pro budoucí realizaci revitalizace řešené lokality.

Řešené území se nachází v severovýchodní části intravilánu města Chrudim. Současný stav není vyhovující z hlediska povodňové ochrany ani z hlediska urbánního prostředí města Chrudim. Práce si klade za cíl navržení takových variant, které budou daný nevhovující stav řešit z obou hledisek.

V rámci práce budou navrženy tři varianty možného řešení s přihlédnutím k limitům daného území. Nejvhodnější z navržených variant bude detailněji zpracována. V rámci daného zpracování bude vyhotoven hydraulický model, který bude následně porovnán se současným stavem. V závěru práce bude vyhodnoceno, zda navržená varianta zlepšila povodňovou situaci.

Cíl práce v bodech:

- Vytvoření a kalibrace hydraulického modelu současného stavu.
- Návrh variantní úpravy náhonu.
- Hydraulické ověření návrhu úpravy.

### 3 PROUDĚNÍ VODY V OTEVŘENÝCH KORYTECH

Při řešení úloh proudění vody v otevřených korytech je hlavním předpokladem chování tlaku dle hydrostatických pravidel. Dalším předpokladem je, že sklony dna jsou tak malé, že délku proudu lze nahradit průmětem do vodorovné roviny, přičemž průřezy jsou nahrazeny svislými řezy. [1]

#### 3.1 DRUHY PROUDĚNÍ

Proudění vody v otevřených korytech lze rozdělit dle dvou hlavních kritérií [1]:

- Změna hodnoty průtoku v čase.
- Změna prostorového charakteru koryta po délce.

##### 3.1.1 Ustálené a neustálené proudění

Dle změny průtoku v čase [1]:

- **Ustálené proudění** - průtok  $Q$  je v čase konstantní.
- **Neustálené proudění** - průtok  $Q$  se v čase mění.

##### 3.1.2 Rovnoměrné a nerovnoměrné proudění

Dle změny prostorového charakteru koryta [1]:

- **Rovnoměrné proudění** - koryto má pravidelný průtočný profil, který nemění svůj tvar po délce. Průtočná plocha  $A$ , omočený obvod  $O$ , podélný sklon  $i$ , průřezová rychlost  $v$  a drsnost  $n$ , jsou po délce konstantní.
- **Nerovnoměrné proudění** - koryto nemá pravidelný průtočný profil, který se může měnit po délce. Průtočná plocha  $A$ , omočený obvod  $O$ , podélný sklon  $i$ , průřezová rychlost  $v$  a drsnost  $n$ , nejsou po délce konstantní.

#### 3.2 ROVNOMĚRNÉ USTÁLENÉ PROUDĚNÍ

Rovnoměrné ustálené proudění lze uvažovat v umělých kanálech s neměnným charakterem koryta. U přirozených toků dané proudění uvažovat nelze, jelikož charakter koryta není konstantní po celé délce [1].

##### 3.2.1 Rovnice kontinuity, rychlost proudění vody v korytě

Z rovnice kontinuity můžeme spočítat průtok  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] [1]:

$$Q = Av, \quad (3.1)$$

kde  $A$  je průtočná plocha [ $\text{m}^2$ ],  $v$  je průřezová rychlost [ $\text{m}/\text{s}$ ].

Průřezovou rychlost  $v$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] lze spočítat z Chézyho rovnice [1]:

$$v = C\sqrt{Ri}, \quad (3.2)$$

kde  $C$  [ $\text{m}^{0.5}/\text{s}$ ] je rychlostní součinitel,  $R$  [ $\text{m}$ ] je hydraulický poloměr,  $i$  [-] je sklon dna.

Pro stanovení rychlostní součinitele  $C$  bylo odvozeno mnoho vztahů. Při výpočtu na stejném profilu mohou vyjít různé hodnoty. V našich podmínkách jsou nejčastěji použity vztahy dle Pavlovského, Manninga a Stricklera [1].

### 3.2.2 Rychlostní součinitel dle Pavlovského

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (3.3)$$

Kde  $n$  [-] je drsnostní součinitel,  $R$  [m] hydraulický poloměr a  $y$  lze určit z rovnice (3.4) [1]:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1) \quad (3.4)$$

### 3.2.3 Rychlostní součinitel dle Manninga

Uvažujeme-li hodnotu exponentu  $y=1/6$ , kterou dosadíme do Pavlovského rychlostního vztahu (3.3), obdržíme Manningův rychlostní vztah [1]:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (3.5)$$

### 3.2.4 Rychlostní vztah dle Stricklera

Strickler upravil Chézyho (3.2) tak, že se průřezová rychlost neurčí pomocí rychlostního součinitele  $C$ , ale pomocí součinitele  $k_s$ , který je závislý na zrnitosti materiálu koryta [1].

$$v = k_s R^{2/3} i^{1/2} \quad (3.6)$$

Součinitel  $k_s$  je určen z rovnice:

$$k_s = \frac{21.1}{\sqrt[6]{d_s}} \quad (3.7)$$

kde  $d_s$  je 55% hodnota zrna z křivky zrnitosti krycí vrstvy v korytě.

## 3.3 NEROVNOMĚRNÉ USTÁLENÉ PROUDĚNÍ

Nerovnoměrné ustálené proudění lze charakterizovat tak, že průtok  $Q$  je v čase neměnný, ale charakteristické hydraulické veličiny se po délce mění [1].

Při daném proudění dochází ke ztrátám [1]:

- **Ztráty třením** - vznikají třením vody o stěny o koryta a také vnitřním třením mezi jednotlivými proudovými vlákny
- **Ztráty místní** - vznikají v důsledky změny průtočného průřezu

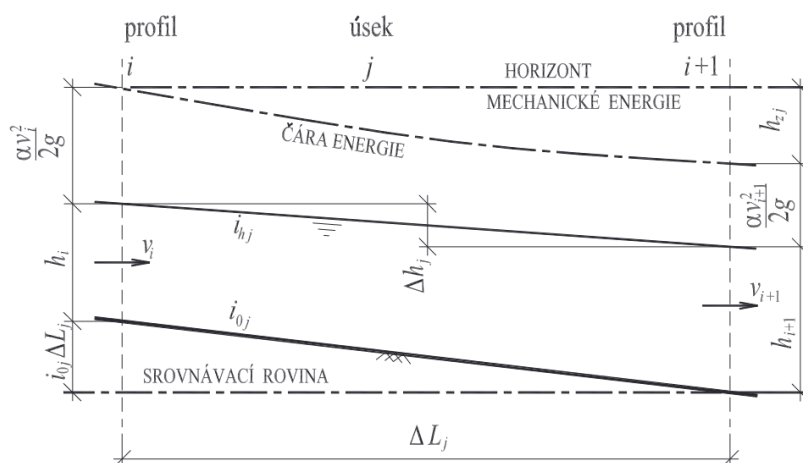
## 3.4 METODA PO ÚSECÍCH

Metodou po úsecích se řeší nerovnoměrné ustálené proudění [1].

Koryto s proměnlivými příčnými profily se rozdělí na úseky o délce  $\Delta L_j$ . Předpokladem pro řešení je, že se průtočné profily a rychlosti mění spojitě mezi jednotlivými úseky. S tímto předpokladem lze napsat pro profily  $i$  a  $i+1$  Bernoulliho rovnici ve tvaru [1]:

$$i_j \Delta L_j + h_i + \frac{\alpha v_i^2}{2g} = h_{i+1} + \frac{\alpha v_{i+1}^2}{2g} + h_{zj}, \quad (3.8)$$

kde  $i_j$  je sklon dna [-],  $\alpha$  je Coriolisovo číslo [-],  $h_i$  a  $h_{i+1}$  jsou hloubky v daných profilech [m],  $v_i$  a  $v_{i+1}$  jsou průřezové rychlosti v daných profilech [ $\text{m}^2/\text{s}$ ],  $h_{zj}$  je ztrátová výška [m] a  $g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m}/\text{s}$ ].



Obr. 1 - Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění [1]

Rozdíl hladin  $\Delta h$  [m] v profilech lze vyjádřit jako [1]:

$$\Delta h = i_j \Delta L_j + h_i - h_{i+1} = \frac{\alpha(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2g} + h_{zj} \quad (3.9)$$

Ztrátovou výšku  $h_{zj}$  [m] lze vyjádřit jako:

$$h_{zj} = h_t + h_m = (i_{pj} \Delta L_j) + \xi \left| \frac{\alpha v_{i+1}^2 - \alpha v_i^2}{2g} \right|, \quad (3.10)$$

kde  $h_t$  jsou ztráty třením po délce [m],  $h_m$  jsou ztráty místní [m],  $\xi$  je součinitel místních ztrát [-] a  $i_{pj}$  je průměrný sklon čáry energie [-].

### 3.5 STANOVENÍ VÝŠKY HLADINY V PROGRAMU HEC-RAS

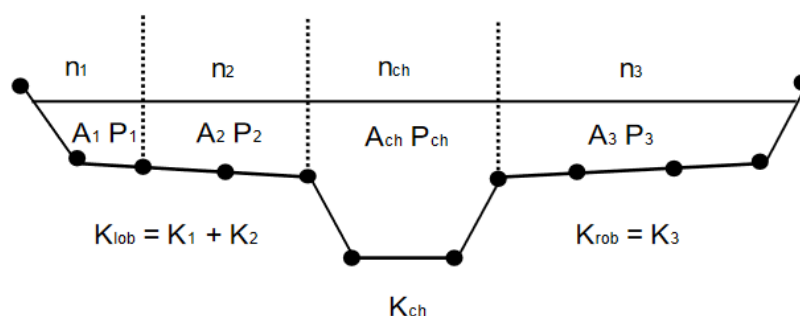
Program HEC-RAS využívá ke stanovení výšky hladiny v jednotlivých profilech rovnici kontinuity (3.1) a metodu po úsecích (3.8) [2].

Rozdíl mezi ručním výpočtem a výpočtem v programu HEC-RAS spočívá ve stanovení ztrátové výšky  $h_{zj}$  (3.10), respektive tím, jak je určena vzdálenost mezi profily  $\Delta L_j$  [2].

$$\Delta L_j = \frac{L_{lob} Q_{lob} + L_{ch} Q_{ch} + L_{rob} Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \quad (3.11)$$

V rovnici (3.11)  $L_{lob}$  představuje vzdálenost levých břehových čar mezi dvěma profily [m],  $L_{ch}$  je vzdálenost v os mezi dvěma profily [m],  $L_{rob}$  je vzdálenost pravých břehových čar mezi dvěma profily [m],  $Q_{lob}$  je průtok za levou břehovou čarou [ $m^3/s$ ],  $Q_{ch}$  je průtok mezi břehovými čarami [ $m^3/s$ ],  $Q_{rob}$  je průtok za pravou břehovou čarou [ $m^3/s$ ].

Program si dále rozdělí průtočný profil na jednotlivé segmenty, které značí  $K$  - součinitel změny průtočné plochy a spočítá hodnotu průtoku pro daný segment. Segmenty jsou rozděleny svislicemi v lomových bodech (body, kde se mění hodnota drsnosti) [2].



Obr. 2 - Rozdělení příčného profilu na segmenty [2]

Součinitel změny průtočné plochy  $K$  [-] se počítá z rovnice [2]:

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3}, \quad (3.12)$$

kde  $A$  je průtočná plocha [ $m^2$ ],  $n$  je drsnostní součinitel segmentu [-],  $R$  je hydraulický poloměr [m].

Průtok  $Q$  [ $m^3/s$ ] v jednotlivých segmentech se spočítá dle rovnice [2]:

$$Q = Ki_e^{1/2}, \quad (3.13)$$

kde  $i_e$  [-] je sklon čáry energie.

## 4 ÚPRAVY VODNÍCH TOKŮ

Zkapacitnění sítě vodních toků a rychlé odvedení vody z krajiny za účelem protipovodňové ochrany v minulých desetiletích vedlo k tomu, že se z krajiny začali ztrácet potoky a říčky, které nahradily upravené vodní toky, svodnice a kanály. V 80. letech se velkoplošné odvodňování krajiny a využívání chemikálií v zemědělství začalo projevovat na kvalitě vody a v mnoha případech přesáhlo únosnou míru. Problémy spojené s danými zásahy do vodního prostředí dnes řešíme pomocí renaturací, nebo vhodně zvolených revitalizací toků [3].

### 4.1 RENATURACE

Renaturace je proces, při kterém dochází k destrukci technických opevnění břehů, dna a příčných staveb vlivem dynamiky vodního toku (viz Obr. 3). Míra renaturace je posuzována dle dosaženého stupně potenciálního geomorfologického (dále jen GMF) typu [4].



Obr. 3 - Renaturace vodního toku [5]

### 4.2 REVITALIZACE

Hlavním cílem provádění revitalizací vodních toků je obnovení členitosti vodního prostředí, které dokáže vodu v krajině zadržovat. To je přesným opakem dříve realizovaných úprav toků, které převážně sloužili k rychlému odvedení vody z krajiny [3].

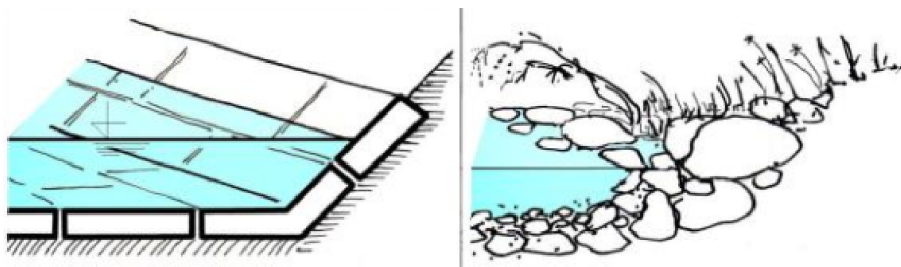
Revitalizované toky se proti původním upraveným tokům vyznačují členitějším tvarem koryta, menší kapacitou a menším zahloubením [3].

#### 4.2.1 Hlavní efekty revitalizace koryta

**Zvětšení omočeného (aktivního) povrchu**



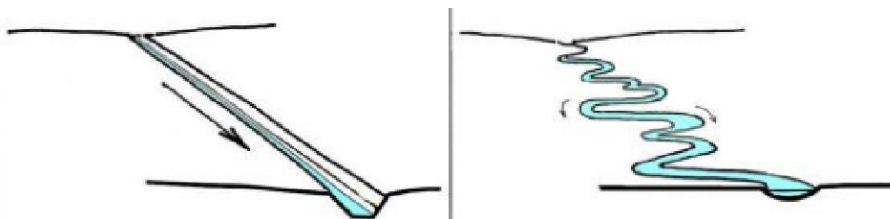
Opevnění dna koryta kamenným pohozením je několikanásobně aktivnější oproti rovnému dnu s betonovou deskou (viz Obr. 4). Omočený povrch koryta je významný pro oživení dna a břehů koryta mikroorganismy, které přispívají k procesům čištění vody [3].



Obr. 4 - Schématické zvětšení omočeného obvodu [6]

### Prodloužení trasy a dob proběhu vody

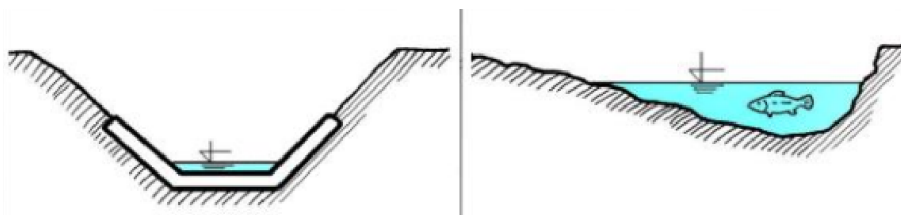
Doba proběhu, respektive doba zdržení je zásadní parametr pro přirozené dočišťování vody v korytě. Doba proběhu lze výrazně prodloužit zvlněním koryta (viz Obr. 5), snížením podélného sklonu a zvýšením drsnosti [3].



Obr. 5 - Schématické prodloužení délky zvlněním trasy [6]

### Zvětšení aktuální zásoby vody v korytě

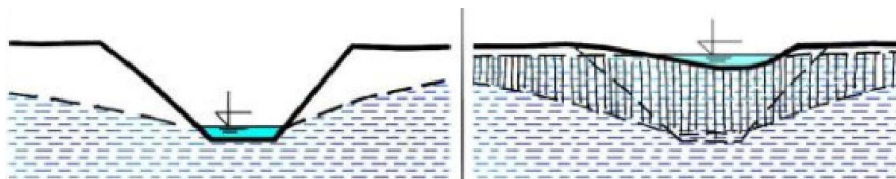
Množství vody v korytě je významné nejen pro živočichy a rostliny, ale také jako zásobní objem vody v přírodě. Proto je cílem revitalizací měnit upravená koryta, kde teče malé množství vody o velké rychlosti po rovném betonovém dně, na koryta členěná tůňmi, ve kterých je větší aktuální množství vody při běžných průtokových poměrech (viz Obr. 6) [3].



Obr. 6 - Schématické zvětšení aktuální zásoby vody v korytě [6]

### Zvětšení zásoby nivní vody

Podzemní vody v nivě jsou významnou položkou v zásobě vody v krajině. Upravená koryta jsou z důvodu odvodnění podzemní nivní vody výrazně zahloubena (viz Obr. 7). V rámci revitalizací je snahou zvýšit úroveň podzemní vody. Z daného důvodu se koryta realizují mělkěji [3].



Obr. 7 - Schématické zvětšení zásoby nivní vody [6]

### Tlumení průběhu velkých vod

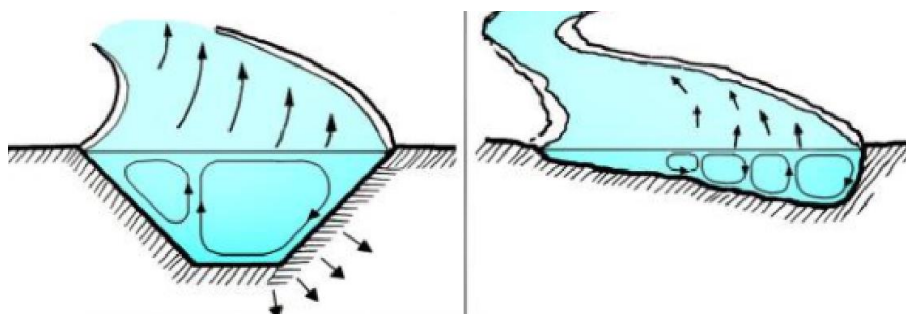
Upravená koryta, která mají hydraulicky hladký povrch a daný kapacitní průtok, jsou pro postup povodňové vlny výrazně náchylnější, než v rámci revitalizací realizovaná zdrsňená a změlčená koryta, která podporují rozliv do nivy a zpomalují rychlost proudění (viz Obr. 9) [3].



Obr. 8 - Schématické tlumení průběhu velkých vod [6]

### Obnovení přirozené stability koryta

Revitalizovanými koryty protéká menší množství vody, proto jsou opevnění vystavována menším rychlostem, než je tomu v upravených korytech (viz Obr. 9). Z daného důvodu jsou revitalizovaná koryta přirozeně stabilnější než upravená koryta [3].



Obr. 9 - Schéma obnovení přirozené stability koryta [6]

## 4.2.2 Přírodě blízká protipovodňová opatření měst a obcí

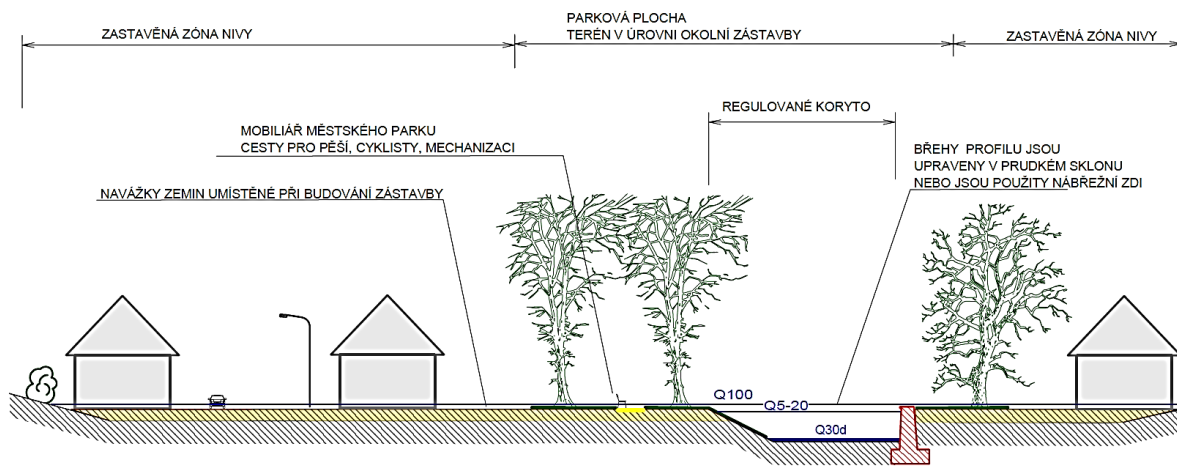
V rámci protipovodňové ochrany intravilánu je nezbytné rychlé a bezpečné odvedení povodňových průtoků. Jedním ze způsobů docílení takové ochrany je realizování složeného profilu se stěhovavou kynetou, kde bermy slouží jako nivy. Běžné průtoky jsou převedeny kynetou. Povodňové průtoky jsou převedeny v rámci prostoru bermy. Daný způsob ochrany intravilánu umožňuje využití rekreačního potenciálu toku [7].

V rámci podkladu [7] jsou vymezeny tři základní subtypy výše zmíněné ochrany.

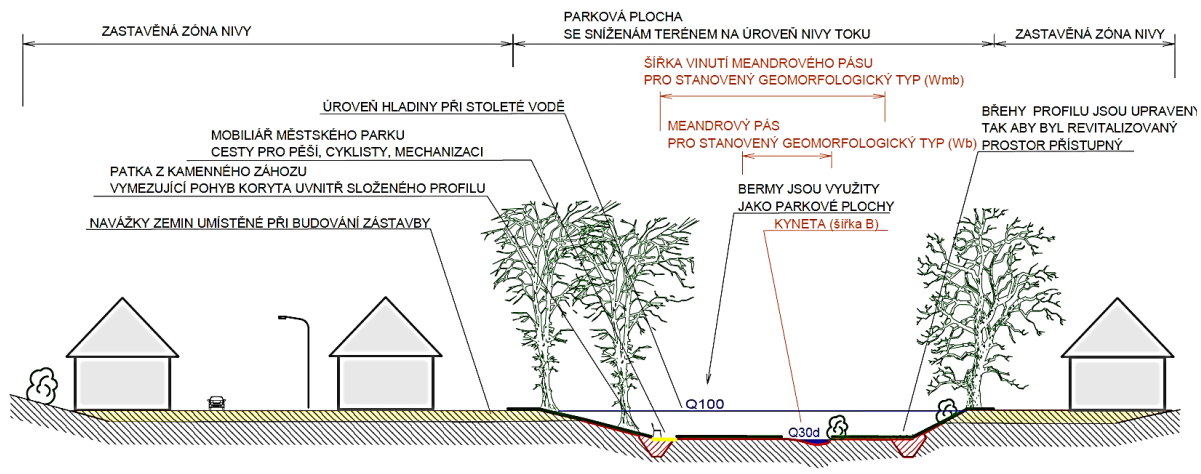
### Složený profil s plně rozvinutým potenciálem GMF typem (subtyp 1)

Daný typ ochrany je vhodný v lokalitách, kde je dostatečně velký prostor pro plně rozvinuté meandrování složeného profilu. Bermy jsou širší, než je šířka meandrového pásu, lze

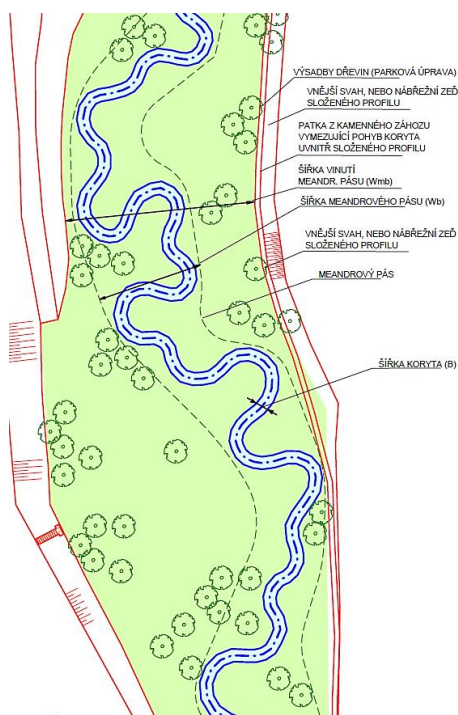
tedy navrhnout trasu kynety bez omezení. Protipovodňová ochrana daného typu je na průtoky  $Q_{20}$  až  $Q_{100}$  [7].



Obr. 10 - Subtyp 1 - původní stav [7]



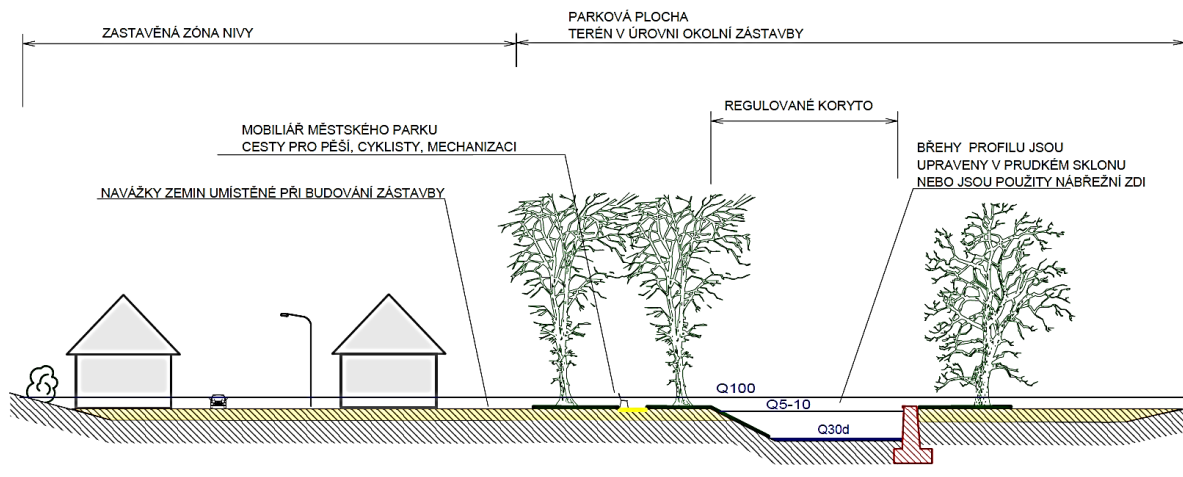
Obr. 11 - Subtyp 1 - nový stav [7]



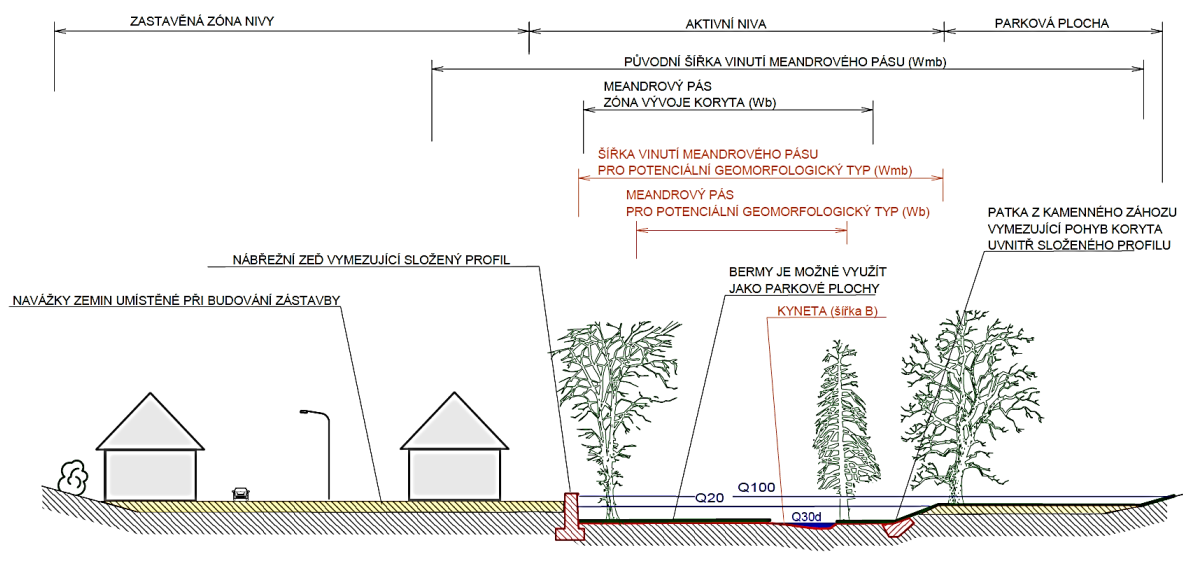
Obr. 12 - Subtyp 1 - situace nového stavu [7]

### Složený profil s nedokončeným vývojem potenciálního GMF typu (subtyp 2)

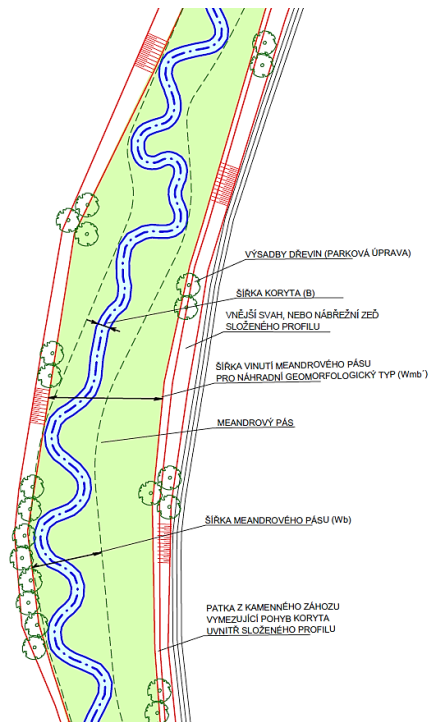
Daný způsob ochrany je využíván v místech s omezeným prostorem pro rozliv. Šířka levé i pravé bermy je menší než šířka meandrového pásu, ale širší než šířka koryty v břehových hranách. Z toho důvodu dochází pouze k rozvinutí základních charakteristik GMF potenciálu, ale nedojde ke změně původního GMF potenciálu toku. Protipovodňová ochrana daného typu je na průtoky  $max Q_{20}$  [7].



Obr. 13 - Subtyp 2 - původní stav [7]



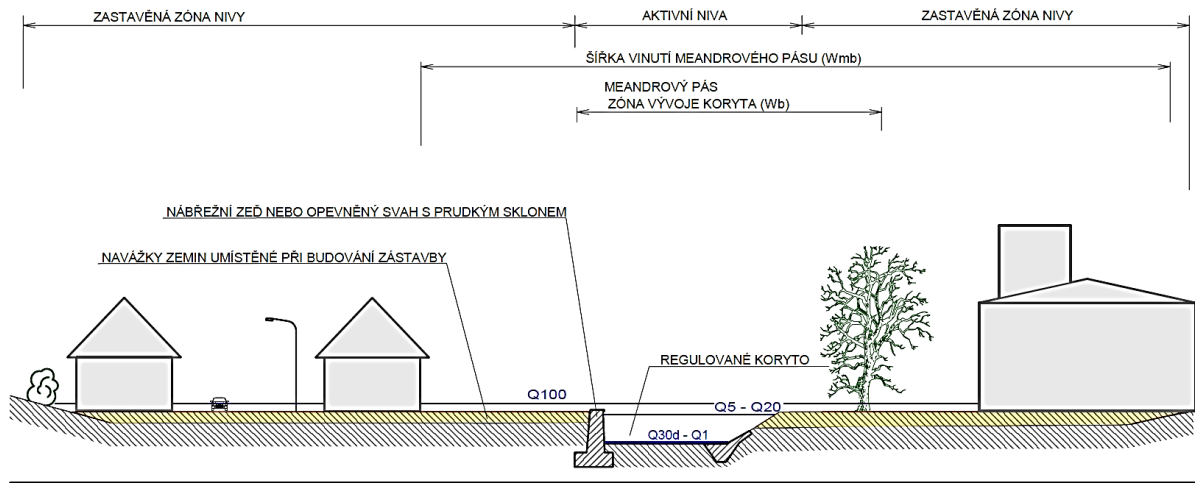
Obr. 14 - Subtyp 2 - nový stav [7]



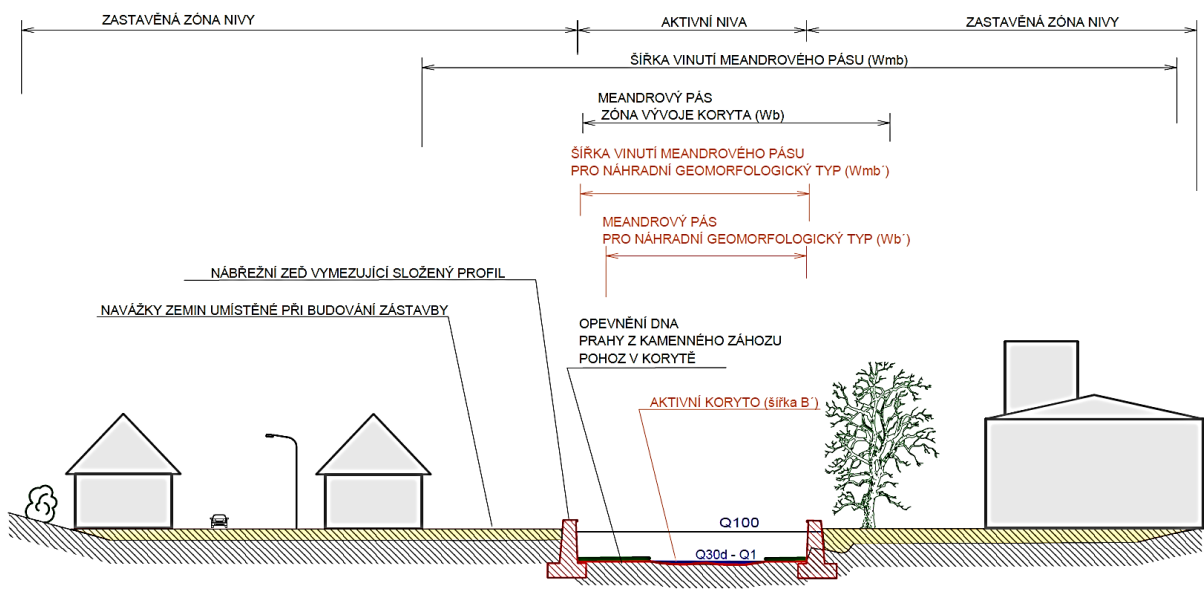
Obr. 15 - Subtyp 2 - situace nového stavu [7]

### Složený profil s náhradním potenciálem GMF typem (subtyp 3)

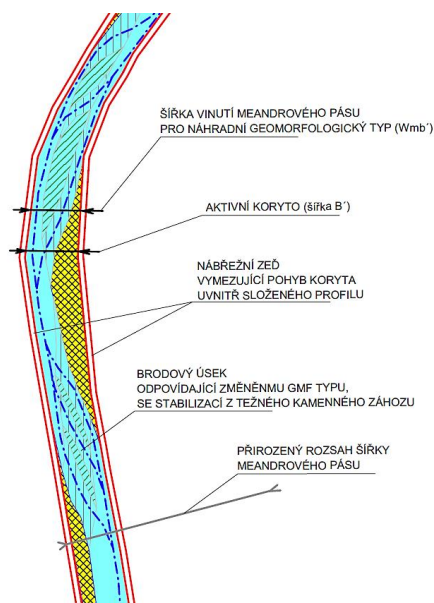
Takový typ ochrany lze použít v prostorově omezených částech intravilánu. Není možné navrhout dostatečně kapacitní profil pro požadovanou ochranu s bermami pro stěhovavou kynetu. Kyneta je širší než bermy, případně bermy zcela chybí. Podélný profil toku vyžaduje posílení stability příčnými stabilizačními prahy. Návrhové parametry se podobají korytům s nedokončeným vývojem stěrkonosného větvení [7].



Obr. 16 - Subtyp 3 - původní stav [7]



Obr. 17 - Subtyp 3 - nový stav [7]



Obr. 18 - Subtyp 3 - situace nového stavu [7]

## 4.3 ÚPRAVA TOKU

Neupravené toky mohou způsobovat všeobecně známé škody, kterým se dá zabránit vhodně zvolenou úpravou toku a změnou odtokových poměrů v povodí. V rámci úprav toků se realizují především břehové podélné stavby, které usměrňují tok, vytvářejí vhodný podélný sklon, zabezpečují břehy toku, případně dno toku, a mění příčný profil koryta. Další prvky, které se v rámci úprav toků realizují, jsou stupně, prahy a ochranné hráze. Tyto prvky lze obecně nazvat příčné stavby [8].

### 4.3.1 Hlavní účely úprav toků

#### Ochrana podél toku

Vhodně zvolenou úpravou toku lze před povodněmi ochránit stavby, zemědělské plochy a komunikace, které se nacházejí podél toku [8].

#### Zabránění erozi koryta

V rámci úprav toků se realizací břehových staveb (například patek) zvyšuje stabilita koryta. V důsledku vyšší stability nedochází k erozi svahů a zanášení koryta toku [8].

#### Odvodnění pozemků

Hladinu podzemní vody na přilehlých pozemcích lze výrazně snížit pomocí zvýšení hladiny v upraveném korytě [8].

### 4.3.2 Zásady navrhování úprav toků

#### Trasa toku



- V rámci návrhu nové trasy toku je nutné respektovat objekty, které chceme, případně musíme, zachovat a napojit se na ně směrově i výškově. Mezi dané objekty patří například mosty a jezy [9].
- Trasa se navrhuje z protisměrných oblouků s přímými úseky mezi nimi [9].
- Oblouky se používají z pravidla jednoduché kruhové s poloměrem  $6B$  (kde  $B$  je šířka koryta v hladině). [9]
- Přímé úseky mají délku  $2$  až  $4B$  (kde  $B$  je šířka koryta v hladině). [9]
- Nová trasa by měla být vedena v původní trase toku, a to hlavně z důvodu zachování stávající vegetace toku [9].

### **Podélný profil**

- Podélný sklon a hloubka dna musí být v souladu s požadovanou průtočnou kapacitou a zajistit stabilitu koryta [10].
- Hloubka koryta nesmí zhoršit vodní režim přilehlých pozemků [10].
- Sklon dna musí být navržený tak, aby se zajistila stabilita břehů a dna během návrhového průtoku [10].
- Hloubka a podélný profil se musí napojit na neupravené části tak, aby nedocházelo k poruchám splaveninového režimu [10].

### **Příčný profil**

- V rámci úpravy se navrhují otevřené příčné profily. Uzavřené příčné profily se navrhují pouze ve výjimečných případech [10].
- Tvar a rozměry příčného profilu se určí dle kapacitního průtoku, aby nedocházelo k vybřežování vody a k nadměrnému zanášení a vymílání koryta [10].

## 5 POPIS ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

### 5.1 SPRÁVNÍ ÚDAJE

Řešený úsek toku se nachází v Pardubickém kraji ve městě Chrudim. Daný vodní tok je náhonem řeky Chrudimky a začíná na říčním kilometru 0,33 (dle mapové aplikace GISyPoNET od Povodí Labe) pod mostem Malecká. Končí jako pravostranný přítok řeky Chrudimky

Náhled na řešené území poskytují přílohy A.1 - Situace širších vztahů, A.2 - Situace zájmového území.

### 5.2 PŘÍRODNÍ CHARAKTERISTIKY

#### 5.2.1 Geologické poměry

Následující text je převzat z podkladu [11].

Z regionálně geologického hlediska náleží zájmová oblast k jižní části české křídové pánve. Křídové sedimenty patří k pánevnímu labskému vývoji v převažující facii vápnatých jílovců a slínovců.

Podloží kvartérních sedimentů je na lokalitě budováno komplexem svrchnokřídových sedimentů stáří cenoman až střední turon. Spodní část souvrství je tvořena převážně křemennými pískovci, slepenci a jílovcem perucko-korycanského souvrství.

Následující stratigrafickou jednotkou je bělohorské souvrství (spodní turon), které je tvořeno většinou slínovci s prachovou příměsí a slinitými až písčítými prachovci. Ke střednímu turonu řadíme další souvrství jizerské, tvořené slínovci až písčítými slínovci. Vlastní skalní podloží je ve svrchní části většinou zvětralé a vytváří přechodový horizont slínů a jílovců.

Kvartérní sedimenty představují v zájmové oblasti (neovlivněné antropogenní činností) zejména pleistocénní eolické spraše a sprašové hlíny, charakteru plastických prachovitých až písčítých jílovců ve svrchní části kvartérního profilu. Pod eolickými sedimenty bývají na lokalitě uloženy reliktické fluviální štěrkovité jíly.

V oblastech ovlivněných antropogenní činností se nacházejí navážky různorodého charakteru. V místě zájmové lokality jsou pod vrstvou navážek vyvinuty fluviální sedimenty řeky Chrudimky, reprezentované ve spodní části písky a štěrkopísky, ve svrchní části pak povodňovými hlínami.

#### 5.2.2 Klimatické poměry

Zájmové území spadá do klimatického regionu T2 dle Quitta.

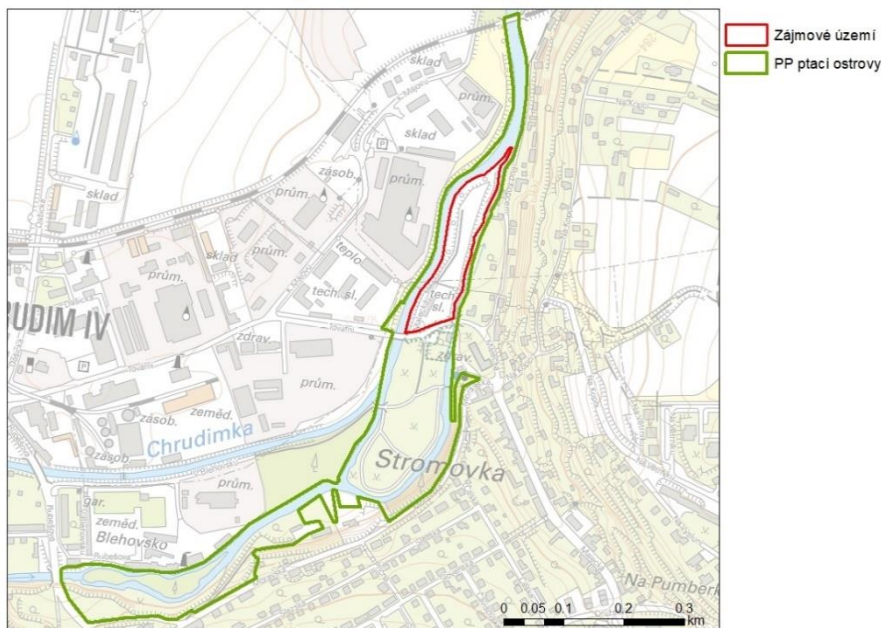
Tabulka 1 - Charakteristika klimatické oblasti T2

Počet letních dní	50-60
Počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	160-170
Počet dní s mrazem	100-110

Počet ledových dní	30-40
Prům. lednová teplota	-2 až -3
Prům. červencová teplota	18-19
Prům. dubnová teplota	8-9
Prům. říjnová teplota	7-9 °C
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	90-100
Suma srážek ve vegetačním období	350-400
Suma srážek v zimním období	200-300
Suma srážek celkem	550-700
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40-50
Počet zatažených dní	120-140
Počet jasných dní	40-50

### 5.2.3 Ochrana přírody

Řešené území spadá do přírodní památky (dále jen PP) Ptačí ostrovy (viz Obr. 19). Daná přírodní památka se nachází ve městě Chrudim. Ptačí ostrovy jsou významnou přírodní oblastí z důvodu výskytu živočišných druhů, mezi něž patří například havran polní (*Corvus frugilegus*), ledňáček říční (*Alcedo atthis*), žluva hajní (*Oriolus oriolus*) a další. Toky jsou lemovanými zbytky břehových porostů [11].



Obr. 19 - Přírodní památka Ptačí ostrovy

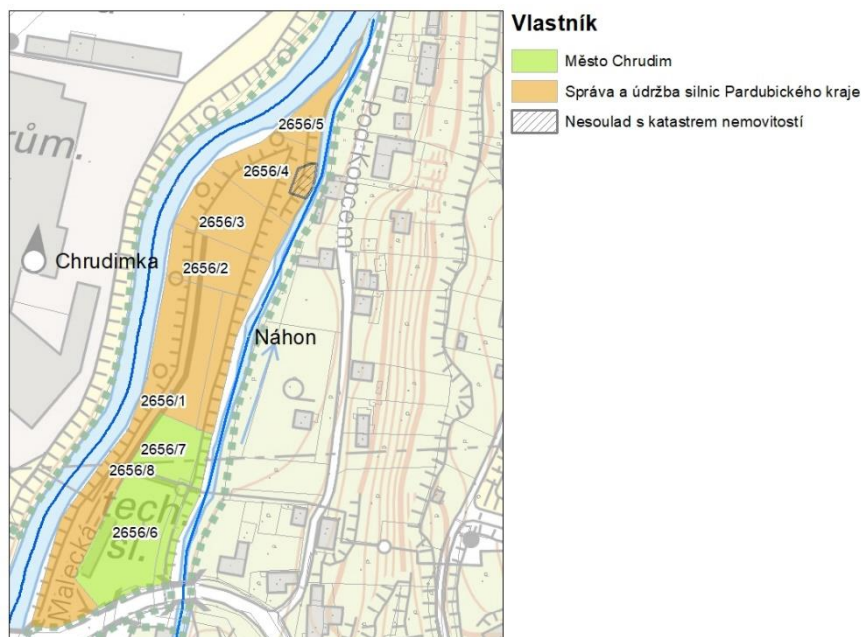
### 5.3 VLASTNICKÉ VZTAHY

V současné době jsou pozemky v řešeném území ve vlastnictví města Chrudim a Pardubického kraje. Hospodaření s pozemky Pardubického kraje má na starost Správa a údržba silnic Pardubického kraje. Přehled pozemků a vlastníků je patrný z tabulky 2.

Tabulka 2 - Přehled vlastníků pozemků

Katastrální území	Číslo katastrálního území	číslo parcely	Druh pozemku	Vlastník
Chrudim	654299	2656/1	Ostatní plocha	Pardubický kraj, Komenského náměstí 125, Pardubice-Staré Město, 53002 Pardubice, Hospodaření s majetkem - Správa a údržba silnic Pardubického kraje
		2656/2		
		2656/3		
		2656/4		
		2656/5		
Chrudim	654299	2656/6	Ostatní plocha	Město Chrudim, Resselovo náměstí 77, Chrudim I, 53701 Chrudim
		2656/7		
		2656/8		

V řešeném území se nachází pozemek číslo 2656/4. Dle terénního průzkumu (23.10.2020) byl zjištěn nesoulad s katastrem nemovitostí. Zmíněný pozemek je v současné době využíván jako zahrada.



Obr. 20 - Mapa pozemků

## 5.4 TECHNICKÉ LIMITY ÚZEMÍ

### 5.4.1 Inženýrské sítě

#### Horkovod

Přes řešené území prochází nadzemní horkovodní vedení ve vlastnictví Elektrárny Opatovice a.s., které dále pokračuje přes řeku Chrudimka. Další horkovodní vedení v řešeném území je podzemní, které se nachází v levém břehu toku. Dané vedení je také ve vlastnictví Elektrárny Opatovice a.s.

#### Elektrické vedení

Přes řešené území také vede nadzemní vysoké napětí ve vlastnictví společnosti ČEZ Distribuce a.s. U mostu Malecká prochází podzemní kabelové vedení nízkého napětí, které je také ve vlastnictví ČEZ Distribuce a.s.

#### Kanalizace

Pod ulicí Malecká vede gravitační jednotná kanalizační stoka DN600, která dále pokračuje přes jihozápadní část řešeného území do shybky pod řekou Chrudimka. Toto vedení je ve vlastnictví společnost VaK Chrudim.

Trasy inženýrských sítí jsou patrné z příloh A.4.1 - Varianta 1, A.4.2 - Varianta 2, A.4.3 - Varianta 3

### 5.4.2 Studie opravy mostu Malecká

Firmou MDS Projekt s.r.o. byla 12/2020 provedena studie na rozšíření mostu Malecká. Při této studii byl také proveden návrh chodníků podél ulice Malecká, které by umožnily lepší propojení již revitalizovaného parku Střelnice s námi řešeným územím [12].

### 5.4.3 Studie odtokových poměrů

V roce 2016 byla firmou Envicnons s.r.o. proveden studie „Variantní dokumentace záměru Chrudim – Stromovka – Řešení odtokových poměrů“. V rámci dané studie bylo navrženo zatrubnění spodní výpusti ze suché nádrže. Dané zatrubnění bude navrženo na hodnotu neškodného průtoku vody. Zatrubnění bude dosahovat cca 1 kilometru a bude zaústěno do náhonu Chrudimky za mostem Malecká [13].

### 5.4.4 Složení půdy

Na řešeném území se nacházela skládka komunálního odpadu a sběrných surovin. Z toho důvodu bylo nutné provést rozbor složení půdy a vyhodnocení rizik.

Dle studie od firmy Ekomonitor s.r.o. z 18.2.2020 byly v řešeném území provedeny tři vrty. Dle vrtů je první vrstva do hloubky 5 m navážka, druhá vrstva 3 - 7 m je jílovitá hlína s valouny, poslední vrstva 7 - 9 m je vápnitý jíl.

Dále se zjišťovala přítomnost škodlivých látek v zemině. Zemina dle výsledků studie obsahuje zanedbatelné množství škodlivých látek [11].

## 5.5 ÚZEMNÍ PLÁN

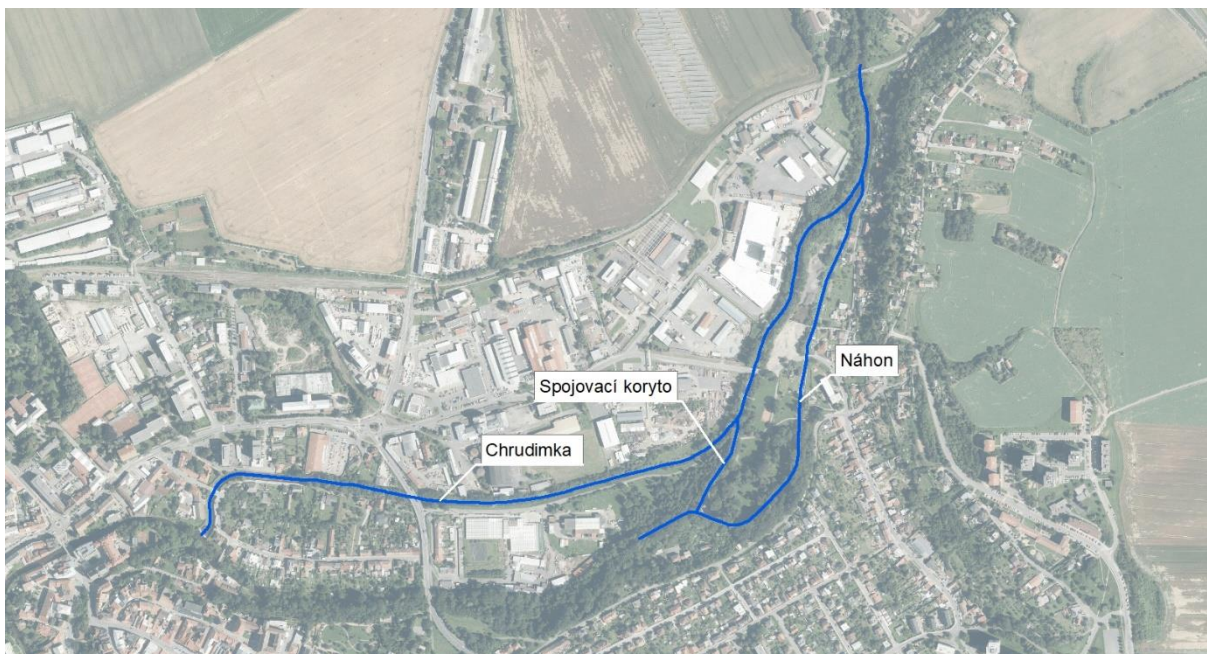
Dle územního plánu města Chrudim z roku 2020 je řešené území označeno jako navrhovaná přírodní plocha. Na takto označené ploše jsou dle územního plánu dány podmínky pro využití těchto ploch.

Podmínky pro využití ploch dle [14]:

- Hlavní – vymezené pro zachování a obnovu přírodních a krajinných hodnot území.
- Přípustné – činnosti a opatření sloužící hlavnímu účelu využití – podpora a ochrana typických či unikátních geografických původních společenstev
- Podmíněně přípustné – protipovodňová opatření, účelové komunikace, stezky pro pěší a cyklisty, doplněné související vybaveností (informační tabule, mobiliář), přírodně blízké vodní plochy podporující biodiverzitu území.
- Zařízení technického vybavení území – ve všech případech, pokud nedojde k narušení přírodních či jiných krajinných hodnot území.
- Nepřípustné – všechny jiné druhy staveb a činností.

## 5.6 STÁVAJÍCÍ STAV TOKU

Popsaný stav toku v dané kapitole odpovídá stavu v době terénního průzkumu provedeného autorem 23.10.2020.



Obr. 21 - Poloha toků v Chrudimi

### 5.6.1 Chrudimka

Data vychází z podkladu *Zvýšení rekonstrukce koryta a hrázemi od Povodí Labe a místního šetření*.

#### Objekty

Objekty na řece Chrudimce jsou brány od příčného profilu číslo 48, který se nachází ve staničení 21,0133. V daném profilu se Chrudimka rozděluje a dále pokračuje i náhon [15]. Výčet objektů na Chrudimce je patrný z tabulky 3.

Tabulka 3 - Objekty na Chrudimce [15]

Staničení [km]	Příčný profil	Objekt
20,9331	46	Most
20,5706	35	Most
20,4208	31	Jez
19,8649	18	Most
19,2683	2	Most

#### Opevnění

Opevnění se po celé délce úseku mění v závislosti na umístění toku.

Mezi staničením 21,0095 a 20,7885 jsou podél toku vybudovány kamenné nábrežní stěny do výšky cca tři metry nad hladinu toku.

Od staničení 20,7885 již nejsou svahy opevňovány kamennými stěnami. Svahy jsou v tomto úseku zpevněné pouze ohumusováním a osetím. Výjimku tvoří svahy pod mostními objekty a u jezu, kde je využito kamenného obkladu [15].



Obr. 22 - Opevnění Chrudimky - nábrežní stěny  
(foto autor)



Obr. 23 - Opevnění Chrudimky - ohumusování a osetí (foto autor)

### **Vegetace**

Vegetace podél toku je převážně neudržována. Udržované jsou pravé svahy toku podél ulice v Blehovsku a podél parku Střelnice až k silničnímu mostu Pumberka, který je ve staničení 19,8649. Od mostu dále po toku, tedy v námi řešeném území, není vegetace udržována a dochází i k růstu větví do průtočného profilu.





Obr. 24 - Vegetace za mostem Pumberka (foto autor)

## 5.6.2 Náhon

Data vychází z podkladu *Revitalizace drobného vodního toku v Chrudimi od firmy Šindlar s.r.o.* a místního šetření.

### Objekty

Objekty na náhonu jsou brány od příčné profilu 76, který se nachází ve staničení 0,5310 [16]. Umístění objektů na náhonu je patrné z tabulky 4.

Tabulka 4 - Objekty na náhonu [16]

Staničení [km]	Příčný profil	Objekt
0,4174	67	Rozdělovací objekt
0,1036	38	Dřevěná lávka
0,0042	2	Most

### Opevnění

Svahy podél toku nejsou nijak opevněny. Jedinou částí toku, která má opevněné svahy, je revitalizovaná část z roku 2017. V této části jsou svahy částečně zasypány lomovým kamenem a říčními valouny. Ostatní svahy v této části toku jsou ohumusovány a osety.

Před mostem Malecká je pravý břeh toku opevněn nábrežní zdí z pískovce v délce cca 55 metrů. Levý břeh toku je také opevněn nábrežní zdí z pískovce. Daná zeď vede od hrany bývalého mlýna v délce cca 25 metrů podél toku.



Obr. 25 - Opevnění náhon - revitalizovaná část toku (foto autor)



Obr. 26 - Opevnění náhon - současný stav (foto autor)

### **Vegetace**

Kromě revitalizované části náhonu z roku 2017, která se nachází v parku Střelnice před mostem Malecká, není vegetace podél toku udržována. V mnoha místech toku dochází k zarůstání kořenů a větví do průtočného profilu toku.

Na řešeném úseku není vegetace nijak udržována (viz Obr. 27). Část pozemku 2656/4 je jediným místem podél toku v řešeném území, kde je udržována vegetace. Tato část pozemku není v souladu s katastrem nemovitostí.



Obr. 27 - Současný stav vegetace, pohled z mostu Malecká  
(foto autor)

### 5.6.3 Spojovací koryto

Data vychází z podkladu *Revitalizace drobného vodního toku v Chrudimi od firmy Šindlar s.r.o.* a místního

#### Objekty

Objekty na spojovacím korytu jsou brány od příčného profilu 20, který se nachází ve staničení 0,1430 [16]. Výčet objektů je uveden v tabulce 5.

Tabulka 5 - Objekty na spojovacím korytu [16]

Staničení [km]	Příčný profil	Objekt
0,0232	3	Most

#### Opevnění

Spojovací koryto bylo revitalizováno v rámci revitalizace náhonu v roce 2017. Svahy jsou částečně zasypány lomovým kamenem říčními valouny. Zbylé části svahů jsou ohumusovány a osety.

#### Vegetace

Koryto spadá do revitalizované části. Z tohoto důvodu je břehová vegetace upravena.

### 5.6.4 Protipovodňová opatření

V současné době v řešeném území není provedeno žádné protipovodňové opatření.

V roce 2011 byla provedena studie na zvýšení povodňové ochrany města na  $Q_{100}$ , která nebyla realizována [17].

Dle územně analytických podkladů od města Chrudim [18] byla vytvořena mapa současných rozlivů A.3. V dané mapě je zřejmé, že v řešeném území dochází kvůli valu mezi Chrudimkou a náhonem k velkým rozlivům do města. Již při průtoku  $Q_5$  dochází k částečnému zaplavení větší části pravého břehu náhonu.

Další problém, který způsobuje vylití vody z koryta je nekapacitní most Pumberka a most v ulici Malecká. Na rekonstrukci rozšíření mostu Malecká byla již provedena studie, která by měla zajistit zkapacitnění mostního pole pro převedení požadovaných průtoků [12].

Záplavové území je patrné z přílohy A.3 - Rozlivy v současném stavu.

## 6 NÁVRHY OPATŘENÍ

V rámci řešeného území bylo přistoupeno k několika variantám návrhů opatření z důvodu přístupu k technickému řešení a limitům území.

### 6.1 LIMITY ÚZEMÍ

#### Horkovod

Hlavním limitem území je horkovodní vedení. Navržené varianty počítají se zachováním daného vedení ve stávající trase a nevyvolají přeložku horkovodu. Nadzemní horkovodní vedení, které přechází přes řešené území, je doporučeno v rámci další projektové dokumentace architektonicky zapracovat do vzniklého parku. Podzemní horkovodní vedení v levém břehu náhonu také zůstane ve stejné trase. Koryto toku nebude v délce vedení rozšiřováno a trasa toku nebude nijak směrově upravována.



Obr. 28 - Nadzemní horkovodní vedení (foto autor)

#### Kanalizace

V jižní části řešeného území prochází dešťová kanalizace, která je již v limitním sklonu pro daný typ kanalizace. Z daného důvodu není možné změnit trasu kanalizačního vedení.

#### Úprava zeminy

V rámci parkových úprav a vzniku povodňového parku v řešeném území bude nutné odtěžení zeminy. Odtěžení a snížení je navrženo ve všech variantách stejným způsobem.

Odtěžení zeminy bude začínat u horkovodního vedení, které leží v úrovni zeminy (viz Obr. 28). Snížování terénu začíná z výškové kóty 247,02 m n. m. až na 244,00 m n. m. (výškové kóty jsou brány z profilů ze studie [15]. Při realizaci bude nutné provést nové zaměření terénu a zjištění aktuálních výškových bodů) a bude realizováno pod horkovodním vedením. Snížování terénu bude navrženo dle normy ČSN 73 6110 a to v maximálním podélném sklonu pro pěší komunikace 1:12.

Bude odtěženo přibližně 31 800 m<sup>3</sup> zeminy. Zemina, která nebude využita při realizaci navržené varianty, bude použita k zasypání některého z lomů v okrese Chrudim.

Množství odtěžené zeminy je patrné z přílohy A.5.1 - Přehledný vzorový příčný profil.

## 6.2 VARIANTY PŘÍSTUPU TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Realizací jedné z níže popsaných variant dojde ke zlepšení povodňové situace v řešeném území. Všechny navržené varianty splňují požadavky na povodňové ochrany území v kontextu posílení architektonické funkce propojením vodních prvků do prostředí trvale udržitelného rozvoje městského prostředí Chrudimi. Navržené varianty podporují zlepšení pobytových možností a volnočasových aktivit.

V rámci všech navržených variant dojde v řešeném území také k revitalizaci pravého břehu Chrudimky, který se tak zpřístupní pro veřejnost. Dále bude u všech navržených variant realizována plotová podezdívka z pískovcových bloků, čímž dojde ke sjednocení s pískovcovými zdmi, které jsou výše po proudu u mlýna.

### 6.2.1 Varianta 1

V rámci této varianty bude zachována stávající šířka i trasa toku. Koryto bude pouze pročištěno a dojde k úpravě břehové vegetace.

V řešeném území dojde k odtěžení zeminy dle kapitoly 6.1. Dané odtěžení zpřístupní vodní toky pro veřejnost. V rámci území bude také vytvořena parková úprava, která bude harmonicky zapadat do PP Ptačí ostrovy.

Propojení nově vzniklého parku a stávajícího parku Střelnice není v současné době vyřešeno. Hlavní přístup do nově vzniklého parku bude ze silnice Malecká. V rámci studie [12] je navrženo rozšíření mostů a vybudování chodníku podél ulice Malecká. Tyto prvky by mohly pomoci k lepšímu a bezpečnějšímu propojení parků.

Návrh varianty je patrný z přílohy A.4.1 - Varianta 1.

### 6.2.2 Varianta 2

V rámci varianty 2 bude rozšířeno koryto a změní se trasa náhonu. Koryto náhonu bude zapracováno do nově vzniklé parkové úpravy. V rámci dané revitalizace toku a propojení parku bude realizováno křížení trasy toku s cestou pro pěší.

Křížení bude zhotoveno dvěma způsoby:

- První způsob pro překonání trasy toku jsou lávky. V současném návrhu jsou navrženy dvě. První lávka se nachází ve staničení 0,107 (nové staničení). Daná lávka slouží k přístupu území, které se nachází v místě původního koryta náhonu. Druhá lávka, která se nachází ve staničení 0,259 (nové staničení), slouží k vrácení se do hlavní části parku. Podrobnější návrh lávek bude zhotoven v navazující projektové dokumentaci.
- Druhý způsob pro překročení toku jsou kamenné prvky (tzv. šlapáky), které budou instalovány v korytě náhonu. Šlapáky budou sloužit k lepšímu propojení části parku v místě původního koryta a hlavní části parku.

V parkové úpravě budou dále realizovány dvě neprůtočné tůně, které nebudou propojeny s korytem. Napájeny budou pouze průsakem z propustných vrstev nebo při velkých

deštích, případně povodních. Tůň jsou zde navrženy z důvodu zlepšení přírodních vlastností v území. Dále tůň budou sloužit jako přírodní biotop pro vybrané druhy živočichů.

V místě bývalého sběrného dvora dojde k odtěžení zeminy dle kapitoly 6.1. Dané odtěžení zpřístupní území pro veřejnost. Propojení vodního toku s parkem pomocí lávek a šlapáků s realizováním tůň vytvoří území, které bude lépe zapadat do PP Ptačí ostrovy.

Propojení nově vzniklého parku a stávajícího parku Střelnice není v současné době vyřešeno. Hlavní přístup do nově vzniklého parku bude ze silnice Malecká. V rámci studie [12] je navrženo rozšíření mostů a vybudování chodníku podél ulice Malecká. Tyto prvky by mohly pomoci k lepšímu a bezpečnějšímu propojení parků.

Návrh varianty je patrný z přílohy A.4.2 - Varianta 2.

### 6.2.3 Varianta 3

Varianta 3 přímo navazuje na revitalizace náhonu z roku 2017 v parku Střelnice, která je patrná z podkladu [16]. Schématické zobrazení varianty viz Obr. 29.



Obr. 29 - Schématické zobrazení revitalizovaného náhonu

V rámci této varianty dojde k rozšíření koryta. V průtočném profilu budou realizovány brodové úseky. Dále v toku budou realizovány dva typy ostrovů. Konkrétně se jedná o typy:

- Přístupné ostrovy budou realizovány z říčního štěrku a valounů. Přístup na tyto ostrovy bude zajištěn pomocí kamenných schodů a šlapáků, které budou instalovány v korytě náhonu.
- Nepřístupné ostrovy budou také realizovány z říčního štěrku a valounů. Tyto ostrovy budou sloužit k anastomóznímu větvení koryta, které je pro tento tok přirozené.

Dalším instalovaným prvkem v korytě náhonu budou kmeny stromů s kořenovými baly, které budou sloužit jako kotvení dřevní hmoty. Kmeny budou stabilizovány a bude zajištěno jejich kotvení tak, aby nedošlo k uvolnění při průtoku dosahujícím hodnoty  $Q_{100}$ . Kmeny budou umístěny dle prostorových možností a také dle dostupnosti kmenů. Dřevní hmota v toku bude sloužit jako biotop pro vybrané druhy živočichů.

V místě bývalého sběrného dvoru dojde k odtěžení zeminy dle kapitoly 6.1. Dané odtěžení zpřístupní vodní toky pro veřejnost. V rámci území bude také vytvořena parková úprava, která bude harmonicky zapadat do PP Ptačí ostrovy.

Propojení nově vzniklého parku a stávající parku Střelnice není v současné době vyřešeno. Hlavní přístup do nově vzniklého parku bude ze silnice Malecká. V rámci studie [12] je navrženo rozšíření mostů a vybudování chodníku podél ulice Malecká. Tyto prvky by mohly pomoci k lepšímu a bezpečnějšímu propojení parků.

Návrh varianty je patrný z přílohy A.4.3 - Varianta 3.



## 7 DETAILNÍ ŘEŠENÍ VÝSLEDNÉ VARIANTY

V rámci detailnějšího návrhu byla zpracována varianta 3, která je popsána v kapitole 6.3.3. Daná varianta byla zvolena z důvodu, že koncepčně nejvíce zapadá do řešené lokality a plynule naváže na již revitalizovaný náhon v parku Střelnice.

### 7.1 HYDRAULIKA STÁVAJÍCÍHO STAVU

V rámci návrhu byl vyhotoven 1D hydraulický model v programu HEC-RAS. Model byl vyhotoven pro řeku Chrudimku, revitalizovanou část náhonu a spojovací koryto. V modelu byly na tocích zadány všechny objekty, které jsou popsány v kapitole 5.6.

Umístění příčných profilů a objektů pro jednotlivé toky je patrné z přílohy A.2 - Situace zájmového území.

#### 7.1.1 Vstupní data

Příčné profily byly brány z podkladů [15] pro řeku Chrudimku a z podkladů [16] pro náhon a spojovací koryto. Výškové hodnoty objektů (mostů, lávek, jezů) byly brány dle podélných profilů z podkladů [15] a [16].

Z důvodu chybějícího zaměření řešené části náhonu, byly do modelu stávajícího stavu použity příčné profily odvozené dle digitálního modelu terénu. Příčné profily byly následně upraveny na tvar jednoduchého lichoběžníku s rozměry zjištěnými při místním šetření.

Sklon dna řešeného úseku byl stanoven z rozdílu výšek posledního profilu v revitalizované části, který je ve staničení 0,0014 dle [16] a profilu, který je ve staničení 19,4851 dle [15] a obsahuje zaměření koryta náhonu a délkou toku mezi danými profily.

#### 7.1.2 Kalibrace modelu

Model současného stavu byl kalibrován dle výsledků z [19] pro řeku Chrudimku a dle [16] pro náhon a spojovací koryto. Výsledné hodnoty se vůči hodnotám z uvedených podkladů lišili +/- 30 cm. Rozdílné výšky hladin mohou být způsobeny rozdílnými vstupními daty, rozdílně zvolenými hodnotami drsností, rozdílně zadanými objekty na toku, rozdílnými hodnotami okrajových podmínek, případně jiným způsobem výpočtu (1D vs 2D).

#### 7.1.3 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky byly zadány pomocí dostupných dat. Pro zadání horní okrajové podmínky byly použity známé hodnoty průtoků  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$  z podkladů [19] a [16]. Pro zadání spodní okrajové podmínky byly použity známé výšky v příčném profilu ve staničení 19,2540 dle [19].

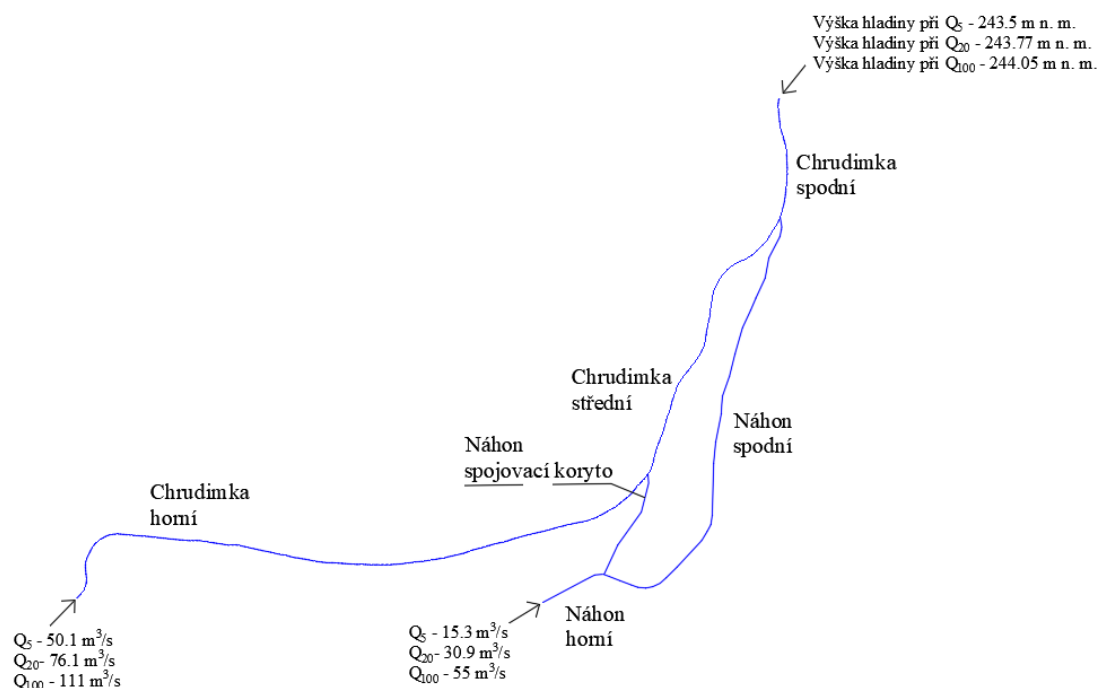
Z důvodu napojení náhonu a spojovacího koryta do řeky Chrudimky bylo nutné toky v rámci programu rozdělit (viz Obr. 30). Pro jednotlivé úseky se zadávaly vlastní horní okrajové podmínky. Spodní okrajová podmínka byla pro všechny části toku stejná. Okrajové podmínky jsou patrné z tabulky 6 a tabulky 7.

Tabulka 6 - Hodnoty horní okrajové podmínky

Řeka	Část	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Chrudimka	horní	50.1	76.1	111
Chrudimka	střední	65.4	107	166
Chrudimka	spodní	65.4	107	166
Náhon	horní	15.3	30.9	55
Náhon	spodní	15.3	30.9	55
Náhon	spojovací koryto	15.3	30.9	55

Tabulka 7 - Hodnoty dolní okrajové podmínky

Průtok [m <sup>3</sup> /s]		Výška hladiny [m n. m.]
Q <sub>5</sub>	65.4	243.5
Q <sub>20</sub>	107	243.77
Q <sub>100</sub>	166	244.05



Obr. 30 - Rozdělení toku v programu HEC-RAS

### 7.1.4 Vyhodnocení kalibrace

V rámci vyhodnocení kalibrace byly porovnány výšky hladin v profilech v řešeném území. Na Chrudimce se jedná o profily ve staničení 19,8166 až 19,5248 dle [15]. V rámci náhonu nejsou zaměřeny profily na řešeném úseku. Z tohoto důvodu byly zvoleny profily na již revitalizované části a kalibrace byla posouzena podle nich. Zvoleny byly profily ve staničení 0,5314 až 0,0042 dle [16]. Výsledky kalibrace jsou patrné z tabulky 8 a tabulky 9.

Tabulka 8 - Porovnání výšek hladin v profilech na Chrudimce

Profil	Staničení	Průtok [m <sup>3</sup> /s]	Hladina stávající [m n. m.]	Hladina výsledná [m n. m.]	Rozdíl hladin [m]
16	19,8166	$Q_5$	244,19	243,92	-0,27
		$Q_{20}$	244,68	244,49	-0,19
		$Q_{100}$	245,29	245,20	-0,09
15	19,7702	$Q_5$	244,15	244,02	-0,13
		$Q_{20}$	244,65	244,60	-0,05
		$Q_{100}$	245,22	245,26	0,04
14	19,7206	$Q_5$	244,00	243,88	-0,12
		$Q_{20}$	244,48	244,40	-0,08
		$Q_{100}$	245,02	245,00	-0,02

Profil	Staničení	Průtok [m <sup>3</sup> /s]	Hladina stávající [m n. m.]	Hladina výsledná [m n. m.]	Rozdíl hladin [m]
13	19,6735	Q <sub>5</sub>	243,94	243,84	-0,10
		Q <sub>20</sub>	244,43	244,35	-0,08
		Q <sub>100</sub>	244,98	244,93	-0,05
12	19,6396	Q <sub>5</sub>	243,90	243,79	-0,11
		Q <sub>20</sub>	244,38	244,27	-0,11
		Q <sub>100</sub>	244,91	244,82	-0,09
11	19,6048	Q <sub>5</sub>	243,9	243,80	-0,10
		Q <sub>20</sub>	244,37	244,28	-0,09
		Q <sub>100</sub>	244,9	244,84	-0,06
10	19,5565	Q <sub>5</sub>	243,77	243,68	-0,09
		Q <sub>20</sub>	244,25	244,10	-0,15
		Q <sub>100</sub>	244,78	244,60	-0,18
9	19,5248	Q <sub>5</sub>	243,74	243,70	-0,04
		Q <sub>20</sub>	244,24	244,13	-0,11
		Q <sub>100</sub>	244,77	244,67	-0,10

Tabulka 9 - Porovnání výšek hladin v profilech na náhonu

Profil	Staničení	Průtok [m <sup>3</sup> /s]	Hladina stávající [m n. m.]	Hladina výsledná [m n. m.]	Rozdíl hladin [m]
75	0,5134	Q <sub>5</sub>	245,12	245,14	0,02
		Q <sub>20</sub>	245,72	245,60	-0,12
		Q <sub>100</sub>	246,31	246,30	-0,01
73	0,4768	Q <sub>5</sub>	245,11	245,13	0,02
		Q <sub>20</sub>	245,71	245,58	-0,13
		Q <sub>100</sub>	246,31	246,27	-0,04
68	0,4181	Q <sub>5</sub>	245,08	245,03	-0,05
		Q <sub>20</sub>	245,70	245,48	-0,22
		Q <sub>100</sub>	246,3	246,13	-0,17
61	0,3934	Q <sub>5</sub>	245,08	245,07	-0,01
		Q <sub>20</sub>	245,70	245,53	-0,17
		Q <sub>100</sub>	246,29	246,22	-0,07
52	0,3240	Q <sub>5</sub>	245,05	244,94	-0,11
		Q <sub>20</sub>	245,69	245,49	-0,20
		Q <sub>100</sub>	246,26	246,20	-0,06
48	0,2481	Q <sub>5</sub>	245,04	244,94	-0,10

Profil	Staničení	Průtok [m <sup>3</sup> /s]	Hladina stávající [m n. m.]	Hladina výsledná [m n. m.]	Rozdíl hladin [m]
		Q <sub>20</sub>	245,68	245,48	-0,20
		Q <sub>100</sub>	246,27	246,20	-0,07
33	0,0740	Q <sub>5</sub>	244,99	244,87	-0,12
		Q <sub>20</sub>	245,62	245,45	-0,17
		Q <sub>100</sub>	246,20	246,18	-0,02
24	0,0469	Q <sub>5</sub>	244,97	244,81	-0,16
		Q <sub>20</sub>	245,60	245,43	-0,17
		Q <sub>100</sub>	246,16	246,17	0,01
15	0,0278	Q <sub>5</sub>	244,92	244,79	-0,13
		Q <sub>20</sub>	245,55	245,41	-0,14
		Q <sub>100</sub>	246,12	246,16	0,04
2	0,0042	Q <sub>5</sub>	244,78	244,57	-0,21
		Q <sub>20</sub>	245,44	245,30	-0,14
		Q <sub>100</sub>	245,90	246,13	0,23

## 7.2 POPIS NAVRŽENÉ VARIANTY

V rámci varianty dojde k rozšíření koryta na levé straně průměrně o 10 metrů. Koryto se kvůli rozšíření napojuje do Chrudimky dříve, než tomu bylo v původním stavu. Z daného důvodu není v modelu navrženého stavu vynesena profil 1 ve staničení 0,0365 dle přílohy A.2-Situace zájmového území. V průřezném profilu budou realizovány ostrovy z říčního štěrku a valounů. Ostrovy budou v rámci toku sloužit k vytvoření vedlejších ramen. Ostrovy budou sahat do výšky 243,50 m n. m.

Bermy budou stabilizovány pomocí lomového kamene, který bude skládaný do hloubky 70 centimetrů. Na stabilizaci bermy budou na levém břehu přímo navazovat kamenné schody o rozměrech 40x30 centimetrů. Schody budou sloužit k přístupu do toku.

Pravý břeh náhonu bude upraven ve sklonu 1:5. Svah bude ohumusován a oset. Pravý břeh bude končit u plotové podezdívky, která bude v rámci realizace sanována a sjednocena do stejného materiálu jako jsou břehové stěny u mlýna, tedy pískovce.

V prostorech na levém břehu, kde nebudou realizovány kamenné schody dojde k úpravě svahu. Svah bude ohumusován a oset. Sklon svahu bude 1:5.

Prvky realizované v této variantě jsou patrné z přílohy A.5.2 - Vzorový příčný profil.

## 7.3 HYDRAULIKA NAVRŽENÉHO STAVU

V rámci navržené varianty byl vyhotoven 1D hydraulický model v programu HEC-RAS. Model byl vyhotoven z modelu současného stavu, který se upravit dle navržené

varianty. V místě bývalé skládky byla použita laterární struktura s výškovými body dle odtěžení zeminy v navržené variantě. Laterární struktura zde slouží pro převedení vody, která vybřeží z koryta náhonu, do koryta Chrudimky a obráceně. Tímto způsobem dojde ke sjednocení hladin v Chrudimce a náhonu.

### 7.3.1 Vstupní data

Základním podkladem pro vytvoření hydraulické modelu navrženého stavu byl model současného stavu, ve kterém se upravily profily v řešené části náhonu.

Profily v řešené části náhonu byly rozšířeny dle přílohy A.4.3 - Varianta 3. Levý břeh u profilů byl snížen na hodnotu 244 m n. m. Podélný sklon toku byl převzat z podkladu [16] a stanoven jako průměrný na hodnotu 0.72‰.

Profily na Chrudimce ve staničení 19,8166 až 19,5248 dle [15] nebyly rozšířeny. U daných profilů se pouze snížil pravý břeh na hodnotu 244 m n. m.

### 7.3.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky zůstali stejné jako u modelu stávajícího stavu (viz Tabulka 6 a Tabulka 7). Důvodem je nutnost porovnání výšek hladin v navržené variantě a v současném stavu při stejných průtocích.

### 7.3.3 Vyhodnocení navržené varianty

V rámci vyhodnocení účinnosti navržené varianty byly porovnány výšky v profilech ve staničení 0,0939 až 0,3178 dle přílohy A.2 - Situace zájmového území. Porovnání je patrné z tabulky 10.

Tabulka 10 - Porovnání výšky hladin stávajícího stavu a navržené varianty u náhonu

Profil	Staničení	Průtok [m <sup>3</sup> /s]	Hladina stávající [m n. m.]	Hladina výsledná [m n. m.]	Rozdíl hladin [m]
6	0,3178	Q <sub>5</sub>	244,66	243,89	-0,77
		Q <sub>20</sub>	245,35	244,40	-0,95
		Q <sub>100</sub>	246,15	244,99	-1,16
5	0,2664	Q <sub>5</sub>	244,60	243,89	-0,71
		Q <sub>20</sub>	245,29	244,40	-0,89
		Q <sub>100</sub>	246,10	244,99	-1,11
4	0,2254	Q <sub>5</sub>	244,52	243,86	-0,66
		Q <sub>20</sub>	245,21	244,37	-0,84
		Q <sub>100</sub>	246,01	244,97	-1,04
3	0,1664	Q <sub>5</sub>	244,51	243,82	-0,69
		Q <sub>20</sub>	245,20	244,30	-0,90
		Q <sub>100</sub>	246,00	244,85	-1,15
2	0,0939	Q <sub>5</sub>	244,50	243,70	-0,80

Profil	Staničení	Průtok [m <sup>3</sup> /s]	Hladina stávající [m n. m.]	Hladina výsledná [m n. m.]	Rozdíl hladin [m]
		Q <sub>20</sub>	245,19	244,19	-1,00
		Q <sub>100</sub>	246,00	244,85	-1,15

Z výše uvedené tabulky je patrné, že v důsledku navržené varianty došlo ke snížení hladiny výšky vody. Hodnota průtoku Q<sub>5</sub> v důsledku rozšíření koryta nedosahuje v žádném místě výšky 244 m n. m. Z toho je patrné, že pozemky na pravé straně, které jsou v současném stavu již při hodnotě průtoku Q<sub>5</sub> zatopeny, budou navrženou změnou ochráněny. V případě zvednutí plotové podezdívky na hodnotu 244,70 m n. m. budou pozemky na pravém břehu ochráněny i proti hodnotě průtoku Q<sub>20</sub>.

Výšky hladin jsou patrné z přílohy A.6 - Podélný profil. Rozlivy v navrženém stavu jsou patrné z přílohy A.7 - Rozlivy v navrženém stavu.

## 8 ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce byly vyhotoveny tři možné návrhy revitalizace koryta náhonu řeky Chrudimky a s tím spojená výstavba protipovodňového parku v místě bývalé skládky. Z navržených variant byla vybrána varianta, která svým návrhem koncepčně nejvíce zapadá do řešené lokality. Výsledná varianta také přímo navazuje na již revitalizovaný náhon v parku Střelnice. Realizováním navržené varianty tak dojde ke sjednocení a propojení území.

Navržená varianta byla v rámci programu HEC-RAR ověřena hydraulicky. Výsledky byly porovnány se současným stavem a bylo ověřeno, zda realizací varianty dojde ke zlepšení povodňové ochrany. Z výsledků hydraulického modelu je patrné, že v důsledku navržené revitalizace dojde k ochraně pozemků na pravém břehu náhonu při průtoku  $Q_5$ , které jsou v současném stavu při stejném průtoku zaplaveny. Při zvýšení plotové podezdívky na hodnotu 244,70 dojde k ochraně pozemků i při průtoku  $Q_{20}$ .

Závěrem je třeba zmínit, že tato práce by měla sloužit pouze jako podklad a ukázka toho, že v dané lokalitě je možné vhodně zvolenou revitalizací koryta a výstavbou povodňového parku zlepšit povodňovou situaci. V případě skutečné realizace je nutné provést zaměření koryta náhonu a výškových bodů v prostoru bývalé skládky. Dále by bylo vhodné vytvoření 2D hydraulického modelu, který by lépe určil rozlivy mimo koryto.



## 9 POUŽITÉ ZDROJE

### Literatura

- [1] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: modul 01*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [2] *Hydraulic Reference Manual: Version 5.0* [online]. , 25-28 [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>
- [3] JUST, Tomáš. *REVITALIZACE VODNÍHO PROSTŘEDÍ: Všem, kteří si přejí udělat z příkopů a kanálů zase potoky a řeky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny, 2003. ISBN 80-86064-72-7.
- [4] *Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup hodnocení vlivů opatření na vodních tocích a nivách na hydromorfologický stav vod* [online]. , 11-12 [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vodni\\_tok/\\$FILE/OOOPK\\_Zjednodusena\\_metodika\\_PPO\\_PBO\\_20161012.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vodni_tok/$FILE/OOOPK_Zjednodusena_metodika_PPO_PBO_20161012.pdf)
- [5] TOMÁŠ, Just. *Samovolné renaturace technicky upravených koryt vodních toků* [online]. [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/renaturace-vodnich-toku/>
- [6] JUST, Tomáš. *Vodohospodářské revitalizace: a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny a Ministerstvo životního prostředí, 2005. ISBN 80-239-6351-1.
- [7] *Katalog listů opatření pod oblastí podpory 1.3.2.: Přírodě blízká protipovodňová opatření měst a obcí*. Státní fond životního prostředí Česká republika.
- [8] HUBAČÍKOVÁ, Věra a Petra OPPELTOVÁ. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-243-9.
- [9] ŠLEZINGR, Miroslav. *HYDROTECHNICKÉ STAVBY I: Modul 2 Návrh říčního koryta II*. Brno, 2005.
- [10] *TNV 75 2102: Úpravy potoků. 2*. Praha: Hydroprojekt CZ a.s., 2010.

### Vstupní podklady

- [11] EKOMONITOR, SPOL., s.r.o. *Analýza rizik Chrudim, Ul. Malecká - stará skládka a bývalé sběrné suroviny v přírodní památce Ptačí ostrovy*. 2019.
- [12] MDS PROJEKT. *Oprava mostu v ulici Malecká*. 12/2020.
- [13] ENVICONS, s.r.o. *Variantská dokumentace záměru Chrudim - Stromovka - Řešení odtokových poměrů*. 2016.
- [14] *Chrudim územní plán: Textová část* [online]. Brno: Atelier URBI, spol. s r.o., 2020 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.chrudim.eu/chrudim/d-2211>
- [15] POVODNÍ LABE, s.p. *Zvýšení ochrany města rekonstrukcí koryta a hrázemi – aktualizace geodetického zaměření*. 2017. Formát DWG.

- [16] ŠINDLAR, s.r.o. *Revitalizace ramene drobného vodního toku v Chrudimi*. 5/2017.  
Formát DWG.
- [17] PÖYRY ENVIRONMENT, a.s. *DUR: Zvýšení protipovodňové ochrany města*. 1/2011.  
Formát DWG.
- [18] HYDROSOFT. *Územní analytické podklady*. 10/2020. Formát SHP.
- [19] VRV a.s., SWECO HYDROPROJEKT a.s. a DHI a.s. *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Labe včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe): DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE*. 2019.

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění [1].....	7
Obr. 2 - Rozdělení příčného profilu na segmenty [2] .....	8
Obr. 3 - Renaturace vodního toku [5] .....	9
Obr. 4 - Schématické zvětšení omočeného obvodu [6].....	10
Obr. 5 - Schématické prodloužení délky zvlněním trasy [6].....	10
Obr. 6 - Schématické zvětšení aktuální zásoby vody v korytě [6].....	10
Obr. 7 - Schématické zvětšení zásoby nivní vody [6].....	11
Obr. 8 - Schématické tlumení průběhu velkých vod [6] .....	11
Obr. 9 - Schéma obnovení přirozené stability koryta [6].....	11
Obr. 10 - Subtyp 1 - původní stav [7] .....	12
Obr. 11 - Subtyp 1 - nový stav [7].....	12
Obr. 12 - Subtyp 1 - situace nového stavu [7].....	13
Obr. 13 - Subtyp 2 - původní stav [7] .....	14
Obr. 14 - Subtyp 2 - nový stav [7].....	14
Obr. 15 - Subtyp 2 - situace nového stavu [7].....	15
Obr. 16 - Subtyp 3 - původní stav [7] .....	16
Obr. 17 - Subtyp 3 - nový stav [7].....	16
Obr. 18 - Subtyp 3 - situace nového stavu [7].....	17
Obr. 19 - Přírodní památka Ptačí ostrovy.....	21
Obr. 20 - Mapa pozemků.....	22
Obr. 21 - Poloha toků v Chrudimi.....	24
Obr. 22 - Opevnění Chrudimky - nábrežní stěny (foto autor).....	25
Obr. 23 - Opevnění Chrudimky - ohumusování a osetí (foto autor) .....	25
Obr. 24 - Vegetace za mostem Pumberka (foto autor).....	26
Obr. 25 - Opevnění náhon - revitalizovaná část toku (foto autor) .....	27
Obr. 26 - Opevnění náhon - současný stav (foto autor) .....	27
Obr. 27 - Současný stav vegetace, pohled z mostu Malecká (foto autor) .....	28
Obr. 28 - Nadzemní horkovodní vedení (foto autor) .....	30
Obr. 29 - Schématické zobrazení revitalizovaného náhonu.....	32
Obr. 30 - Rozdělení toku v programu HEC-RAS .....	36

## **11 SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Charakteristika klimatické oblasti T2 .....	19
Tabulka 2 - Přehled vlastníků pozemků .....	21
Tabulka 3 - Objekty na Chrudimce [15] .....	24
Tabulka 4 - Objekty na náhonu [16] .....	26
Tabulka 5 - Objekty na spojovacím korytu [16] .....	28
Tabulka 6 - Hodnoty horní okrajové podmínky .....	35
Tabulka 7 - Hodnoty dolní okrajové podmínky .....	35
Tabulka 8 - Porovnání výšek hladin v profilech na Chrudimce.....	36
Tabulka 9 - Porovnání výšek hladin v profilech na náhonu.....	37
Tabulka 10 - Porovnání výšky hladin stávajícího stavu a navržené varianty u náhonu.....	39

## 12 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

GMF	Geomorfologický
°C	Stupeň Celsia
PP	Přírodní památka
a.s.	S ručeným omezeným
VaK	Vodovody a kanalizace
s.r.o.	S ručeným omezeným
m <sup>3</sup>	Metr krychlový
m	Metr
m n. m.	Metřů nad mořem
tzv.	Tak zvaný
1D	Jednodimenzionální
2D	Dvoudimenzionální
vs	Versus
Q	Průtok
Q <sub>5</sub>	5letý průtok
Q <sub>20</sub>	20letý průtok
Q <sub>100</sub>	100letý průtok
A	Průtočná plocha
O	Omočený obvod
i	Podélný sklon
v	Průřezová rychlost
C	Rychlostní součinitel
R	Hydraulický poloměr
n	Drsnost
y	Mocninný člen v rychlostním vztahu dle Pavlovského
d <sub>s</sub>	55% hodnota zrna z křivky zrnitosti
L	Délka úseku
h <sub>t</sub>	ztráty třením po délce
h <sub>m</sub>	Místní ztráty

$\xi$	Součinitel místních ztrát
K	Součinitel změny průtočné plochy
‰	Promile
%	Procenta

## **13 SEZNAM PŘÍLOH**

A.1 - Situace širších vztahů

A.2 - Situace zájmového území

A.3 - Rozlivy v současném stavu

A.4.1 - Varianta 1

A.4.2 - Varianta 2

A.4.3 - Varianta 3

A.5.1 - Přehledný vzorový příčný profil

A.5.2 - Vzorový příčný profil

A.6 - Podélný profil

A.7 - Rozlivy v navrženém stavu