

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra fyzické geografie a geoekologie**

Studijní program: Geografie  
Studijní obor: Geografie a kartografie



**Jakub Šolc**

**HODNOCENÍ REVITALIZAČNÍCH EFEKTŮ NA VODNÍCH  
TOCÍCH SE ZAMĚŘENÍM NA HYDROMORFOLOGII**

ASSESSMENT OF RIVER RESTORATION EFFECTS  
BASED ON HYDROMORPHOLOGY

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Praha, 2018

## **Zadání bakalářské práce**

**Název práce:** Hodnocení revitalizačních efektů na vodních tocích se zaměřením na hydromorfologii

### **Cíle práce:**

Cílem bakalářské práce je zpracovat odbornou rešerši týkající se hodnocení efektů revitalizačních opatření se zaměřením na hydromorfologii a fluviální morfologii vodních toků. Pozornost by měla být věnována analýze stávajících metodických postupů hodnocení revitalizačních efektů a dále výběru, popř. modifikaci vhodné metody založené na terénním průzkumu. Na základě této metody vyhodnotit revitalizační efekty zvoleného projektu.

### **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje:**

Metody:

- rešerše odborné zahraniční i české literatury zaměřené na dané téma
- analýza stávajících metodických postupů, výběr, popř. modifikace metody vhodné pro hodnocení revitalizačních efektů
- výběr a prezentace vybraných příkladů revitalizací drobného vodního toku
- vyhodnocení revitalizačních efektů na vybraném projektu pomocí zvolených parametrů

Datové zdroje:

- odborná literatura, mapové a distanční datové podklady, informace a data od správců vodních toků, ČHMÚ, VÚV T.G.M. Praha, terénní průzkum

Datum zadání: 9.10. 2017

Jméno studenta: Jakub Šolc

Podpis studenta: .....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Podpis vedoucího práce: .....

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

.....

Jakub Šolc

**Poděkování:**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za hodnotné připomínky, rady a kvalitní vedení mé práce. Dále bych rád poděkoval Prof. RNDr. Jakubu Langhammerovi, Ph.D. za odbornou konzultaci a cenné rady, které pomohly při tvorbě mé práce. Srdečné poděkování si rovněž zaslouží má partnerka Hana za jazykovou korekturu mé práce a neustálou psychickou podporu. Poděkování si rovněž zaslouží studenti PřF UK za pomoc při terénním průzkumu. V poslední řadě bych rád poděkoval mým přátelům a rodině za povzbuzování k práci a rovněž za jejich neutuchající podporu při studiu a při plnění mých životních snů.



## Abstrakt

V poslední době je v oboru revitalizací vodních toků diskutována problematika hodnocení úspěšnosti a kvantifikace efektů, které by revitalizační opatření měla přinášet. Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením revitalizačních efektů se zaměřením na hydromorfologii. V rešeršní části práce jsou stručně představeny současné poznatky z oborů hydromorfologie a fluviální geomorfologie. Zahrnuty jsou také aktuální poznatky a metodické postupy zabývající se hodnocením efektů revitalizačních opatření. Pro vyhodnocení revitalizačních efektů byla na základě rešerše odborné literatury a metody EcoRivHab navržena metoda, která kvantifikuje revitalizační efekty na základě vybraných parametrů. Tato metoda byla následně v praktické části práce aplikována na revitalizovaném úseku Litovického potoka v obci Hostivice. Výsledky práce prokázaly, že tato revitalizace znamenala pro Litovický potok výrazné zlepšení (v průměru o +33,74 %). Největší pozitivní efekt byl zaznamenán u parametru *maximální rychlosti proudění* (+84,9 %), naopak jediný negativní efekt byl shledán u parametru *struktura břehové vegetace* (-1,8 %).

**Klíčová slova:** vodní toky, revitalizace vodních toků, revitalizační efekt, hydromorfologie, hydromorfologický průzkum

## Abstract

In the field of river restorations, topics being currently discussed are assessing success and quantifying effects that river restoration measures should have. This bachelor thesis deals with an assessment of the river restoration effects based on the hydromorphology. Current knowledge in fields of hydromorphology and fluvial geomorphology are presented in the theoretical part of this thesis. Recent outcomes and methodical procedures that are used to evaluate the effects of river restoration measures are also included. A method was developed based on the theoretical part of this thesis and the method EcoRivHab in order to assess the restoration effects by selected parameters. The method was applied on the restored segment of Litovický stream in Hostivice town in the practical part. The results of the thesis showed what a significant impact the restoration had on Litovický stream (in average +33.74 %). The parameter *maximum flow velocity* showed the highest effect (+84.9 %). On contrary, the parameter *structure of bank vegetation* had the only negative effect (-1.8 %).

**Key words:** streams, river restoration, restoration effect, hydromorphology, hydromorphological survey

## Obsah

<b>Seznam grafických prvků .....</b>	<b>7</b>
<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod a cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Hydromorfologie a dynamika vodního toku .....</b>	<b>11</b>
2.1 Základní hydromorfologické poznatky .....	11
2.2 Vodní tok.....	13
2.3 Koryto vodního toku a faktory jej utvářející.....	13
2.4 Korytotvorné procesy.....	15
2.5 Tvary vytvářené v korytech vodních toků.....	16
2.6 Klasifikace a typologie vodních toků.....	17
<b>3 Revitalizace a revitalizační efekty na vodních tocích .....</b>	<b>21</b>
3.1 Pojem revitalizace .....	21
3.2 Přínosy a cíle revitalizačních opatření .....	21
3.3 Revitalizace v intravilánech a ve volné (přírodní) krajině .....	22
3.4 Revitalizační efekty na vodních tocích .....	23
3.5 Metody hodnocení revitalizačních efektů .....	25
3.5.1 Hodnocení dosažitelných efektů návrhů a projektů .....	25
3.5.2 Hodnocení efektů provedených revitalizací v Česku .....	26
3.5.3 Hodnocení efektů provedených revitalizací v zahraničí .....	28
<b>4 Metodika a zdroje dat.....</b>	<b>31</b>
<b>5 Charakteristika vybrané lokality .....</b>	<b>35</b>
5.1 Fyzicko-geografická charakteristika části povodí Litovického potoka .....	35
5.2 Představení projektu Revitalizace Litovického potoka v k. ú. Hostivice .....	39
<b>6 Výsledky práce .....</b>	<b>48</b>
<b>7 Shrnutí výsledků a diskuze .....</b>	<b>54</b>
<b>8 Závěr .....</b>	<b>58</b>
<b>9 Zdroje.....</b>	<b>60</b>
9.1 Literatura .....	60
9.2 Internetové zdroje.....	66
9.3 Zdroje mapových podkladů.....	68
<b>Přílohy.....</b>	<b>69</b>

## Seznam grafických prvků

### Seznam obrázků

- Obrázek 1: Části meandrového oblouku a procesy v něm působící
- Obrázek 2: Klasifikace říčních vzorů dle Schumma (1981)
- Obrázek 3: Podélné, příčné a půdorysné zobrazení typů vodních toků dle Rosgena (1994)
- Obrázek 4: Hlavní efekty, které může přinášet revitalizace vodního toku
- Obrázek 5: Mapa rozdělení vodního toku na úseky
- Obrázek 6: Poloha zájmové lokality
- Obrázek 7: Mapa zájmového povodí
- Obrázek 8: Původně antropogenně zcela ovlivněné koryto před propustkem pod železnicí a pěším mostem
- Obrázek 9: Zbytky betonových částí v původním nerevitalizovaném korytě
- Obrázek 10: Napřímené koryto s výrazným zahloubením
- Obrázek 11: Zarůstající původně vybetonované koryto
- Obrázek 12: Znázornění UČS 01, 02, 03 projektu revitalizace
- Obrázek 13: Úsek UČS 01 před revitalizací v roce 2010
- Obrázek 14: Úsek UČS 01 po revitalizaci v roce 2016
- Obrázek 15: Úsek UČS 02 před revitalizací v roce 2010
- Obrázek 16: Úsek UČS 02 po revitalizaci v roce 2016
- Obrázek 17: Úsek UČS 03 před revitalizací v roce 2010
- Obrázek 18: Úsek UČS 03 po revitalizaci v roce 2016

### Seznam tabulek

- Tabulka 1: Srovnání vybraných prioritních parametrů rozdílných přístupů k hodnocení revitalizačního efektu
- Tabulka 2: Výběr parametrů pro hodnocení revitalizačního efektu
- Tabulka 3: Hodnoty M-denních průtoků v  $l \cdot s^{-1}$  pro ř. km 17,000 za období 1931–1980
- Tabulka 4: Hodnoty N-letých vod v  $m^3 \cdot s^{-1}$  pro ř. km 17,000 počítané na stanici ČHMÚ Ruzyně za období 1960–2004
- Tabulka 5: Kvantifikace efektu prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti
- Tabulka 6: Rychlosti proudění a kvantifikace efektu snížení rychlosti proudění
- Tabulka 7: Hodnoty kvality vybraných parametrů a kvantifikace efektu obnovení členitosti příčného a podélného profilu
- Tabulka 8: Hodnoty kvality vybraných parametrů a kvantifikace efektu obnovení příbřežní zóny a nivy

## **Seznam grafů**

Graf 1: Výskyt a diverzita přírodních struktur mezohabitatu v jednotlivých úsecích zájmové části toku

Graf 2: Výskyt a diverzita antropogenních struktur mezohabitatu v jednotlivých úsecích zájmové části toku

Graf 3: Porovnání efektů pozorovaných parametrů

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Mapovací formulář pro hodnocení revitalizačních efektů na vodních tocích pomocí vybraných parametrů

Příloha 2: Zeměpisné souřadnice vymezení hodnocených úseků.

Příloha 3: Měření rychlosti proudění vody pomocí hydrometrické vrtule typu OTT C2

Příloha 4: Vytvořené boční tůně v úseku ÚČS 02

Příloha 5: Retenční nádrž v úseku ÚČS 02

Příloha 6: Projevy stružkové eroze v úseku UČS 02

Příloha 7: Znečištěná voda v potoce v úseku UČS 01 bezprostředně pod čistírnou OV

Příloha 8: Rozvlnění koryta do zákrutů a meandrů v úseku ÚČS 01

Příloha 9: Obnovený mlýnský náhon v úseku ÚČS 02

Příloha 10: Původní koryto s betonovým dnem, které je překryto přírodním materiálem

Příloha 11: Vložení kamenů do toku a zpevnění břehů zatravněním v horním úseku UČS 03

Příloha 12: Členité koryto potoka v úseku ÚČS 01 s charakteristickým vegetačním opevněním břehů

Příloha 13: Opevnění břehů koryta kamenným pohozením

Příloha 14: Brod v revitalizovaném korytě v úseku UČS 02

Příloha 15: Čerstvě vysazená vegetace na ostrovech a březích potoka

Příloha 16: Zanášení dna koryta přírodním materiálem

## Seznam zkratek

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
CEN	Compliant hydromorphological survey method
ČGS	Česká geologická společnost
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSN	česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
EC	European Commission
GIS	geografický informační systém
hl. m.	hlavní město
k. ú.	katastrální území
LB	levý břeh
MQI	Morphological Quality Index
MQIm	Morphological Quality Index for monitoring
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OV	odpadní vody
PB	pravý břeh
PP	přírodní památka
PSP ČR	Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky
ř. km	říční kilometr
UČS	ucelená část stavby
ÚSES	Územní systém ekologické stability
ZABAGED	Základní báze geografických dat

## 1 Úvod a cíle práce

Z důvodu rostoucí populace na Zemi a z obav před neblahými účinky vody měl člověk v průběhu historie tendenci různými technickými způsoby upravovat vodní toky nejen na území Česka. Tyto člověkem mnohdy nevhodně provedené úpravy způsobily výrazný odklon od původně přírodního charakteru našich potoků, řek a celé hydrografické sítě (Němec a Kender 2006). V dnešní době je snaha tyto v minulosti chybné kroky napravovat a vracet vodním ekosystémům jejich přírodní či přírodě blízký charakter pomocí procesu revitalizace. Každý revitalizační projekt by měl být prováděn s cílem dosažení určitých efektů, aby mohla být prokázána úspěšnost provedené revitalizace (Just a kol. 2005). V této souvislosti bývá poslední dobou stále častěji diskutována problematika, jak tyto efekty objektivně zhodnotit či statisticky kvantifikovat. Stávající metodické postupy pro hodnocení revitalizačních efektů, které bývají aplikovány v Česku, byly původně vytvořeny pro hodnocení hydromorfologického stavu vodních toků. Tyto metody však nedokáží efekty, které bývají očekávány od revitalizací, dostatečně zohlednit a kvantifikovat.

Tato práce se zabývá hodnocením revitalizačních efektů na vodních tocích se zaměřením na hydromorfologii. Pro tvorbu i hodnocení revitalizačních projektů je však zapotřebí pochopit fluviálně-morfologickou dynamiku říčních systémů. Z tohoto důvodu jsou v rešeršní části této práce shrnuty základní poznatky vývoje a chování vodních toků.

Hlavním cílem předkládané práce je analýza stávajících metodických postupů týkajících se hodnocení revitalizačních efektů a následný návrh metody, která by byla pro kvantifikaci efektů nejvhodnější. Jelikož je každá revitalizace svým způsobem specifická, je pro identifikaci efektu stěžejní vhodný výběr hydromorfologických parametrů (Kail, Lorenz, Hering 2014; Poppe a kol. 2016).

Dílčím cílem práce je představení vybraného projektu revitalizace ve zvolené lokalitě a použití navržené metody pro kvantifikaci revitalizačních efektů. Jako zájmová lokalita byla zvolena část povodí Litovického potoka, která se nachází v katastrálním území města Hostivice při západním okraji Prahy. Tento vodní tok byl zejména v průběhu 20. století velmi výrazným způsobem nevhodně upravován. Z toho důvodu byla na Litovickém potoce v roce 2015 provedena revitalizace, která byla zatím rozsahově největší a finančně nejnákladnější revitalizací na tomto toku (Just 2016).

## 2 Hydromorfologie a dynamika vodního toku

### 2.1 Základní hydromorfologické poznatky

Hydromorfologii jako samostatnou disciplínu lze chápat jako jedno z odvětví hydrologie, které se zabývá strukturou a vývojem vodních útvarů na Zemi (Vogel 2011). Nejpoužívanější a zároveň nejjobecnější definici hydromorfologie lze uvést například takto: „*Hydromorfologie je průnik vodního inženýrství a vědy zabývající se problémy, které souvisí se strukturou, vývojem a dynamickou změnou hydrologických systémů v čase*“ (Vogel 2011, s. 2). Jiní autoři, například Belletti a kol. (2015) nebo Rinaldi a kol. (2017), chápou hydromorfologii jako samostatnou disciplínu, která propojuje poznatky z odvětví hydrologie a geomorfologie. V Evropě je termín hydromorfologie používán zejména v kontextu Rámcové směrnice o vodní politice Evropské unie (angl. Water Framework Directive – WFD 2000/60/EC), na jejímž základě byly vyvinuty metody pro hodnocení hydromorfologického stavu. Tyto metody představují komplexní syntézu integrující hydrologii, geomorfologii a ekologii říčních systémů (Orr a kol. 2008).

Řada autorů přirovnává hydromorfologii k fluviální geomorfologii. Fluviální geomorfologie se zabývá studiem tvarů a funkcí vodních toků a jejich vztahů ke svému okolí, jehož podoba je utvářena především geologickými a klimatickými poměry (Montgomery 1999). Newson a Large (2006) mají za to, že fluviální geomorfologie byla v evropském kontextu nahrazena mezioborově vnímanou hydromorfologií. K tomuto vývoji se tito autoři však staví kriticky a tvrdí, že přílišná propojenost různých směrů v hydromorfologii povede ke zmatkům a neefektivitě v práci v tomto oboru. Hydromorfologii Newson a Large (2006) vnímají jako uměle vytvořenou disciplínu, jež může v dané problematice způsobovat nesnáze správcům vodních zdrojů a neodborným pracovníkům. Je to zejména z toho důvodu, že žádný subjekt v tomto systému není schopen znát a rozumět všem ostatním složkám mimo tu svou – může se tedy stát, že nástroje budou aplikovány pracovníky zcela rutinně, aniž by jim bylo zvláště porozuměno (Newson a Large 2006).

Naopak Vaughan a kol. (2009) tvrdí, že v době výrazných zásahů člověka do přírodního prostředí a změny klimatu je důležité pochopit důležitost hydromorfologie i pro její ekologický význam. Vzhledem k tomu bývá hydromorfologie někdy také označována jako „*ekohydrologie*“ nebo „*ekohydromorfologie*“. Tuto vědu autoři definují jako „*interakci biologických entit a ekologických procesů řeky s hydrologickou*

*a geomorfologickou formou a dynamikou“* (Vaughan a kol. 2009, s. 114). Vzájemnou interakci různých oborů v rámci hydromorfologie spatřují i další autoři (například Edwards 1968; Madsen, Enevoldsen, Jorgensen 1993).

Z předešlých hydromorfologických výzkumů je patrné, že se autoři dříve věnovali spíše problematice kvality vody a ochraně řek (Hynes 1960) a nekladli takový důraz na vztahy mezi říčními organismy a jejich stanovišti (fyzickým habitatem). V roce 1992 vypracovala Evropská komise nový ekologicky orientovaný přístup pro správu v oblasti vod, který byl předchůdcem WFD. Tento krok znamenal poněkud odklon od chemických a biologických hodnocení kvality vodních toků a prioritou se stalo hodnocení charakteristik prostředí vodního toku (Fernandez, Barquin, Raven 2011). Proto od devadesátých let 20. století začaly vznikat metody hydromorfologického hodnocení vodních toků, které si kladly za cíl hodnocení fyzického habitatu (Raven a kol. 1997). Příkladem mohou být metody – River Habitat Survey (RHS) (Raven a kol. 1997), Rapid Bioassessment Protocol (RBP) (Barbour a kol. 1999), nebo Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků (EcoRivHab) (Matoušková 2003). Fyzický habitat byl v rámci vznikajících metod chápán jako prostředek, který dokázal vysvětlit prostorové rozmístění, strukturu a chování vodních organismů (Fernandez, Barquin, Raven 2011). Dle Vaughana a kol. (2011) je potřeba směr výzkumu posunout ke studiu širokého spektra změn ve fyzickém prostředí organismů, neboť řeky jsou stále intenzivněji využívány, regulovány nebo jiným způsobem modifikovány.

Z nejnovějších studií v oblasti hydromorfologie je zřejmé, že se autoři snaží zaměřovat na metody hodnocení hydromorfologie, zejména od doby zavedení WFD (Belletti a kol. 2015). Po zavedení WFD vznikaly další metodiky pro posuzování hydromorfologie (Fernandez, Barquin, Raven 2011; Belletti a kol. 2015). Belletti a kol. (2015) rozdělili metody zabývající se hodnocením hydromorfologie do čtyř skupin:

- 1) hodnocení fyzického habitatu
- 2) hodnocení příbřežního habitatu
- 3) hodnocení morfologie vodního toku
- 4) posouzení změn hydrologického režimu

Trendem posledních let je zaměření vědeckého vývoje na geomorfologicky založené přístupy, které se zabývají hodnocením geomorfologických tvarů pro lepší pochopení a interpretaci vývoje a dynamiky řeky (Rinaldi a kol. 2017). Belletti a kol.



(2015) považují do budoucna za důležité vytvoření integrovaného rámce pro hydromorfologickou analýzu s důrazem na interdisciplinární propojení přístupů v hydrologii, geomorfologii, kvalitě vody, biologii a ekologii. Vogel a kol. (2015) se také přiklánějí k důležitosti vzniku nových interdisciplinárních odvětví. Tvrdí, že změny v hydrologických systémech mají vliv i na jiné systémy, jako například socioekonomické, ekologické nebo klimatické.

## 2.2 Vodní tok

Ústředním zájmem hydromorfologie jsou vodní toky. Proudící voda patří mezi nejvýznamnější exogenní geomorfologickou sílu, která formuje reliéf (Strahler 1999; Kopp, Langhammer, Matoušková 2006). Vodní toky jsou pro běžného pozorovatele jedněmi z nejzřetelnějších prvků v krajině. Řečiště vodních toků vznikají soustředěním povrchového odtoku z krajiny, jež je zpravidla výsledkem srážkové činnosti. Vodním tokem mohou dle Vodního zákona 254/2001 Sb. být označovány „*povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod umělých nebo vzdutých. Součástí vodních toků jsou i vody ve slepých ramenech a v úsecích přechodně tekoucích přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo zakrytými úseky*“ (PSP ČR 2001). Ruda (2014) označuje vodním tokem vodu tekoucí v korytě ohraničeném dnem a břehy, kterým se odvádí srážková voda z určitého území a podzemní voda vyvěrající do toku. Dle Demka (1987) vodní tok vzniká při soustředění odtékající vody. Můžeme jím označovat koryto s vodou, jež odtéká z povodí buď trvale nebo po určitou část roku.

Jednu z klíčových charakteristik odtoku vody v korytě představuje rychlost proudění (Kopp, Langhammer, Matoušková 2006). Rychlost proudění vodního toku dle Demka (1987, s. 230) závisí na „*spádu, množství vody, viskozitě vody, šířce, hloubce a tvaru koryta v příčném profilu a drsnosti koryta*.“ Na množství vody, které protéká korytem, má vliv celá řada činitelů (Kopp, Langhammer, Matoušková 2006). Za hlavního činitele tuto autoři a Montgomery (1999) považují množství srážek, jež spadne na území určitého povodí.

## 2.3 Koryto vodního toku a faktory jej utvářející

Veškeré procesy modelující koryto vodního toku jsou podmíněny fyzikálními zákony (Robert 2003). Objektem zájmu odvětví fluviální dynamiky, jež se činností těchto fyzikálních procesů zabývá, je především samotná síla proudící vody, pohyb sedimentů

v ní a příčiny vzniku tvarů dna (Robert 2003). Vzhledem k tomu, že se vodní toky od svého pramene k ústí rozšiřují, lze podle Leopolda a Wolmana (1957) fungování fyzikálních zákonů, které ve vodních tocích probíhají, odvodit pro všechny typy vodních toků. Church (1992) rozlišuje čtyři faktory ovlivňující míru účinnosti fyzikálních procesů v korytě vodního toku. Prvním z nich je množství a časové rozložení průtoků ve vztahu k horní části toku, druhým je množství a časové rozložení zásobení sedimenty. Předposledním zmiňovaným vlivem je charakter geologického podloží, kterým vodní tok protéká, a nakonec je to i topografie území, z níž má vliv především sklon. Obecně lze na základě literatury tvrdit, že míra schopnosti vodního toku modelovat své koryto je závislá na vztahu mezi erozí a akumulací (Leopold 2000), popř. na rovnováze mezi erozí a odolností břehů a dna (Robert 2003). Mimo zmíněné vztahy jsou podstatnými faktory určujícími podobu řečiště i klimatické podmínky a geologické podloží (Montgomery 1999; Leopold 2000), ale i půdní či vegetační poměry (Leopold 2000).

Pro samotné formování koryt je podstatná variabilita odtoku v souvislosti se splaveninovým režimem (Leopold 1997). Nejvýznamnější roli hraje tzv. korytotvorný průtok. Dosažení korytotvorného průtoky je důležitým indikátorem začátku procesů změn v korytě (Ahilan a kol. 2013). Leopold (1997) tvrdí, že pohyb materiálu v korytě začíná probíhat ještě před dosažením hodnot korytotvorného průtoky. Podle tohoto autora se většina materiálu v korytě pohybuje od 90 % korytotvorného průtoky až do jeho dvojnásobku.

Dalším důležitým procesem, který ovlivňuje charakter koryta, je snaha vodního toku dosáhnout tzv. rovnovážného stavu (stav dynamické rovnováhy, Matoušková 2008). Rovnovážný stav lze definovat jako stav, kdy se spád, šířka, hloubka a další charakteristiky koryta nacházejí v rovnováze s průměrným průtokem a množstvím splavenin a plavenin (Demek 1987; Ritter, Kochel, Miller 2011). Zjednodušeně řečeno lze říci, že v tomto stavu si vodní tok v daném místě udržuje dlouhodobou rovnováhu mezi erozí a akumulací (Demek 1987), jež je z velké části závislá na velikosti průtoků a velikosti sedimentů (Robert 2003). Autoři Leopold a Wolman (1957), Leopold (2000), Ritter, Kochel, Miller (2011) tvrdí, že tento stav není trvalý, jelikož každá klimatická změna jej může vyvést z rovnováhy. Proto bývá těmito autory označován jako tzv. kvazirovnovážný stav. Strahler (1999) uvádí, že dosažení rovnovážného stavu je dlouhodobý proces, který může trvat jednotky až desítky miliónů let. Jednou z prvních známek dosažení stavu rovnováhy je vznik údolní nivy (Strahler 1999).

## 2.4 Korytotvorné procesy

Procesy utvářející koryta vodních toků jsou vytvářeny povrchově tekoucí vodou, jež v závislosti na intenzitě deště nebo tání sněhu, charakteru podloží, sklonu reliéfu a druhu vegetace působí jako modelační činitel (Horník a kol. 1986). Ve fluvialní geomorfologii je ve vztahu k transportu sedimentů dominantním konceptem síla toku (Bagnold 1977). Koryto vodního toku je do podkladu hloubeno právě energií tekoucí vody, jeho tvar je však ovlivněn množstvím unášených sedimentů (Leopold 1997; Robert 2003). Mezi základní navzájem se ovlivňující fluvialní procesy, které utvářejí koryta vodních toků, patří eroze, transport a akumulace (Strahler 1999, Robert 2003, Máčka 2011).

Fluvialní eroze je proces, kdy se vodní toky mají tendenci zvětšovat směrem po toku a svá říční koryta rozšiřovat a prohlubovat (Demek 1987). Eroze se v korytech vodních toků projevuje buď ve svislém (hloubková eroze) nebo v horizontálním směru (boční eroze) (Horník a kol. 1986; Robert 2003). Rychlost erozního působení vody v korytě závisí dle Horníka a kol. (1986) na rychlosti proudění vody, charakteru pohybu vody, velikosti a charakteru unášeného materiálu, odolnosti podloží a charakteru sklonu a průběhu koryta. Hloubková eroze, tedy proces, kdy se koryto vodního toku prohlubuje (Demek 1987), způsobuje posun pramenných mís proti směru toku, čímž dochází ke zpětné erozi (Horník a kol. 1986). Boční erozí rozumíme proces, kdy se koryto vodního toku rozšiřuje a dochází tak k rozšiřování údolí, ve kterém se vodní tok nachází (Demek 1987). Důsledkem boční eroze je často rozrušování břehů, jež je významným zdrojem sedimentů pro vodní tok (Strahler 1999). Tento typ eroze je charakteristický pro střední část toku a projevuje se odlišným způsobem ve skalních a v aluviálních korytech (Horník a kol. 1986).

Erozí uvolněný materiál nebo materiál, který se do vodního toku dostal například svahovými procesy, je vodním tokem odnášen (Horník a kol. 1986; Demek 1987). Autoři Horník a kol. (1986), Demek (1987), Strahler (1999), Robert (2003) a Máčka (2011) rozlišují tři základní způsoby unášení materiálu vodním tokem – rozpuštěný materiál (ve formě rozpuštěné látky), splaveniny (hrubozrnné částice posunované nebo převalované po dně) a plaveniny (jemnozrnný materiál unášený v suspenzi). Způsob, jakým dochází k transportu, závisí zejména na množství vody a na spádu toku (Horník a kol. 1986), přičemž největší objemy materiálu, které řeky transportují, jsou v podobě suspendovaných sedimentů (Strahler 1999). Důležitým termínem pojícím se

k fluvialnímu transportu je tzv. unášecí schopnost vodních toků. Unášecí schopnosti rozumíme maximální množství pevných látek, které je vodní tok schopen transportovat za určitého průtoku (Strahler 1999).

Posledním základním procesem, který ovlivňuje charakter koryta, je akumulace. O fluvialní akumulaci lze hovořit tehdy, dojde-li k poklesu transportační rychlosti a unášený materiál se začíná sedimentovat na okrajích koryta nebo na mělčinách (Horník a kol. 1986). Podoba materiálů usazovaných v horských a nížinných tocích je různá. Zatímco u horských toků je materiál špatně vytržěn a zrna sedimentů nejsou zaoblená, u nížinných řek je materiál vytržěn lépe, dominuje v něm písčité typ frakce a zrna sedimentů jsou zaoblená významně (Horník a kol. 1986). Říční úseky, kde převládá sedimentace nad odnosem částic, jsou nazývány agradujícími (Horník a kol. 1986).

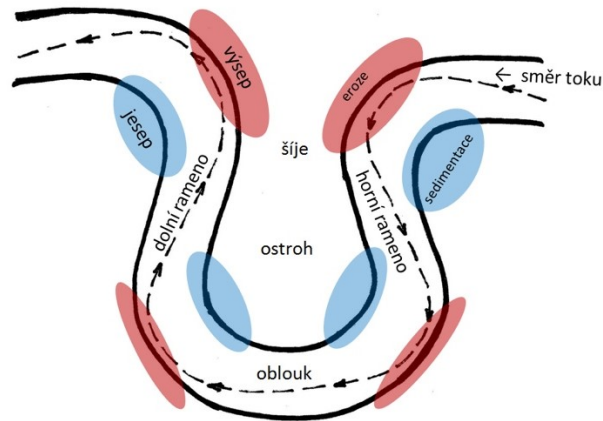
## **2.5 Tvary vytvářené v korytech vodních toků**

Různé druhy tvarů vznikají v různých typech podloží, do kterých se vodní toky zařezávají. Všeobecně je známo, že řeky jsou schopné samy měnit morfologii (tvar a velikost) svých koryt. Za základní fluvialně-geomorfologické tvary, které jsou vytvářeny ve vodních tocích, můžeme považovat tvary erozní a akumulační (Strahler 1999; Máčka 2011). Just a kol. (2005) rozlišují několik základních tvarů vznikajících v korytě vodních toků – vnější výsepní (konkávní) a vnitřní jesepní (konvexní) břeh, inflexe, tůň, brod, šterková lavice, dnová dlažba a berma.

Celkový tvar koryta jak v příčném, tak v podélném průřezu je výsledkem působení tekoucí vody na své bezprostřední okolí. Voda neproudí ve všech částech koryta stejně rychle, což je zapříčiněno reakcí proudící vody na sklon a heterogenní podmínky prostředí (Demek 1987; Ruda 2014). Z Obrázku 1 je zřejmé, jak se řeka v různých částech svého koryta chová. Na vnějších (konkávních) březích zákrutů a meandrů voda intenzivně napadá břehy a převažuje boční eroze, a vodní tok tedy rozšiřuje. V těchto místech působí také hloubková eroze, která má za následek prohlubování vodního toku (Demek 1987; Leopold 2000). Částice vody v těchto místech zahrnují i erodované částice břehu. Na základě toho zvyšují hmotnost vody a zdvihají hladinu vodního toku (Ruda 2014). Voda poté proudí na protilehlý vnitřní (konvexní) břeh zákrutu nebo meandru, kde je hladina níže, a kde převažuje sedimentace částic vlivem poklesu rychlosti proudění (Ritter, Kochel, Miller 2011; Ruda 2014). V důsledku dynamického vývoje rychlosti proudění

v korytě se zákruty posunují ve směru sklonu údolního dna a následně tak směřují k vývoji meandrů (Ruda 2014).

Obrázek 1: Části meandrového oblouku a procesy v něm působící (zdroj: Living Amazonia 2018).

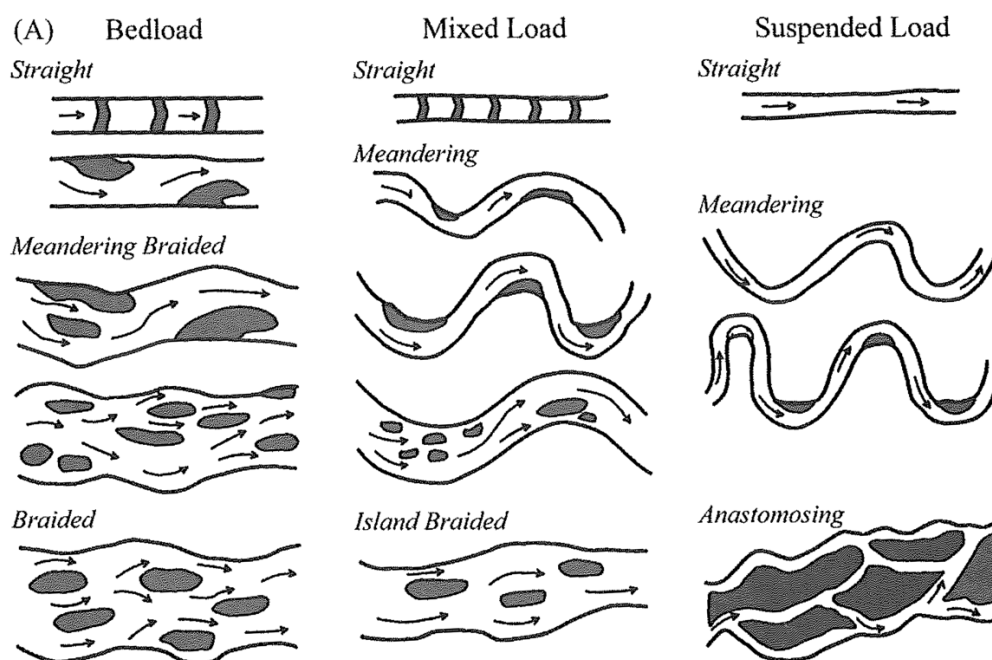


## 2.6 Klasifikace a typologie vodních toků

Pro pochopení fluvialně-morfologických procesů a rozvoje říčních krajín je užitečné vodní toky kategorizovat dle jejich společných charakteristik (Kujanová, Matoušková, Kliment 2016). Platts (1980) definuje pojem klasifikace jako uspořádání objektů do skupin nebo souborů na základě jejich společných vztahů nebo podobností. V návaznosti na již zmiňovanou WFD je typologizace vodních toků základem popisu tzv. referenčního stavu lokalit a následného hodnocení hydromorfologické složky stavu vod (EC 2000). Rosgen (1994) uvádí, že klasifikace vodních toků může mít několik praktických využití, a to zejména pro vodní inženýrství, zvýšení kvality biotopů, pro správu vodních zdrojů nebo jako předloha pro revitalizační opatření na vodních tocích.

Z různých klasifikací vodních toků je zřejmé, že každý z jejich autorů stanovuje typy vodních toků podle různých kritérií. Leopold a Wolman (1957) klasifikovali vodní toky podle půdorysného tvaru (říčního vzoru) na přímé, meandrující a divočící, a nastolili tak první významný rámec klasifikací. Smith (1983) zveřejnil ve své práci ještě anastomózní typ půdorysného tvaru. Schumm (1981) vytvořil klasifikaci na základě původních říčních vzorů v kombinaci s hlavním druhem přenášeného materiálu a stanovil tak 14 různých kategorií vodních toků (Obrázek 2).

Obrázek 2: Klasifikace říčních vzorů dle Schumma (1981) (zdroj: Ritter, Kochel, Miller 2011, upraveno).

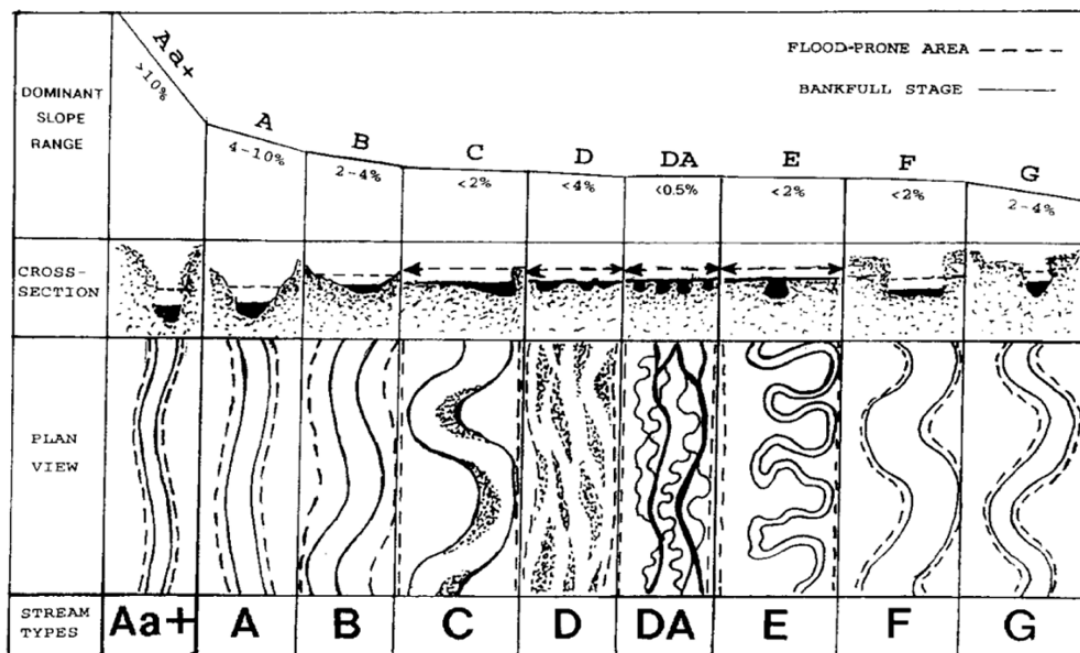


Jiní autoři klasifikovali říční vzory vodních toků podle počtu dílčích koryt každého toku. Rozlišili vodní toky s jedním korytem (přímé a meandrující) a toky s více koryty (divočící a větvené) (Knighton 1998). Ritter, Kochel, Miller (2011) mají za největší slabinu těchto klasifikací především přechody mezi jednotlivými typy. Problémem může být také to, že říční vzorec nemusí převládat na celé délce vodního toku, neboť bývá zpravidla proměnlivý (Robert 2003; Ritter, Kochel, Miller 2011), a to zejména u vodních toků v rozsáhlých povodích (Ritter, Kochel, Miller 2011). Důvodem rozrůzněnosti říčních vzorců ve velkých povodích je, že říční vzorec je utvářen odtokovým a splaveninovým režimem, jejichž variabilita zpravidla narůstá společně právě s plochou povodí (Ritter, Kochel, Miller 2011).

Významnou práci v klasifikaci vodních toků publikoval Rosgen (1994). Ve své práci vymezil 7 hlavních geomorfologických typů a několik dalších podtypů vodních toků, jež označil písmeny nebo kombinací písmen A až G (Obrázek 3). Tato klasifikace je založena na stanovení tvaru a vzoru říčního koryta podle hlavních parametrů. Mezi tyto parametry patří podélný sklon, materiál dna, poměr šířky a délky koryta, sinusita a možnost bočního pohybu koryta (Rosgen 1994). Dle Leopolda (2000) je Rosgenova klasifikace vhodná k detailnímu popisu krátkých úseků, ale nevhodná pro aplikaci na celé povodí. Další klasifikace zpracovaná Kujanovou, Matouškovou, Klimentem (2016) se

soustřeďuje na kategorizaci vodních toků v Česku na základě signifikantních parametrů jejich chování.

Obrázek 3: Podélné, příčné a půdorysné zobrazení typů vodních toků dle Rosgena (1994) (zdroj: Rosgen 1994).



Ve většině publikací se udává zjednodušený pohled, který člení vodní toky na tři nebo čtyři základní typy podle půdorysného tvaru (říčního vzoru, říčního vzorce) (Leopold a Wolman 1957; Ritter, Kochel, Miller 2011). Prvním z typů říčních koryt je vodní tok s přímým korytem. Tento typ vodního toku se vyskytuje nejčastěji v horních, horských úsecích toků s velkými podélnými sklony (Ritter, Kochel, Miller 2011). U těchto toků převládá hloubková eroze, která vytváří typická údolí tvaru „V“. Střídají se zde úseky brodů a tůní (angl. *riffles and pools*) a stupňů a tůní (angl. *steps and pools*) v závislosti na podélném sklonu a šířce koryta (Leopold a Wolman 1957). Rosgen (1994) uvádí, že přímé vodní toky mají vysokoenergetický potenciál s velkou transportní schopností. Leopold a Wolman (1957) zmiňují, že velká kinetická energie proudění není nakloněna vzniku meandrů, jelikož by je prořezávala, a proto bývá u těchto toků nízká hodnota sinuosity.

Druhým typem jsou divočí říčky (angl. *braided rivers*), které se vyznačují mělkým korytem, jež je rozprostřeno do širokého pásma, v němž se proud vody při menších průtocích nestabilně rozděluje do více dílčích koryt (Leopold a Wolman 1957; Strahler 1999, Ritter, Kochel, Miller 2011). Divočí vodní toky bývají velmi málo stabilní (Rosgen 1994) a při každé změně vodního stavu se soustava koryt spolu se šterkovými lavicemi, jež jsou tvořeny říčními sedimenty, mění (Horník a kol. 1986).

Třetím typem je meandrující vodní tok. U tohoto toku je často diskutováno jeho problematickém vymezení. Autoři Leopold a Wolman (1957), Ritter, Kochel, Miller (2011) zmiňují, že rozdíl mezi přímým a meandrujícím tokem je určován na základě hodnoty sinuosity 1,5, což je však podle autorů nevypovídající a uměle stanovená hodnota. V některých zdrojích se proto používá pro přechod mezi těmito typy pojem „zákrutový vodní tok“ (Langhammer 2014). Demek (1987, s. 244) definuje meandr jako „zákrut koryta větší délky, než je polovina obvodu kružnice nad jeho tětivou.“ Meandrováním vodního toku se rozumí pravidelné zvlnění průběhu koryta, ke kterému dochází vlivem rozkmitání proudnice a tvoří se jesešní a výsešní břehy (Horník a kol. 1986; Ritter, Kochel, Miller 2011). Podle Rittera, Kochela, Millera (2011) dříve převažoval ve fluviální geomorfologii názor, že meandrování je způsobeno odkloněním proudu zapříčiněným ponořenými balvany nebo mrtvým dřevem v korytě. V současné době je přijímán princip vývoje meandrů popsany Callanderem (1969) – tedy že za jejich vznikem stojí působení spirálovitých proudů proudících od vnějšího k vnitřnímu břehu (Ritter, Kochel, Miller 2011). Pro meandrující toky je charakteristické jedno výrazně vymezené koryto, které se vine kolem údolnice v meandrovém pásu s dobře vyvinutou přílehlou nivou (Rosgen 1994). Horník a kol. (1986) rozděluje meandry na dva základní typy podle toho, v jakém typu podloží se vyskytují – volné a zakleslé.

Posledním, čtvrtým typem je anastomózní (stabilně větvený) vodní tok. Anastomózní vodní tok, jakožto jeden z říčních vzorů, poprvé zmiňuje ve své práci Smith (1983). Autoři Nanson a Knighton (1996) nebo Makaske (2001) popisují anastomózní tok jako vodní tok skládající se ze dvou nebo více sloučených stabilních ramen vzájemně propojených nivou, která je pokryta vegetací. Anastomózní toky jsou obvykle tvořeny tzv. evulzemi (odkloněním), ke kterým dochází za povodně a způsobují vznik nových kanálů v nivě. Tento typ vodního toku se vyskytuje nejčastěji v širokých nížinných úsecích řek v aluviálních sedimentech (Nanson a Knighton 1996; Makaske 2001). Má velkou variabilitu sinuosity a bývá často doprovázen výskytem mokřadů (Rosgen 1994).

I když byl na území Česka počet přírodních koryt jednotlivých morfologických typů i v dobách před regulacemi poměrně nízký (Just a kol. 2005), klasifikace vodních toků do skupin může pomoci k lepšímu pochopení jejich přirozeného chování a mimo jiné umožňuje předvídat změny ve fluviálním systému z pohledu nestability a rizik (Kujanová, Matoušková, Kliment 2016).



## **3 Revitalizace a revitalizační efekty na vodních tocích**

### **3.1 Pojem revitalizace**

Během středověku a poté i v 19. a 20. století měl člověk tendenci nejen na území Česka různými technickými způsoby upravovat vodní toky. Tyto zásahy, jako například stavba mlýnů, umělých kanálů, napřimování vodní toků nebo budování nepřiměřených hrázových systémů, způsobily výrazný odklon od původně přírodního charakteru našich potoků, řek a celé hydrografické sítě (Just a kol. 2005; Němec a Kender 2006). Ovlivňování vodních toků antropogenní činností je proto výrazně celosvětově kritizováno a odsuzováno, a to například ve spojitosti s prostorovou redukcí vodní složky krajiny, poklesu zásob podzemní vody, poškozováním estetické kvality krajiny (Němec a Kender 2006), nebo i poklesem biodiverzity sladkovodních druhů (Pander a Geist 2013).

Myšlenka revitalizovat člověkem degradované vodní toky se poprvé objevila v 70. letech ve Velké Británii (Matoušková 2008). Revitalizace ve vodohospodářském slova smyslu si proto kladou za cíl tyto negativní zásahy člověka odstranit nebo alespoň zmírnit jejich dopady na vodní ekosystémy (Šlezinger 2010). Revitalizace můžeme definovat dle Justa a kol. (2005) jako zásahy vedoucí k posílení přírodní a krajinné hodnoty a současně příznivé vodohospodářské funkce vodního prostředí.

Jiní autoři, například Wohl a kol. (2005), popisují revitalizace jako různé modifikace říčních koryt, příbřežní a záplavové zóny s cílem zlepšit hydrologické, geomorfologické a ekologické procesy v negativně ovlivněném povodí. V dnešní době jsou vodohospodářské revitalizace globálně akceptovaným nástrojem k ochraně ekosystémů, zachování vodních zdrojů a nebo jako ochrana před povodněmi (Wortley, Hero, Howes 2013).

### **3.2 Přínosy a cíle revitalizačních opatření**

Vrána a kol. (2004) uvádějí, že cílem revitalizací by nepochybně měl být návrat vodního toku a jeho nivy do stavu blízkého přírodě, přičemž tento stav by měl znamenat zlepšení řady parametrů. Přírodě blízký stav by měl být přínosem jak pro přirozené prostředí vodních organismů, tak i pro antropogenní funkce krajiny (protipovodňové zabezpečení, přiměřená stabilizace koryta, přiměřený transport sedimentů apod.) (Vrána a kol. 2004). Just a kol. (2005) zmiňují, že jedním z hlavních cílů revitalizací je obnova členitosti

vodního prostředí a schopnost vodu držet. Právě schopnost zadržet vodu podporuje dle Němce a Kendera (2006) přírodní procesy samočištění.

Většina revitalizačních projektů by měla zahrnovat více komplexně řešených revitalizačních opatření, jež přímo nebo nepřímo ovlivňují ekosystém (Vrána a kol. 2004; Šlezinger 2010; Kurth a Schirmer 2014). Zatímco přímá opatření se soustřeďují na konkrétní zlepšení podmínek v ekosystému, nepřímá opatření si kladou za cíl například ochranu před povodněmi pomocí obnovy záplavových území (Kurth a Schirmer 2014). Právě pojetí revitalizací jakožto prostředku cílené ochrany před povodněmi popisují Just a kol. (2005). Autoři podotýkají, že problematika uplatnění revitalizací v smyslu jedné ze součástí komplexní ochrany před povodněmi byla dlouho opomíjena a efektivně se začala řešit až po velkých povodních v roce 1997 a 2002 (Just a kol. 2005). Cíle protipovodňově zaměřených revitalizačních projektů by měly přispět zejména k eliminaci škod menších a středně velkých povodní rozlivem vody v nivách nebo ke zpomalení postupu povodňových vln (Němec a Kender 2006). Revitalizace by měly také přinášet zkvalitnění vodních, mokřadních a dalších biotopů s výskytem vzácných a chráněných druhů rostlin a živočichů (Němec a Kender 2006).

### **3.3 Revitalizace v intravilánech a ve volné (přírodní) krajině**

Přístupy k provádění revitalizačních opatření se od sebe výrazně liší ve vztahu k prostředí. Ačkoli některé rysy těchto dvou přístupů jsou podobné, jiné priority platí pro revitalizace prováděné ve volné krajině, kde je dostatek prostoru a hlavním cílem je zpomalení odtoku, a pro revitalizace v intravilánech, kde je potřeba brát ohled na omezený prostor a člověkem již vybudovanou zástavbu (Just 2010a).

V přírodní krajině je snaha vytvářet taková revitalizační opatření, která povedou k obnovení morfologické přírodní autenticity (Just 2010b). Příklady prováděných opatření zmiňují například Just a kol. (2005):

- podpora přirozeného rozlivu větších vod v nivě
- rozvolnění koryta – mírnější břehy s proměnlivými sklony
- odstranění starého technicky upraveného koryta
- tvorba tůní částečným zasypáním původního koryta
- snaha o vybudování mělkého a celkově členitějšího koryta

- odstranění jezů a jiných migračních překážek
- založení břehových porostů

V intravilánech a obecně v zastavěném území se revitalizace vodních toků řídí poněkud jinými zásadami. Je třeba brát v potaz stanovenou průtočnou kapacitu vodních toků a dbát na protipovodňovou ochranu obyvatel obce (Just a kol. 2005). Priority, které zmiňují ve svých publikacích Just (2010a) a Matoušková (2008), je možné shrnout v několika bodech:

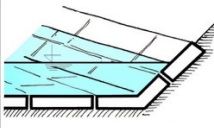
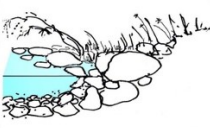
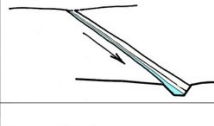
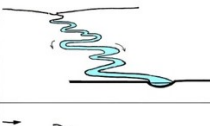
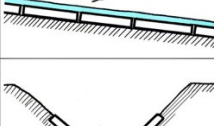
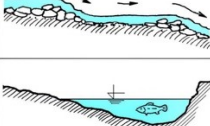
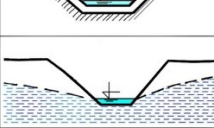
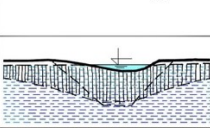
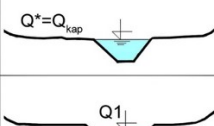
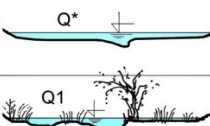
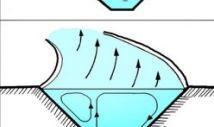
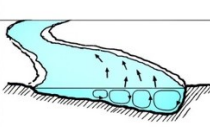
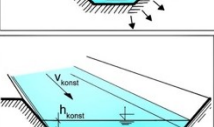
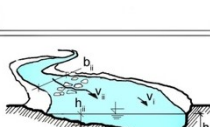
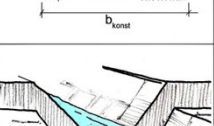
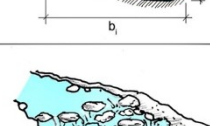
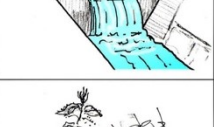


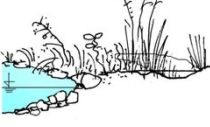
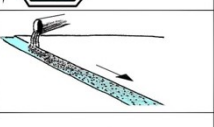
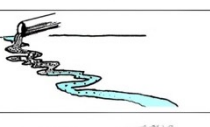




- snaha o stabilizaci koryt přírodními materiály
- zvětšení říčního prostoru
- zdůraznění estetické a hygienické funkce toku
- snížení podílu nepropustných ploch
- nahrazení stupňů kamennými skluzy
- rozčlenění proudnice vložím kamenů
- výstavba protipovodňových poldrů
- úprava přiléhající městské zeleně

Dalším rozdílem je finanční stránka projektů. U intravilánových revitalizací jsou ceny projektů vzhledem ke složitým vlastnickým poměrům vyšší, ačkoli jejich revitalizované úseky bývají kratší než u projektů ve volné krajině (Tichý 2017).

### **3.4 Revitalizační efekty na vodních tocích**

Uskutečnění revitalizace člověkem pozměněného koryta je prováděno s cílem dosažení celé řady efektů (Just a kol. 2005). V obecné rovině se revitalizačním efektem rozumí stupeň zpětného obnovení přirozených funkcí ekosystému a charakteru ekosystémů. Smyslem každého revitalizačního opatření by nemělo být zlepšení pouze jednoho stanoveného problému, ale snaha o dosažení komplexu vodohospodářských, biologických a krajinářských, společenských a dalších revitalizačních efektů (Vrána a kol. 2004). Němec a Kender (2006) považují za nejdůležitější efekty revitalizačních opatření zadržení vody v krajině a vyrovnání rozkolísaných odtokových poměrů. Výčet hlavních efektů, které mohou přinést revitalizační opatření na vodních tocích, zmiňují Just a kol. (2005) (Obrázek 4).

Obrázek 4: Hlavní efekty, které může přinášet revitalizace vodního toku (zdroj: Just a kol. 2005, upraveno).

zvětšení omočeného (aktivního) povrchu		
prodloužení trasy a dob proběhu vody		
obnovení členitosti podélného profilu		
zvětšení aktuální zásoby vody v korytě		
posílení infiltrace, zvětšení zásoby nivní podzemní vody		
tlumení průběhu velkých vod rozlívem v nivě		
obnovení přirozeného povodňování niv		
obnovení přirozené stability koryta		
obnovení členitosti, a tím ekologické hodnoty toku		
obnovení migrační prostupnosti toku		
nahrazení degradovaných povrchů v nivě povrchy hodnotnějšími		
zlepšení podmínek pro samočištění vody		
zlepšení vzhledu koryt a niv		

Při plánování revitalizačních opatření je kladen důraz na obnovení přirozených podmínek dynamiky vodního toku, které jsou typické pro danou oblast. Pokud nebude tento aspekt respektován, pozitivní efekty revitalizačních opatření, jako je například tvorba tůní, zmenšení sklonu břehů a umístění dřeva do toku, mohou být v krátké době zničeny přírodními živly (Poppe a kol. 2016). Řada autorů, jako Palmer, Menninger, Bernhardt (2010) a Beechie a kol. (2010), se shoduje na tom, že mnohé efekty revitalizací mohou být omezovány nevhodným využíváním půdy v okolí vodního toku a tím může narůstat tlak na biotu – především bezobratlé, makrofyty nebo ryby. Kail, Lorenz, Hering (2014) se domnívají, že stejně jako je zásadní zavedení nejúčinnějších revitalizačních opatření, tak neméně důležité je zároveň i stanovení nejvhodnějších ukazatelů efektivity revitalizačních projektů.

### **3.5 Metody hodnocení revitalizačních efektů**

V dnešní době je k dispozici široká škála metod hodnocení revitalizačních efektů, které se ovšem liší v závislosti na stanovených cílech a charakteru revitalizačních opatření (Holl a Cairns 2002). Při snaze hodnotit revitalizační efekty na vodních tocích lze rozlišit dvě základní úlohy – hodnocení efektů dosažených již provedených revitalizací a hodnocení dosažitelných efektů návrhů a projektů (Just a kol. 2005).

#### **3.5.1 Hodnocení dosažitelných efektů návrhů a projektů**

Mezi úlohy hodnocení návrhů a projektů patří i rozhodnutí, zda má být daný projekt finančně podpořen či nikoli. Vedle toho se hodnocení používá k procesu dotváření těchto záměrů (Just a kol. 2005). Jednu z metod hodnocení revitalizačního efektu pomocí hydromorfologických parametrů na základě aktualizované metodiky popisuje Zuna (2017). Tato metoda si klade za cíl hodnocení vhodnosti revitalizace. K tomuto hodnocení si Zuna (2017) vybírá čtyři nejdůležitější ukazatele hydromorfologické členitosti – rychlost proudění vody, hloubka vody, tvar průtočného profilu a objem vody v litrech na 1 m<sup>2</sup> plochy hladiny.

Just a kol. (2005) se domnívají, že v oboru revitalizací se setkává příliš mnoho různorodých oborů i samotných revitalizačních efektů na to, aby bylo možné vytvořit jednotný rámec hodnocení záměrů a realizací revitalizačních efektů. Přiklání se tedy ke kolektivnímu hodnocení expertů z různých oborů. Vytvoření jednotné metodiky objektivizovaného hodnocení revitalizačních efektů jsou autoři ochotni přijmout pouze za předpokladu, že by sloužila jako pomůcka právě pro hodnotící experty. Navrhují

rovněž jako pomůcku pro hodnocení efektů využít některé kontrolní otázky, jako například „*nakolik posuzované řešení využívá revitalizačního potenciálu, který v daných podmínkách reálně přichází v úvahu?*“ (Just a kol. 2005, s. 349).

Lampartová (2015) rovněž zmiňuje, že pro hodnocení revitalizačního efektu ještě neuskutečněného projektu je zapotřebí zhodnotit dosavadní stav říčního koryta, stav břehového území a vegetační doprovod v místě. Toto hodnocení by podle autorky mělo proběhnout prostřednictvím alespoň dvou ověřených metodik.

### **3.5.2 Hodnocení efektů provedených revitalizací v Česku**

Většina metodik hodnotí revitalizační efekty na již provedených revitalizačních projektech. Lampartová (2015) má za to, že objektivního hodnocení revitalizačního efektu docílíme vyhodnocením parametrů za stavu před a po revitalizaci. Zhodnocení stavu před provedením revitalizace však nebývá vždy k dispozici, proto pracuje většina metodik s tzv. referenčním stavem (Kupec, Schneider, Šlezinger 2009). Mezi parametry hodnocení používané pro hodnocení revitalizačních efektů Lampartová (2015) zmiňuje například morfologii koryta, oživení vodního toku, jakost vody ve vodním toku, vegetační doprovod, začlenění krajiny a ostatní opatření v povodí revitalizovaného úseku.

Vrána a kol. (2004) pojednávají o vzniku iniciativy ze strany MŽP ve spolupráci s AOPK po zavedení programu Revitalizace říčních systémů v roce 1992. Tyto dva subjekty se tehdy zasazovaly o vytvoření objektivní metody hodnocení revitalizačního efektu realizovaných a připravených revitalizačních akcí. Na základě toho například Zuna (1992) sestavil metodu hodnocení morfologické členitosti koryta pomocí hydromorfologických parametrů, které jsou nejvhodnější pro kvantifikaci revitalizačního efektu. Z řady parametrů měření morfologické členitosti byly vybrány tyto parametry: směrodatný objem vody v tůních, index objemu vody v tůních, index omočené plochy dna a břehů tůní a index hloubky vody v korytě při průtoku  $Q_{330d}$  (Zuna 1992). Tato práce se ovšem zaměřovala pouze na morfologickou členitost revitalizovaného koryta vodního toku a nezohledňovala další atributy revitalizace.

První metodika, která si kladla za cíl objektivně hodnotit revitalizační efekt a zároveň posoudit klady a zápory realizovaných revitalizací, je Šindlarova metoda hodnocení revitalizačního efektu z roku 1998 (Vrána a kol. 2004). Tato metoda porovnávala stav lokality před a po revitalizaci, hodnotila celkem 9 kritérií na základě bodového systému a výsledkem byl tzv. revitál (hodnota revitalizačního efektu).

Metodika byla ovšem odbornou veřejností kritizována pro svou přílišnou obecnost a nejasnost (Vrána 2001).

Následovaly tři různé studie hodnocení revitalizačního efektu, přičemž každá se snažila rozdílnými přístupy hodnotit stav pěti revitalizovaných toků v Česku (Vrána a kol. 2004). Gergel (2000) vytvořil studii, která se soustředila na hodnocení podle změn hydrochemického a hydrobiologického obrazu. Výstupem práce bylo zpracování jednotlivých hydrochemických a biologických ukazatelů jako například saprobity podle zoobentosu (Gergel 2000). Zuna (2000) se ve své studii naopak soustředil na morfologickou členitost revitalizovaného koryta toku. Základním hlediskem hodnocení byla intenzita vytvoření tůní, které mají vliv na rychlost průtoku vody, jejich hloubka a morfologická členitost dna a břehů (Zuna 2000). Poslední ze zmíněných studií zpracoval Vrána (2000). Jeho studie se zabývá hodnocením použitých metod při revitalizaci potočních koryt a předkládá doporučení pro přístup k řešení revitalizací v celé řadě atributů – příčné objekty na tocích, dno koryta toku, dimenzování koryta toku, vegetační doprovod, kvalita vody v toku a vlastnické vztahy a legislativa (Vrána 2000).

Vrána, Dostál, Vokurka (2003) vytvořili metodu Hodnocení realizovaných revitalizačních akcí (Vybrané toky a malé vodní nádrže). Tato metoda je podle ukazatelů rozčleněna do více částí – koryto a trasa toku, dno, břeh a inundační území. Jednotlivé prvky jsou v metodě hodnoceny tříbodovou stupnicí (\*\*\*, \*\*, \*). (Lampartová 2015)

V dnešní době se pro hodnocení revitalizačního efektu používá metoda HEM – hydroekologický monitoring (Langhammer 2014), kterou Kupec, Schneider, Šlezinger (2009) uvádějí jako oficiální metodiku Ministerstva životního prostředí České republiky. Tato metoda je založena na hodnocení hydromorfologických charakteristik vodních toků a respektuje systém monitoringu ekologického stavu vodních útvarů dle WFD (Langhammer 2014). Hydromorfologická kvalita je v této metodice vyhodnocována ve třech zónách – koryto, břehy/příbřežní zóna a inundační území, přičemž celkem zahrnuje 17 morfologických parametrů. Ekologický stav vodních útvarů je vyjádřen pětibodovou stupnicí – velmi dobrý, dobrý, střední, poškozený a zničený. Metodu HEM použila k hodnocení revitalizačního efektu ve své práci například Musilová (2012). Tato metoda ovšem není explicitně určena pro hodnocení revitalizačních efektů, nýbrž pro monitoring hydromorfologických charakteristik toků, tudíž je pro kvantifikaci efektů nedostačující.

I když je pro hodnocení revitalizačního efektu v současnosti k dispozici celá řada metodik (Lampartová 2015), Kupec, Schneider, Šlezinger (2009) tvrdí, že žádná z metod hodnocení revitalizačního efektu nemůže být použita univerzálně, jelikož každý revitalizační projekt se liší lokalitou, účelem a rozsahem revitalizace.

### 3.5.3 Hodnocení efektů provedených revitalizací v zahraničí

Metody hodnocení revitalizačních efektů na vodních tocích bývají v poslední době kritizované pro svou nejednotnost, jelikož každá z metod hodnotí různá kritéria. Některé ze studií kvantifikují efekt revitalizačních opatření z hlediska prvků biologické kvality, některé hodnotí hydromorfologii toků (Poppe a kol. 2016), základní parametry obou rozdílných přístupů jsou patrné v Tabulce 1.

*Tabulka 1: Srovnání vybraných prioritních parametrů rozdílných přístupů k hodnocení revitalizačního efektu (zdroj: Poppe a kol. 2012).*

parametry metod biologické kvality	hydromorfologické parametry
ryby	geometrie řeky a charakteristiky proudění
bezobratlí	koryto toku
makrofyty	břehová zóna
příbřežní členovci	břehy a příbřežní zóna
nivní vegetace	vegetace přilehlé oblasti

Jedním z typů hodnocení revitalizačních efektů je hodnocení hydromorfologie. Hodnocení hydromorfologie vodních toků je v současné době uznáno jako zásadní pro monitoring a vyhodnocení ekologických podmínek hodnocených revitalizačních efektů (Poppe a kol. 2016). K nárůstu významu hydromorfologických přístupů k hodnocení revitalizačních opatření přispívá stále častější začleňování metod hydromorfologického hodnocení do plánů správců povodí (Wohl, Lane, Wilcox 2015).

Hodnocení efektu revitalizace vyžaduje stanovení těch hydromorfologických parametrů, které jsou nejvhodnější pro identifikaci hlavních změn způsobených konkrétními revitalizačními opatřeními. Tyto parametry se potenciálně liší u různých typů řek (Kail, Lorenz, Hering 2014). Pro hydromorfologický pohled hodnocení revitalizačních efektů hraje nezpochybnitelnou roli nejen výběr hydromorfologických parametrů, ale i zvolené měřítko (Poppe a kol. 2016). Ve stanoveném měřítku lze měřit změny diverzity habitatu v důsledku revitalizace, dynamika vodních toků a hydromorfologické procesy však nemusejí být dostatečně zohledněny (Brierley a kol. 2010).

Většina studií, které zkoumají vliv revitalizačních opatření na hydromorfologii toků, se zaměřuje na menší prostorová měřítká a používá metody hodnocení fyzického



habitatů. Ty se však většinou zabývají biodiverzitou a formou druhů v korytě a nedostatečně zohledňují právě větší prostorová měřítka (zejména makrohabitat) (Jähnig a kol. 2013; Kristensen a kol. 2013; Marttila, Kyllönen, Karjalainen 2016). Řada autorů si zvýšený zájem o hydromorfologické hodnocení vysvětluje tím, že prvky biologické kvality hodnocení jsou velmi citlivé na eutrofizaci a také nedostatečně popisují vlivy na hydromorfologii toků a efekty revitalizačních opatření (Muhar a kol. 2016; Golfieri, Surian, Hardersen 2018). Belletti a kol. (2015) tvrdí, že použití menšího prostorového měřítka a nedostatečné zohlednění fyzikálních procesů většího rozsahu, jsou dvěma hlavními důvody nevhodnosti používání metod hodnocení fyzického habitatu k vyhodnocení revitalizačního efektu.

Poppe a kol. (2016) ve své studii hodnotili efekt revitalizačních opatření na různých hydromorfologických parametrech na 20 revitalizovaných úsecích řek ve střední a severní Evropě. Autoři vycházeli z hypotéz, že efekt revitalizací na hydromorfologii se zvyšuje s mírou revitalizace a rozsahem projektů, nebo že zlepšení podmínek makrohabitatů dále zlepšuje mezo a mikrohabitat (Poppe a kol. 2016). Pro zohlednění všech prostorových měřítek (makro, mezo a mikrohabitat) se autoři rozhodli vybrat adekvátní parametry z různých metod hodnocení hydromorfologie. Pro výběr parametrů většího měřítka byla použita metoda hydromorfologického průzkumu CEN (Poppe a kol. 2012), ze které bylo vybráno celkem 14 hlavních parametrů. Pro detailní mapování mezo a mikrohabitatů byla použita hydromorfologická metoda transektů (Jähnig, Lorenz, Hering 2008). Pro mezohabitat z ní bylo vybráno sedm parametrů a pro mikrohabitat pět parametrů. Parametry byly posuzovány na základě pětibodové stupnice v rozmezí od 1 (neovlivněný) do 5 (extrémně narušený). Ze studie Poppe a kol. (2016) vyplývá, že hydromorfologické hodnocení revitalizačních efektů vyžaduje stanovení souboru parametrů zahrnujících více měřítek. Autoři se rovněž domnívají, že při posuzování úspěšnosti revitalizačních projektů je třeba brát ohled na typ posuzovaného vodního toku a biotický monitoring (Poppe a kol. 2016).

V souvislosti s projektem REFORM (Restoring rivers for effective catchment management) vyvinuli autoři Rinaldi a kol. (2015) novou metodu hodnocení morfologické kvality vodních toků. V rámci projektu REFORM Rinaldi a kol. (2017) zveřejnili soubor nástrojů, který zahrnuje jasně definované stupně hydromorfologicky orientovaného hodnocení revitalizačních efektů. Podle časově stanoveného měřítka vytvořili dva indexy. Index morfologické kvality (MQI), což je metoda vhodná pro

zhodnocení současných morfologických podmínek vodních toků v relativně dlouhém časovém měřítku, a index morfologické kvality pro monitoring (MQIm), který vyhovuje hodnocení v krátkém časovém měřítku (Belletti a kol. 2018).

Výzkumný proces byl rozdělen do dvou hlavních fází. První fáze zahrnovala vymezení zkoumaného území a stanovení zájmového rozsahu řeky ve čtyřech dílčích krocích. Prvním krokem bylo vymezení krajinných jednotek z jednotlivých fyzicko-geografických charakteristik povodí. Druhým a třetím krokem bylo hrubé stanovení segmentů měření z charakteristik údolí a morfologické heterogenity úseků vodních toků. V posledním čtvrtém kroku došli autoři ke konečnému vymezení segmentů a celého zkoumaného území. Celý tento proces aplikovali v každém vymezeném úseku pro původní degradovaný i nově revitalizovaný stav. V druhé fázi se autoři soustředili na výpočet indexů MQI a MQIm pro jednotlivé úseky. Cílem výpočtu těchto indexů je posouzení celkové morfologické kvality. Výsledná morfologická kvalita je hodnocena pomocí skórovacího systému od 1 (referenční stav) do 0 (nejhorší stav). Index MQI hodnotí soubor 28 indikátorů rozdělených do pěti hlavních skupin – kontinuita toku (podélná a příčná průchodnost), půdorysný tvar, rozložení příčných průřezů, dnový substrát a jeho struktura, vegetace příbřežní zóny. Index MQIm používá stejné indikátory, ale nezahrnuje parametr dlouhodobé změny řeky a skórovací systém hodnocení je založen na pokročilých matematických funkcích. K výpočtu indexů autoři došli vzájemným sloučením výsledků z terénního průzkumu a analýzy distančních dat s využitím GIS. Finální GIS analýza obsahovala měření a kvantifikaci parametrů a zprostředkovala tedy výsledné skóre. (Belletti a kol. 2018)

Autoři aplikovali metodu indexů MQI a MQIm k hodnocení revitalizačního efektu na 8 evropských řekách a prokázali, že oba indexy jsou schopné zohlednit jak charakter vodního toku a procesy v něm probíhající, tak změny v různých časových měřítkách (Belletti a kol. 2018). Ve srovnání s metodou od Poppe a kol. (2016) aplikované ve stanoveném měřítku, indexy MQI a MQIm více zohledňují procesy dlouhodobé dynamiky vodních toků. Z toho důvodu jsou MQI a MQIm vhodnější pro hydromorfologické hodnocení revitalizačních efektů (Belletti a kol. 2018). Do budoucna by se vymezení dosahu průzkumu a monitorování hydromorfologických podmínek mělo řídit analýzou hlavních vlivů topografie, geologie, typů údolí a hydrauliky. To by napomohlo vzniku kompletní analýzy aktuálních říčních podmínek s cílem pochopení morfologických změn (Belletti a kol. 2018).

## 4 Metodika a zdroje dat

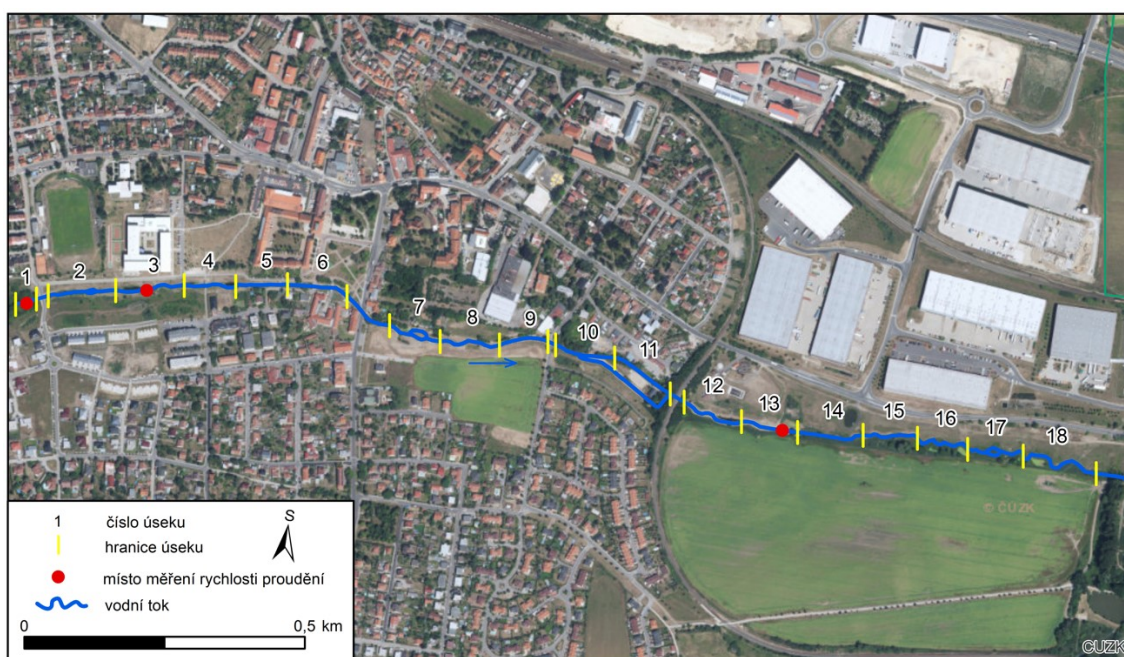
Pro hodnocení revitalizačního efektu je klíčový výběr parametrů, které budou hodnoceny (Poppe a kol. 2016). V návaznosti na znalosti nabyté v rešeršní části práce byly pro hodnocení efektu vybírány parametry tak, aby co nejvíce zohledňovaly efekty očekávané od revitalizací. Některé parametry byly převzaty z metody zaměřené na hydromorfologický (ekohydromorfologický) průzkum, některé byly přidány samostatně. Parametry hodnotící hydromorfologický stav byly vybrány z metody Ekohydromorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků (EcoRivHab) (Matoušková 2003). Tato metoda je založena na hodnocení hydromorfologického stavu vodních toků v homogenních úsecích a hodnotí celkem 31 parametrů. Postup hodnocení probíhá na základě kombinace dat z terénního průzkumu a analýzy satelitních snímků. Jednotlivé parametry jsou hodnoceny skórováním jejich kvality podle bodového systému (1–5). Každá z těchto jakostních tříd odpovídá určitému stupni antropogenní modifikace (1 = přírodní stav až 5 = velmi silně antropogenně modifikovaný stav). Výhodou této metody je souhrnný a podrobný popis kvality habitatu vodních toků a dále i zohlednění přilehlého zázemí toku. Tato metoda je rovněž navržena v souladu s WFD (Matoušková 2008). Pro vlastní hodnocení revitalizačního efektu na Litovickém potoce byl vytvořen mapovací formulář vybraných parametrů (Příloha 1). Vybrané parametry, které byly zahrnuty do formuláře, jsou společně se způsobem jejich určení vypsány v Tabulce 2.

Tabulka 2: Výběr parametrů pro hodnocení revitalizačního efektu.

číslo parametru	název parametru	způsob určení	zdroj
1	délka trasy koryta	měření z map. podkladů	vlastní výběr
2	míra křivolakosti	měření z map. podkladů	vlastní výběr
3	šířka průtočného profilu	měření v terénu	vlastní výběr
4	maximální rychlost proudění	měření v terénu	vlastní výběr
5	průměrná rychlost proudění	měření v terénu	vlastní výběr
6	dimenzování příčného profilu	bodování kvality	EcoRivHab
7	existence mikrohabitatů	bodování kvality	EcoRivHab
8	upravenost dna	bodování kvality	EcoRivHab
9	upravenost břehu	bodování kvality pro LB a PB	EcoRivHab
10	variabilita hloubek (střídání tůní a peřej. úseků)	bodování kvality	EcoRivHab
11	diverzita mezohabitatu	počítání jednotlivých struktur	EcoRivHab
12	struktura břehové vegetace	bodování kvality pro LB a PB	EcoRivHab
13	dominantní využití ploch v údolní nivě	bodování kvality pro LB a PB	EcoRivHab
14	přítomnost protipovodňových opatření	bodování kvality	EcoRivHab
15	retenční potenciál údolní nivy	bodování kvality	EcoRivHab

Po připravení těchto parametrů následoval terénní průzkum. Ten si kladl za cíl vymežit a zmapovat pomocí připraveného formuláře jednotlivé úseky revitalizace. Terénní průzkum, jenž byl základním zdrojem dat pro výsledky práce, byl proveden ve dvou etapách dne 19. a 20. dubna 2018. Podmínky pro terénní průzkum byly optimální – jasná obloha bez oblačnosti, průměrná denní teplota kolem 21 °C. Rovněž byla změřena i teplota vody v potoce, která se pohybovala v rozmezí od 13,3 do 17,1 °C. Na počátku průzkumu bylo zapotřebí si zvolit srovnávací nerevitalizovaný úsek (úsek č. 1). Tento úsek ohraničený body s kódy LIT01 a LIT02 (Příloha 2) s celkovou délkou 50 m byl vymezen od mostu přes potok západně od počátku revitalizované UČS 03 (ř. km 18,876–18,826). Zbylá část, tedy revitalizovaná oblast, byla následně rozdělena na 17 přibližně stejně dlouhých na sebe navazujících úseků (č. 2–18) (Příloha 2), které od sebe byly v některých místech odděleny mosty nebo tunelem. Takto vymezené úseky jsou znázorněny na Obrázku 5.

Obrázek 5: Mapa rozdělení vodního toku na úseky (zdroj: ČÚZK, terénní průzkum, vlastní zpracování).



Délka každého úseku byla stanovena pomocí jednotlivých GPS bodů na přibližně 100 metrů. Počátkem hodnocených revitalizovaných částí úseku byl most přes potok pod fotbalovým hřištěm (ř. km 18,819) a koncem hodnocené části bylo stanoveno místo zaústění potoka do retenční nádrže Strnad (ř. km 16,877). Do připraveného formuláře pro hodnocení revitalizačních efektů pomocí vybraných parametrů byly postupně zaznamenány hodnoty parametrů za jednotlivé úseky. Při terénním průzkumu byly hodnoceny primárně parametry charakterizující mikrohabitat, dno, břehy a přítomnost

protipovodňových opatření. Mimo jiné byly do hodnocení zahrnuty i jednotlivé typy mezohabitatu (počty umělých stupňů, peřejí, nátrží, propustků, ostrovů, hrází, mělčin, brodů, tůní a retenčních nádrží). Během terénního průzkumu byla měřena i rychlost proudění pomocí hydrometrické vrtule (Příloha 3). Pro zaznamenání rozdílnosti v rychlosti proudění byly vymezeny celkem tři profily. Jeden ve srovnávacím nerevitalizovaném úseku, druhý v horní části intravilánové revitalizace pod školou a třetí v dolní extravilánové části pod čistírnou OV (Obrázek 5). Výsledky terénního průzkumu byly zaznamenány a zpracovány v programu MS Excel.

Po zpracování dat byly jednotlivé parametry vyhodnocovány. Parametr *délka trasy koryta* byl změřen zvláště pro původní nerevitalizovaný a revitalizovaný vodní tok. Nerevitalizovaný stav byl změřen na mapovém podkladu Ortofoto České republiky 2013, revitalizovaný na Ortofoto České republiky 2015. Oba mapové podklady dává k dispozici ČÚZK. Po změření délek původní i revitalizované trasy byl vypočten parametr *míra křivolakosti* podle vzorce  $K = \frac{L}{L_x}$ , kde  $K$  vyjadřuje míru křivolakosti,  $L$  vyjadřuje reálnou délku trasy koryta a  $L_x$  vyjadřuje nejkratší spojnicí začátku a konce vybraného úseku. Průtočné profily byly změřeny spolu otáčkami hydrometrické vrtule typu OTT C2 ve třech různých částech toku (nerevitalizovaný, revitalizovaný č. 1 a revitalizovaný č. 2). Za každý profil byla následně vypočtena maximální a průměrná rychlost proudění podle vzorce  $v = a + b \cdot n$ , kde  $v$  vyjadřuje rychlost proudění,  $a$ ,  $b$  vyjadřují konstanty charakterizující konkrétní vrtuli a  $n$  vyjadřuje počet otáček vrtule za jednu sekundu. Parametry 6–11 a 14–15 (Tabulka 2), které byly hodnoceny na základě bodování jejich kvality, byly zaznamenány pro každý z 18 vymezených úseků. U parametrů 12 a 13 (Tabulka 2) byla z důvodu větší míry objektivity hodnocena kvalita před revitalizací a po revitalizaci u každého z hodnocených revitalizovaných úseků (úsek 2–18). K tomuto byly využity opět podklady Ortofoto České republiky 2013 a 2015. Hodnoty kvality u parametrů 6–15 byly následně zprůměrovány za všechny úseky v revitalizované části (úseky 2–18). U všech parametrů (kromě parametru *diverzita mezohabitatu*) byl následně kvantifikován revitalizační efekt, který porovnává revitalizovaný a nerevitalizovaný stav podle vzorce:

$$\Delta S = \frac{S_r}{S_n}$$

kde  $\Delta s$  představuje změnu stavu daného parametru (revitalizační efekt),  $s_r$  představuje stav parametru po revitalizaci a  $s_n$  představuje původní nerevitalizovaný stav parametru. Očekávané efekty byly podle druhu hodnocených parametrů rozděleny do čtyř skupin: efekt prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti, efekt rozšíření průtočného profilu a snížení rychlosti proudění, efekt obnovení členitosti příčného a podélného profilu koryta a efekt obnovení příbřežní zóny a nivy. Nakonec byly všechny efekty mezi sebou porovnávány.

### **Zdroje dat mapových výstupů**

Pro tvorbu map byl použit program ArcMap 10.3. Podklady pro zpracování map a prezentaci satelitních snímků byly použity z následujících zdrojů dat:

- Mapa rozdělení vodního toku na úseky (Obrázek 5) – Ortofoto České republiky 2015 z geoportálu ČÚZK, data z terénního průzkumu
- Poloha zájmové lokality (Obrázek 6) – podklad Základní mapa ČR 1:50 000 barevná bežešvá (ZM 50) geoportál ČÚZK, geodatabáze ArcČR500 verze 3.3, databáze DIBAVOD
- Mapa zájmového povodí (Obrázek 7) – databáze DIBAVOD, databáze ZABAGED
- Satelitní snímky jednotlivých UČS (UČS 01–UČS 03) z let 2010 a 2016 (Obrázky 13–18) – mapový portál [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

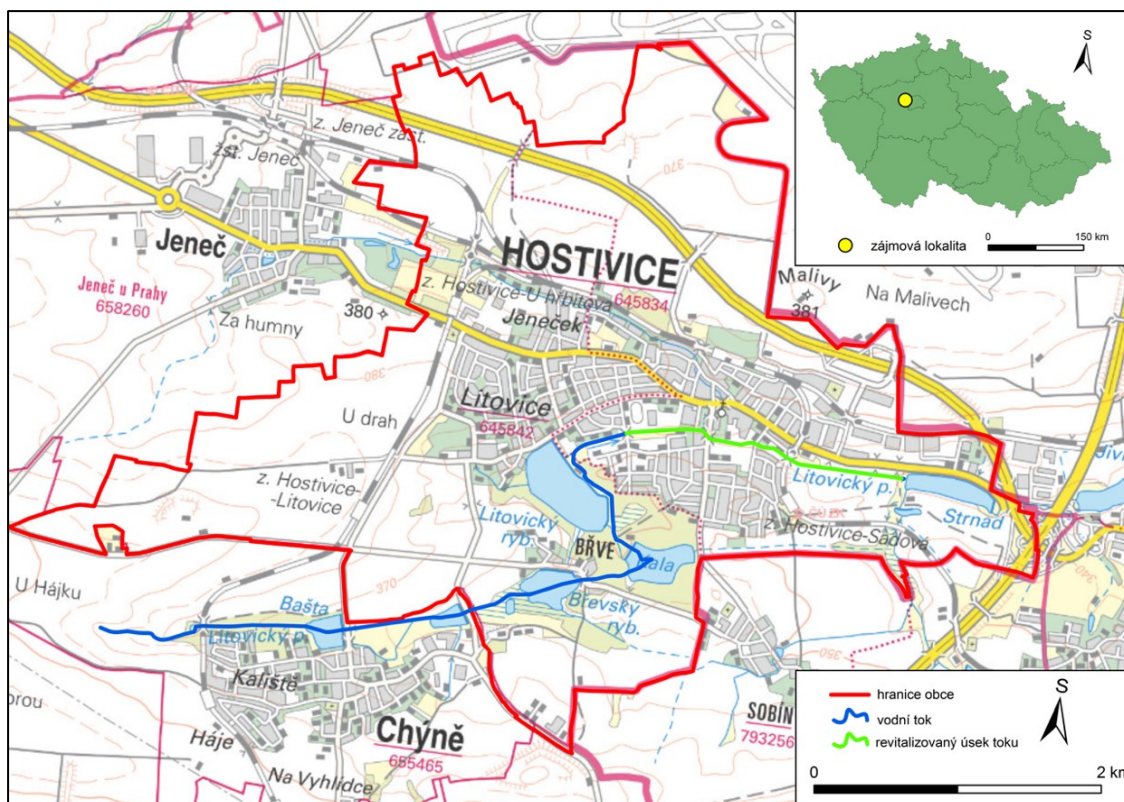


## 5 Charakteristika vybrané lokality

### 5.1 Fyzicko-geografická charakteristika části povodí Litovického potoka

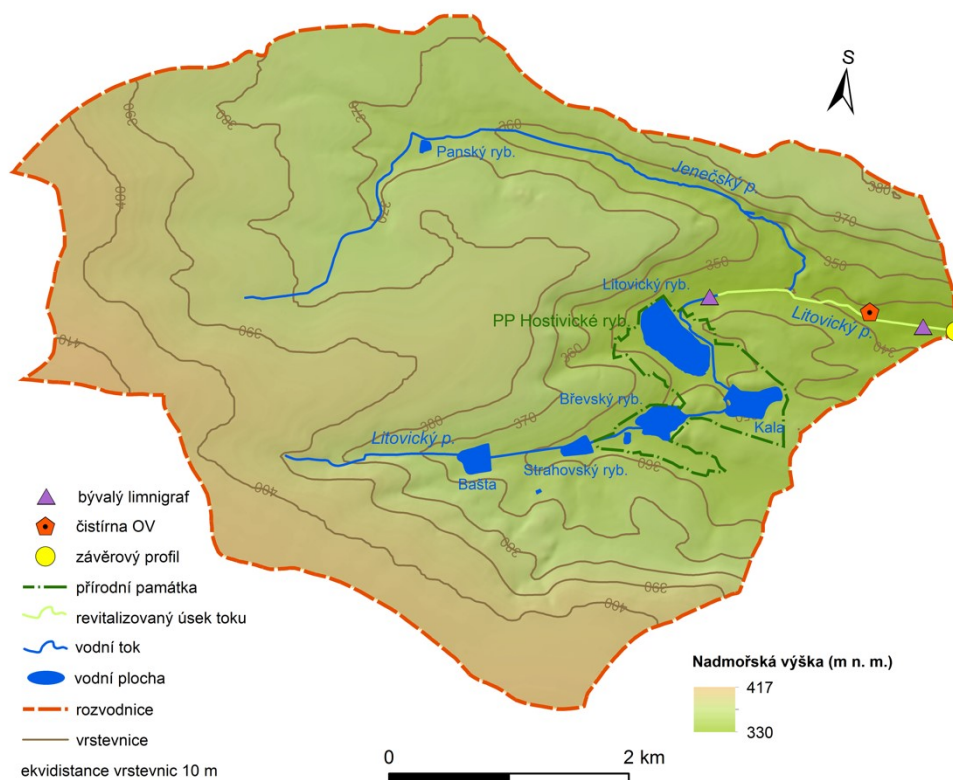
Zájmovou lokalitou je část povodí Litovického potoka, které se nachází na k. ú. města Hostivice při západním okraji Prahy. Lokalizace oblasti je patrná z Obrázku 6. Tato část povodí byla vybrána z důvodu realizované revitalizace na Litovickém potoce v roce 2015. Revitalizovaný úsek se nachází rozmezí mezi ř. km 17,134 a ř. km 19,060 Litovického potoka (Obrázek 6). Litovický potok (na dolním toku nazývaný také jako Šárecký nebo dohromady jako Litovicko-Šárecký potok) pramení v polích přibližně 700 m západně od intravilánu obce Chýně v nadmořské výšce 382 m n. m. Ústí z levé strany do Vltavy v Podbabě v nadmořské výšce 175 m n. m. Celková délka toku činí 23,5 km. Na horním toku potok protéká rybníční oblastí PP Hostivické rybníky, dolní část toku zasahuje do chráněného území Přírodní park Šárka-Lysolaje. Litovicko-Šárecký potok je během své trasy zejména na horním a středním toku značně antropogenně ovlivněn. Na území Prahy je dokonce ve dvou úsecích (ř. km 13,815–13,376 a ř. km 14,250–13,880) u Ruzyňské věžnice zatrubněn pod povrch. Tento tok je ve správě hl. m. Prahy a údržbu na něm provádějí Lesy hl. m. Prahy.

Obrázek 6: Poloha zájmové lokality (zdroj: ČÚZK, ArcČR 500, DIBAVOD, vlastní zpracování).



Pro fyzicko-geografickou charakteristiku byla vybrána část povodí, jejímž závěrovým profilem je konec revitalizovaného úseku Litovického potoka (ř. km 17,134) (Obrázek 7). Celková plocha povodí činí 27,719 km<sup>2</sup>.

Obrázek 7: Mapa zájmového povodí (zdroj: DIBAVOD, ZABAGED, vlastní zpracování).



Z geologického hlediska se zájmové území nachází v Českém masivu na styku severovýchodní části Barrandienské pánve s částí České křídové tabule. Původní geologický podklad tvoří horniny předkvartérního stáří, zejména ordovické jílovité břidlice, prachovce, křemence, silicity, bazalty a tufy. Na tyto horniny nasedá ve východní části území vltavsko-berounská enkláva České křídové tabule mezozoického stáří, kde se vytváří zvoďeň, která částečně zásobuje město Hostivice. Svrchní podklad tvoří pleistocenní eolicko-deluviální kamenito-hlinité sedimenty. V údolí Litovického potoka lze nejčastěji najít deluviofluviální hlinito-písčité až jílovito-hlinité sedimenty. (Viták 2010; ČGS 2018)

Z hlediska regionálního geomorfologického členění Česka je zájmové území řazeno do okrsku Hostivická tabule, který spadá do podcelku Kladenská tabule. Ten dále náleží do celku Pražská plošina, do podsoustavy Brdská oblast, do Poberounské soustavy a do provincie Česká vysočina (Balatka a Kalvoda 2006). Hostivická tabule je charakteristická zarovnanými povrchy, které bývají velmi mírně ukloněné od jihozápadu



k severovýchodu. Ve východní části okrsku je vzhledem k široké údolní depresi odkryté křídové podloží ordovických hornin (Balatka 2001). Na horním toku Litovicko-Šáreckého potoka má reliéf charakter denudované paleogenní paroviny. Na středním a dolním toku se potok hluboce zařezává do proterozoických břidlic sevřeného údolí epigenetického původu (Balatka 2001). Nadmořská výška se v zájmové části povodí pohybuje v rozmezí od 417 do 330 m n. m. s průměrným podélným sklonem 1,63°.

Zájmová lokalita náleží dle Köppenovy klasifikace k boreálnímu typu klimatu s horkými léty a studenými zimami. Z hlediska Quittovy klasifikace je zájmová oblast řazena do klimatického regionu T2 – teplý, mírně suchý (klasifikováno na základě datové řady klimatických proměnných z let 1961–2000) (Tolasz a kol. 2007). Klimatický region T2 se vyznačuje průměrnou roční teplotou 8 až 9 °C a průměrnými ročními srážkami 500–600 mm. Tyto podmínky přináší půdám vláhovou jistotu ve vegetačním období 2–4 měsíce v roce. Léto v této lokalitě bývá dlouhé a teplé s průměrnými červencovými teplotami 17 až 19 °C. Zima naopak krátká a mírně teplá s průměrnou lednovou teplotou od minus 2 do minus 3 °C. Přejídné období bývá krátké, teplé až velmi teplé. Průměrný počet dnů v roce s teplotou větší než 10 °C je 160–170. Sněhová pokrývka na tomto území leží v průměru 33 dní v roce. (Tolasz a kol. 2007)

Nejvýznamnějším tokem v oblasti je Litovicko-Šárecký potok. Litovicko-Šárecký potok je dle absolutní řádovostní klasifikace tokem III. řádu (levostranný přítok Vltavy) s celkovou délkou 21,28 km a plochou povodí 62,9 km<sup>2</sup>. V zájmové části povodí se nachází významná rybníční soustava (rybník Bašta, Strahovský rybník, Břevský rybník, rybník Kala, Litovický rybník, rybník Strnad) (Obrázek 7), která zejména v 16. a 17. století zásobovala vodou Pražský hrad (Just 2016). Litovický potok v zájmové lokalitě přijímá jeden významnější přítok – Jenečský potok, který je levostranným přítokem u Husova náměstí v Hostivici. Litovický potok se řadí mezi vodní toky s komplexním pluviálně-niválním odtokovým režimem. Pro tyto toky je charakteristické, že převažující podíl na odtoku mají dešťové srážky na úkor sněhových. I když v dnešní době není v této části Litovického potoka žádná funkční limnigrafická stanice, lze z historických dat ČHMÚ zjistit některé hydrologické údaje pro bývalé limnigrafy (Obrázek 7). Průměrný dlouhodobý roční průtok Litovického potoka nad přítokem Jenečského potoka (ř. km 19,000) je  $Q_a = 31 \text{ l.s}^{-1}$ . Základní hydrologické údaje o hodnotách M-denních průtoků Litovického potoka u rybníka Strnad (ř. km 17,000) jsou k nahlédnutí v Tabulce 3.

Hodnoty N-letých vod Litovického potoka u rybníka Strnad (ř. km 17,000) jsou k nahlédnutí v Tabulce 4.

Tabulka 3: Hodnoty M-denních průtoků v  $l.s^{-1}$  pro ř. km 17,000 za období 1931–1980 (zdroj: ČHMÚ, cit. v Viták 2010, s. 23)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q <sub>M</sub>	239	172	136	112	93	78	65	54	44	34	23	11	2,5

Tabulka 4: Hodnoty N-letých vod v  $m^3.s^{-1}$  pro ř. km 17,000 počítané na stanici ČHMÚ Ruzyně za období 1960–2004 (zdroj: ČHMÚ, cit. v Viták 2010, s. 23)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q <sub>N</sub>	1,8	3,5	6,1	9,0	12,5	18,4	23,9

Vzhledem k hydrogeologickým poměrům lokality, poměrně nízkým sklonům a řadě rybníků je hladina podzemní vody ve městě Hostivice poměrně vysoko a Litovický potok je i při nízkých průtocích dostatečně zásoben vodou po celý rok (Viták 2010). Ve městě Hostivice se nachází čistírna OV, která je situována přímo u revitalizovaného úseku potoka (Obrázek 7). Z hlediska kvality vody je voda v Litovickém potoce vzhledem k intenzivnímu antropogennímu vlivu v povodí ohodnocena III. třídou jakosti (dle ČSN 75 7221) – tedy jako znečištěná tekoucí povrchová voda. K tomuto hodnocení byly použity obecné, fyzikální a chemické ukazatele (teplota voda, pH, vodivost, dusičnany, sírany, BSK<sub>5</sub>, ChSK–Cr a další), specifické organické látky (chloroform) a kovy a metaloidy (chrom, nikl a další těžké kovy). (Viták 2010)

Pro přilehlé oblasti Litovického potoka jsou typické lužní půdy s podzolovým glejem s charakteristickým převlhčením. Nejčastěji se zde vyskytuje půdní typ fluvizem glejová s obsahem jílovitohlinitého materiálu (Viták 2010). Niva je tvořena půdami s příznivým vláhovým režimem a nejčastěji je vyplněna úrodnými černicemi. V přílehajícím zázemí nivy dominují středně těžké černozemě na spraši. Půdy v okolí potoka jsou povětšinou hluboké až středně hluboké. Z hlediska skeletovitosti spadají zdejší půdy do kategorie bezskeletovitých až slabě skeletovitých půd. Co se týká sklonitosti, okolí je charakteristické úplnou rovinou (0–1°), místy mírným sklonem (3–7°). Vzhledem k těmto skutečnostem je expozice půd řazena do kategorie všesměrná (Geoportál SOWAC-GIS 2018).

Území zájmové lokality náleží dle biogeografického členění Česka do Řípského bioregionu. Ten spadá do hercynské podprovincie, a ta do provincie středoevropských listnatých lesů (Culek a kol. 2013). Fytocenologicky území řadíme k termofytiku. Řípský

bioregion je typický ochuzenou teplomilnou biotou 2. bukovo-dubového stupně (Culek a kol. 2013). Ačkoliv mělo na výskyt jednotlivých společenstev výrazný vliv působení člověka, zejména odlesňování a zástavba, některé reliktní organismy se přesto zachovaly (Kučera, Vojtová, Vojta 2006). Mezi nejčastější druhy, které zde nalezneme, patří duby, břízy, habry, topoly a olše. Dle geobotanické rekonstrukční mapy okolí Prahy by potencionální přirozenou vegetací v těchto místech měly být luhy a olšiny a dubo-habrové háje (Matějka 2006). Podél potoka v celé délce zájmové oblasti vede dle ÚSES lokální biokoridor LBK 30, který je součástí nadregionálního biokoridoru NRBK2. Mezi zájmovou částí toku a rybníční soustavou je potok součástí regionálního biocentra RBC 5 Břevská rákosina. Před rybníkem Strnad potok navazuje lokální biocentrum LBC 45 (ÚP města Hostivice 2005).

Na území města Hostivice se nachází i chráněná oblast PP Hostivické rybníky (Obrázek 7) s přilehlými mokřady, kterou Litovický potok protéká. Tato přírodní památka je charakteristická střídáním vodních ploch, rákosin a lesů. Vyskytuje se zde řada ohrožených a chráněných druhů, například některé druhy rákosin nebo ptáků (Kučera, Vojtová, Vojta 2006).

## **5.2 Představení projektu Revitalizace Litovického potoka v k. ú. Hostivice**

### **Úvod**

V posledním desetiletí si nejen vedení hl. m. Prahy, ale i města Hostivice začalo uvědomovat vodohospodářský, ekologický, ale i estetický význam vodních toků ve městech. Dřívější pohled na vodní toky jakožto na překážku při budování infrastruktury se změnil a voda je v současnosti chápána jako neodmyslitelná část města. V dnešní době je snaha dříve nevhodné úpravy napravovat a revitalizovat. Projekt revitalizace Litovického potoka v Hostivici není prvním revitalizačním opatřením, nýbrž je jedním z několika, které byly na Litovicko-Šáreckém potoce v poslední době provedeny. Od roku 2009 do roku 2016 bylo na Litovicko-Šáreckém potoce provedeno celkem devět větších či menších revitalizací. Mimo revitalizačního projektu na území města Hostivice je třeba zmínit například významnou revitalizaci *Otevření u obory Hvězda 2009*, nebo revitalizaci *Pod Jenerálkou 2013*, *Na Zlatnici 2013* a *Na Žezulce 2013* v Šáreckém údolí (Karneckl a Řezáč 2016).

## **Základní informace o projektu**

Projekt s oficiálním názvem Revitalizace Litovického potoka v k. ú. Hostivice byl zatím největším a nejnákladnějším projektem na tomto toku. Ačkoli byly první úvahy o potřebě revitalizovat Litovický potok předneseny již v roce 1993, projekt se začal realizovat až v roce 2014 a dokončen byl v roce 2015 (Kučera 2011). Celková délka původního upravovaného úseku byla dle projektové dokumentace 1 942 m (ř. km 16,877–18,819). Finanční posudek dle ceníku AOPK byl vyčíslen na 23 941 600 Kč. Zadavatelem bylo Město Hostivice, které jako investora zastupoval tehdejší místostarosta Ing. Jiří Kučera. Projekt zpracoval Ing. Zdeněk Viták. Zhotovitelem byla stavební firma Zvánovec a.s. (Viták 2010; Just 2016)

Výchozí stav vodního toku a přilehlé nivy byl před revitalizací téměř bez známek přírodního charakteru. Výrazné úpravy potoka byly provedeny v několika etapách. Ve dvacátých letech 20. století se upravoval potok na Husově náměstí, v 60. a 70. letech došlo k napřímení toku a úpravě břehů v ostatních jeho částech (Kučera 2011). Vodní tok byl ve dně i v postranních svazích zpevněn kamennou dlažbou nebo betonovými deskami (Obrázky 8, 9, 10, 11). Trasa původně členitého koryta, která vedla přirozeně mezi pozemky, byla napřímena. Vodní tok byl zahlouben na několika místech až o cca 2 m pod úroveň okolní nivy (Obrázek 10). V neposlední řadě začalo koryto potoka zarůstat rumištní vegetací (Obrázek 11) a nepředstavovalo tak esteticky příjemné prostředí pro obyvatele města. (Viták 2010; Just 2016)

*Obrázek 8: Původně antropogenně zcela ovlivněné koryto před propustkem pod železnici a pěším mostem (zdroj: Víták 2010).*



*Obrázek 9: Zbytky betonových částí v původním nerevitalizovaném korytě (zdroj: Víták 2010).*





Obrázek 10: Napřímené koryto s výrazným zahloubením (zdroj: Viták 2010).



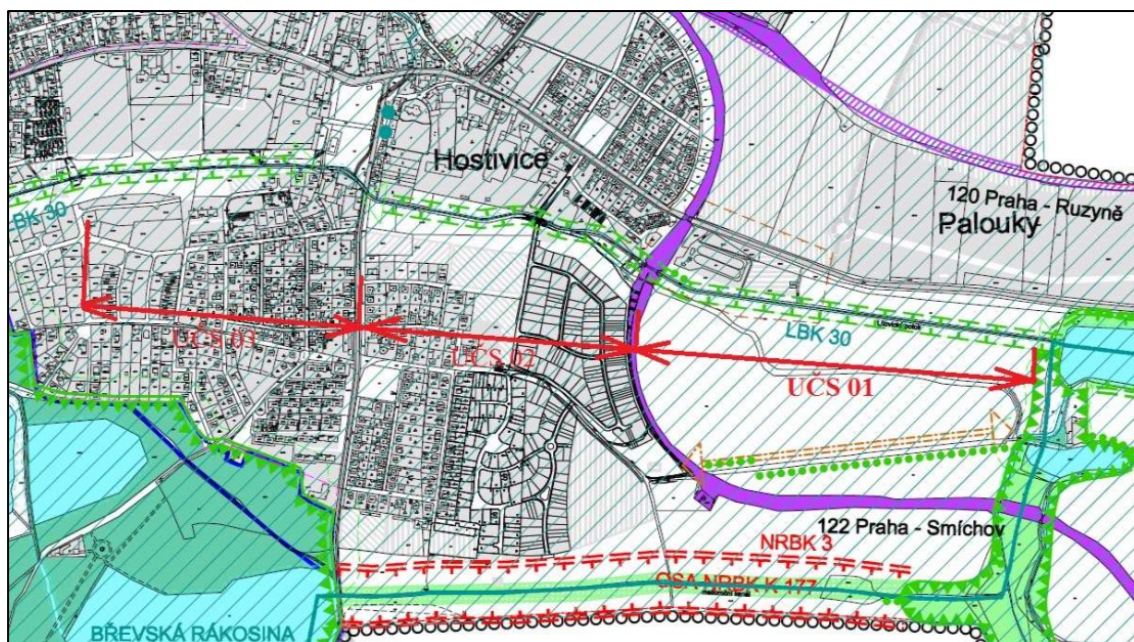
Obrázek 11: Zarůstající původně vybetonované koryto (zdroj: Viták 2010).



Na základě projektové dokumentace bylo cílem stavby: eliminovat původně nevhodně provedené úpravy vodního toku a nivy, zlepšit a obnovit morfologicko-ekologický stav vodního toku a vodních ekosystémů a podpořit přirozený rozliv potoka do nivy při povodni. Za účelem splnění těchto cílů bylo navrženo meandrující koryto s celkovou délkou 2 361 m, nově zapojená ramena s délkou 200 m a plocha nově obnovené nivy 6,8 ha. V oblasti nivy bylo naplánováno dimenzování na průtoky  $Q_{30d}$ .

Projekt byl rozdělen na tři ucelené části – UČS 01, UČS 02, UČS 03 (Obrázek 12), a ty pak na dílčí stavební objekty. Objekty UČS 02 a UČS 03 se nacházejí v intravilánu, tudíž v těchto částech bylo prioritní posílení protipovodňové ochrany a celkové estetické zlepšení toku. Objekt UČS 01 se nachází v extravilánu, kde hlavní cíle směřovaly ke zdrsnění koryta, menší průtočné kapacitě a k podpoře přirozeného rozlivu do nivy. (Víták 2010)

Obrázek 12: Znárodnění UČS 01, 02, 03 projektu revitalizace (zdroj: Víták 2010, upraveno).



### Registrované změny v okolí potoka

Město Hostivice je díky své poloze v zázemí hl. m. Prahy velice atraktivní lokalitou pro obyvatele Prahy, kteří se rozhodnou odstěhovat do zázemí této metropole. Suburbanizační efekt se zde projevuje nejen významným nárůstem počtu obyvatel, jejichž počet se v letech 2001–2016 téměř zdvojnásobil, ale i rozrůstající se zástavbou (Singerová 2015). Rozrůstající se zástavba má neoddiskutovatelný vliv na hydrologický režim potoka. Proměny potoka a jeho zázemí v jednotlivých objektech UČS před a po revitalizaci jsou zobrazeny Obrázcích 13, 14, 15, 16, 17, 18.



Obrázek 13: Úsek UČS 01 před revitalizací v roce 2010 (zdroj: www.mapy.cz, upraveno).



Obrázek 14: Úsek UČS 01 po revitalizaci v roce 2016 (zdroj: www.mapy.cz, upraveno).





Obrázek 15: Úsek UČS 02 před revitalizací v roce 2010 (zdroj: www.mapy.cz, upraveno).



Obrázek 16: Úsek UČS 02 po revitalizaci v roce 2016 (zdroj: www.mapy.cz, upraveno).





Obrázek 17: Úsek UČS 03 před revitalizací v roce 2010 (zdroj: www.mapy.cz, upraveno).



Obrázek 18: Úsek UČS 03 po revitalizaci v roce 2016 (zdroj: www.mapy.cz, upraveno).



Z Obrázků 13–18 jsou evidentní výrazné změny v korytě a jeho přilehlé zóně. Zaměříme-li se na koryto, nejviditelnější je změna vedení trasy koryta – ta je nejvíce patrná z Obrázků 13 a 14. Původně napřímený tok byl rozvlněn do zákrutů a meandrů. Doprovázejícími prvky jsou průtočné či neprůtočné tůně a přilehlé retenčních nádrže (Příloha 4 a 5). Další pozitivní změnou, která stojí za povšimnutí, je celkové rozšíření prostoru příbřežní zóny, jež byla před revitalizací minimální, a hranice soukromých pozemků zasahovaly až téměř ke korytu řeky. Pozemky, které byly využívány jako orná půda, byly zmenšeny a využity pro zvětšení příbřežní zóny a nivy vodního toku. V úseku potoka, který je zobrazen na Obrázcích 15 a 16, je patrné, že se tato proměna přiléhající

zóny nevydařila na všech místech. V jedné z částí tohoto úseku jsou v okolí potoka znatelné projevy stružkové eroze (Příloha 6). Při porovnání Obrázku 13 a Obrázku 14 je vidět rekonstrukce a modernizace čistírny OV, která se nachází přibližně 30 m od koryta vodního toku. Tato rekonstrukce byla na čistírně OV v Hostivici dokončena souběžně s revitalizací v roce 2015. Negativní vliv hostivické čistírny OV na kvalitu vody v potoce zůstává však stále velmi výrazný (Příloha 7), celkově špatná kvalita vody může souviset ale i s nedostatečným čištěním OV v obci Chýně. Dalším problémem pro vodní tok je přírůstek zástavby, který je nejvíce pozorovatelný při porovnání Obrázků 17 a 18 (vznik čtyř nových domů). Při pohledu na Obrázek 18 lze ovšem očekávat přibývání zástavby i do budoucna. Podrobný popis hydromorfologických změn po revitalizaci, hodnocení dodržení stavební dokumentace a využití dosažených revitalizačních efektů tohoto projektu popisuje ve své práci Tichý (2017).

Dle Kučery (2011) by mezi hlavní plánované efekty revitalizačního projektu mělo patřit vytvoření přírodě bližšího stavu toku, který je lokálním biokoridorem, vytvoření parkově zeleného pásu napříč celým městem a zároveň zvýšení protipovodňové ochrany (zvýšení kapacity bermy zejména pod Husovým náměstím) (Kučera 2011).

Tento projekt se setkal i s nesouhlasnými názory řady kritiků. Jedním z významných problémů byly vlastnické poměry. Jelikož je správcem toku hl. m. Praha, nemohlo tak město Hostivice získat pozemky od státu. Mezi ÚČS 01 až ÚČS 03 bylo dotčeno 89 pozemků a musely být uzavřeny smlouvy o budoucích smlouvách nebo byly pozemky postupně vykupovány. Zejména kvůli vlastnickým poměrům byla znemožněna realizace původně plánované čtvrté ucelené části ÚČS 04. Další problém nastal při jednání o budoucí udržitelnosti projektu. Investor akce není zároveň správcem toku, proto nebylo tehdy jasné, kdo by tok v budoucnu udržoval. Kritika se na tento projekt snesla i od občanů, kteří kritizovali revitalizační akci pro její přílišnou nákladnost, zbytečnost a neúčelnost. (Kučera 2011)

## 6 Výsledky práce

V této části práce je pozornost věnována vyhodnocení vybraných parametrů zájmového úseku Litovického potoka v Hostivici. Rovněž jsou zde kvantifikovány jednotlivé efekty revitalizace jako jsou efekt prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti, efekt rozšíření průtočného profilu a snížení rychlosti proudění, efekt obnovení členitosti příčného a podélného profilu koryta a efekt obnovení příbřežní zóny a nivy. V poslední části výsledků práce jsou jednotlivé efekty navzájem porovnávány.

### **Efekt prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti**

Délka původní trasy před revitalizací činila 1 998 m. Po revitalizaci se výrazně prodloužila délka půdorysného průběhu trasy koryta, která byla v ose kynety změřena na 2 365 m. Mírou křivolakosti neboli stupněm vývoje toku se rozumí poměr mezi reálnou délkou trasy koryta a nejkratší spojnici začátku a konce vybraného úseku. Délka nejkratší spojnice počátku a konce vybraného úseku vodního toku byla změřena na 1 951 m. Kvantifikace efektů prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti je zanesena v Tabulce 5.

*Tabulka 5: Kvantifikace efektu prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti (zdroj: terénní průzkum)*

	<b>původní trasa</b>	<b>revitalizovaná trasa</b>	<b>efekt (%)</b>
<b>délka trasy (m)</b>	1 998	2 365	<b>+ 18,4</b>
<b>míra křivolakosti</b>	1,024	1,212	

Nová délka trasy koryta byla oproti původní délce před revitalizací prodloužena o 18,4 %. K tomu došlo zejména díky rozvlnění původně přímého koryta do zákrutů a meandrů (Příloha 8). K tomu se přidává i fakt, že v ÚČS 02 před železničním tunelem byl obnoven bývalý mlýnský náhon o délce 205 metrů (Příloha 9).

### **Efekt rozšíření průtočného profilu a snížení rychlosti proudění**

Šířky průtočných profilů spolu s rychlostí proudění byly změřeny na třech různých profilech. V těchto profilech byla vypočítána maximální a průměrná rychlost proudění. Efekt revitalizace u parametrů šířky průtočného profilu a rychlostí proudění je patrný v Tabulce 6.

Tabulka 6: Rychlosti proudění a kvantifikace efektu snížení rychlosti proudění (zdroj: terénní průzkum)

úsek	nerevitalizovaný	revitalizovaný č. 1	revitalizovaný č. 2	efekt 1 (%)	efekt 2 (%)
šířka průtočného profilu (m)	1,72	2,4	1,9	+ 39,5	+ 10,5
max. rychlost proudění (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,1755	0,0399	0,1247	+ 77,3	+ 28,9
prům. rychlost proudění (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,13324	0,0201	0,07805	+ 84,9	+ 41,4

Pozitivní efekt rozšíření průtočného profilu byl společně s efektem snížení rychlosti zaznamenán na obou revitalizovaných profilech. Nejvýraznější efekt snížení rychlosti proudění byl zaznamenán v revitalizovaném úseku č. 1, kde výsledný efekt snížení maximální, respektive průměrné rychlosti dosáhl 77,3 %, respektive 84,9 %. Tento fakt je dán mimo jiné zejména vlivem zvětšení šířky průtočného profilu, odstraněním betonového dna a rozvolněním revitalizovaného koryta.

### Efekt obnovení členitosti příčného a podélného profilu koryta

Pro hodnocení členitosti příčného profilu a podélného profilu byly vybrány parametry: dimenzování příčného profilu, existence mikrohabitátů, upravenost dna, upravenost břehů a variabilita hloubek v podélném profilu. Průměrné hodnoty kvality vybraných parametrů a kvantifikace efektu jsou znázorněny v Tabulce 7.

Tabulka 7: Hodnoty kvality vybraných parametrů a kvantifikace efektu obnovení členitosti příčného a podélného profilu (zdroj: terénní průzkum)

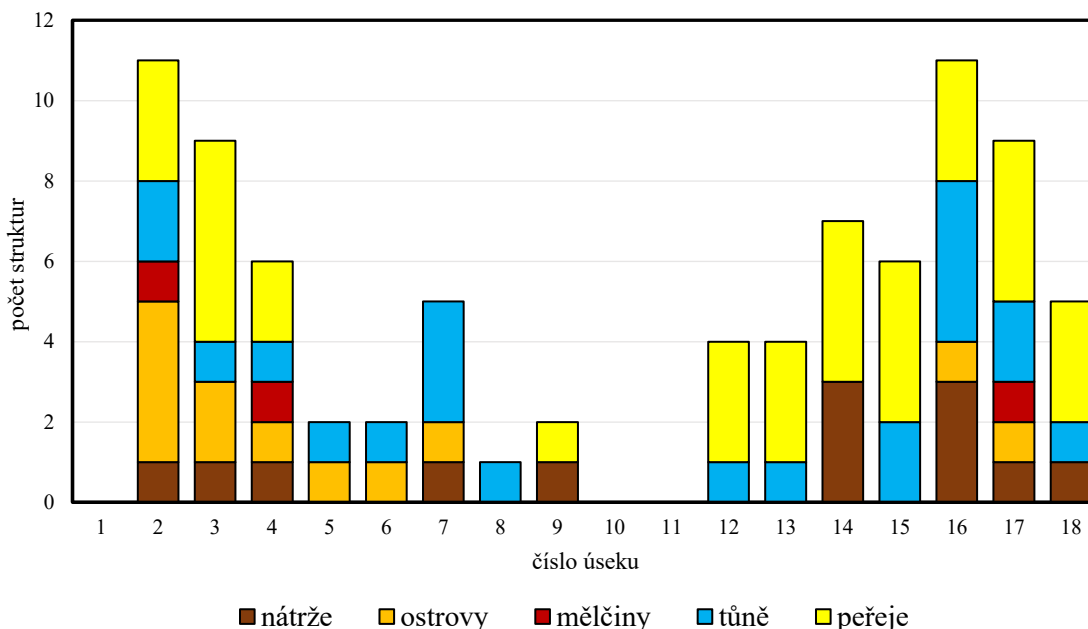
	břeh	kvalita nerevitalizovaného úseku*	průměr kvality revitalizovaných úseků*	efekt (%)
dimenzování příčného profilu		5	3	+ 40,0
existence mikrohabitátů		5	1,94	+ 61,2
upravenost dna		4	2,18	+ 45,6
upravenost břehů	LB	4	2,12	+ 47,1
	PB	4	2,29	+ 42,6
variabilita hloubek v podélném profilu		5	2,47	+ 50,6

\*1 (přírodní stav) až 5 (velmi silně antropogenně modifikovaný stav)

Dno i břehy původního degradovaného koryta jsou charakteristické kamennou dlažbou zpevněnou betonem s téměř žádnou příčnou nebo podélnou členitostí. Tato betonová kamenná dlažba je v původním degradovaném úseku překryta nánosem přírodního substrátu s výraznou mocností (Příloha 10). V rámci revitalizace byla původní

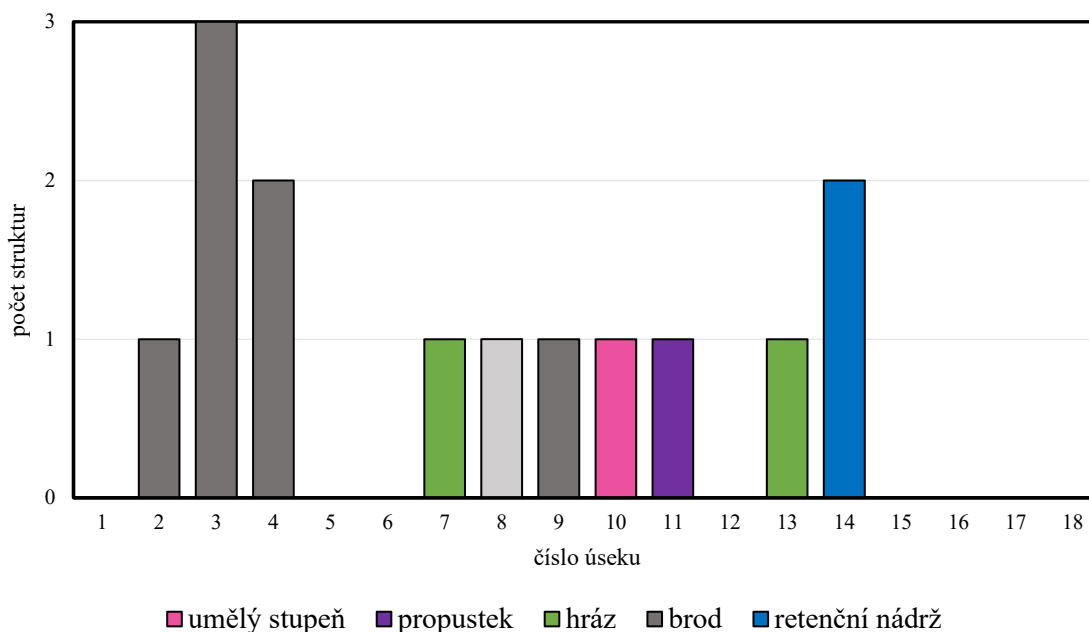
betonová kamenná dlažba ve většině revitalizovaných úsecích vyjmuta. Původní dno koryta bylo obnaženo a místy zpevněno vložením jednotlivých kamenů (Příloha 11). Sklony břehů koryta byly výrazně zmenšeny a břehy byly na většině délky revitalizovaného úseku opevněny přirozenými vegetačními materiály (zejména zatravněním) (Příloha 12) nebo kamenným pohozením (Příloha 13). Na základě těchto revitalizačních úprav dosáhly všechny výše hodnocené parametry pozitivního efektu. Nejvýraznější efekt (61,2 %) byl prokázán u parametru *existence mikrohabitu*. Tento fakt lze přisuzovat tomu, že byla odstraněna kamenná dlažba a tak došlo ke zvýšení přirozené členitosti dna koryta, čímž se zvýšila diverzita dnového substrátu. Důvodem může být také to, že se prodloužením trasy koryta snížil sklon podélného profilu, díky čemuž se snížila rychlost proudění a tím i unášecí schopnost toku. Materiál unášený tokem se tedy lépe usazuje ať už na dně nebo na březích koryta. Pro zvětšení míry členitosti podélného profilu byly na toku vytvořeny brody, dnové pásy z kamenných záhozů, ostrovy, mělčiny, tůně, peřeje, propustky, aj. Tyto prvky byly hodnoceny pomocí parametru *diverzita mezohabitu*. Pro přehlednější vizualizaci byly struktury diverzity habitatu rozděleny na přírodní a antropogenní. Jejich diverzita v jednotlivých úsecích toku je zobrazena v Grafech 1 a 2.

Graf 1: Výskyt a diverzita přírodních struktur mezohabitu v jednotlivých úsecích zájmové části toku (zdroj: terénní průzkum).





Graf 2: Výskyt a diverzita antropogenních struktur mezohabitatu v jednotlivých úsecích zájmové části toku (zdroj: terénní průzkum).



Během mapování nerevitalizovaného úseku (úsek č. 1) nebyl zjištěn žádný prvek diverzity mezohabitatu. V celé délce zájmové revitalizované části (úsek 2–18) bylo napočítáno celkem 102 různých struktur, přičemž mezi nejčastěji zastoupené patří ty přírodní – přejeje (celkem 35) a tůňe (celkem 21). Mezi nejčastěji zastoupené antropogenní struktury mezohabitatu patří brody, kterých bylo napočítáno celkem 8 (Příloha 14). Z Grafů 1 a 2 je rovněž patrné, že především v úsecích 15–18 jsou struktury jen přírodního charakteru. Mezi těmito úseky by měl mít tok nejvíce přírodě blízký stav. Největší celkový počet struktur byl zaznamenán mezi úseky 2–4 a 14–17, což jsou úseky, kde měl projektant revitalizace největší prostor koryto rozvlnit a podélně ho diverzifikovat. Naopak v úseku 10 nebo 11 bylo vzhledem k sevřenosti toku mezi pozemky prakticky nemožné prvky podélné členitosti vytvořit. Vyšší počet přírodních struktur mezohabitatu naznačuje zlepšení stavu potoka po revitalizaci.

### **Efekt obnovení příbřežní zóny a nivy**

Pro hodnocení efektu obnovení příbřežní zóny byly vybrány parametry: *struktura břehové vegetace, dominantní využití ploch v údolní nivě, přítomnost protipovodňových opatření a retenční potenciál údolní nivy*. Průměrné hodnoty kvality vybraných parametrů a kvantifikace efektu jsou znázorněny v Tabulce 8.

Tabulka 8: Hodnoty kvality vybraných parametrů a kvantifikace efektu obnovy příbřežní zóny a nivy (zdroj: terénní průzkum)

	břeh	průměr kvality úseků před revitalizací*	průměr kvality revitalizovaných úseků*	efekt (%)
struktura břehové vegetace	LB	3,29	3,35	- 1,8
	PB	3,41	3,41	0,0
dominantní využití ploch v nivě	LB	4,35	3,82	+ 12,2
	PB	3,82	3,76	+ 1,5
		kvalita nerevitalizovaného úseku*	průměr kvality revitalizovaných úseků*	efekt (%)
přítomnost protipov. opatření		5	2,76	+ 44,7
retenční potenciál údolní nivy		3	2,65	+ 11,8

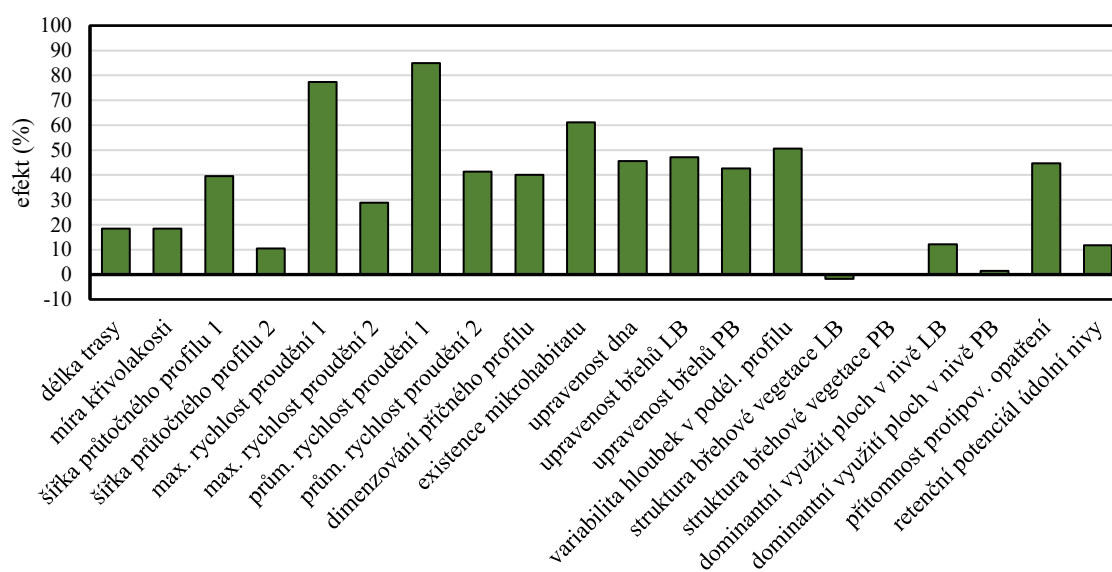
\*1 (přírodní stav) až 5 (velmi silně antropogenně modifikovaný stav)

Pozitivní efekt obnovy příbřežní zóny a nivy byl nejvíce patrný u parametru *přítomnost protipovodňových opatření*, kde došlo ke zvýšení až o 44,7 %. Naopak u parametrů *struktura břehové vegetace* byl spočítán nepatrný negativní efekt -1,8 % při levém břehu. Tento negativní efekt lze přisuzovat tomu, že v průběhu revitalizace byl odstraněn původně hustý stromový doprovod, který byl nahrazen nízkou vegetací (travinami) či nízkými stromky, jež se teprve začínají zapojovat (Příloha 15). Projev pozitivního efektu je v tomto případě jen otázkou času. Při pravém břehu nebyl u tohoto parametru zaznamenán ani pozitivní, ani negativní efekt (0 %).

### Vzájemné porovnání efektů

Porovnání efektů na vybraných parametrech, které byly zjištěny výše, jsou zobrazeny v Grafu 3.

Graf 3: Porovnání efektů pozorovaných parametrů (zdroj: terénní průzkum)





Z Grafu 3 je zřejmé, že téměř u všech parametrů byl zaznamenán pozitivní efekt revitalizace. Největší revitalizační efekt byl prokázán u průměrné a maximální rychlosti proudění při měření na revitalizovaném úseku č. 1. Průměr efektů všech parametrů byl vypočítán na 33,74 %. Přes tuto hranici se dostalo celkem 11 parametrů z celkového počtu 20 zkoumaných. Naopak jediný negativní efekt byl zaznamenán u parametrů charakterizující strukturu břehové vegetace při levém břehu.

## 7 Shrnutí výsledků a diskuze

Tato práce si ve své praktické části kladla za cíl na základě vědomostí nabytých v teoretické části práce kvantifikovat revitalizační efekty na provedené revitalizaci na Litovickém potoce v Hostivici v roce 2015 pomocí vybraných parametrů. Většina těchto parametrů zohledňuje především hydromorfologický stav toku. Hodnocení efektu revitalizace vyžaduje stanovení těch hydromorfologických parametrů, které jsou nejvhodnější pro identifikaci hlavních změn způsobených konkrétními revitalizačními opatřeními (Kail, Lorenz, Hering 2014).

Metoda, jež byla v této práci navržena, zahrnuje celkem 15 vybraných parametrů. Některé parametry byly převzaty z metody EcoRivHab (Matoušková 2003), která je zaměřena na hydromorfologický (ekohydromorfologický) průzkum, a některé byly přidány samostatně tak, aby co nejvíce zohledňovaly efekty očekávané od revitalizací. Tato metoda byla následně aplikována na revitalizaci Litovického potoka ve městě Hostivice, jež proběhla v roce 2015. Hodnocené parametry byly rozděleny do čtyř skupin, ve kterých byly kvantifikovány jednotlivé efekty revitalizace (*efekt prodloužení trasy koryta a zvětšení míry křivolakosti, efekt rozšíření průtočného profilu a snížení rychlosti proudění, efekt obnovení členitosti příčného a podélného profilu koryta a efekt obnovení příbřežní zóny a nivy*).

Z výsledků této práce vyplývá, že revitalizace znamenala pro Litovický potok výrazné zlepšení z hlediska hydromorfologie, jelikož téměř u všech hodnocených parametrů byl zjištěn pozitivní efekt revitalizace a průměr efektů všech parametrů byl vypočítán na +33,74 %. Při porovnání všech zkoumaných parametrů byl největší pozitivní efekt shledán u parametru *průměrná a maximální rychlost proudění*, kde došlo ke zlepšení až o 84,9 %, respektive 77,3 % (Graf 3). Just a kol. (2005) udávají, že snížení rychlosti proudění v korytě je souhrou několika dalších faktorů, ke kterým patří například zvýšení přirozené členitosti dna koryta, prodloužení délky jeho trasy a snížení podélného sklonu. Na příkladu revitalizace v Pravotíně v roce 2000 tito autoři popisují, že se vlivem revitalizace střední rychlost zpomalila při běžných průtocích z  $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na  $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což je pokles o 33,3 % (Just a kol. 2005). Vezme-li se v potaz, že každý úsek je vzhledem k proměnlivosti výše zmíněných faktorů jiný, liší se v různých úsecích i rychlosti proudění. Poppe a kol. (2016) ve své práci prokázali největší efekt u parametru *průměrná šířka koryta v podélném profilu*. Naopak žádný prokazatelný efekt tito autoři neshledali

u parametrů *počet mikrohabitátů*, *index diverzity přírodních mikrohabitátů* a *index prostorové diverzity substrátu* (Poppe a kol. 2016).

Jediný negativní efekt revitalizace v Hostivici byl zaznamenán u parametru *struktura břehové vegetace* při levém břehu (Graf 3). U tohoto parametru se stav po revitalizaci zhoršil o 1,8 %. Tento negativní efekt lze přisuzovat tomu, že v průběhu revitalizace byl odstraněn původně hustý stromový doprovod, který byl nahrazen nízkou vegetací (travinami) či nízkými stromky, jež se teprve začínají zapojovat. Projev pozitivního revitalizačního efektu je v tomto ohledu spíše jen otázkou času, než se jednotlivé druhy vegetace rozrostou. Belletti a kol. (2018) prokázali, že stáří revitalizace může hrát v konečném hodnocení důležitou roli, protože například biota a okolní vegetace jsou při hodnocení efektu proměnné, u kterých se efekt revitalizace může projevit až za delší dobu. Rozdílnost v prokázání největšího, respektive nejmenšího revitalizačního efektu, je v porovnání s prací autorů Poppe a kol. (2016) dána především odlišným výběrem parametrů a také vyšším počtem zahrnutých lokalit ve studii těchto autorů.

Z prezentovaných výsledků lze vyvozovat, že revitalizace znamenala pro Litovický potok z pohledu hydromorfologie výrazné zlepšení. Nedostatkem tohoto úseku vodního toku je však velmi nízká kvality vody a výrazné zanášení koryta splaveninami (Příloha 16). Například Tichý (2017) ve své práci zmiňuje, že úspěšná revitalizace není založena pouze na zlepšení morfologie koryta, ale měla by dosáhnout zlepšení například právě i z hlediska kvality vody. Problémem horního toku Litovického potoka je též dlouhodobý pokles vodnosti vlivem intenzivního nárůstu zástavby na horním toku u Chýně.

Autor předkládané práce se domnívá, že je obtížné samotnou práci i její výsledky porovnávat s jinou prací či studii, jelikož prací, které se zabývají přímo procentuální kvantifikací revitalizačního efektu z pohledu hydromorfologie není mnoho. Podobnou práci, avšak bez kvantifikace efektu, vytvořila Musilová (2012). Tato práce hodnotila revitalizační efekt na třech různých lokalitách – Moravská Sázava, Chrudimka a Z Hájů. Hydromorfologický stav je v práci Musilové (2012) hodnocen pomocí metody HEM a spíše než na číselnou kvantifikaci efektu se autorka soustředí na detailní slovní popis zvolených parametrů ve výše zmíněných lokalitách. Dřívější hodnocení úspěšnosti revitalizace na Litovickém potoce v Hostivici provedl již Tichý (2017). K hodnocení hydromorfologie autor použil stejně jako Musilová (2012) metodu HEM. Celkové

hodnocení revitalizace a revitalizačního efektu se ale opět opírá především o slovní popis jednotlivých změn ve vybraných úsecích. Metoda HEM, která v tomto případě byla použita pro hodnocení hydromorfologického stavu, prokázala zlepšení stavu zhruba o jeden stupeň.

I když je pro hodnocení revitalizačního efektu v současnosti k dispozici celá řada metodik (Lampartová 2015), žádná z metod hodnocení revitalizačního efektu nevěnuje dostatečnou pozornost monitoringu stavu vodního ekosystému před revitalizací, během její realizace a po jejím dokončení. Hodnocení efektu revitalizace by mělo být prováděno pravidelně a v dlouhodobém časovém horizontu, aby byl zohledněn vývoj vodního toku směřující k jeho rovnovážnému stavu. Pro hodnocení revitalizačního efektu byla v této práci vytvořena metoda, která kombinuje vybrané parametry hodnocení hydromorfologického stavu toku pomocí metody EcoRivHab (Matoušková 2003) a dále přidává další parametry, aby byly co nejvíce zohledněny efekty očekávané od revitalizací.

Důležitým aspektem je při hodnocení revitalizačních efektů volba měřítka a délka zkoumaných úseků (Poppe a kol. 2016). Tichý (2017) ve své práci rozdělil revitalizační projekt v Hostivici na celkem 6 úseků, které byly svou délkou velice proměnlivé (od 183 do 485 m). Při rozdělení dbal především na vnitřní homogenitu vybraných úseků. Tato bakalářská práce naopak hodnotí 17 revitalizovaných úseků přibližně stejné délky (cca 100 m).

Předkládaná práce má některé výrazné limity a problematické aspekty. Základním problémem, který nastává při hodnocení revitalizačních efektů, je výběr výchozího (srovnávacího) úseku (Matoušková 2008). Pokud není k dispozici monitoring vybraných parametrů před revitalizací, je obtížné přesně kvantifikovat efekt na jednotlivých úsecích. Proto pro srovnání bývá brán úsek stejného toku poblíž, který nebyl revitalizován. V této práci byl srovnávacím úsekem pro hodnocené parametry týkající se hydromorfologických charakteristik koryta stanoven úsek nad revitalizovanou částí vodního toku, kde se nachází původní napřímené koryto. Použitím tohoto způsobu výběru srovnávacího úseku může dojít ke zkreslení výsledků, protože každý úsek je specifický a pokud je pro kvantifikaci použito srovnání s jiným, byť nerevitalizovaným úsekem, nemusí být výsledek vypovídající. Stejným způsobem si srovnávací úsek stanovila ve své práci i Musilová (2012). Parametry týkající se příbřežní zóny a nivy byly hodnoceny s využitím distančních dat, kde byl dokumentován stav před revitalizací. Optimální postup by měl,

jak již bylo uvedeno, zahrnovat zhodnocení stavu před revitalizací přímo v daném úseku a následně pomocí shodného postupu zhodnocení stav po revitalizaci.

Dalším možným problematickým aspektem v hodnocení revitalizačního efektu je subjektivní hodnocení mapovatele při zaznamenávání hodnot jednotlivých parametrů. Matoušková (2008) zmiňuje, že tento fakt lze ovšem zmírnit adekvátním zaškolením mapovatelů a přesnou specifikací hodnocených parametrů, určitá míra subjektivity však bude existovat vždy.

## 8 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat odbornou rešerši týkající se hodnocení efektů revitalizačních opatření se zaměřením na hydromorfologii a fluvialně–morfologickou dynamiku vodních toků. Na základě poznatků nabytých v teoretické části práce byla v praktické části následně formulována metoda pro hodnocení a kvantifikaci revitalizačních efektů z pohledu hydromorfologie. Dílčím cílem práce bylo tuto metodu aplikovat na vybraném revitalizovaném úseku vodního toku.

Z aktuálních poznatků zabývajících se hodnocením revitalizačních efektů vyplývá, že hodnocení hydromorfologie vodních toků je v současné době uznáno jako stěžejní pro monitoring a vyhodnocení ekologických podmínek hodnocených revitalizačních efektů (Poppe a kol. 2016). Hodnocení efektu revitalizace však vyžaduje stanovení hydromorfologických parametrů nejvhodnějších pro identifikaci hlavních změn způsobených konkrétními revitalizačními opatřeními (Kail, Lorenz, Hering 2014). Při výběru hydromorfologických parametrů je důležité do hodnocení zahrnout parametry více prostorových měřítek (Poppe a kol. 2016). Zásadní roli při měření těchto parametrů hraje rovněž stanovení velikosti hodnocených úseků, které by měly být určovány na základě charakteristik údolí z důvodu dodržení morfologické heterogenity úseků (Belletti a kol. 2018).

Metody hodnocení revitalizačních efektů na vodních tocích bývají v poslední době kritizované pro svou nejednotnost, jelikož každá z metod používá různá kritéria a parametry. Některé ze studií kvantifikují efekt revitalizačních opatření z hlediska prvků biologické kvality, některé hodnotí hydromorfologii toků (Poppe a kol. 2016). V současnosti je v českém prostředí k dispozici celá řada metodik pro hodnocení revitalizačního efektu, jako například metoda HEM (Langhammer 2014). Kupec, Schneider, Šlezinger (2009) tvrdí, že žádnou z metod hodnocení revitalizačního efektu však nelze použít zcela univerzálně. Problémem existujících metod je především nedostatečná pozornost věnovaná monitoringu stavu vodního toku před revitalizací, během ní a po jejím dokončení. Do budoucna by se vymezení dosahu průzkumu a monitorování hydromorfologických podmínek mělo řídit analýzou hlavních vlivů topografie, geologie, typů údolí a hydrauliky. To by napomohlo vzniku kompletní analýzy aktuálních říčních podmínek s cílem pochopení morfologických změn (Belletti a kol. 2018).

Ačkoli revitalizace Litovického potoka v Hostivici znamenala z hlediska morfologie a sledovaných parametrů celkové zlepšení, nelze opomenout některé výrazné nedostatky tohoto projektu. Analýza kvality vody, analýza splaveninového či srážko–odtokového režimu by mohly být budoucím možným předmětem výzkumu na Litovickém potoce v Hostivici.

Navržená metoda, která je použita v této práci, by mohla být i do budoucna využita k účelnému hodnocení revitalizací na vodních tocích skrze číselnou kvantifikaci efektů jednotlivých parametrů. Z hlediska budoucího zlepšení navržené metody by bylo ovšem vhodné rozšířit počet hodnocených parametrů za účelem dosažení větší míry komplexity při hodnocení revitalizačních efektů. Rovněž by bylo v následujícím vývoji této metody žádoucí ji verifikovat pomocí aplikace na více revitalizačních projektech.

## 9 Zdroje

### 9.1 Literatura

AHILAN, S., O'SULLIVAN, J. J., BRUEN, M., BRAUDERS, N., HEALY, D. (2013): Bankfull discharge and recurrence intervals in Irish rivers. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management*, 166, 7, 381–393.

BAGNOLD, R. A. (1977): Bed load transport by natural rivers. *Water Resources Research*, 13, 303–312.

BALATKA, B. (2001): Geomorfologické poměry a členění reliéfu. In: Kovanda, J. a kol.: *Neživá příroda Prahy a jejího okolí*. Academia, Praha.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie Praha, Praha.

BARBOUR, M. T., GERRITSEN, J., SNYDER, B. D., STRIBLING, J. B. (1999): *Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

BEECHIE, T. J., SEAR, D. A., OLDEN, J. D., PESS, G. R., BUFFINGTON, J. M., MOIR, H., RONI, P., POLLOCK, M. M. (2010): Process-based principles for restoring river ecosystems. *BioScience*, 60, 209–222.

BELLETTI, B., RINALDI, M., BUIJSE, A. D., GEURNEL, A. M., MOSSELMAN, E. (2015): A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environmental Earth Sciences*, 73, 5, 2079–2100.

BELLETTI, B., NARDI, L., RINALDI, M., POPPE, M., BRABEC, K., BUSSETTINI, M., COMITI, F., GIELCZEWSKI, M., GOLFIERI, B., HELLSTEN, S., KAIL, J., MARCHESE, E., MARCINKOWSKI, P., OKRUSZKO, T., PAILLEX, A., SCHIRMER, M., STELMASZCZYK, M., SURIAN, N. (2018): Assessing Restoration Effects on River hydromorphology Using the Process-based Morphological Quality Index in Eight European River Reaches. *Environmental Management*, 61, 1, 69–84.

BRIERLEY, G. J., REID, H., FRYIRS, K., TRAHAN, N. (2010): What are we monitoring and why? Using geomorphic principles to frame ecohydrological assessments of river condition. *Science of The Total Environment*, 408, 9, 2025–2033.

CALLANDER, R. A. (1969): Instability and river channels. *Journal of Fluid Mechanics*, 36, 465–480.

CULEK, M., GRULICH, V., LAŠTŮVKA, Z., DIVÍŠEK, J. (2013): *Biogeografické regiony České republiky*. Munipress, Brno.

CHURCH, M. (1992): Channel morphology and typology. In: Calow, P., Petts, G. E. (eds.): *The river handbook*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 126–143.

DEMEK, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha.



- EDWARDS, R. W. (1968): Some effects of plants and animals on the condition in fresh-water streams with particular reference to their oxygen balance. In: Proceeding of the International Conference on the Water Pollution Research. Pergamon, Oxford, 319–333.
- FERNÁNDEZ, D., BARQUIN, J., RAVEN, P. J. (2011): A review of river habitat characterisation methods: indices vs. characterisation protocols. *Limnetica*, 30, 2, 217–234.
- GERGEL, J. (2000): Hydrobiologické a hydrochemické hodnocení provedených revitalizací potočních koryt a niv. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- GOLFIERI, B., SURIAN, N., HARDERSEN, S. (2018): Towards a more comprehensive assessment of river corridor conditions: a comparison between the Morphological Quality Index and three biotic indices. *Ecological Indicators*, 84, 525–534.
- HOLL, K., CAIRNS, J. (2002): Monitoring and appraisals. In: Perrow, M., Davy, A. (eds.): *Handbook of Ecological Restoration*. Cambridge University Press, Cambridge, 411–432.
- HORNÍK, S., BUZEK, L., MIČIAN, L., PECH, J., TRNKA, P. (1986): *Fyzická geografie II*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- HYNES, H. B. N. (1960): *The biology of Polluted Waters*. Liverpool University Press, Liverpool.
- JÄHNIG, S. C., LORENZ, A. W., HERING, D. (2008): Hydromorphological parameters indicating differences between single-and multiple-channel mountain rivers in Germany, in relation to their modification and recovery. *Aquatic Conseration: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18, 7, 1200–1216.
- JÄHNIG, S. C., LORENZ, A. W., LORENZ, R. R. C., KAIL, J. (2013): A comparison of habitat diversity and interannual habitat dynamics in actively and passively restored mountain rivers of Germany. *Hydrobiologia*, 712, 1, 89–104.
- JUST, T., MATOUŠEK, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P. (2005): *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Český svaz ochránců přírody. Ekologické služby a MŽP, Praha.
- JUST, T. (2010a): *Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- KNIGHTON, A. D. (1998): *Fluvial forms and processes: A new perspective*. Arnold, London.
- KOPP, J., LANGHAMMER, J., MATOUŠKOVÁ, M. (2006): *Vodní toky*. In: Němec, J., Hladný, J. (eds.): *Voda v České republice*. Consult Praha a Ministerstvo zemědělství, Praha.
- KRISTENSEN, E. A., THODSEN, H., DEHLI, B., QUIROGA KOLBE, P. E., GLISMAND, L., KRONVANG, B. (2013): Comparison of active and passive stream

restoration: effects on the physical habitats. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 113, 2, 109–120.

KUČERA, J., VOJTOVÁ, J., VOJTA, J. (2006): Přírodní památka Hostivické rybníky. Český svaz ochránců přírody, Hostivice.

KUJANOVÁ, K., MATOUŠKOVÁ, M., KLIMENT, Z. (2016): Hydromorphological parameters of natural channel behavior in conditions of the Hercynian System and the flysch belt of the Western Carpathians on the territory of the Czech Republic. *Geomorphology*, 258, 69–81.

KUPEC, P., SCHNEIDER, J., ŠLEZINGR, M. (2009): Revitalizace v krajině. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

KURTH, A., SCHIRMER, M. (2014): Thirty years of river restoration in Switzerland: implemented measures and lessons learned. *Environmental Earth Sciences*, 72, 6, 2065–2079.

LAMPARTOVÁ, I. (2015): Vliv revitalizací vodních toků na rekreační hodnotu krajiny. Disertační práce. Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny, Lesnická a dřevařská fakulta Mendelova univerzita v Brně, Brno.

LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. (1957): River channel patterns: braided, meandering, and straight. U.S. Government Printing office, Washington.

LEOPOLD, L. B. (1997): *Water, Rivers and Creeks*. University Science Books, Sausalito.

LEOPOLD, L. B. (2000): *A View of the River*. Harvard University Press, Cambridge.

MADSEN, T. V., ENEVOLDSEN, H. O., JORGENSEN, T. B. (1993): Effects of water velocity on photosynthesis and dark respiration in submerged stream macrophytes. *Plant, Cell and Environment*, 16, 317–322.

MAKASKE, B. (2001): Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-science Reviews*, 53, 3–4, 149–196.

MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring vodních toků jako podklad pro revitalizaci vodních ekosystémů. Disertační práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha.

MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha.

MONTGOMERY, D. R. (1999): Process domains and the river continuum. *Journal of the American Water Resources Association*, 35, 2, 397–410.

MUHAR, S., JANUSCHKE, K., KAIL, J., POPPE, M., SCHMUTZ, S., HERING, D., BUIJSE, A. D. (2016): Evaluating good-practise cases for river restoration across Europe: context, methodological framework, selected results and recommendations. *Hydrobiologia*, 769, 1, 3–19.

- MUSILOVÁ, J. (2012): Současný stav revitalizací vodních toků v ČR – Hodnocení revitalizačního efektu vybraných realizovaných projektů. Geografický ústav PřF MU, Brno.
- NANSON, G., KNIGHTON, A. (1996): Anabranching rivers: Their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 217–239.
- NEWSON, M. D., LARGE, A. R. G. (2006): 'Natural' rivers, 'hydromorphological quality' and river restoration: a challenging new agenda for applied fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 13, 1606–1624.
- NĚMEC, J., KENDER, J. (2006): Revitalizace říčních systémů. In: Němec, J., Hladný, J. (eds.): *Voda v České republice*. Consult Praha a Ministerstvo zemědělství, Praha.
- ORR, H. G., LARGE, A. R. G., NEWSON, M. D., WALSH, C. L. (2008): A predictive typology for characterising hydromorphology. *Geomorphology*, 100, 1–2, 32–40.
- PALMER, M. A., MENNINGER, H. L., BERNHARDT, E. (2010): River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice? *Freshwater Biology*, 55, 205–222.
- POPPE, M., KAIL, J., AROVIITA, J., STELMASZCZYK, M., GIELCZEWSKI, M., MUHAR, S. (2016): Assessing restoration effects on hydromorphology in European mid-sized rivers by key hydromorphological parameters. *Hydrobiologia*, 769, 1, 21–40.
- PANDER, J., GEIST, J. (2013): Ecological indicators for stream restoration success. *Ecological Indicators*, 30, 106–118.
- PLATTS, W. S. (1980): A plea for fishery habitat classification. *Fisheries*, 5, 1, 1–6.
- RAVEN, P. J., FOX, P., EVERARD, M., HOLMES, N. T. H., DAWSON, F. H. (1997): River habitat survey: A new system for classifying rivers according to their habitat quality. In: Boon, P. J., Howell, D. L. (eds.): *Freshwater Quality: Defining the Indefinable?* The Stationary Office, Edinburgh, 215–234.
- RINALDI, M., SURIAN, N., COMITI, F., BUSSETTINI, M. (2015): A methodological framework for hydromorphological assessment, analysis and monitoring (IDRAIM) aimed at promoting integrated river management. *Geomorphology*, 251, 122–136.
- RINALDI, M., BELLETTI, B., BUSSETTINI, M., COMITI, F., GOLFIERI, B., LASTORIA, B., MARCHESE, E., NARDI, L., SURIAN, N. (2017): New tools for the hydromorphological assessment and monitoring of European streams. *Journal of Environmental Management*, 202, 363–378.
- RITTER, D. F., KOCHER, R. C., MILLER, J. R. (2011): *Process Geomorphology*. Waveland Press, Long Grove.
- ROBERT, A. (2003): *River processes: An introduction to fluvial dynamics*. Arnold, London.
- ROSGEN, D. L. (1994): A classification of natural rivers. *Catena*, 22, 3, 169–199.

- RUDA, A. (2014): *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. Masarykova univerzita, Brno.
- SCHUMM, S. A. (1981): Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. In: Ethridge, F. a Flores, R. (eds.): *Recent and ancient non-marine depositional environments: Models for explorations*. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist Special Publication 31, 19–39.
- SINGEROVÁ, H. (2015): *Analýza suburbanizace ve městě Hostivice*. Bakalářská práce. Katedra podnikání a oceňování BIVŠ, Praha.
- SMITH, D. G. (1983): Anastomosed fluvial deposits: modern examples from Western Canada. In: Collinson, J., Lewin, J. (eds.) (1983): *Modern and ancient fluvial systems*. Special Publication of the International Association of Sedimentologists 6, 155–168.
- STRAHLER, A. (1999): *Introducing Physical Geography*. Wiley, New York.
- ŠLEZINGR, M. (2010): *Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků*. Vutium, Brno.
- TICHÝ (2017): *Hodnocení a návrh revitalizačních opatření vodních toků v urbanizované a rurální krajině*. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha.
- TOLASZ, R. a kol. (2007): *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- VAUGHAN, I. P., DIAMOND, M., GURNELL, A. M., HALL, K. A., JENKINS, A., MILNER, N. J., NAYLOR, L. A., SEAR, D. A., WOODWARD, G., ORMEROD, S. J. (2009): Integrating ecology with hydromorphology: a priority for river science and management. *Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 19, 1, 113–125.
- VOGEL, R. M. (2011): Hydromorphology. *Journal of water resources planning and management*, 137, 2, 147–149.
- VOGEL, R. M., LALL, U., CAI, X., RAJAGOPALAN, B., WEISKEL, P. K., HOOPER, R. P., MATALAS, N. C. (2015): Hydrology: The interdisciplinary science of water. *Water Resources Research*, 51, 4409–4430.
- VRÁNA, K. (2000): *Hodnocení použitých metod a objektů při revitalizaci potočních koryt*. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- VRÁNA, K. (2001): Deset let programu revitalizace říčních systémů. In: Kender, J., Pošmourný, K., Kukul, Z. (eds.): *Krajina v geologii – geologie v krajině*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 47–54.
- VRÁNA, K., DOSTÁL, T., VOKURKA, A. (2003): Hodnocení realizovaných revitalizačních akcí (vybrané toky a malé vodní nádrže). In: Němec, J. (ed.): *Sborník Krajinotvorné programy*, 43. ZO ČSOP v Praze, Praha, 34–46.

VRÁNA, K., DOSTÁL, T., GERGEL, J., KENDER, J., ZUNA, J. (2004): Revitalizace malých vodních toků. Consult Praha, Praha.

WOHL, E., ANGERMEIR, P. L., BLEDSOE, B., KONDOLF, G. M., MACDONNELL, L., MERRITT, D. M., PALMER, M. A., POFF, N. L., TARBOTON, D. (2005): River restoration. *Water Resources Research*, 41, 10, 1–12.

WOHL, E., LANE, S. N., WILCOX, A. C. (2015): The science and practice of river restoration. *Water Resources Research*, 51, 8, 5974–5997.

WORTLEY, L., HERO, J. M., HOWES, M. (2013): Evaluating ecological restoration success: A review of the literature. *Restoration Ecology*, 21, 5, 537–543.

ZUNA, J. (1992): Způsob obnovy vodního biotopu koryta vodních toků s malým povodím. Výzkumná zpráva, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

ZUNA, J. (2000): Revitalizace morfologické členitosti potočního koryta. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

ZUNA, J. (2017): Hodnocení úprav a revitalizací vodních toků s malým povodím pomocí hydromorfologických parametrů. In: *Krajinné inženýrství. Česká společnost krajinných inženýrů a Český svaz stavebních inženýrů*, Praha, 15–23.

## 9.2 Internetové zdroje

ČGS (2018): Geologická mapa 1 : 25 000. Mapový podklad © Česká geologická služba. [http://mapy.geology.cz/geocr\\_25/](http://mapy.geology.cz/geocr_25/) (cit. 7. 4. 2018).

EC (2000): The EU Water Framework Directive – integrated river basin management for Europe, [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html) (cit. 15. 2. 2018).

GEOPORTÁL SOWAC-GIS (2018): Souhrnné mapy VÚMOP. Mapový podklad © Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. <http://mapy.vumop.cz> (cit. 7. 4. 2018).

JUST, T. (2010b): Odborné články k metodice revitalizací, <http://strednicehy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/revitalizace-vodnich-toku/odborne-clanky-k-metodice-revitalizaci/> (cit. 26. 3. 2018).

JUST, T. (2016): Revitalizace Litovického potoka v Hostivicích, <http://www.casopis.forumochranyprirody.cz/magazin/analyzy-komentare/revitalizace-litovickeho-potoka-v-hostivicich> (cit. 8. 4. 2018).

KAIL, J., LORENZ, A., HERING, D. (2014): D4.3 Effects of large and small-scale river restoration on hydromorphology and ecology, <http://www.reformrivers.eu/effects-large-and-small-scale-river-restoration-hydromorphology-and-ecology> (cit. 12. 4. 2018).

KARNECKL, J., ŘEZÁČ, M. (2016): Revitalizace Litovicko-Šáreckého potoka, <http://www.praha-priroda.cz/priloha/5204e1ef6b232/litovickosarecky-nahled-58aece9242763.pdf> (cit. 8. 4. 2018).

KUČERA, J. (2011): Revitalizace Litovického potoka v Hostivici, [https://ukr.plzen.eu/files/ukr/pdf/Ing\\_Kucera\\_Hostivice.pdf](https://ukr.plzen.eu/files/ukr/pdf/Ing_Kucera_Hostivice.pdf) (cit. 8. 4. 2018).

LANGHAMMER, J. (2014): HEM 2014 Metodika monitoringu hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků, [https://www.mzp.cz/cz/prehled\\_akceptovanych\\_metodik\\_tekoucich\\_vod](https://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod) (cit. 12. 4. 2018).

LIVING AMAZONIA (2018): Části meandrového oblouku a procesy v něm působící, <http://living-amazonia.org/wp-content/gallery/expo/Fig-1a-Meandr.jpg> (cit. 25. 2. 2018).

POPPE, M., STELZHAMMER, M., SEEBACHER, M., MUHAR, S., JANUSCHKE, K., LORENZ, A., KUPILAS, B., HERING, D. (2012): D4.1 Field protocols and associated database for paired river restoration comparison, <http://www.reformrivers.eu/field-protocols-and-associated-database-paired-river-restoration-comparison> (cit. 12. 4. 2018).

MÁČKA, Z. (2011). Fluviální geomorfologie. Texty z cyklu přednášek, <https://is.muni.cz/el/1431/podzim2013/Z0026/um/17567509/?lang=cs> (cit. 23. 2. 2018).

MARTILLA, M., KYLLÖNEN, K., KARJALAINEN, T. P. (2016): Social success of in-stream habitat improvement: from fisheries enhancement to the delivery of multiple

ecosystems services, <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss1/art4/#introduction5> (cit. 12. 4. 2018).

MATĚJKA, K. (2006): Geobotanická rekonstrukční mapa, <https://www.infodatasys.cz/lesypraha/mapa/grm.htm> (cit. 8. 4. 2018).

PSP ČR (2001): Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=254&r=2001> (cit. 1. 3. 2018).

ÚP města Hostivice (2005): Územní plán města Hostivice – výkresová část, výkres č. 9: Krajina a ÚSES, <http://www.hostivice.eu/uzemni-plan-mesta-hostivice-vykresova-cast/d-409963/p1=10247> (cit. 26. 4. 2018).

VITÁK, Z. (2010): Projektová dokumentace k stavebnímu povolení akce: Revitalizace Litovického potoka v k.ú. Hostivice, <https://www.e-zakazky.cz/Detail-Verejne-Zakazky/5fa68cf6-f604-49e8-955e-54d98f311364/4850> (cit. 7. 4. 2018).

### 9.3 Zdroje mapových podkladů

ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ (2016): ArcČR 500 – digitální geografická databáze, verze 3.3. [www.arcdata.cz](http://www.arcdata.cz) (cit. 30. 4. 2018).

ČÚZK (2017a): Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) – výškopis © Český úřad zeměměřičský a katastrální. [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz) (cit. 30. 4. 2018).

ČÚZK (2017b): Základní mapa ČR 1:50 000 barevná bežešvá (ZM 50). Mapový podklad © Český úřad zeměměřičský a katastrální. [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz) (cit. 30. 4. 2018).

ČÚZK (2018a): Prohlížeč služba WMS – Ortofoto 2013. Mapový podklad © Český úřad zeměměřičský a katastrální. [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz) (cit. 30. 4. 2018).

ČÚZK (2018b): Prohlížeč služba WMS – Ortofoto 2015. Mapový podklad © Český úřad zeměměřičský a katastrální. [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz) (cit. 30. 4. 2018).

SEZNAM.CZ (2018): Mapy.cz – Letecká mapa '12. Mapový podklad © Seznam.cz a.s. [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (cit. 30. 4. 2018).

SEZNAM.CZ (2018): Mapy.cz – Letecká mapa '15. Mapový podklad © Seznam.cz a.s. [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (cit. 30. 4. 2018).

VÚV TGM (2017): Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) – digitální geografická databáze. [www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz) (cit. 30. 4. 2018).



## Přílohy

Příloha 1: Mapovací formulář pro hodnocení revitalizačních efektů na vodních tocích pomocí vybraných parametrů

### Mapovací formulář pro hodnocení revitalizačních efektů pomocí vybraných parametrů

název toku				
ID úseku				
délka úseku				
dolní hranice úseku	z. š.		z. š.	
horní hranice úseku	z. d.		z. d.	

#### Délka trasy koryta

parametr	hodnota
délka trasy koryta	

#### Míra křivolakosti

parametr	hodnota
míra křivolakosti	

#### Rychlost proudění

parametr	hodnota
průměrná rychlost	
maximální rychlost	

#### Šířka průtočného profilu

parametr	hodnota
šířka profilu	

#### Dimenzování příčného profilu

typ	hodnocení	hodnocení
odpovídá charakteru odtoku		1
mírně naddimenzováno / poddimenzováno		3
výrazně naddimenzováno / poddimenzováno		5

#### Variabilita hloubek (střídání tůní a přejetných úseků)

variabilita hloubek	hodnocení	hodnocení
velmi vysoká > 75 % úseku		1
vysoká 50-75 % úseku		2
střední 25-50 % úseku		3
nízká 5-25 % úseku		4
žádná < 5 % úseku		5

#### Existence mikrohabitátů

stupeň výskytu	hodnocení	hodnocení
vysoký		1
střední		3
žádný, malý		5

#### Upravenost dna

typ	hodnocení	hodnocení
dno bez známek úprav		1
vloženy jednotlivé kameny, vegetační materiály		2
zpevnění kulatinou (dřevem)		2
zpevnění dna kamenným pohozen		2
zpevnění dna kamenným záhozem (lom. kamenem, prefabrikované prvky, krachle,...)		3
zpevnění lomovým kamenem (rovnanina)		3
vegetační tvárnice		4
betonové desky/kamenná dlažba překrytá přírodním substrátem		5
betonové desky/kamenná dlažba bez překrytí, souvislý beton		5
zatrubnění, zakrytí toku		5
jiný typ úpravy		

#### Upravenost břehu

typ	hodnocení		hodnocení
	LB	PB	
břeh bez známek úprav			1
vegetační opevnění břehu (zatrávnění vrbové plůtky)			2
zpevnění lomovým kamenem (typ rovnanina, zához, pohoz), přír. pro lokalitu			2
haťové povázky a válečky			2
opevnění kulatinou, haťošterkové válce			3
kámen nepřiroz. pro danou lokalitu, gabiony			4
vegetační tvárnice, PVC materiály			4
polovegetační tvárnice			4
kamenná betonová dlažba na sucho			4
kamenné/betonové zdivo, souvislý beton			5
jiný typ úpravy			

#### Struktura břehové vegetace

typ	hodnocení		hodnocení
	LB	PB	
žádná z důvodu úpravy břehu			5
solitéry (jednotlivé stromy/keře)			4
pouze zatrávnění			4
galeriový pás (výrazné zastínění toku)			3
galeriový pás (střídající se stromy LB a PB)			2
pouze zatrávnění			4
les			1
žádná z důvodu přírodních poměrů			1
jiný typ			

Dominantní využití ploch v údolní nivě

typ	hodnocení		hodnocení
	LB	PB	
les (poten. příroz. skladba), mokřad, přír. louky			1
hosp. louky, pastviny			2
plocha ležící ladem, ruderální porost			3
les (poten. nepřir. druhová skladba)			3
zahrady, sady, parky, vinice, cesta			3
pole, orná půda, roztroušená zástavba			4
souvislá zástavba, průmysl, dopravní komunikace, aj. umělé povrchy			5

Přítomnost protipovodňových opatření

typ	hodnocení	Hodnocení
žádné, možnost vybřežení velkých vod		1
poldry, umělé zaplavování, drobné vodní nádrže, nízké hráze		3
aktivní (vysoké hráze, technické úpravy v.t., významné zahloubení toku, velké vodní nádrže)		5

Retenční potenciál údolní nivy

typ	hodnocení	Hodnocení
existující (deprese, opuštěná ramena, mokřady, louky,..)		1
částečně existující, umělé vytvořené (nádrže, poldry, aj. vodo hospodářské stavby)		3
neexistující		5

Diverzita mezohabitatu

typ	počet
stupně	
nádrže, roztrže	
akumulační lavice	
jiné akumulace	
ostrovy	
mělčiny	
tůně	
peřeje	
propustek	
hráz	
jiný typ	

Příloha 2: Zeměpisné souřadnice vymezení hodnocených úseků.

č. úseku	kód bodu	zeměpisná šířka	zeměpisná délka
1*	LIT01	50°4'45,4404"	14°14'58,1064"
	LIT02	50°4'45,9120"	14°14'59,8848"
2	LIT03	50°4'46,1856"	14°15'0,8820"
	LIT04	50°4'47,0280"	14°15'6,8184"
3	LIT04	50°4'47,0280"	14°15'6,8184"
	LIT05	50°4'47,8632"	14°15'12,8448"
4	LIT05	50°4'47,8632"	14°15'12,8448"
	LIT06	50°4'48,2196"	14°15'17,4348"
5	LIT06	50°4'48,2196"	14°15'17,4348"
	LIT07	50°4'48,7452"	14°15'22,0176"
6	LIT07	50°4'48,7452"	14°15'22,0176"
	LIT08	50°4'48,5328"	14°15'27,4392"
7	LIT09	50°4'47,2188"	14°15'31,5864"
	LIT10	50°4'46,7112"	14°15'36,2772"
8	LIT10	50°4'46,7112"	14°15'36,2772"
	LIT11	50°4'46,9884"	14°15'41,5908"

9	LIT11	50°4'46,9884"	14°15'41,5908"
	LIT12	50°4'47,5680"	14°15'45,8496"
10	LIT13	50°4'47,4420"	14°15'46,5696"
	LIT14	50°4'47,1684"	14°15'51,9876"
11	LIT14	50°4'47,1684"	14°15'51,9876"
	LIT15	50°4'45,5592"	14°15'57,3588"
12	LIT16	50°4'45,1992"	14°15'58,698"
	LIT17	50°4'44,5512"	14°16'4,0332"
13	LIT17	50°4'44,5512"	14°16'4,0332"
	LIT18	50°4'44,3784"	14°16'9,1560"
14	LIT18	50°4'44,3784"	14°16'9,1560"
	LIT19	50°4'44,742"	14°16'15,0132"
15	LIT19	50°4'44,742"	14°16'15,0132"
	LIT20	50°4'44,994"	14°16'19,8696"
16	LIT20	50°4'44,994"	14°16'19,8696"
	LIT21	50°4'44,7708"	14°16'24,4668"
17	LIT21	50°4'44,7708"	14°16'24,4668"
	LIT22	50°4'44,8248"	14°16'29,4852"
18	LIT22	50°4'44,8248"	14°16'29,4852"
	LIT23	50°4'44,4108"	14°16'36,1920"

\*srovnávací nerevitalizovaný úsek

Příloha 3: Měření rychlosti proudění vody pomocí hydrometrické vrtule typu OTT C2 (zdroj: archiv M. Matouškové).





*Příloha 4: Vytvořené boční tůň v úseku ÚČS 02 (zdroj: archiv autora).*



*Příloha 5: Retenční nádrž v úseku ÚČS 02 (zdroj: archiv autora).*





*Příloha 6: Projevy stružkové eroze v úseku UČS 02 (zdroj: archiv autora).*



*Příloha 7: Znečištěná voda v potoce v úseku UČS 01 bezprostředně pod čistírnou OV (zdroj: archiv autora).*





*Příloha 8: Rozvlnění koryta do zákrutů a meandrů v úseku ÚČS 01 (zdroj: archiv autora).*



*Příloha 9: Obnovený mlýnský náhon v úseku ÚČS 02 (zdroj: archiv autora).*





*Příloha 10: Původní koryto s betonovým dnem, které je překryto přírodním materiálem (zdroj: archiv autora).*



*Příloha 11: Vložení kamenů do toku a zpevnění břehů zatravněním v horním úseku UČS 03 (zdroj: archiv autora).*





*Příloha 12: Členité koryto potoka v úseku ÚČS 01 s charakteristickým vegetačním opevněním břehů (zdroj: archiv autora).*



*Příloha 13: Opevnění břehů koryta kamenným pohozem (zdroj: archiv autora).*





*Příloha 14: Brod v revitalizovaném korytě v úseku UČS 02 (zdroj: archiv autora).*



*Příloha 15: Čerstvě vysazená vegetace na ostrovech a březích potoka (zdroj: archiv autora).*





*Příloha 16: Zanášení dna koryta přírodním materiálem (zdroj: archiv autora).*

