

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie
Obor: Geografie a kartografie

Bakalářská práce

**HODNOCENÍ DIVERZITY FYZICKÉHO HABITATU DROBNÝCH
VODNÍCH TOKŮ. APLIKACE V EXPERIMENTÁLNÍCH
POVODÍCH HORNÍ BLANICE**

ASSESSMENT OF PHYSICAL RIVER HABITAT DIVERSITY OF
STREAMS. APPLICATION IN EXPERIMENTAL CATCHMENTS
OF UPPER BLANICE RIVER

Martin STRÍBRNÝ



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

Praha, 2014

Zadání bakalářské práce

Název práce:

Hodnocení diverzity fyzického habitatu drobných vodních toků. Aplikace v experimentálních povodích horní Blanice.

Cíle práce:

Práce se zabývá využitím hydromorfologických metodik při průzkumu diverzity fyzického habitatu drobných vodních toků a vyhodnocení vlivu revitalizačních úprav.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje:

- řešerše zahraniční a domácí odborné literatury týkající se problematiky hodnocení kvality fyzického habitatu a významu fluvialního systému s důrazem na působení na říční habitat
- charakteristika přírodních poměrů Sviňovického potoka a vyhodnocení variability odtokového režimu
- aplikace a vyhodnocení metodik Rapid Bioassessment Protocol, Channel Assessment Procedure a EcoRivHab na 1,5 km dlouhém toku Sviňovického potoka
- Datové zdroje: zahraniční odborná literatura (např. časopisy Limnetica, Hydrobiologia, BioScience, Catena, Basic and Applied Ecology, Freshwater Biology atd.), mapové podklady, data KFGG PŘF UK a terénní průzkum

Datum zadání: 20. 2. 2014

Jméno studenta: Martin Stříbrný

Podpis studenta:

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

Podpis vedoucího práce:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 18. 8. 2014

.....

Martin Stříbrný

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí práce RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky a rady poskytnuté při psaní bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat doc. RNDr. Zdeňku Klimentovi, CSc. za konzultace odborné problematiky a posílení mého zájmu o studovaný obor. V neposlední řadě patří poděkování mé rodině a přítelkyni za pomoc během terénního průzkumu a podporu během studia.

Abstrakt

Předmětem zkoumání bakalářské práce bylo vyhodnocení diverzity fyzického habitatu, využitím tří metodologií hydromorfologického průzkumu. Metodiky s rozdílným přístupem hodnocení byly aplikovány na modelové povodí Sviňovického potoka. Detailním vyhodnocením byl zachycen vývoj jednotlivých charakteristik v průběhu toku. Povodí představuje kontrast mezi horním tokem, který je zcela antropogenně ovlivněný, a středním a dolním tokem s provedenými revitalizačními opatřeními. Práce prezentuje výsledky terénního průzkumu jednotlivých metodik a vyhodnocuje diverzitu habitatu v odlišných podmínkách toku. Z výsledků všech tří přístupů je patrný pozitivní vliv revitalizačních opatření na kvalitu habitatu a především potřebnost uzpůsobenosti aplikované metodiky na lokální podmínky. Zaznamenán byl podélný vývoj vybraných hydromorfologických parametrů v průběhu toku.

Klíčová slova: fluviálně-morfologické procesy, hydromorfologie, fyzický habitat, odtokový režim

Abstract

The subject of bachelor thesis was to evaluate the diversity of physical habitat, using three methods of hydromorphological survey. Methodologies with different approaches of evaluation have been applied to model basin Sviňovický stream. Detailed assessment describes the downstream changes in individual characteristics. River basin represents a contrast between the upper stream, which is completely anthropogenically influenced and lower stream which is after restoration. The thesis presents the result of a field survey of different methodologies and evaluates the diversity of habitat in different flow conditions. The results of all three approaches are confirmation of positive impact of restoration to the habitat quality and especially the requirement to modify each methodology to local conditions. Longitudinal development of selected hydromorphological parameters have been observed.

Keywords: fluvial-morphological processes, hydromorphology, physical habitat, runoff regime

Obsah

Abstrakt.....	5
Abstract.....	5
Úvod a cíle práce.....	8
2. Fyzický habitat vodních toků	9
2.1. Pojem habitat.....	9
2.2. Přínos hodnocení říčního habitatu	9
2.3. Monitoring vod	11
2.4. Druhy hodnocení fyzického habitatu vodních toků	12
3. Funkce fluviálního systému.....	15
3.1. Faktory utvářející koryta a nivy.....	15
3.1.1. Průtokový režim	15
3.1.2. Proudění v korytě.....	16
3.1.3. Eroze, transport, sedimentace	18
3.2. Tvary v korytech vodních toků.....	19
Tvary příčných průřezů koryt	20
3.3. Vlastnosti koryt	20
4. Metodika práce a zdroje dat.....	23
4.1. Použité metody	23
4.1.1. Rapid Bioassessment Protocol (RBP).....	23
4.1.2. Channel Assessment Procedure (CAP)	24
4.1.3. Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků – EcoRivHab	26
4.2. Terénní průzkum.....	26
4.3. Zdroje dat.....	29
5. Přírodní poměry zájmového území.....	30
5.1. Geomorfologie	31
5.2. Hydrologie, odtokové poměry.....	32

5.3. Klima.....	32
6. Výsledky	33
6.1. Variabilita odtokového režimu	33
6.2. Srovnání metod	35
6.3. Terénní průzkum.....	36
6.3.1. Antropogenně ovlivněný horní tok	40
6.3.2. Revitalizovaný střední segment toku	42
6.3.3. Revitalizovaný dolní segment toku	43
6.4. Vyhodnocení vybraných hydromorfologických parametrů	45
6.5. Vývoj toku v podélném směru	48
6.6. Vliv sklonu na vývoj toku	51
7. Diskuze.....	55
8. Závěr	57
9. Seznam zdrojů.....	58
10. Seznam obrázků a tabulek.....	62
11. Přílohy	65

Úvod a cíle práce

Voda je jednou z nejnápadnějších sil, působících na modelaci zemského povrchu. Klíčovým prvkem působení vody jsou vodní toky, které jsou dynamickou a stále více důležitou součástí životního prostředí, s významnou politickou, sociální, ekonomickou i fyzickou důležitostí. Vodní toky jsou charakteristické proměnlivostí svého tvaru a mění se členitostí koryta. Jedním z nejnápadnějších faktorů ovlivňujících vývoj říčních koryt se stala lidská společnost. Člověk již po staletí vodní toky využívá, a především v posledních dvou stoletích je velice intenzivně přetváří dle svých potřeb. Antropogenní úpravy ničí přírodní charakter vodních toků i jejich okolí. Dopadem těchto úprav je degradování úrovně fyzického habitatu říčních ekosystémů, což ovlivňuje stabilitu a druhovou rozmanitost těchto ekosystémů. Snahou mnoha vyspělých zemí, včetně České republiky, je pomocí hydromorfologických metod lokalizovat toky s nevyhovující kvalitou říčního habitatu a provedením revitalizačních opatření je obnovit do jejich původního přirozeného stavu.

Cílem předkládané práce bylo prostudovat problematiku hodnocení kvality fyzického habitatu vodních toků, včetně studia metodiky jednotlivých přístupů, a popsat význam fluvialního systému a jeho působení na říční habitat. V praktické části bylo provedeno komplexní hydromorfologické hodnocení Sviňovického potoka. V rámci terénního průzkumu byly aplikovány tři rozdílné metody hodnocení kvality fyzického habitatu. Porovnány byly dva zahraniční přístupy, americká metoda Rapid Bioassessment Protocol a kanadská Channel Assessment Procedure, s českou metodou EcoRivHab. Povodí Sviňovického potoka bylo vybráno z důvodu modifikací jednotlivých segmentů toku v minulosti, což potok rozdělilo na úseky s rozdílnou kvalitou habitatu. Důvodem je antropogenní ovlivnění hydromorfologické činnosti ve druhé polovině 20. století, kdy byl tok napřímen a jeho břehy vybetonovány. Horní úsek je stále ponechán v tomto nepřirozeném stavu, zatímco na střední a dolní části toku byla v roce 2005 provedena revitalizace.

Rozdělení potoka do zcela odlišných úseků umožnilo prozkoumat vliv revitalizačních úprav na zvýšení kvality říčního habitatu. Cílem práce bylo pomocí tří rozdílných metodologií porovnat způsob vyhodnocení kvality habitatu v podmínkách, které se v průběhu toku zásadně mění. Hlavním cílem bylo detailním zaznamenáním důležitých parametrů zachytit podélný vývoj zvolených hydromorfologických charakteristik, které dokumentují diverzitu habitatu v průběhu toku. Vyhodnocen byl také vliv sklonu koryta na vývoj toku.

2. Fyzický habitat vodních toků

2.1. Pojem habitat

Peters (1991) tvrdí, že habitat patří mezi nejméně přesně definované termíny, které jsou v ekologii rozšířeně používány. Obecně bývá definován jako místo, ve kterém organismy žijí, nebo místo ve kterém mohou být nalezena vodní společenství. Charakterizován je svými fyzickými a biotickými vlastnostmi (Allaby, 2010). Problémem takto pojatého vnímání habitatu je nejednoznačná měřitelnost kvality jako celku, jelikož pro některé druhy kvalitní habitat může být nedostatečný nebo neobyvatelný pro druhy jiné (Ricklefs, 2008). Maddock (1999) vymezuje pojem jako interakci geomorfologie a hydrologie. Říční koryta jsou tvořena stavebními znaky, jako jsou šířka a tvar koryta, sklon, běhová struktura, velikost dnového substrátu atd. Jsou-li tyto znaky kombinovány s určitým průtokem, vzniká rozličná mozaika vodních charakteristik – rozdílné hloubky, rychlosti, směry tlaku vodní energie atd. Důsledkem kombinování těchto faktorů je fyzický habitat dynamický v prostoru i v čase. Jowett (1997) popisuje habitat jako fyzické prostředí rostlin a živočichů, přičemž říční habitat může být definován jako lokální prostředí fyzických, chemických a biologických vlastností, které společně vytvářejí prostředí pro říční biotu. Některé ze znaků habitatu jsou přímo související s prouděním (například hloubka a rychlost toku), zatímco ostatní popisují vodní tok a jeho okolí. Maddock (1999) zmiňuje práci Stalnakera (1979), dle které každý říční systém určují čtyři klíčové faktory: vodní kvalita, energetická bilance (například teplotní režim, organická hmota, živiny...), fyzická struktura koryta a režim proudění, přičemž kombinací struktury koryta a režimu proudění je vytvářen fyzický habitat pro říční biotu. Rankin (1995) shrnuje poznatky prací Gregoryho a kol. (1991) a Hilla a kol. (1991) definicí „pozorovatelné poměry habitatu bývají obvykle výsledkem komplexního spolupůsobení mezi hydromorfologickými faktory a antropogenním ovlivněním krajiny“. Maddock (1999) zdůrazňuje zahrnutí biologické hodnoty do definice tohoto termínu, jelikož nejde o pouhou fyzickou podobu říčního koryta.

2.2. Přínos hodnocení říčního habitatu

Kvalita říčního toku může být ovlivněna mnoha faktory, jako je například ekologický stav, kvalita vody, hydrologie, geomorfologie a fyzický habitat, přičemž dle Maddocka (1999) je určení stavu fyzického habitatu velice důležitou částí vyhodnocování

těchto indikátorů. Zařazení habitatu mezi hlavní faktory, ovlivňující biologickou integritu říčního toku znázorňuje obr. 31 (Rankin, 1995). Autor ve své práci dále uvádí, že habitat říčního koryta i habitat břehové zóny mohou být hlavními limitujícími faktory, bránícími rozvinutí vodních společenství jak v malých říčkách, tak v tocích značných velikostí. Důležitost fyzického habitatu v určení stavu říčního ekosystému je dle Maddocka (1999) obsažena již v samotném názvu (doslovným překladem slova „habitat“ může být „přirozené prostředí“), jelikož bez vhodných podmínek k životu pro daný druh je jeho výskyt v lokalitě velice nepravděpodobný. Habitat tak poskytuje přirozené spojení mezi fyzickým prostředím a jeho obyvateli. Barquín a Martínez-Capel (2011) považují hodnocení fyzického habitatu za důležité nejen z důvodu monitorování kvality říčních ekosystémů nebo hodnocení úspěšnosti provedených revitalizačních projektů (prováděných způsobem vyhodnocení aktuální kvality habitatu před úpravou a poté opět po provedené revitalizaci (Maddock, 1999)), ale také zprostředkovávají porozumění fungování různých říčních ekosystémů a zlepšují efektivitu vodohospodářských opatření. V tomto pohledu se shodují s Rankinem (1995), který tvrdí, že monitorování kvality říčního habitatu může být využíváno nejen k zhodnocení fyzické a biologické kvality říčního prostředí nebo k identifikaci toků, ohrožených antropogenními změnami, ale především může vysvětlit fungování hlavních faktorů, ovlivňujících fyzickou a biologickou kvalitu. Tím dochází k zprostředkování možných způsobů nápravy. Data získaná monitoringem fyzické a biologické kvality identifikují oblasti s velice špatným až nenapravitelně zničeným říčním habitatem, což umožňuje přesměrovat úsilí a prostředky na nápravu do oblastí, kde za stejnou cenu dochází k mnohem výraznějšímu zkvalitnění říčního prostředí (Rankin, 1995).

Programy na revitalizování říčních koryt jsou důležité i z technického hlediska, protože regulované, napřímené toky bývají nestabilní a potřebují nákladné opatření na údržbu a zmírnění destruktivní činnosti toku, která je zapříčiněna nestabilitou vodního toku. Z tohoto důvodu se v mnoha zemích začínají stále častěji budovat základní revitalizační prvky, mezi které patří: opětovné vytváření meandrů v uměle napřímených úsecích toku, ovlivnění rychlosti proudění střídáním hlubinných tůní s peřejnatými strukturami, vytvoření morfologické diverzity umístěním překážkové struktury na dno toku a především odstraňování koryt uměle vybudovaných z jednolitého materiálu, například betonových koryt (Maddock, 1999). Pro říční ekosystémy je přítomnost změněné struktury habitatu považována za jeden z hlavních nepříznivých faktorů (Karr a kol., 1986). Rozmanitost substrátu, pokrývajícího říční dno, společně se zajištěním proměnlivosti hloubky, šířky a průtokové rychlosti vodního toku je dle Amorose (2001) nejvhodnějším řešením snahy o zvýšení rozmanitosti habitatu.

Hodnocení fyzického habitatu je používáno v ekologických studiích, zaměřených na zkoumání heterogenity fyzického prostředí, a v něm vyskytujících se biologických komunit. Důraz je kladen na složení a strukturu a na pochopení fungování říčních ekosystémů (Fernández a kol., 2011 a Rankin, 1995). Současně je hodnocení fyzického habitatu obvyklým přístupem v geomorfologických studiích, které vysvětlují procesy, podílející se na vytváření prostorové heterogenity a specifických fyzických rysů.

2.3. Monitoring vod

Monitoring vod slouží k zjišťování stavu povrchových a podzemních vod. Na základě zjištěných výsledků jsou navrhována případná opatření na zlepšení ekologického potenciálu. „Lampert a Sommer si kladou otázku, zda je možné na základě ekologických principů ekosystémy hodnotit, neboť teoreticky nemají žádnou hodnotu, resp. je jejich hodnota neurčitelná. Možnost hodnocení jim přiřazují až v nich vyvolané antropogenní změny, které je možno měřit, klasifikovat a hodnotit podle určitých hodnotících měřítek“ (Lampert a Sommer (2007) In: Matoušková, 2008). Nezbytným předpokladem je stanovení tzv. referenčního stavu, od něhož se odvíjí následné hodnocení. Wright a kol. (1994) si kladou otázku, která řeka může být považována za nedotčenou lidskými aktivitami, jelikož i řeky na první pohled neznečištěné a neregulované jsou již po staletí lidstvem ovlivňovány. Stanovení referenčních podmínek používaných k porovnání dané lokality s potencionálně nejlépe dosažitelnými podmínkami může pro měření problematické. Důvodem jsou velké odlišnosti říčních charakteristik mezi různými regiony (Barbour a Stribling, 1994).

Většina vodních toků v ČR je monitorována v souladu se Směrnicí 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady (Ministerstvo Životního Prostředí). Tato Rámcová směrnice o vodní politice Evropské unie (EU Water Framework Directive) vydaná v prosinci roku 2000 ustanovuje rámec ochrany vod a členské státy zavazuje směřovat k udržitelnému hospodaření s vodou. Cílem je do roku 2015 dosáhnout u všech vodních toků dobrého stavu, který je definován pomocí biologických, hydromorfologických a fyzicko-chemických kvalitativních ukazatelů (Water Framework Directive, 2000). Z důvodu značných rozdílů monitoringu a hodnocení v jednotlivých členských zemích byla roku 2004 vydána metodická norma EN 14614 (přijata v ČR pod označením ČSN EN 14614 a názvem Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek), jejímž účelem je sjednotit charakteristiky hodnocení na území Evropské unie tak, aby byly jednotlivé výsledky vzájemně srovnatelné.

Řeky na našem území byly poznamenány dlouhým obdobím degradace, na které se lidská společnost podílela přímým i nepřímým vlivem. Společný efekt úpravy koryt do převládajících přímých úseků se stejnorodým dnovým materiálem, znečištění vody a říční regulace způsobil, že toky, které by se daly považovat za přírodní, jsou již v České republice ojedinělým jevem. Změny v množství a kvalitě vody nebo fyzikální struktuře koryt vedou téměř bez výjimky ke snížení biologické diverzity ekosystému vodního toku (Maddock, 1999).

2.4. Druhy hodnocení fyzického habitatu vodních toků

Říční správa citlivější k přírodnímu prostředí, poznání negativního vlivu regulace průtoků, opevňování koryt liniovými bariérami a znečištění a prováděné říční revitalizace byly důvodem pro vznik metod, které 1) zkoumají existující prostředí neboli aktuální stav fyzického habitatu v říčním systému a 2) modelují prostředí, které by nastalo bez antropogenního ovlivnění (Maddock, 1999). Hodnocení je prováděno různými přístupy. Původně rozšířené kvantitativní přístupy vyhodnocují kvantitativní měření velice přesnými nástroji, což je náročné na čas a vybavení. Přístupy byly používány především vodohospodáři nebo výzkumnými týmy, zajímající se o četnost výskytu lososovitých ryb na daných lokalitách. Hughes a kol. (2010) udávají, že pracující týmy mohou v terénu na každé lokalitě strávit několik dní a kompletní měření větších oblastí (např. povodí s větší rozlohou) mohou trvat i více let. Z tohoto důvodu došlo společnou prací ekologů, biologů, geomorfologů a hydrologů k vytvoření tzv. semi-kvantitativních protokolů, které namísto velice podrobného zaměření na jediný specifický okruh dat, komplexněji charakterizují říční strukturu fyzického habitatu. Dle Hughese a kol. (2010) potřebují semi-kvantitativní přístupy k dokončení pouze několik hodin a pro každou lokalitu poskytují široký okruh výsledných dat. Kvalitativní, nebo tzv. rychlé měření fyzického habitatu bylo vyvinuto za účelem umožnit hodnocení během říčních průzkumů, prováděných např. z důvodů navrhovaných regulačních opatření. Americká agentura pro ochranu životního prostředí (USEPA) proto vyvinula metodu Rapid Bioassessment Protocol. Tuto metodu lze aplikovat zároveň s měřením vodní kvality, během něhož má zaměstnanec agentury na každé sledované lokalitě k dispozici 15 – 30 minut na průzkum kvality fyzického habitatu (Hughes a kol., 2010 a Rankin, 1995).

V případě přibližného hodnocení kvality fyzického habitatu porovnání ukázalo, že i přes použití odlišných ukazatelů a především lišících se pohledů na charakteristiku habitatu jsou čistě kvalitativní metody k použití stejně vhodné jako metody, založené na mnohonásobném kvantitativním měření, které v terénu vyžadovalo o mnoho více úsilí a

času. Vyšší vypovídací hodnotu kvantitativní metody potvrdila až detailní vzájemná korelace obou přístupů (Hughes a kol., 2010). Dle Maddocka (1999) moderní metody mapující říční habitat kladou důraz především na minimalizování potřebného času a úsilí nutného k jejich dokončení. Z tohoto důvodu nemohou vykazovat detailnost a přesnost, která bývá spojována s kvantitativními metodami. Tyto detailní kvantitativní postupy jsou využívány především k hodnocení na úrovni mikrohabitatu – tj. měření fyzikálních charakteristik nejmenšího měřítka, jako jsou hloubka, rychlost proudění, typ substrátu a potenciaální úkryty.

Obr. 31 zobrazuje detailnější pohled na jednotlivé faktory, tvořící fyzický habitat. Tyto faktory jsou hodnoceny jednotlivými hodnotícími indexy. Rankin (1995) mluví o riziku přijmutí celonárodního monitorovacího nástroje bez lokálních úprav, jelikož metoda nepřizpůsobená místním podmínkám ztrácí na své účinnosti. Pokud však každý index musí být kalibrován na základě regionálních podmínek pomocí skupiny referenčních lokalit, Rankin (1995) si klade otázku, zda mohou některé z prvků být společné všem indexům, měřícím kvalitu habitatu. Zásadní vliv geomorfologie na vodní ekosystémy má za následek několik charakteristik, které by měly být zahrnuty do každého indexu, a proto by kalibrace indexu na referenční podmínky měla uvažovat vzájemný vliv geomorfologie a říční energie. Důležitost interakce geomorfologie s říční energií zmiňuje i Rosgen (1994), který představil klasifikační systém vodních toků, založený na předpokladu, že morfologie dynamicky stabilního říčního koryta poskytuje patřičné rozložení proudící energie během větších průtoků. Dále určil osm proměnných, které zásadně ovlivňují morfologickou stabilitu koryta, přičemž však nejsou vzájemně nezávislé: šířka a hloubka koryta, rychlost proudění, průtok, sklon, drsnost materiálu, odnos sedimentů a velikost ukládaných částic. Pokud je jedna – nebo více – z těchto charakteristik pozměněna, schopnost toku rozptýlit proudící energii je narušena, což se projevuje následným zrychlením říční eroze (Rosgen, 1994).

Hodnocení kvality habitatu je uskutečněno charakterizováním vybraných fyzicko-chemických parametrů ve spojení se systematickou analýzou fyzické struktury. Tímto přístupem mohou být stanoveny klíčové znaky, zajišťující kvalitní zhodnocení fyzického habitatu (USEPA, 2012). Jednotlivé indexy se liší v závislosti na účelu prováděného měření. Proto se každá z metod vyznačuje nejen rozdílnými požadavky na vstupní data, ale také odlišným prostorovým měřítkem, v rámci kterého je uplatňována. Jednotlivé studie, hodnotící fyzický habitat se liší i na úrovni stejného měřítka, přičemž k největším rozdílům dochází na úrovni mesohabitatu (tj. hodnocení výskytu ze břehu viditelných struktur v korytě vodního toku, jako jsou peřeje, tůňe, vodní stupně a pomalé/rychlé úseky toku). Při porovnání jakýchkoli dvou indexů zřetelně vystupují rozdíly. Některé znaky jsou

měřeny v jedné typologii a chybějí v druhé (například vodní stupně), jiné znaky jsou zahrnuty v obou přístupech, ale v jednom jsou rozděleny do více podkategorií a vzniká tím detailnější pohled na danou oblast habitatu (Maddock, 1999).

3. Funkce fluvialního systému

3.1. Faktory utvářející koryta a nivy

Knighton (1984) uvádí, že vodní toky jsou nejučinnější silou modelující zemský povrch, jak velikostí vynaložené energie, tak množstvím přepraveného materiálu. Hydromorfologie přírodních toků je podmíněna interakcí říčního proudění s erodovatelným materiálem na okrajích a dně koryta (Knighton, 1984). Mezi základní faktory utváření koryta patří odolnost materiálu, v kterém koryto vzniká, a energie proudící vody, přičemž ta závisí na průtokovém režimu, podélném sklonu a splaveninovém režimu. Horník a kol. (1986) uvádí, že vodou unášený materiál patří k významným činitelům, podílejících se na modelaci říčních koryt.

3.1.1. Průtokový režim

Máčka (2011) tvrdí, že rozložení velikosti odtoku během roku je důsledkem interakce geologie, morfometrie povodí, půd, vegetace a klimatu, a vzrůstajícím vlivem lidské činnosti. Variabilita hydrologického režimu je z biologického hlediska klíčová, proto Jensen a kol. (2006) mluví o pasivní revitalizaci využíváním klasických říčních procesů, například ovlivňováním odtoku z rybníků nebo nádrží. Ovlivněním odtoku dochází ke kontrole nad rychlostí změn průtoků, čímž je možné do jisté míry načasovat závažné extrémní odtokové události, jako jsou povodně a sucha. Lidé tak mohou ovlivňovat kolísání vodního režimu během roku. Ačkoliv jsou tyto projekty efektivní, k jejich realizaci nedochází z praktických důvodů, jako je například nedostatek vodních zdrojů nebo ochrana majetku a lidských životů (Jensen a kol., 2006).

Hydromorfologické jevy jsou nejvíce ovlivňovány extrémními vodními událostmi. Pro tvarování koryt je významná četnost výskytu různě velkých průtoků, přičemž lze hovořit o průtocích běžných, průtocích korytotvorných a větších povodňových průtocích. Intenzita změn tvarů koryt a niv roste s četností dosažení nebo překročení korytotvorných průtoků, které jsou pro formování fluvialně-morfologických znaků zcela zásadní. Povodňové průtoky mají větší průtočný profil a jiné rozložení unášecích a odkládacích míst než průtoky běžné, proto mohou měnit koryta vymodelovaná průtoky běžnými (Just a kol., 2005). Povodně mechanicky ničí říční dno, jehož struktura bývá změněna unášeným šterkem a kamením, což těžce postihuje habitaty dna koryta (Lampert a Sommer, 2007).

3.1.2. Proudění v korytě

Proudění vody v korytě je výsledkem dvou základních sil: gravitace, způsobující pohyb směrem dolů po svahu a tření, které tento pohyb zpomaluje a narušuje. Vztah mezi těmito dvěma silami určuje schopnost proudící vody erodovat a unášet materiál (Knighton, 1984). Jednosměrnost proudu vodního toku je kritická pro malé organismy – pokud se neudrží bezpečné struktury koryta, jsou odplaveni proudem bez možnosti navrácení zpět do podmínek, na které jsou adaptováni (Lampert a Sommer, 2007).

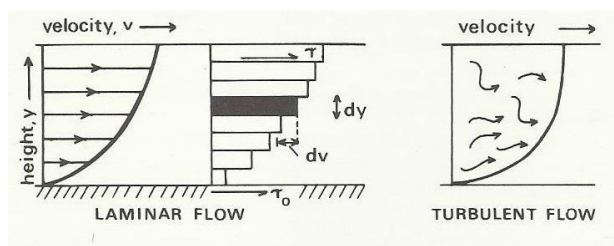
Rozložení rychlosti proudění patří společně s hloubkou říčního koryta mezi klíčové faktory formující říční habitat. Mnoho organismů je adaptováno pouze na určitý druh substrátu, který je obvykle pevně spojen s odpovídající rychlostí vodního toku (Elosegi a kol., 2010). Závislost typu materiálu dna na rychlosti říčního proudění dokládá tabulka 1 (Lampert a Sommer, 2007).

Tabulka 1 Vliv rychlosti proudění na typ materiálu dna. Zdroj: Lampert a Sommer, 2007

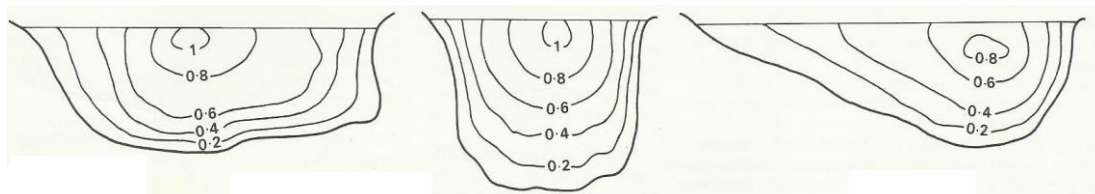
rychlost proudění (cm . s ⁻¹)	charakteristický materiál dna
3–20	jíl
20–40	jemný písek
40–60	hrubý písek-jemný štěrk
60–120	malé kamení (průměr max. 5 cm)
120–200	kameny

Rychlost proudění může být vyjádřena vektorem s danou velikostí a směrem. Je to jedna z nejproměnlivějších vlastností říčního toku, jelikož závisí na většině faktorů charakterizujících proud v korytě. Rychlost se mění ve čtyřech úrovních:

- Se vzdáleností od říčního dna (viz obr. 1)
- Napříč vodním tokem (viz obr. 2)
- Po proudu
- S časem



Obr. 1 Změna rychlosti proudění s hloubkou. Zdroj: Knighton, 1984



Obr. 2 Změna rychlosti proudění v průřezu přírodních koryt. Zdroj: Knighton, 1984

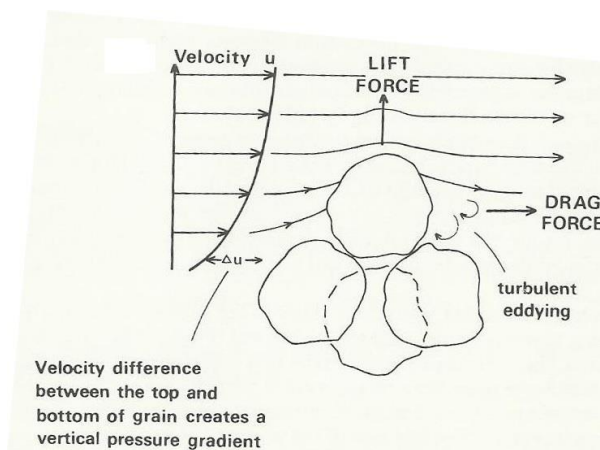
V závislosti na hloubce a vzdálenosti od břehů je nejvyšší rychlost proudění u hladiny ve střední části toku. Směrem do hloubky a ke břehům rychlost klesá. Důvodem je ztráta energie třením o dno a břehy. Při měření v časové periodě v rámci vteřin, mohou rychlosti dosahovat 60–70 procent průměrných hodnot. Důvodem je přirozená variabilita turbulentního proudu. Ve větším časovém měřítku (dny, týdny až měsíce) rozdíly rychlosti odpovídají kolísání hodnot velikosti odtoku. Velikost rychlosti je tudíž značně variabilní v čase a prostoru (Knighton, 1984).

Povrch dna koryta ovlivňují síly příčného proudění a gravitace, které výraznější břehovou erozí zvětšují odolnost dna ukládáním hrubého erozního a splaveninového materiálu. Tento materiál na dně koryta sesedá a vytváří odolnou přirozenou dlažbu, která koryto dále zpevňuje. To je způsobeno rozdíly v gradientu rychlostí podélného proudění v příčném průřezu koryta, přičemž u břehů je ostřejší nástup rychlosti proudění, než je tomu u dna. Z toho vyplývá, že přírodní koryta bývají většinou relativně široká a mělká, blížíci se tvaru ploché mísy (Just a kol., 2005). Knighton (1984) uvádí, že měření průměrné rychlosti proudění v příčném průřezu koryta není nejdůležitější pro určení počátku eroze, nicméně zůstává nejužívanějším parametrem z důvodu obtížného měření v blízkosti říčního dna.

3.1.3. Eroze, transport, sedimentace

Historii vodního toku lze v mnoha případech vyčíst z tvaru koryta a struktury přítomných sedimentů. Příkladem může být mrtvé dřevo pohřbené hluboko ve vrstvě sedimentů, což vypovídá o dávném narušení (Wallace a kol., 2001). Mezi akumulacemi je z hlediska říčního života klíčovým substrátem mrtvá organická hmota. Například akumulace listů vytváří možnost úkrytu a zároveň zdroj potravy pro bezobratlé živočichy, vyskytující se v říčním korytě. V drobných vodních tocích vytvářejí nahromaděné listy miniaturní přehradu, které snižují rychlost proudění a tím dochází k usazování jemného materiálu (Elosegi a kol., 2011).

Unášení částic vodou závisí na jejich fyzikálních vlastnostech, velikosti, tvaru a hustotě, přičemž velikost má přímý vliv na mobilitu dané částice. Většina vodních toků má dno tvořené nesoudržnými zrnky. S pozvolna rostoucí silou vodního proudu působícího na povrch volných částic dochází k dosažení tzv. prahového napětí, při kterém síla směřující k pohybu částice je v rovnováze se silou držící částici na svém místě (Knighton, 1984). Po překročení této hranice dochází k odnosu částice vodním proudem. Obr. 3 znázorňuje vznik vertikálního tlaku na jednotlivé částice dnového substrátu, způsobeném rozdílnou rychlostí říčního proudu na vrcholu a na spodní části daného zrna. Tuto sílu podporují turbulentní víry, tvořící se za částicí. Celková zdvihající síla je schopna přivodit odnesení částice proudem bez ohledu na velikost unášecí síly (Knighton, 1984).



Obr. 3 Vertikální tlak na jednotlivé částice dna. Zdroj: Knighton, 1984

Eroze působením proudící vody se projevuje ve svislém směru (hloubková eroze) nebo ve směru horizontálním (boční eroze). Břehy se modelují častěji podemíláním, které porušuje jejich stabilitu (Homík a kol., 1986). V úsecích koryta s menší odolností a vyšší rychlostí proudění dochází k odnosu materiálu a tvoří se zde tzv. odnosové lokality.

V místech menšího podélného sklonu klesá rychlost proudění a tím i unášecí schopnost vodního toku a dochází k usazování materiálu, jelikož tok již není schopen částice dále transportovat (Just a kol., 2005). Obecné pravidlo, dle kterého se nejdříve usazují větší a těžší částice, zatímco drobné splaveniny jsou unášeny do dalších částí daného toku a dochází tak k systematickému třídění akumulací po směru proudu (Knighton, 1984 a Surian, 2002), vyvrací Surian (2002). Jeho práce dokládá, že změny ve velikosti akumulací po proudu nelze charakterizovat jako prostý klesající trend, ale spíše jako pestrou směs měnících se velikostí s relativně nízkou postupností zjemňování. Z toho vyplývá, že jednoduchý exponenciální model nenabízí vysvětlení tohoto kolísání.

Jsou-li unášecí a usazovací funkce v rovnováze, označujeme úsek toku jako dynamicky stabilní. V takovém úseku se pravidelně střídají pasáže s pomalým a rychlým prouděním, což vede k rovnoměrnému rozložení usazovacích a odnosových míst. Dynamicky stabilní úsek zůstává stabilní nejen za běžných, ale i za korytotvorných průtoků, během nichž pohyb splavenin sílí. V reálných korytech dochází k překrývání erozních a sedimentačních projevů různě velkých průtoků, což přispívá k velké členitosti vodního toku (Just a kol., 2005).

3.2. Tvary v korytech vodních toků

Umělé struktury ve vodním korytě, společně se znaky pohyblivosti sedimentů (například dno vybroušené odnosem na skalní podloží, nebo naopak dno zcela překryté drobnými akumulacemi), poskytují informaci o stupni modifikace říčního habitatu. Většina metod hodnotící říční habitat proto obsahuje charakteristiku přítomnosti umělých prvků. Příkladem umělé struktury je přehrazení toku. Nad hrází dochází ke zpomalení proudění a tím k ukládání jemných akumulací, zatímco v úseku pod hrází se nachází oblast hrubých akumulací a rychlého proudění. Typ proudění a přítomný substrát mohou poskytovat informaci o tlaku na říční systém, jehož příčina je lokalizována mimo zkoumaný úsek (Fernández a kol., 2011).

Důležitost variabilní struktury říčního koryta spočívá ve vytváření rozdílných hloubek a zvyšování variability rychlosti proudění. Tím dochází k redukci odnosu materiálu a zvýšení zpracování organické hmoty Geomorfologické jednotky vyskytující se v korytech vodních toků, jako jsou například tůně a peřejnaté struktury, umožňují vytvoření relativně odlišných habitatů pro říční faunu a flóru. Podobným způsobem vodopády, kaskády malých vodopádů a skalní stupně formují oddělené jednotky dnového substrátu a hydraulických podmínek (Thomson a kol., 2001). Jednotlivé geomorfologické

složky mohou uspokojit dočasné požadavky živočichů na určitou funkci habitatu. Příkladem je vytváření úkrytu při narušení (například příbřežní zóna při povodních), chránící před predátory (malé ryby nachází útočiště v mělkých stojatých vodách, kde nemohou být napadeny většími rybami), nebo sloužící během speciálních období životního cyklu (například šterko-píscitě mělčiny využívané během tření a následně sloužící jako sádka). Opačným příkladem jsou vodopády tvořící migrační bariéry, čímž ovlivňují složení a fungování vodních společenství v podélném směru toku (Baras a kol., 1996 a Rankin, 1995).

Tvary příčných průřezů koryt

Tvar říčního koryta je primárně podmiňován geologií a odtokovým režimem toku. Pro vodní toky je zásadním modelačním prvkem koryta proudění (Jowett, 1997). Horník a kol. (1986) tvrdí, že modelace břehů probíhá převážně podemláním. Pro živočichy tvoří příkré břehy mnohem obtížněji překonatelnou překážku než břehy mírně ukloněné. Vytváří tím překážku pro přechod mezi vodními a břehovými habitaty. Tento přechod mezi korytem a přilehlými nivními oblastmi je zjednodušen v oblastech mrtvých ramen koryt nebo přítomností mrtvého dřeva v korytě. Možnost přecházet mezi habitaty je důležitá pro mnoho druhů, které ke svému životu potřebují vodní i pobřežní habitat (Elosegi a kol., 2011).

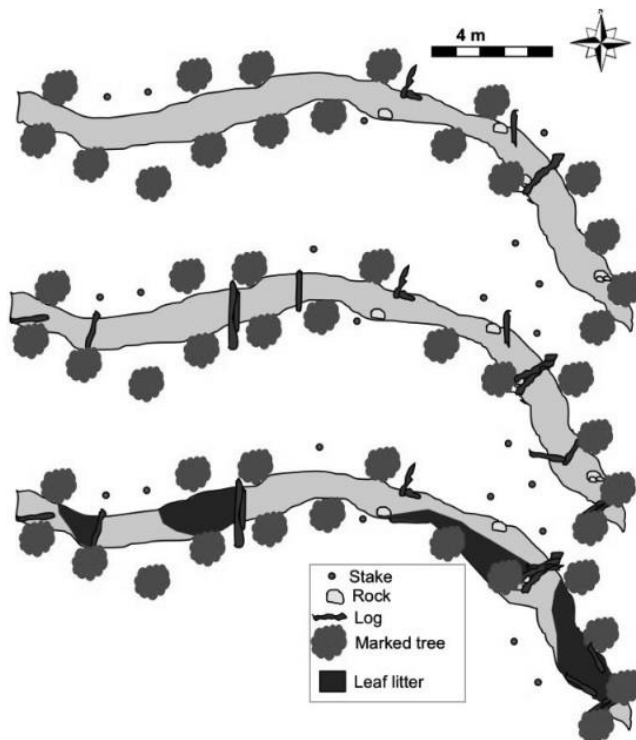
3.3. Vlastnosti koryt

Ekologická hodnota vodního toku je ovlivňována mnoha faktory. Jde především o morfologii koryta a jeho břehů, možnost rozlivu vody do okolí toku při vyšších vodních stavech a oboustranná migrační prostupnost. Mezi migrační bariéry patří delší zatrubnění, například pod komunikacemi, nebo opevněné úseky koryt, jejichž neprostupnost je zapříčiněna rychlým prouděním, absencí úkrytů a příliš nízkém sloupci proudící vody (Just a kol., 2005).

Mrtvé dřevo v korytě

Příkladem důležitosti lokálních procesů na utváření a zachování říčních habitatu je přidání mrtvé dřevní hmoty do koryta toku. Touto úpravou dochází ke zpomalení odnosu akumulací, rozpuštěných živin a částic organické hmoty. Výsledkem je nejen zvýšení počtu zde žijících vodních živočichů, ale především složitější proudění vody v korytě, vedoucí ke zvýšení diverzity habitatu, a tím ke zvýšení diverzity přítomných živočišných

druhů. Studie provedená ve Španělsku, na drobném vodním toku Malbazar (viz obr. 4), potvrdila, že vytvoření přírodních hrází ze stromových kmenů a mrtvého dřeva spustilo náhlé změny v hydraulice. Ty vedly ke změnám v přítomném substrátu, v rozložení a velikosti peřejnatých a hlubinných úseků a v akumulaci organické hmoty. Všechny tyto změny mají velký biologický význam a přispěly k pozitivním změnám přítomného habitatu, což vedlo k rozvoji živočišných populací a k osídlení oblasti novými druhy (Elosegi a kol., 2011).



Obr. 4 Změny fyzického habitatu jako výsledek přidání mrtvého dřeva do koryta. Horní náčrt znázorňuje tok před přidáním kmenů (červenec 2007), prostřední náčrt těsně po přidání dřeva (únor 2008) a dolní ukazuje lokalitu o rok a půl později (červenec 2009). Šířka toku neodpovídá měřítku a je upravena pro větší zřetelnost změn habitatu. Zdroj: Elosegi a kol., 2011

Dnový substrát

Metodiky, zabývající se říčním habitatem, by měly obsahovat charakteristiky hodnotící dnový substrát, jelikož tvoří jeden ze zásadních prvků kvality habitatu. Pro většinu vodních toků je hrubší materiál (od štěrkového po kamenitý typ) příznačným znakem nezměněných referenčních podmínek. Přidání erozí dopraveného jemnějšího materiálu je všeobecně považováno za negativní změnu habitatu. Pokud jemnější zrna

vyplní mezery mezi většími částicemi, je dnový substrát považován za tzv. zapuštěný. Míra tohoto procesu bývá měřena indexy hodnotícími říční habitat, podobně jako úroveň překrytí substrátu jílovými a prachovými nánosy. Ukládání akumulací je považováno za příčinu degradace rybích společenství v řekách (Rankin, 1995).

Charakter břehů

Kvalita a rozsah břehové vegetace je jedním z důležitých součástí indexů hodnotících říční habitat. Odstranění nebo narušení břehové vegetace ovlivňuje celkovou kvalitu podmínek v povodí více než změny ostatních složek habitatu, které mají vliv především ve svém okolí (Gregory a kol., 1991). Zatímco negativní úpravy v korytě toku mají bezprostřední účinek, poškození břehové vegetace se projevuje až s nárůstem počtu změn vegetace daného vodního toku (Rankin, 1995). Procesy ovlivňující složení a strukturu břehové vegetace působí na říční habitat více způsoby. Stromy rostoucí na břehu stíní vodní tok, limitují primární produkci a mají vliv na množství potravy pro bezobratlé živočichy, kteří se živí listy spadlými do vodního toku. Pádem stromů či jejich větví dochází k vytváření formací mrtvého dřeva v korytě. Tím se zvyšuje diverzita habitatu, případně dochází k vytvoření habitatů nových – například hlubinné úseky vytvořené ucpáním vodního toku (Elosegi a kol., 2011).

Živočichové a rostliny žijící mimo vodní prostředí ovlivňují ekologické fungování vodního toku. Vliv pobřežních rostlin spočívá ve výše zmíněném stínění, zdroji humusu nebo regulaci přísunu živin. Živočichové do ekosystému zasahují především predací, příkladem jsou ptáci lovcí ve vodním toku ryby. Thomson a kol. (2001) tvrdí, že geomorfologické celky formují základ pro jednotlivé habitaty příbřežního pásma. Zjištěním geomorfologických jednotek přítomných v dané lokalitě lze získat přibližnou představu o paletě habitatů, které se zde pravděpodobně budou vyskytovat.

4. Metodika práce a zdroje dat

Metody zkoumající říční habitat spojují kvalitativní hodnocení s fyzickým měřením, s cílem zachytit stav koryta během terénního pozorování. Pozorovatel prochází daný úsek říčního toku a vyhodnocuje jednotlivé parametry, případně měří fyzické charakteristiky, jako jsou vodní šířka, hloubka, rychlost proudění atd. (Maddock, 1999).

4.1. Použité metody

Většina světově užívaných metodologií hodnocení kvality habitatu je koncipována pro toky větších rozměrů. Každá z metod má stanovenou minimální délku jednotlivých úseků, pro kterou je účelné úseky hodnotit. Jelikož cílem této práce je provést hodnocení na drobném vodním toku, byly vybrány metody, které jsou přímo pro toky malých rozměrů uzpůsobeny, nebo je lze k tomuto účelu vhodně modifikovat. Důvodem zvolení vybraných tří metodologií byla jejich rozdílnost. Zatímco metoda EcoRivHab má velice komplexní přístup, který hodnotí 31 parametrů, generalizovanější metoda RBP má parametrů pouze deset. Metoda CAP nespočívá v hodnocení kvalitativních parametrů, ale kvantitativním přístupem hodnotí říční charakteristiky. Pracovní formuláře všech tří metod jsou přiloženy v příloze na obr. 43 až 49.

4.1.1. Rapid Bioassessment Protocol (RBP)

Metoda pocházející ze Spojených států amerických vytvořená k hodnocení menších vodních toků. Jelikož hrozby pro ztrátu biologické integrity nespočívají pouze v samotném znečištění vody, snažila se americká Agentura pro ochranu životního prostředí vytvořit cenově a především časově efektivní postup měření fyzického habitatu ve vodních tocích. Ve své podstatě je RBP sloučením existujících a osvědčených metodologií, které byly využívány různými agenturami zabývajícími se životním prostředím (mezi nejvýznamnější patří Ohio Environmental Protection Agency a Florida Department of Environmental Protection). Zastává přístup komplexního měření, přičemž porovnává habitat s empiricky definovanými referenčními podmínkami. Referenční podmínky jsou stanoveny pomocí historických dat, modelováním nebo extrapolací a systematickým monitorováním lokalit s minimálně narušeným habitatem a biologickými podmínkami. Úroveň provedeného měření je zvyšována vývojem empirické spojitosti mezi kvalitou habitatu a biologickými podmínkami, která je definována pro daný region

(USEPA, 2012). Barbour a Stribling (1994) modifikovali původně navržený přístup RBP a metoda nově obsahuje tři parametry měřené pouze pro toky s vysokým sklonem (rychlostně-hloubkový režim, frekvence peřejnatých struktur a dnový substrát) a tři parametry měřené pouze pro toky s malým sklonem (substrát hlubinných tůní, variabilita tůní a míra křivolakosti říčního úseku). Ostatních sedm parametrů je stejných pro toky s vysokým i s malým sklonem. Pro účely měření je vodní tok rozdělen do identických úseků o minimální délce 100 m, nebo čtyřicetinásobku šířky vodní hladiny. V praktické části bakalářské práce byla délka úseků stanovena na 50 m, což splňuje kritérium čtyřnásobku šířky vodního toku. Všech deset parametrů je pro každý zkoumaný úsek hodnoceno na stupnici 0 – 20, přičemž s vyšší kvalitou habitatu stoupá i bodové hodnocení daného úseku. Stupnice je rozdělena do čtyř úseků, které jsou v pracovním formuláři slovně charakterizovány a kvalitu daného parametru dělí na čtyři jakostní třídy: velmi kvalitní (20 – 16 bodů), optimální (15 – 11 b.), mezní (10 – 6 b.) a kritickou (5 – 0 b.). Bodová hodnota jednotlivých parametrů je sečtena do celkového bodového hodnocení každého úseku. Celkové bodové hodnocení je děleno vypočtenou hodnotou potencionálních referenčních podmínek dané oblasti. Tím vzniká výsledná procentuální hodnota, která je zařazena do jedné z čtyř výše zmíněných jakostních tříd, které definují celkovou kvalitu fyzického habitatu (viz Tabulka 2). Jelikož je RBP americká metoda, referenční podmínky drobného vodního toku, který leží ve střední Evropě, nebyly dosud stanoveny. Proto bylo pro vyhodnocení praktické části bakalářské práce potencionální skóre referenčních podmínek stanoveno na 200 bodů, jelikož všech deset parametrů by v antropogenně neovlivněných podmínkách bylo ohodnoceno maximálním počtem bodů. Pracovní formuláře metody RBP zobrazují obr. 43 a 44.

Tabulka 2 Klasifikační třídy metody RBP po porovnání s hodnotou referenčních podmínek

	výsledná jakostní třída	skóre
1.	velmi kvalitní	100 % – 75 %
2.	optimální	74 % – 50 %
3.	mezní	49 % – 25 %
4.	kritická	24 % – 0 %

4.1.2. Channel Assessment Procedure (CAP)

Kanadská metoda se skládá z práce v terénu a následného hodnocení zde získaných dat. CAP je určena pro zkoumání malých až středně velkých toků, pro toky větších rozměrů je vhodná pouze k ověření analýzy provedené na základě leteckého snímkování. Cílem terénního mapování je určit převládající typ říčního koryta, k čemuž

pomáhá soubor indikátorů. Zájmový úsek je rozdělen na jednotlivé úseky, jejichž délka musí být větší nebo rovna šířce maximální kapacity koryta, při které ještě nedochází k rozlití vod do příbřežní zóny. Nejvyšší naměřená šířka byla 9,8 metru, proto všechny padesátimetrové úseky tuto podmínku splňují. Na rozdíl od metod Rapid Bioassessment Protocol a EcoRivHab, CAP nespočívá v hodnocení jednotlivých kvalitativních parametrů. Základem měření je určení průměrného sklonu a hloubky říčního koryta, šířku maximální kapacity koryta, při které ještě nedochází k rozlití vod do příbřežní zóny a zjištění maximální velikosti kamenů, které proudící voda posune směrem po proudu. Detailní postup měření jednotlivých parametrů je popsán v kapitole 4.2. Na základě zjištěných hodnot je vypočtena relativní šířka, relativní drsnost a celkový sklon koryta. Charakteristiky jsou měřeny na pěti stejně vzdálených místech v každém zájmovém úseku, a výsledná hodnota je průměrem všech pěti měření. Na základě hodnot dochází k určení převládajícího říčního typu, který je dle morfologie koryta vybrán ze sedmi typů, které rozlišuje tato metoda (viz Tabulka 3). Ve správném zařazení zájmového úseku pomáhá soubor diagnostických klíčů obsažených v Channel Assessment Procedure Field Guidebook, což je dokument sloužící jako návod a průvodce pro terénní mapovatele. Tento dokument pomáhá i při identifikaci typu a úrovně říčního poškození, na základě terénních indikátorů, přítomných v říčním korytě. Identifikace poškození je hodnocena na pracovní formulář (viz obr. 48 a 49) procentuálním zastoupením jednotlivých čtyř úrovní narušení – žádné, nízké, průměrné a vysoké. Rozlišuje se, zda má poškození agradační nebo degradační charakter. Součet procentuálních hodnot průměrného a vysokého poškození je vážen celkovou délkou daného úseku. Tyto vážené hodnoty jsou sečteny pro celý měřený tok a je z nich vypočtena celková stabilita koryta. Dále je hodnocena přítomnost formací mrtvého dřeva v korytě, struktura dna, tvary uložených akumulací a větvcí se nebo opuštěná říční koryta atd., viz obr. 48.

Tabulka 3: Morfologie koryta rozlišované metodou CAP. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Code	Morphology	Sub-code	Bed material	LWD
RP	riffle-pool	RP _g -w	gravel	functioning
RP	riffle-pool	RP _c -w	cobble	functioning
CP	cascade-pool	CP _c -w	cobble	present, minor function
CP	cascade-pool	CP _b	boulder	absent
SP	step-pool	SP _b -w	boulder	present, minimal function
SP	step-pool	SP _b	boulder	absent
SP	step-pool	SP _r	boulder-block	absent

4.1.3. Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků – EcoRivHab

Česká kvalitativní metoda je založená na kombinaci terénního mapování a analýze dostupných mapových podkladů a leteckých snímků. Ekomorfologický monitoring se nevztahuje pouze na samotné koryto, jelikož vodní ekosystém je zde chápán jako širší území. Metoda analyzuje hydromorfologické charakteristiky toku, provedené antropogenní úpravy, dynamiku proudění, jakost povrchových vod, břehovou vegetaci a využití půdy v inundačním území. Délka mapovaných úseků je homogenní, v rozmezí 200 – 1000 m (Matoušková, 2008). Pro účely hodnocení menších úseku lze metodu modifikovat na hodnocení úseků v délce např. 50 metrů. Bodovým systémem se hodnotí 31 parametrů, rozdělených na 3 hlavní ekomorfologické zóny – koryto, příbřežní pásy a údolní nivu. Monitorovací parametry mají stejnou váhu a výsledný numerický výsledek je zařazen do jednoho z pevně vymezených skupinových intervalů, čímž je toku přiřazeno odpovídající hodnocení, které dokumentuje míru antropogenního ovlivnění vodního ekosystému. Pět klasifikačních tříd metody EcoRivHab udává tabulka 4 a pracovní formuláře použité během terénního průzkumu zobrazují obr. 45, 46 a 47.

Tabulka 4 Klasifikační třídy metody EcoRivHab. Zdroj: Matoušková, 2008

	výsledná jakostní třída	skóre
1.	přírodní	<1 – 1,5>
2.	mírně antropogenně ovlivněný	(1,5 – 2,5>
3.	středně antropogenně ovlivněný	(2,5 – 3,5>
4.	silně antropogenně ovlivněný	(3,5 – 4,5>
5.	velmi silně antropogenně ovlivněný	(4,5 – 5>

4.2. Terénní průzkum

Za účelem vyhodnocení metod hodnotící říční habitat, byl na jaře a v létě roku 2014 proveden terénní průzkum Sviňovického potoka. Hodnocení bylo provedeno od vyústění potoka ze zatrubnění v horním segmentu po soutok se Zbytinským potokem. Zatrubnění odvodňuje bažinu vytvořenou v zamokřené půdě tělesem hospodářské komunikace, která potok přehrazuje (viz obr. 35 a 36). Pro účely mapování kvality říčního habitatu byla celá délka zájmového toku rozdělena do 34 stejně dlouhých úseků, které na sebe vzájemně navazují. Hlavní podmínkou při rozdělování toku do úseků byla snaha o co nejdetailnější hodnocení říčního habitatu. Z tohoto důvodu byla délka úseku stanovena na 50 metrů. Při této délce bylo možno zaznamenávat detailní charakteristiky každého

úseku (například počet tůní a peřejnatých struktur) a pro každý úsek změřit průměrnou šířku a hloubku. Přesné délky jednotlivých úseků bylo dosaženo pomocí laserového dálkoměru.

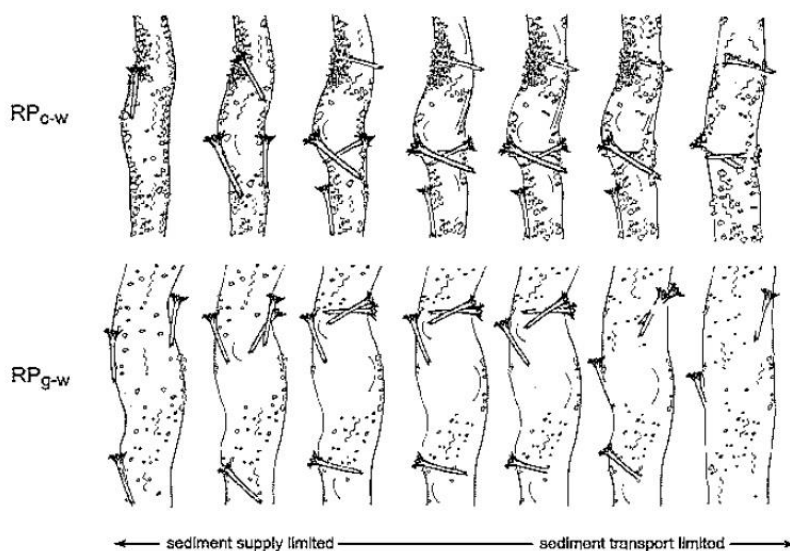
Během terénního průzkumu byly na každém úseku postupně zaznamenávány všechny tři testované metody do patřičných mapovacích formulářů. Pořízeny byly fotografie důležitých tvarů v korytě i v příbřežním pásmu. Hodnocení probíhalo od pramene směrem k soutoku se Zbytinským potokem. Na každý úsek byly postupně aplikovány všechny tři metody. Tímto přístupem se zjednodušilo hodnocení parametrů, které jsou společné více metodologiím. Například podrobným měřením hloubek pro vyhodnocení metodiky Channel Assessment Procedure došlo ke kvalitnímu vyhodnocení dvou parametrů metody EcoRivHab – střední hloubky profilu a variability hloubek spojené se střídáním tůní a peřejnatých struktur.

Hodnocení metod RBP i EcoRivHab probíhalo bodováním jednotlivých parametrů do pracovního formuláře. Jelikož Sviňovický potok byl charakterizován jako tok se značným sklonem, byla využita modifikace metody RBP pro toky většího sklonu. Oproti úpravě pro toky s nižším sklonem byly navíc hodnoceny parametry rychlostně-hloubkový režim, frekvence peřejnatých struktur a dnový substrát, které při utváření podoby habitatu potoka mají významný vliv. Z důvodu potřebné modifikace metody pro účely měření drobného toku bylo hodnocení šířky zóny břehové vegetace upraveno zmenšením jednotlivých intervalů o 60 %. Další úpravou bylo zmenšení kritéria pro hlubinné proudění u parametru hodnotící rychlost proudění, které bylo taktéž sníženo o 60 %. Na rozdíl od původní hranice 50 cm bylo za hlubinné proudění považováno proudění s hloubkou větší než 20 cm. Do pracovních formulářů byla zapisována četnost a rozložení důležitých drobných tvarů v korytě, s důrazem na výskyt mrtvého dřeva ve vodním toku a četnost peřejnatých struktur a tůní.

Metoda CAP byla vyhodnocena ve dvou částech. V první části byla pomocí laserového dálkoměru změřena šířka maximální kapacity koryta, při které ještě nedochází k rozlíví vod do příbřežní zóny a sklonitost jednotlivých úseků. Šířka kapacity koryta byla měřena na každém úseku na třech místech s pravidelnými rozestupy. Vzhledem k malé délce hodnocených úseků nebylo měření prováděno na pěti místech, jak doporučuje metodologie, ale pouze na třech, jelikož měřené charakteristiky se v průběhu jednotlivých úseků téměř neměnily. Vzdálenosti byly měřeny ve dvou lidech. Jeden z pracovníků držel bílé desky, na které zaměřoval druhý pracovník s dálkoměrem. Tím bylo dosaženo přesnějších výsledků měření. Na stejných třech místech byla šuplérkou zjištěna velikost největších kamenů, které jsou unášeny proudem. Vodní stav byl zjišťován pomocí

dřevěného skládacího metru. Metr byl nořen do vody kolmo na vodní hladinu a naměřené hodnoty se zprůměrovaly do výsledné střední hloubky. Měřeno bylo stejným počtem v peřejnatých strukturách i v tůních, čímž bylo zabráněno zkreslení. Měření střední hloubky probíhalo za mírně vyšších vodních stavů, které byly způsobeny spadlými vodními srážkami v průběhu týdne, který měření předcházelo. Z naměřených hodnot byl způsobem, popsáním v kapitole 4.1.2., tok zařazen do odpovídajícího říčního typu. Obr. 32 znázorňuje postup zařazení úseku č. 34.

V druhé části byla vyhodnocena úroveň říčního poškození s použitím diagnostických klíčů Channel Assessment Procedure Field Guidebook, která pro danou morfologii koryta (v případě středního a dolního segmentu Sviňovického potoka jde o morfologii riffle-pool se substráty štěrkopísek a valouny) vyobrazuje tvary terénních indikátorů, které pomáhají mapovateli při vyhodnocení. Jeden z těchto klíčů, použitý během vyhodnocení uvádí obr. 5.



Obr. 5 Jeden z diagnostických klíčů Channel Assessment Procedure. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook.

Bodové výsledky všech metodik byly přepsány do programu MS Excel, kde bylo provedeno vyhodnocení zjištěných dat. Program byl využit také k tvorbě tabulek a grafů. Závěrečná vizualizace výsledků a vytvoření map s tematickým obsahem bylo provedeno v softwaru ArcGIS, v souřadnicovém systému S-JTSK. Rozvodnice povodí Sviňovického potoka byla vymezena na základě zkoumání podrobné sítě vrstevnic, získané ze Základní báze geografických dat České republiky.

4.3. Zdroje dat

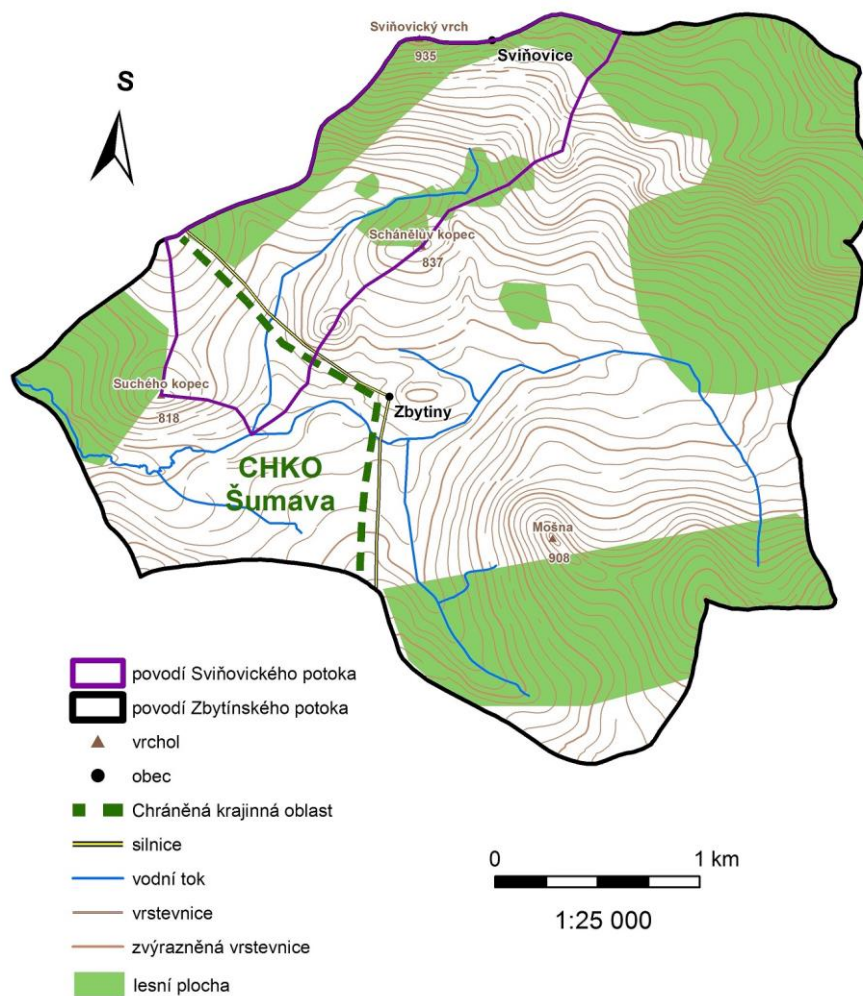
Na Sviňovickém potoce se nachází automatizovaná vodoměrná stanice s ultrazvukovým hladinoměrem, provozovaná Katedrou fyzické geografie a geoekologie. Tato stanice zaznamenává výšku hladiny každých 10 minut. Pro účely práce byla vyhodnocena data z let 2006 až 2013. Jelikož při hodnocení vodního stavu je potřeba brát v úvahu hydrologický rok (od 1. 11.), jsou výsledky dostupné pouze pro roky 2007 až 2013. Zpracování dat bylo uskutečněno v softwaru MS Excel. Z vodních stavů po deseti minutách byl vypočten denní průměr. Z denních průměrů byl zjištěn průměr výšky hladiny v jednotlivých měsících a z těchto hodnot byly vypočteny průměry hodnocených let. Poslední zjištěnou hodnotou byl celkový průměr vodního stavu za celé sledované období, který byl vypočten postupně z denních, měsíčních i ročních vodních stavů. Tím byla provedena kontrola vypočtených hodnot.

K vytvoření mapových výstupů a zjištění délky zájmové části toku a rozlohy povodí byla využita data Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka. Data výškopisu poskytla Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED) a topografický podklad byl vytvořen z tematických vrstev Arcdata Praha, ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze.

5. Přírodní poměry zájmového území

Povodí Sviňovického potoka bylo pro účely práce vybráno z důvodu modifikací jednotlivých segmentů toku v minulosti. Důvodem je antropogenní ovlivnění hydromorfologické činnosti ve druhé polovině 20. století. Z důvodu intenzivního zemědělství a snahy o vytvoření úrodnější orné půdy byl Sviňovický potok napřímen a jeho břehy vybetonovány. Společně s touto úpravou byl také vybudován drenážní systém. V tomto nepřirodním stavu setrval potok až do roku 2005, kdy na dolním úseku toku proběhla revitalizace.

Sviňovický potok je tokem šestého řádu dle absolutní řádovosti a tokem prvního řádu dle Strahlerovy klasifikace. Je pravostranným přítokem Zbytinského potoka, do kterého se vlévá necelých 600 metrů pod obcí Zbytiny. Zbytinský potok je přítokem řeky Blanice. Délka zkoumaného vodního toku je 1 700 metrů. Povodí potoka je protáhlého tvaru a jeho rozloha činí 1,8 km² (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006). Reliéf povodí se svažuje od rozvodnice, která probíhá přes nejvyšší Sviňovický vrch (935 m n. m.), Scháněluv kopec (837 m n. m.) a Suchého kopec (818 m n. m.) do údolí potoka a k soutoku se Zbytinským potokem (774 m n. m.). V povodí se nachází Přírodní památka Pod Sviňovicemi a jižní část povodí zasahuje do Chráněné krajinné oblasti Šumava. Povodí Zbytinského potoka se zvýrazněným povodím Sviňovického potoka zobrazuje obr. 6.



Obr. 6 Lokalizace povodí Sviňovického potoka v nadřazeném povodí potoka Zbytínského.
Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze a ZABAGED

5.1. Geomorfologie

Katedra fyzické geografie a geoekologie na toku provádí pravidelná měření příčných a podélných profilů koryta, což odráží změny vyvolané proběhnuvšími srážko-odtokovými událostmi. K nejvýraznější modelaci koryta rozvolněného revitalizační úpravou došlo během povodně v červenci 2006. Tato modelace vyvolala hloubkové změny velké více než 30 cm a šířkové změny až 1 m, což na takto drobném vodním toku vytvořilo nové podmínky pro další vývoj koryta (Kliment a kol., b. r.).

5.2. Hydrologie, odtokové poměry

Hydrologické podmínky byly zásadně ovlivněny lidskou činností v 70. – 80. letech 20. století. Napřímením a vybetonováním říčního koryta se zmenšila trasa toku. V dolní části bylo koryto přesunuto, čímž došlo k dalšímu zkrácení jeho délky. Změněno bylo také využívání okolní půdy, kde byly meze nahrazeny zemědělsky využívanou půdou, čímž došlo k odvodnění pozemků (Kliment a kol., b. r.).

Sviňovický potok má délku necelé 2 km (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006a). V pramenné oblasti pod osadou Sviňovice se vyskytuje větší množství drobných koryt, která mizí v bažinatém území v horní části povodí. Z této plochy je voda vyvedena podzemním melioračním systémem do společného koryta, do kterého ústí propustkem pod hospodářskou komunikací (Hujšlová, 2010). Propustek – od kterého bylo provedeno hydromorfologické hodnocení – je od soutoku se Zbytinským potokem vzdálen přibližně 1,7 km. Další propustek se nachází ve vzdálenosti 1,125 km od soutoku. V úseku mezi propustky je koryto antropogenně upraveno a má téměř přímý průběh s jednotným lichoběžníkovým profilem. Jediné změny v charakteru proudění jsou způsobeny ve 12 místech (přibližně jedna v každém měřeném úseku) narušením betonových desek. Zbytek toku má nezpevněné koryto s měnícím se tvarem příčného profilu a variabilním charakterem proudění v korytě.

Albrecht a kol. (2003) celý okres Prachatice zařazují do hydrogeologického rajonu Krystalinikum v povodí horní Vltavy a Úhlavy, v kterém jsou velice omezené zásoby podzemních vod.

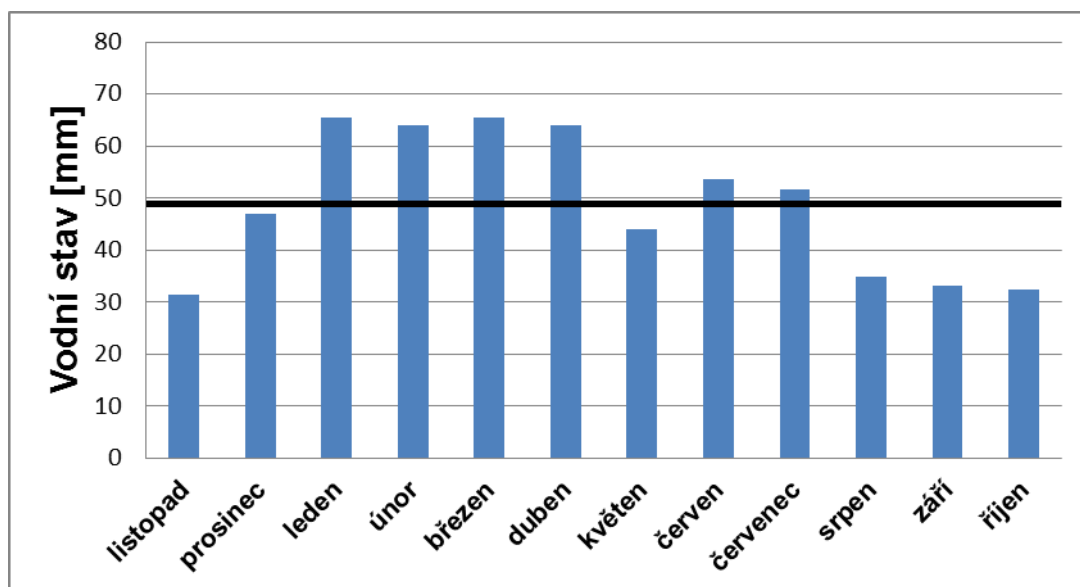
5.3. Klima

Povodí Sviňovického potoka se nachází v chladné oblasti podhůří Šumavy. Průměrná roční teplota vzduchu je zde 5 – 6 °C. V průběhu roku se vyskytuje 160 – 180 mrazových dní a doba výskytu sněhové pokrývky je 60 – 100 dní. Podhůří Šumavy je srážkově bohaté, proto průměrné roční úhrny v zájmové oblasti jsou mezi 700 – 800 mm, přičemž mezi dubnem a zářím činí průměrný srážkový úhm okolo 500 mm (Tolasz a kol., 2007). V klimatickém rozdělení podle Quitta je povodí dle Hujšlové (2010) zařazeno do oblasti CH7, což je „nejteplejší chladná oblast, která je charakterizována velmi krátkým až krátkým létem, které je mírně chladné a vlhké, dlouhým přechodným obdobím s mírně chladným jarem a mírným podzimem a dlouhou mírnou a mírně vlhkou zimou s dlouhou sněhovou pokrývkou“ (Hujšlová, 2010).

6. Výsledky

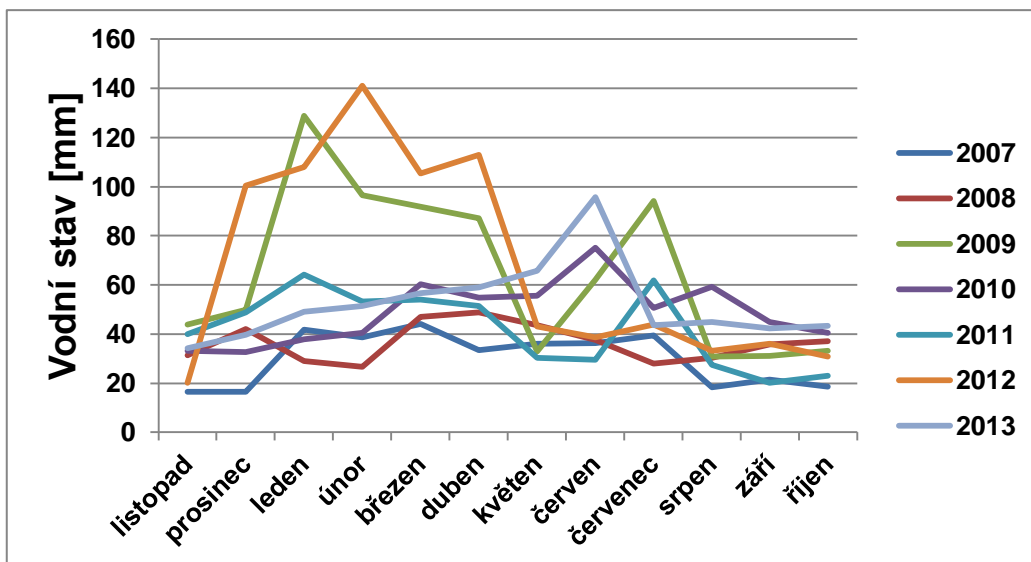
6.1. Variabilita odtokového režimu

Vliv variability průtoku na kvalitu habitatu byl popsán v kapitole 3.1. Vzhledem k této důležitosti je součástí práce analýza změn vodních stavů Sviňovického potoka v posledních sedmi letech. Potok je monitorován automatickým hladinoměrem (viz obr. 33) a pravidelně měřen pracovníky Katedry fyzické geografie a geoekologie. Autor práce se osobně zúčastnil měření ve dnech 23. 10. 2013 a 27. 5. 2014. Rozložení průměrných vodních stavů v průběhu hydrologického roku zobrazuje obr. 7. Průměrným vodním stavem mezi hydrologickými roky 2007 až 2013 bylo 49 mm. Hodnota je v grafu na obr. 7 zobrazena černou linií. Největších vodních stavů dosahují měsíce leden až duben. Výsledek je ovlivněn extrémní výškou hladiny během těchto měsíců v letech 2009 a 2012 (viz obr. 8) Roky 2009 a 2012 jsou jediné, v kterých došlo k překročení průměrné roční hodnoty 60 mm., přičemž vodní stavy měsíců leden až duben převyšovaly hodnotu 100 mm.



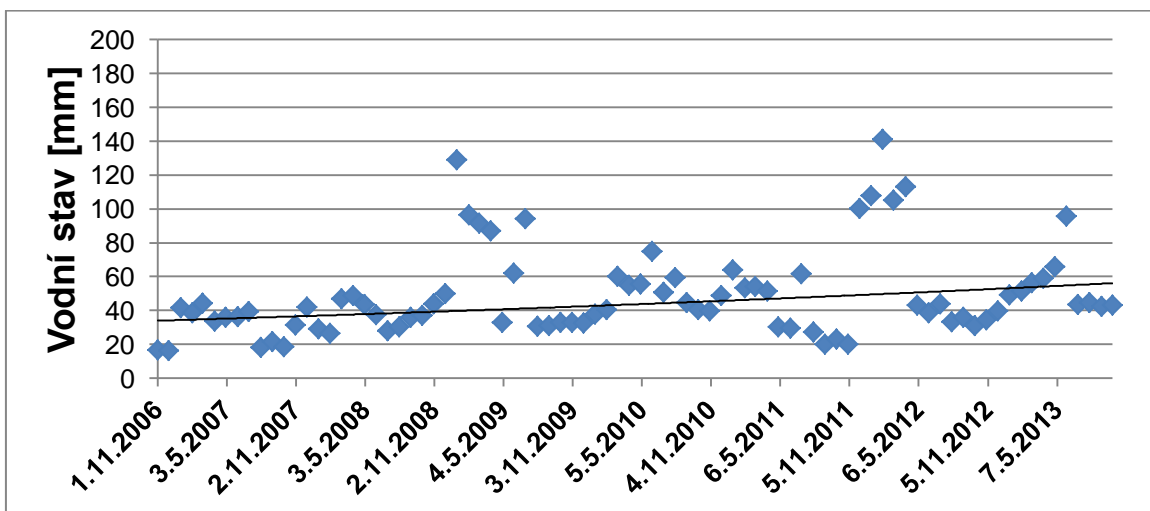
Obr. 7 Rozložení průměrných vodních stavů v průběhu hydrologického roku. Černá linie zobrazuje průměrný vodní stav za celé sledované období (roky 2007 až 2013). Zdroj:

Data KFGG PŘF UK



Obr. 8 Vývoj vodních stavů během hodnocených let v jednotlivých měsících hydrologického roku. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

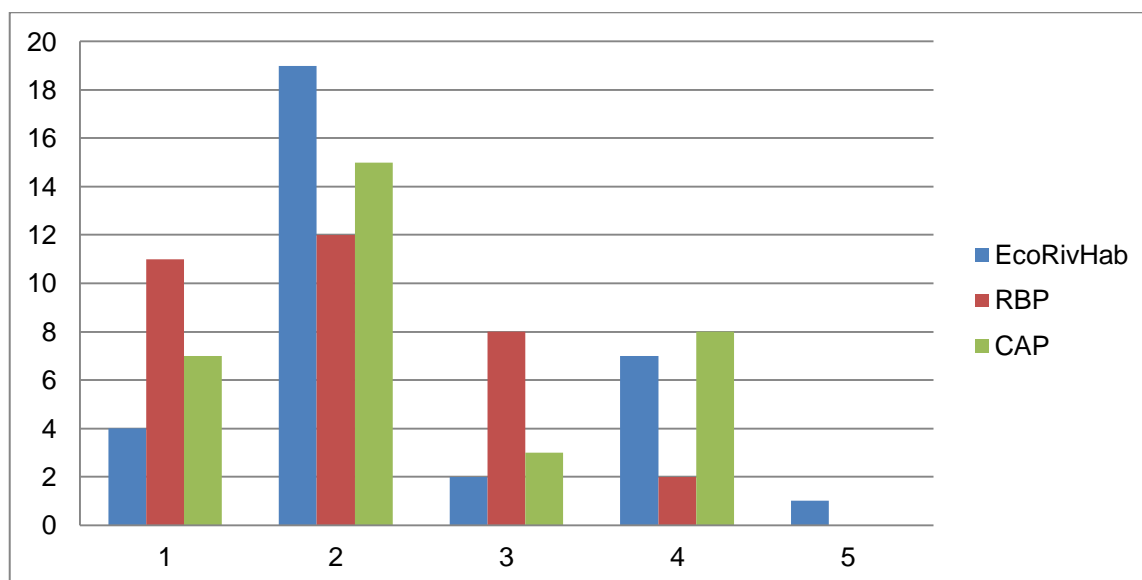
Detailní hodnoty všech měsíčních vodních stavů, společně s tzv. spojnicí trendu přibližuje obr. 9. Spojnice trendu zachycuje vývoj vodních stavů v průběhu sledovaného období. Z grafu je patrný mírný nárůst vodních stavů. Extrémní výška hladiny během měsíců leden až duben v letech 2009 a 2012 je patrná i na tomto grafu, přičemž to jsou jediné měsíce, kdy došlo k překročení vodního stavu 100 mm.



Obr. 9 Detailní zobrazení měsíčních vodních stavů se spojnicí trendu. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

6.2. Srovnání metod

Jednotlivé metodologie jsou popsány v samostatných podkapitolách části 4.1. a detailní postup vyhodnocení v kapitole 4.2. Jednoznačné srovnání umožňují metody EcoRivHab a RBP, jelikož kvalitu fyzického habitatu hodnotí podobným přístupem. Metoda CAP rozlišuje koryto na degradované, stabilní a agradované. Degradace a agradace jsou dle své závažnosti rozděleny na tři úrovně. Četnost výskytu jednotlivých jakostních tříd hydromorfologického hodnocení udává obr. 10. Rozdílem metodik je, že RBP hodnotí tok na čtyři jakostní třídy, metodika EcoRivHab má tříd pět a CAP rozlišuje sedm tříd hodnocení. Pro účely porovnání byla u metody CAP jako hodnota 1 sečtena stabilní koryta, do hodnoty 2 mírně degradovaná společně s mírně agradovanými atd. Tím se i pro tuto metodiku vytvořily pouze čtyři stupně. Graf ukazuje, že přestože se metoda CAP zaměřuje pouze na hodnocení koryta vodního toku, jsou její výsledky přibližně srovnatelné s komplexními metodami RBP a EcoRivHab. Velice podobné výsledky měla metoda CAP s EcoRivHab, což může být způsobeno vysokým počtem parametrů metody EcoRivHab zaměřených na hodnocení koryta toku. Detailní bodové výsledky pracovního listu metodologie RBP zobrazuje obr. 50.



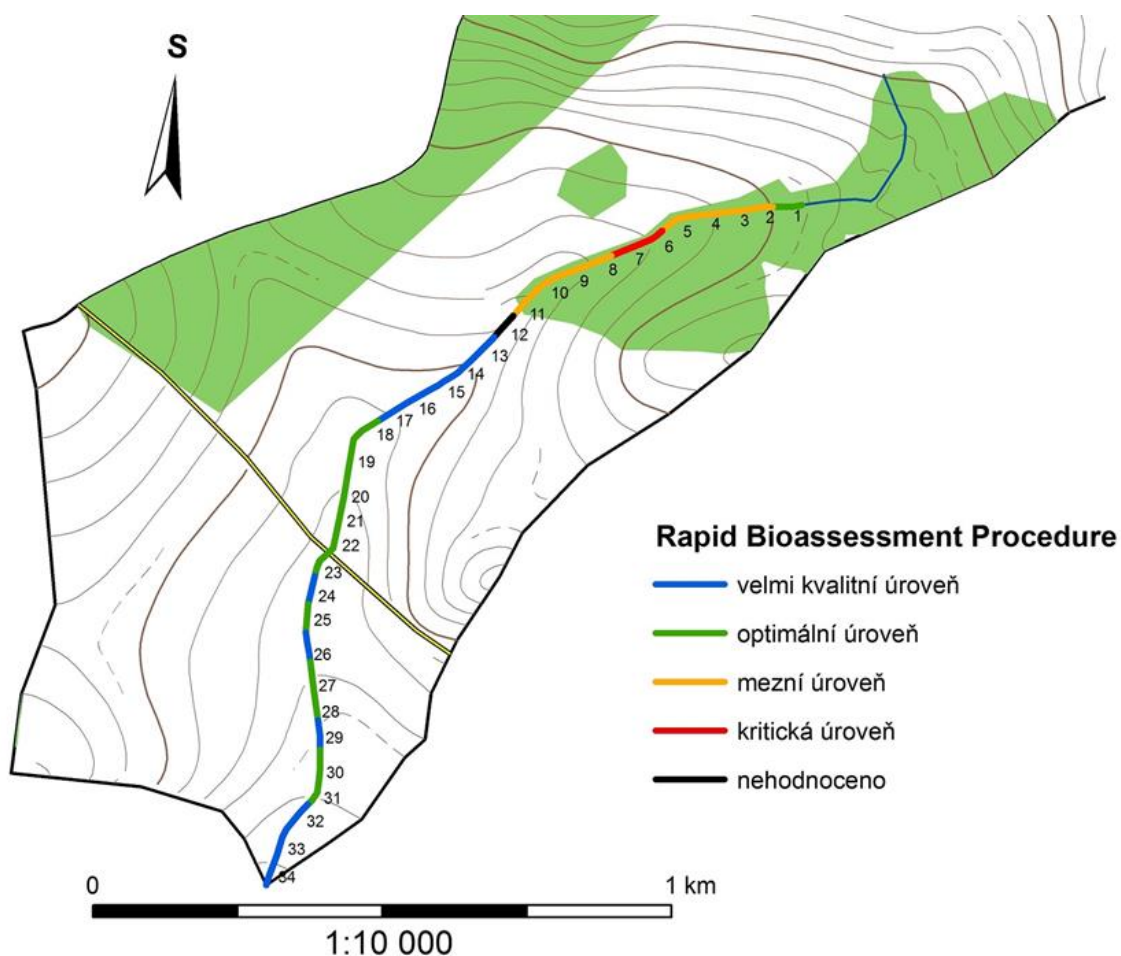
Obr. 10 Četnost výskytu jakostních tříd aplikovaných metod. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

6.3. Terénní průzkum

Cílem této bakalářské práce bylo hydromorfologickými metodami vyhodnotit stav říčního habitatu Sviňovického potoka, který byl v minulosti podroben antropogenním úpravám, a později byla na části toku provedena revitalizace. Přestože byl každý z 34 úseků hodnocen samostatně, ve výsledcích nebyl detailně popsán každý z úseků. Důvodem je velká podobnost mezi sousedními úseky. Celková charakteristika každého ze tří segmentů potoka (horní, střední a dolní tok) vhodně charakterizuje všechny úseky, které se v daném segmentu nacházejí. Detailněji popsány byly pouze specifické úseky toku. Vyhodnocení všech aplikovaných metodik hydromorfologického průzkumu shrnuje tabulka 8. Detailní vyhodnocení jednotlivých úseků toku všemi třemi přístupy zobrazují obr. 11, 12 a 13.

Rapid Bioassessment Procedure (RBP)

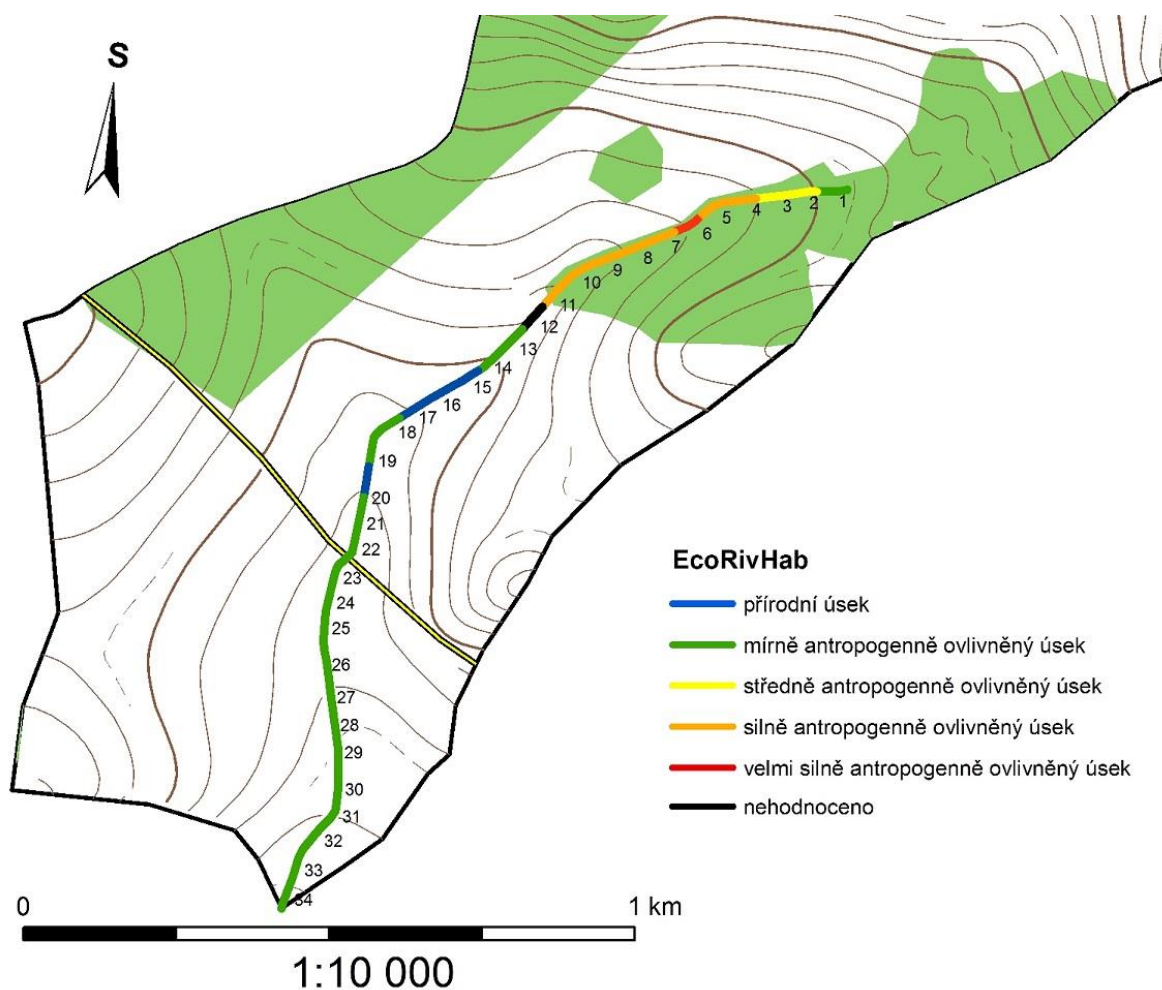
V průběhu toku se na Sviňovickém potoce vyskytují všechny jakostní třídy metody RBP. Úseky v horním segmentu toku byly charakterizovány na mezní úrovni z důvodu nezohlednění betonové úpravy koryt metodikou RBP (viz kapitola 6.3.1.). Jako kritické byly vyhodnoceny pouze úseky 6 a 7, které se vyznačují přímým průběhem trasy koryta se souvislým betonovým opevněním (viz obr. 38). Na dolním toku se většina úseku nacházela na bodovém rozhraní mezi úrovněmi „velmi kvalitní“ a „optimální“. Z tohoto důvodu došlo k častému střídání výsledné úrovně mezi sousedními úseky (viz obr. 11). Celý potok byl vyhodnocen jako vodní tok s optimální úrovní. Celkový výsledek je ovlivněn převahou podílu revitalizované části na celkové délce toku.



Obr. 11 Vyhodnocení kvality fyzického habitatu metodou RBP. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, ZABAGED a terénní průzkum

Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků (EcoRivHab)

Metoda EcoRivHab má optimálně nastaveno bodové hodnocení. Většina hodnocených úseků nebyla na hranici mezi dvěma stupni – jako tomu bylo u metodiky RBP – ale byla jednoznačně zařazena do jednoho z ekomorfologických stupňů. Výjimkou byl střední tok, kde většina úseků byla na bodovém rozhraní přírodního a mírně antropogenně ovlivněného úseku. Hodnocení celého toku zobrazuje obr. 12. EcoRivHab byla jediná z aplikovaných metodik, která odlišila lepší úroveň habitatu na úsecích č. 2 a 3 horního toku. Důvodem mohl být vliv rozvolněných betonových desek, menšího zahloubení a vyvinutých doprovodných vegetačních pásů. Celkově byl celý Sviňovický potok vyhodnocen jako mírně antropogenně ovlivněný, což je stejně jako v případě metody RBP způsobeno převahou revitalizované části potoka.

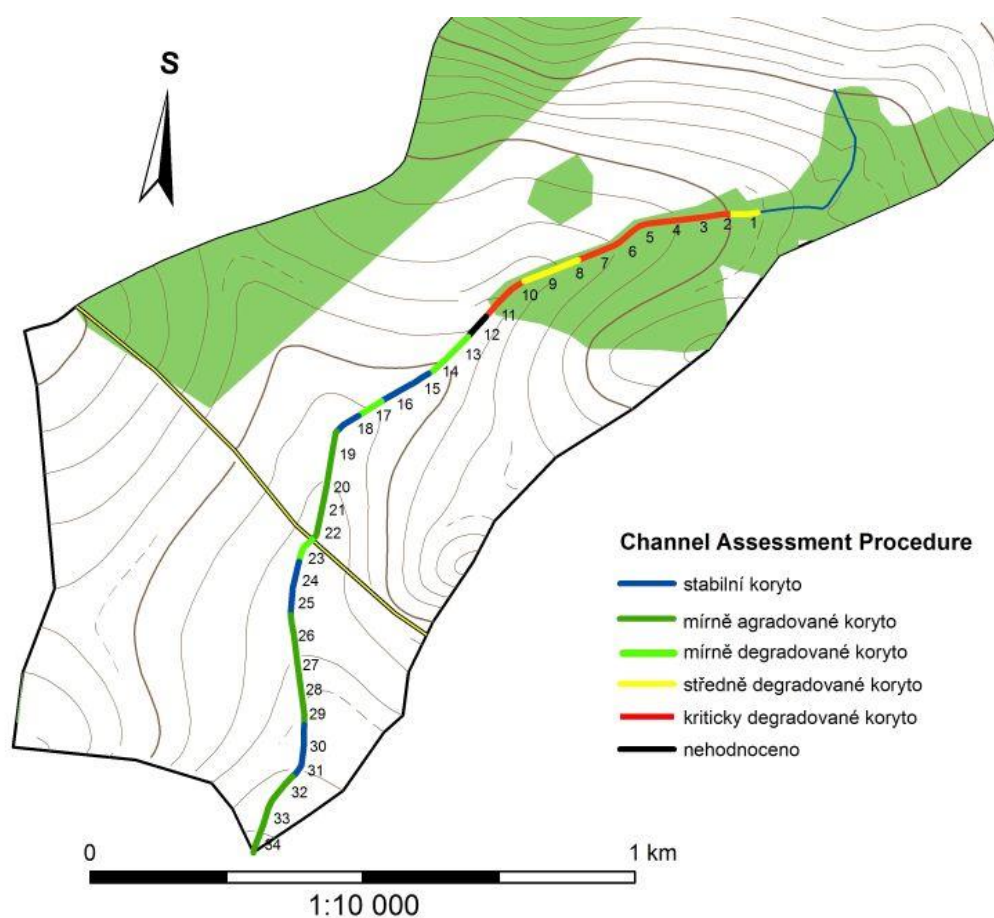


Obr. 12 Vyhodnocení kvality fyzického habitatu metodou EcoRivHab. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, ZABAGED a terénní průzkum

Channel Assessment Procedure (CAP)

Metodika CAP na rozdíl od ostatních aplikovaných metod hodnotila pouze stabilitu říčního koryta. Hodnocení celého toku zobrazuje obr. 13. Lidské zásahy do morfologie Sviňovického potoka byly patrné i na stabilitě koryta. V horním segmentu potoka se vybetonování koryta projevilo ve výsledném hodnocení jako převážně kriticky degradované koryto, jelikož k ukládání akumulací zde dochází výhradně v tůních vytvořených dřevní hmotou nebo rozvolněním betonových bloků. Na středním a dolním toku se antropogenní vliv projevila v oblastech křížení potoka s hospodářskými komunikacemi a silnicí. Nad silnicí dochází k akumulaci materiálu, proto úseky č. 19 až 22 mají mírně agradovaný charakter, zatímco úsek č. 23 je poznamenán rychlým prouděním po výtoku z betonového propustku pod mostem a je hodnocen jako mírně degradovaný.

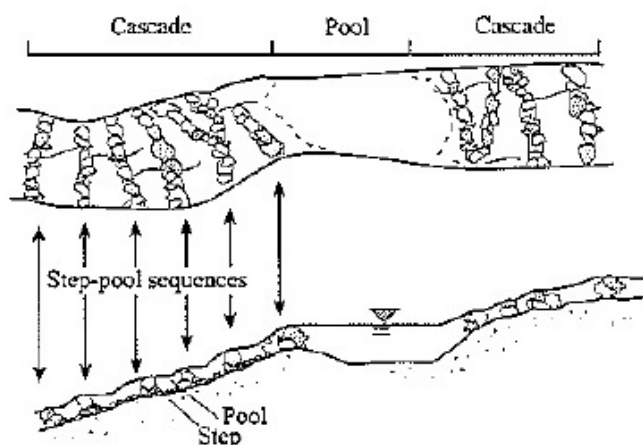
Na dolním toku se převládají akumulční procesy nad erozními a koryto má mírně agradovaný charakter. Celý Sviňovický potok je dle hodnocení metodiky CAP z 28,5 % nestabilní. Podíl středně a kriticky degradovaných koryt tvoří téměř třetinu vodního toku. Tento výsledek odpovídá charakteru potoka, jelikož středně a kriticky degradovaná koryta se vyskytují v celé délce horního toku, který má na celkové délce toku přibližně třetinový podíl. Středně a kriticky agradovaná koryta se na potoce nevyskytují. Mírně degradovaná a mírně agradovaná koryta klasifikuje metoda jako téměř stabilní.



Obr. 13 Vyhodnocení stability koryta metodou CAP. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, ZABAGED a terénní průzkum

6.3.1. Antropogenně ovlivněný horní tok

Úseky označené čísly 1 až 11 reprezentují segment toku ponechaný v antropogenně ovlivněném stavu. Výsledky aplikovaných metodologií v této části potoka shrnuje tabulka 5. Metoda CAP celý segment charakterizovala jako morfologický typ cascade-pool (viz obr. 14), což jsou stupňovité kaskády peřejí (cascade) střídající se s tůňmi (pool). Dnový substrát je ve všech měřených úsecích identifikován jako valouny. U všech úseků byla vyhodnocena důležitá funkce mrtvého dřeva na morfologii koryta (viz obr. 34). Všechny metody identifikovali fyzický habitat v tomto segmentu jako kritický. Metoda RBP oproti EcoRivHab nehodnotí tuto část toku tak přísně, jelikož betonovou úpravu břehů hodnotí jako stabilní břehy, což je důsledkem nedostatečného uzpůsobení metodiky RBP na podmínky modifikovaných drobných vodních toků. Metoda EcoRivHab na horním toku nejvyšším počtem bodů hodnotí nepřítomnost stupňů. Při vyhodnocování metody EcoRivHab nebyl hodnocen parametr pohyblivost břehů, který se v případě opevněných koryt nevyhodnocuje.



Obr. 14 Morfologie koryta malých toků tvaru cascade-pool. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Vyšší úroveň kvality habitatu na horním toku dosáhly pouze úseky, v nichž došlo k rozvolnění betonových desek, nebo byl tok přehrazen naplavenou dřevní hmotou. Mrtvé dřevo bylo důležitou součástí hodnocení metody CAP, a dřevní akumulace byly příčinou lepšího hodnocení úseků č. 1, 8 a 9 metodologií CAP. Podobu akumulovaného mrtvého dřeva na Sviňovickém potoce zobrazuje obr. 37. Úseky č. 1, 8 a 9 byly lépe vyhodnoceny i metodami RBP a EcoRivHab. Výsledek je důsledkem vytvoření tůní přehrazením koryta dřevní hmotou, což zvýšilo variabilitu říčního habitatu. V průměru se na každém úseku vyskytuje jedna peřejnatá struktura a jedna tůň. Celkem se na celé antropogenně upravené části potoka nachází pět větších tůní zakončených drobným stupněm

s přirozeným obtokem. Bodování doprovodných vegetačních pásů a především příbřežní zóny bylo negativně ovlivněno významným zahloubením toku, které na celém horním úseku toku znemožňuje vyběžení větších vod. Plochy na pravém břehu úseků č. 1 – 5 slouží jako pastviny, na úsecích č. 6 – 11 se vyskytuje les s nepřirozenou druhovou skladbou a plochy ležící ladem. Na levém břehu všech úseků horního toku se vyskytuje les s nepřirozenou druhovou skladbou. Výjimkou je levý břeh úseku č. 1, na kterém se nachází mokřad.

Úsek č. 1 byl všemi metodami klasifikován nejlépe, jelikož betonová dlažba je zde nejvíce poškozena, což společně s výskytem dřevní hmoty způsobilo vytvoření čtyř menších tůní, které akumulují unášený materiál a přispívají k zvýšení variability hloubek a rychlosti proudění. Naopak nejhůře vyhodnocené byly úseky č. 6 a 7, které jsou charakteristické přímým průběhem trasy koryta se souvislým betonovým opevněním, stálou rychlostí proudění a žádným výskytem akumulací (viz obr. 38). Úsek č. 12 reprezentuje dlouhé zatrubnění pod hospodářskou komunikací (viz obr. 39) a není hodnocen.

Tabulka 5: Výsledky terénního průzkumu na antropogenně upraveném horním toku. Zdroj: terénní průzkum

číslo úseku	morfologie koryta (CAP)	RBP	EcoRivHab	CAP
1	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	2	2	D2
2	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	3	D3
3	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	3	D3
4	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	4	D3
5	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	4	D3
6	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	4	5	D3
7	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	4	4	D3
8	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	4	D2
9	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	4	D2
10	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	4	D3
11	cascade-pool (valouny) - mrtvé dřevo	3	4	D3

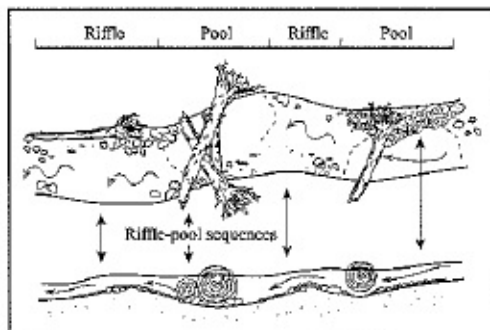
Úrovně RBP: 1 – velmi kvalitní, 2 – optimální, 3 – mezní, 4 – kritická.

Úrovně metody EcoRivHab: 1 – přírodní úsek, 2 – mírně antropogenně ovlivněný úsek, 3 – středně antropogenně ovlivněný úsek, 4 – silně antropogenně ovlivněný úsek, 5 – velmi silně antropogenně ovlivněný úsek.

Úrovně metody CAP: D3 – kriticky degradované koryto, D2 – středně degradované koryto, D1 – mírně degradované koryto, S – stabilní koryto, A1 – mírně agradované koryto, A2 – středně agradované koryto, A3 – kriticky agradované koryto.

6.3.2. Revitalizovaný střední segment toku

Úseky označené čísly 13 až 22 se nacházejí v revitalizované střední části potoka, vymezené propustkem pod hospodářským přejezdem a končící mostem silnice č. 165. Výsledky metod shrnuje tabulka 6. Metoda CAP morfologii středního toku charakterizovala jako riffle-pool, tedy peřejnaté úseky (riffle) střídající se s tůňmi (pool). Výsledky použitých metod jsou ze všech tří hodnocených segmentů toku vzájemně nejvíce odpovídající. S výjimkou prvního úseku pod propustkem (úsek č. 13), který byl charakterizován dnovým substrátem valouny, jsou všechny úseky vymezeny jako štěrkopískové. Zhloubení potoka je velmi malé až žádné (viz obr. 40). Výjimkou jsou úseky č. 13 a 14, ovlivněné vyústěním potoka z propustku a jedním přemostěním. Příbřežní zóna je na celém středním toku využívána jako pastviny a koryto umožňuje vybřežení velkých vod. Průměrně se v každém úseku vyskytují dvě tůně a tři peřejnaté struktury. Střední tok tedy nemá charakter pravidelného střídání peřeje – tůň – peřeje – tůň, ale peřejnaté struktury se vyskytují i vícekrát za sebou, především v přímých úsecích. Průběh trasy koryta je mírně zákrutový a nedochází k výraznějšímu meandrování. Koryto je přírodního charakteru, jedinou antropogenní úpravou je opevnění břehů vloženými kameny na úseku č. 14 a 15 (viz obr. 41).



Obr. 15 Morfologie koryta malých toků tvaru riffle-pool. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Od úseku č. 18 směrem k silnici postupně ubývá počet tůní a peřejnatých struktur, což se projevilo na mírně agradovaném charakteru koryta (vyhodnoceno metodou CAP) a o stupeň horším hodnocením metody RBP. Variabilita proudění zde byla zvyšována akumulacemi drobné dřevní hmoty. Většina úseků tak má všechny čtyři rychlosti proudění (metoda RBP rozlišuje proudění rychlé hluboké, rychlé mělké, pomalé hluboké a pomalé mělké). Pouze v úsecích č. 19 až 22 se nevyskytovalo rychlé hluboké proudění. Vliv antropogenní činnosti na úseky středního toku je především v oblasti doprovodných vegetačních pásů, jelikož okolní pastviny se směrem k silnici více přibližují k břehům

potoka. Koryto má přírodě blízký charakter, přičemž jedinými většími antropogenními zásahy jsou dva mosty, pod nimiž proudí tok betonovým propustkem (viz obr. 42) nebo zatrubněním a jeden brod pro dobytek, který způsobil velmi výrazné rozlití vod v úseku č. 17.

Nejlépe byly všemi metodami klasifikovány úseky č. 15 a 16, které se vyznačují relativně mělkým korytem, doprovodnými vegetačními pásy s průhledy na koryto a příbřežní zónou umožňující rozlití vod. K dosažení úrovně stabilního koryta metodou CAP přispěly drobné dřevní akumulace, přispívající k větší diverzitě hloubek a rychlostí proudění.

Tabulka 6: Výsledky terénního průzkumu na revitalizovaném středním segmentu toku.

Zdroj: terénní průzkum

číslo úseku	morfologie koryta (CAP)	RBP	EcoRivHab	CAP
13	riffle-pool (valouny)	1	2	D1
14	riffle-pool (štěrkopísek)	1	2	D1
15	riffle-pool (štěrkopísek)	1	1	S
16	riffle-pool (štěrkopísek)	1	1	S
17	riffle-pool (štěrkopísek)	1	1	D1
18	riffle-pool (štěrkopísek)	2	2	S
19	riffle-pool (štěrkopísek)	2	2	A1
20	riffle-pool (štěrkopísek)	2	1	A1
21	riffle-pool (štěrkopísek)	2	2	A1
22	riffle-pool (štěrkopísek)	2	2	A1

6.3.3. Revitalizovaný dolní segment toku

Dolní tok je reprezentován úseky označenými čísly 23 až 34. Výsledky metod shrnuje tabulka 7. Vymezení segmentu je od křížení se silnicí po soutok se Zbytinským potokem. Metoda CAP opět celý úsek charakterizovala jako riffle-pool. Rozdílem je převažující typ substrátu, který se ze štěrkopísku postupně mění na valouny. Přechod byl zaznamenán vyhodnocením metodologií CAP i EcoRivHab. Potok má v tomto segmentu větší tendenci k meandrování a v hlubinných úsecích s pomalým prouděním dochází k výraznému ukládání akumulací, které v největší tůni, nacházející se v úseku č. 32, dosahují až deseticentimetrové mocnosti. Rychlosti proudění jsou velmi variabilní, většina úseků v dolním segmentu potoka má všechny čtyři druhy proudění (vyhodnoceno metodou RBP), což podporuje ukládání sedimentů v hlubinných tůních a odnos sedimentů z rychlých peřejnatých úseků. Valouny, vyhodnocené metodou CAP jako charakteristický typ substrátu charakteru proudění odpovídají. V závislosti na velikosti tůní s uloženými

akumulacemi dosahovalo koryto stabilní, nebo mírně agradované úrovně. Nejvýraznější změny v kvalitě říčního habitatu jsou způsobeny mostem silnice 165 a třemi hospodářskými přejezdy, pod kterými potok protéká betonovým propustkem. Jednotlivé úseky dolního segmentu toku jsou si vzájemně nejvíce podobné a například metoda EcoRivHab vyhodnotila všechny jako mírně antropogenně ovlivněné. Rozdíly jsou mezi výsledky jednotlivých metodologií. Metoda RBP vyhodnotila šest úseků jako velmi kvalitních a šest jako optimálních a CAP dokumentuje vývoj koryta od mírně degradovaného přes stabilní až k mírně agradovanému.

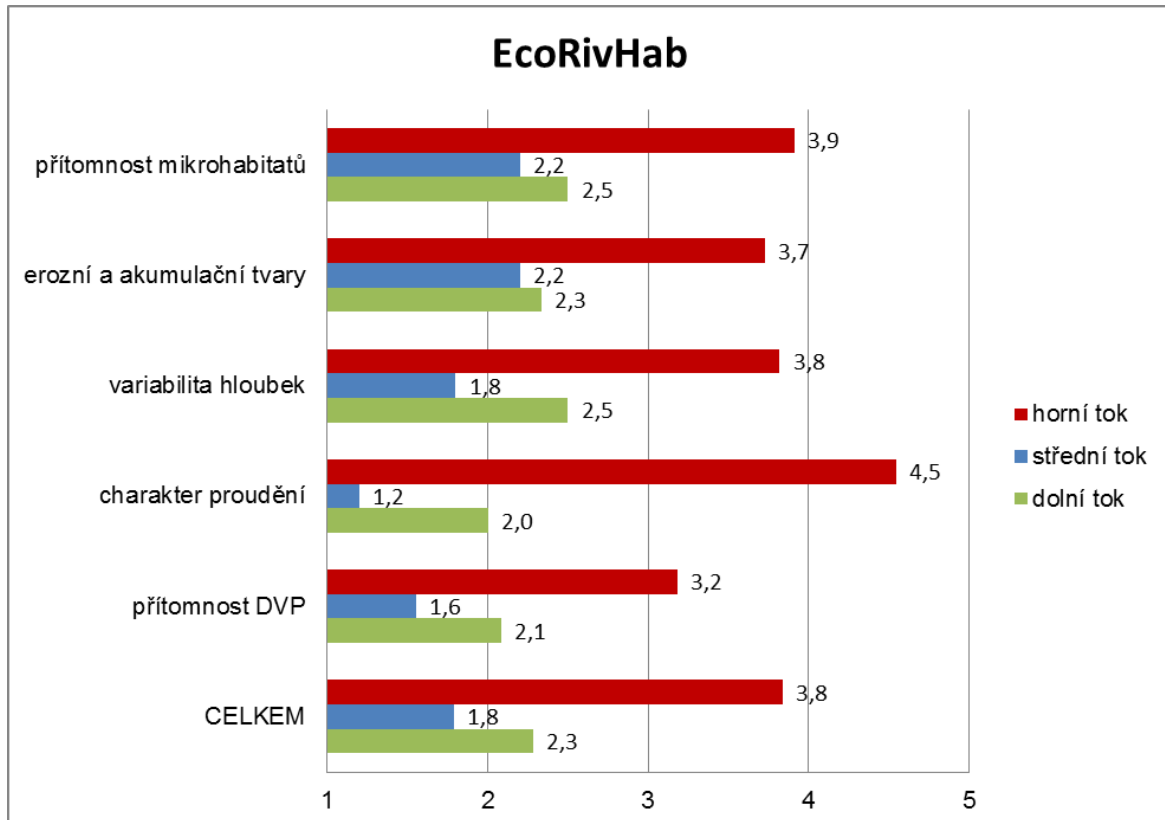
Průměrně se v každém úseku vyskytují dvě peřejnaté struktury a tři tůň. Stejně jako ve středním segmentu potoka zde nedochází k pravidelnému střídání peřeje – tůň – peřeje – tůň, rozdílem je však převaha hlubinných tůní. Variabilitu proudění zvyšovala přítomnost měkké vegetace v korytě a občasné akumulace drobné dřevní hmoty. Příčinou horšího hodnocení metody EcoRivHab je jen částečný výskyt doprovodných vegetačních pásů, okolní pastviny často zasahují až téměř k břehům potoka. V několika úsecích byla také přítomna ruderalní vegetace. Před soutokem se Zbytinským potokem (v úsecích č. 32 až 34) má tok zákrutový průběh trasy. Patrné je větší ukládání akumulací v tůních. Příčinou je zpomalení rychlosti proudění z důvodu menšího sklonu (nevyskytuje se zde typ rychlého mělkého proudění) v širším a hlubším korytě.

Tabulka 7: Výsledky terénního průzkumu na revitalizovaném dolním segmentu toku. Zdroj: terénní průzkum

číslo úseku	morfologie koryta (CAP)	RBP	EcoRivHab	CAP
23	riffle-pool (štěrkopísek)	2	2	D1
24	riffle-pool (valouny)	1	2	S
25	riffle-pool (valouny)	2	2	S
26	riffle-pool (štěrkopísek)	1	2	A1
27	riffle-pool (štěrkopísek)	2	2	A1
28	riffle-pool (valouny)	2	2	A1
29	riffle-pool (štěrkopísek)	1	2	A1
30	riffle-pool (valouny)	2	2	S
31	riffle-pool (valouny)	2	2	S
32	riffle-pool (valouny)	1	2	A1
33	riffle-pool (valouny)	1	2	A1
34	riffle-pool (valouny)	1	2	A1

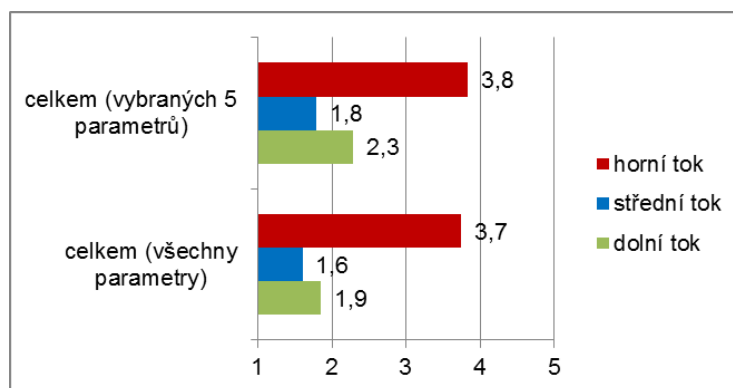
6.4. Vyhodnocení vybraných hydromorfologických parametrů

Obr. 16 a 18 shrnují vyhodnocení vybraných parametrů metod EcoRivHab a RBP. U metody EcoRivHab byly za nejdůležitější parametry zvoleny: přítomnost mikrohabitatů (hodnotící výskyt mrtvého dřeva v korytě, diverzitu substrátu a akumulaci detritu či listí), výskyt erozních a akumulačních tvarů, variabilita hloubek se zřetelem na střídání tůní a peřejnatých struktur, diverzita charakteru proudění a přítomnost doprovodných vegetačních pásů (DVP). Doprovodné vegetační pásy byly hodnoceny pro každý břeh zvlášť, a výsledná hodnota byla získána průměrem hodnot obou břehů. Všechny parametry metody EcoRivHab jsou hodnoceny v intervalu od 1 (nejlepší výsledek) do 5 (nejhorší výsledek) a čísla v grafech uvádějí výslednou jakostní třídu daného parametru. Z obr. 16 je patrný nejkvalitnější stav habitatu na středním toku, který ve všech pěti parametrech dosahuje nejlepších výsledků. Jakostní třídy č. 1 nedosáhl střední tok pouze v hodnocení přítomnosti mikrohabitatů a výskytu erozních a akumulačních tvarů. Výsledky dolního toku jsou ve všech pěti parametrech velmi vyrovnané, a potvrzují zařazení všech úseků dolního segmentu do druhé jakostní třídy metody EcoRivHab (viz obr. 12). Čtyři sledované parametry byly na horním toku klasifikovány do jakostní třídy 3, charakter proudění do třídy 4.



Obr. 16 Nejdůležitější parametry metody EcoRivHab. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 17 dokládá vhodné zvolení pěti vybraných parametrů, jelikož výsledný průměr těchto pěti hodnot je ve všech třech zkoumaných segmentech toku velice podobný průměru hodnot všech 31 parametrů hodnocených metodou EcoRivHab. Z toho vyplývá vysoká vypovídající schopnost nejdůležitějších parametrů o celkovém stavu habitatu daného úseku.



Obr. 17 Porovnání průměru hodnot vybraných pěti parametrů s celkovou hodnocenou jednotlivých segmentů toku. Zdroj: terénní průzkum

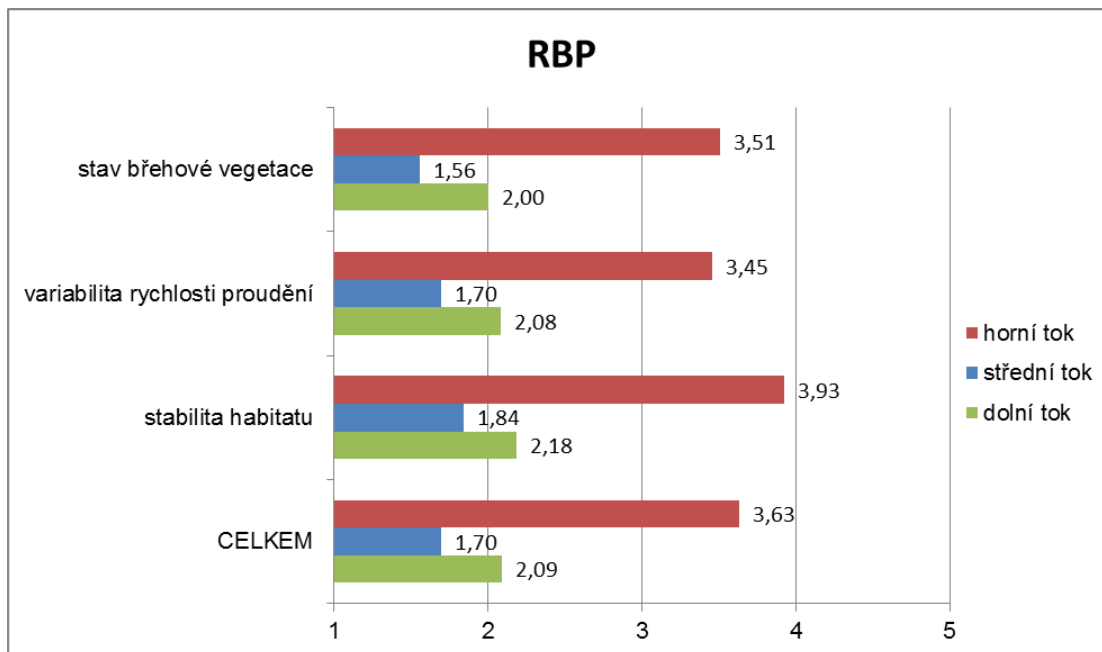
V případě metodiky RBP, která vyhodnocuje pouze deset parametrů, byly za nejdůležitější vybrány tři charakteristiky (viz obr. 18). Zvolené parametry jsou: stav břehové vegetace (v mapovacím formuláři též označována jako rostlinná ochrana, jelikož je hodnocena míra stínění toku břehovou vegetací), variabilita rychlosti proudění rozlišující čtyři typy proudění (viz kapitola 6.3.2.) a stabilitu habitatu, kde je hodnocen potenciál habitatu k osídlení. Metoda RBP používá k zařazení do jakostních tříd bodovou stupnici 0 – 20 bodů, čímž se liší od metodiky EcoRivHab, která je vyhodnocována na stupnici 1 – 5, kde 1 značí nejlepší úroveň a 5 nejhorší. Pro lepší vzájemné porovnání výsledků byly bodové hodnoty metody RBP převedeny na stupnici 1 až 5. Z tohoto důvodu jsou hodnoty uvedeny s jedním desetinným místem navíc. Na přepočítání byla použita rovnice:

$$y = -\frac{x}{5} + 5 ;$$

kde x je bodové hodnocení parametru metodou RBP a y je výsledná hodnota na stupnici 1 až 5

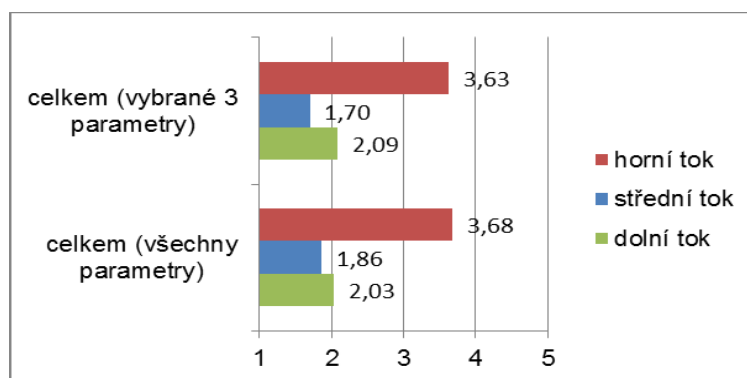
Obr. 18 dokládá, že zvolené tři charakteristiky mají v jednotlivých segmentech toku podobnější výsledky, než tomu bylo v případě pěti vybraných parametrů EcoRivHab. Nejlépe je hodnocen stav břehové vegetace a nejhůře stabilita habitatu. Úseky středního toku dosahují ve všech parametrech jakostní třídy 1, dolní tok třídy 2 a antropogenně

ovlivněný horní tok třídy 3. Výsledky odpovídají celkovému zařazení jednotlivých úseků všech tří segmentů.



Obr. 18 Nejdůležitější parametry metody RBP. Zdroj: terénní průzkum

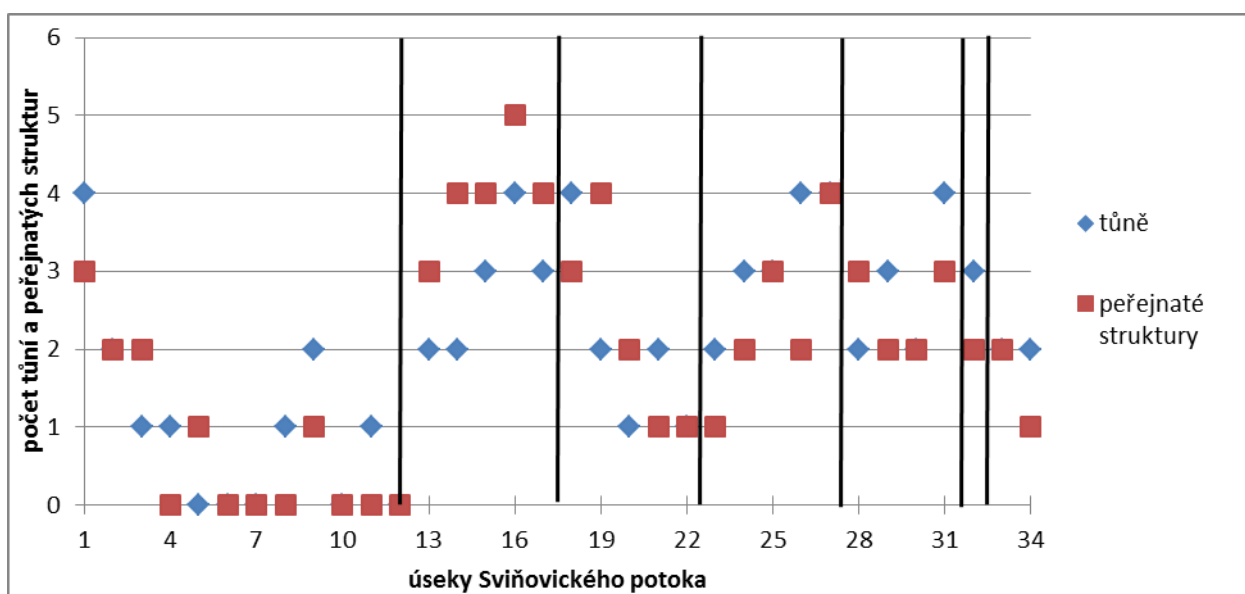
Obr. 19 dokládá větší podobnost mezi průměrnou hodnotou vybraných parametrů a celkovou hodnotou všech tří segmentů Sviňovického potoka, než tomu bylo u metody EcoRivHab. Důvodem je větší komplexnost české metody, která několika parametry boduje koryto, břehovou zónu i údolní nivu, čímž vznikají větší rozdíly ve zjištěné kvalitě fyzického habitatu.



Obr. 19 Porovnání průměrné hodnoty tří zvolených parametrů s celkovou hodnotou jednotlivých segmentů toku. Zdroj: terénní průzkum

6.5. Vývoj toku v podélném směru

Detailní mapování říčního habitatu umožnilo zachytit vývoj jednotlivých charakteristik v průběhu vodního toku. Obr. 20 dokumentuje podélný vývoj výskytu tůní a peřejnatých struktur. Černé linie symbolizují betonové propustky pod mosty. Vliv propustků na morfologii toku dokládá nižší četnost sledovaných struktur v úsecích, které následují za propustkem. Nejmenší výskyt tůní a peřejnatých struktur je na horním toku. Příčinou je provedená antropogenní úprava koryta (viz kapitola 6.3.1.). Nejvyšší četnost výskytu peřejnatých struktur je ve středním segmentu, kde se vyskytují i vícekrát za sebou a nedochází k pravidelnému střídání peřejnatých struktur s tůněmi. Před soutokem se Zbytinským potokem peřejnatých struktur ubývá a stoupá podíl tůní, jelikož proudění v tomto segmentu má pomalejší charakter.

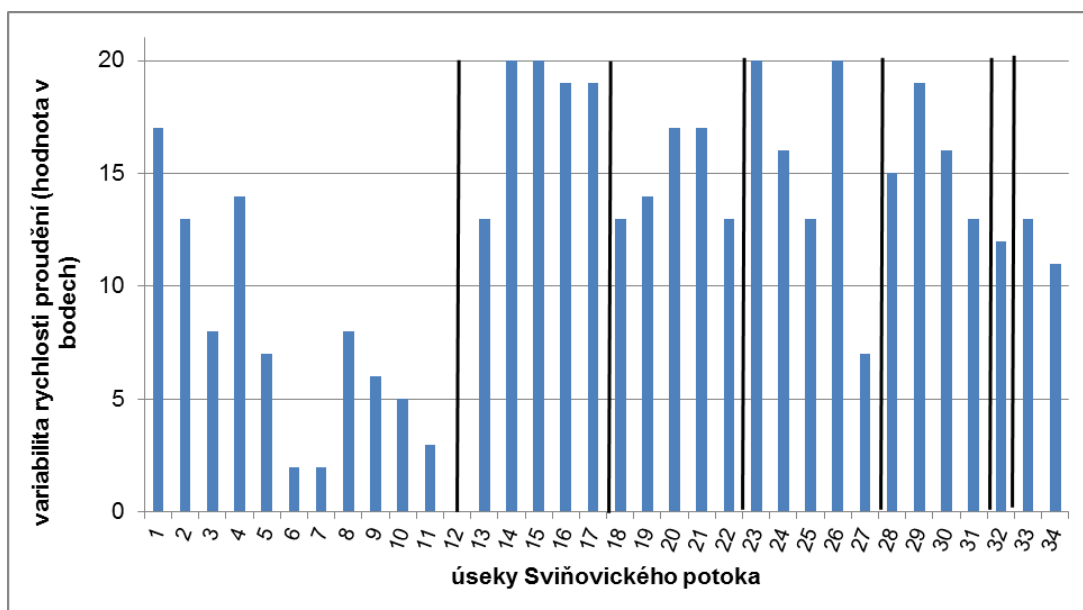


Obr. 20 Vývoj počtu tůní a peřejnatých struktur v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

Vývoje charakteristik na obr. 21, 22 a 23 potvrzují výsledky komplexního hodnocení jednotlivých hydromorfologických metod, které jsou popsány v kapitole 6.3. Změny výsledné úrovně jednotlivých parametrů jsou velmi podobné změnám celkového hodnocení segmentů toku. Podoba grafů svědčí o obdobném vývoji různých parametrů v průběhu toku. Vertikální osy znázorňují hodnotu na stupnici 0 až 20 bodů. Tyto body byly každému úseku uděleny během terénního mapování metody RBP.

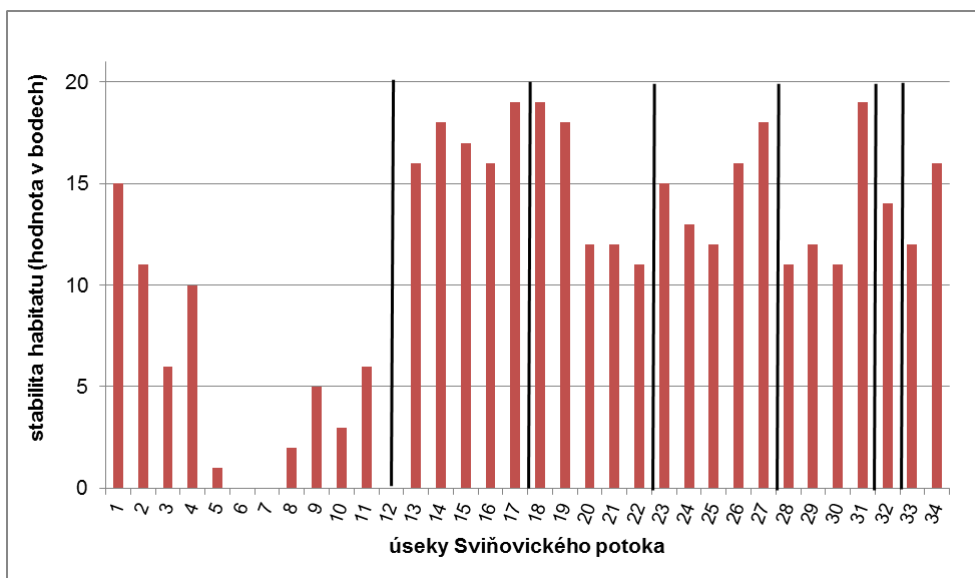
Variabilita rychlosti proudění (viz obr. 21) je výrazně ovlivněna přítomností betonových propustků v korytě. V úsecích, které po propustku následují, hodnota klesá o několik bodů. Výjimkou je úsek č. 13, který následuje po antropogenně ovlivněné části a

z tohoto důvodu má vyšší hodnocení než předchozí úseky a úsek č. 28, který má vyšší variabilitu proudění než předchozí úsek č. 27. Důvodem je ovlivnění rychlosti proudění v úseku č. 27 vlivem betonového propustku, který způsobil zpomalení proudění.



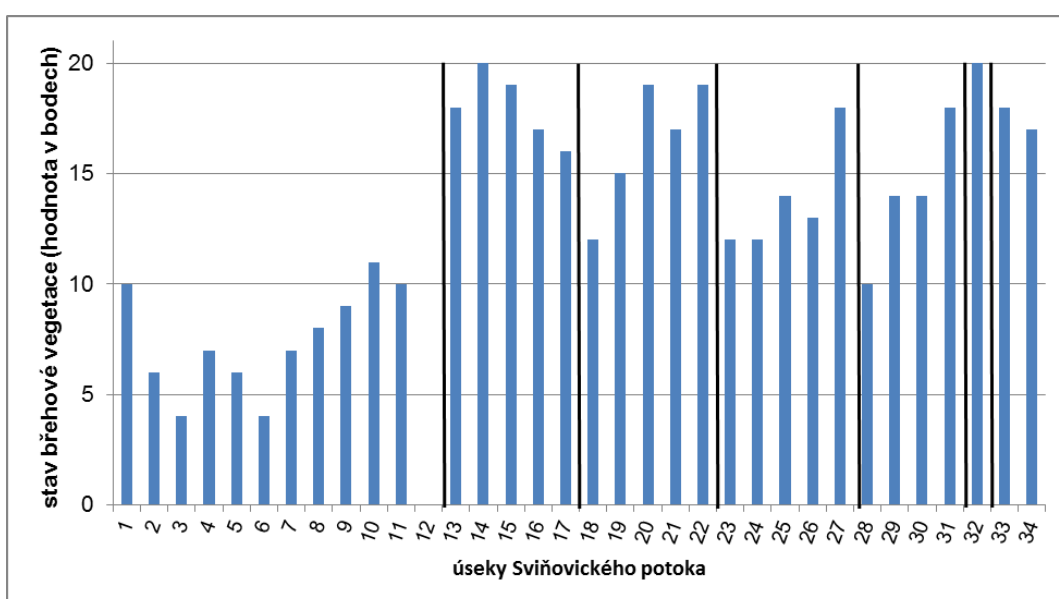
Obr. 21 Vývoj variability rychlosti proudění v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

Nejvyšší rozkolísanost má obr. 22, jelikož stabilita habitatu, hodnotící potenciál úseku k osídlení vodními ekosystémy, je v antropogenně ovlivněné části velice nízká a naopak v revitalizované části dosahuje v průměru patnácti bodů. Vývoj stability habitatu (viz obr. 22) i variability rychlosti proudění (viz obr. 21) je ovlivněn značnou kvalitou úseku č. 1, který dosahuje identických hodnot jako revitalizované úseky. To neplatí pro stav břehové vegetace (viz obr. 23), který se na horním toku pohybuje pod deseti body a na středním a dolním toku naopak nad deseti body. Stabilita habitatu je, podobně jako variabilita rychlosti proudění, ovlivněna betonovými propustky. Jedinou výjimkou – mimo úseku č. 13, který byl popsán v předchozím odstavci – je úsek č. 23. Vyšší potenciál habitatu k osídlení než v předcházejícím úseku je způsoben mírnou agradací koryta (vyhodnoceno metodou CAP) v úseku č. 22. Vodní tok není betonovými propustky ovlivněn pouze v úsecích po proudu, ale i v úsecích nad propustky.



Obr. 22 Vývoj stability a pravděpodobnosti osídlení habitatu v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

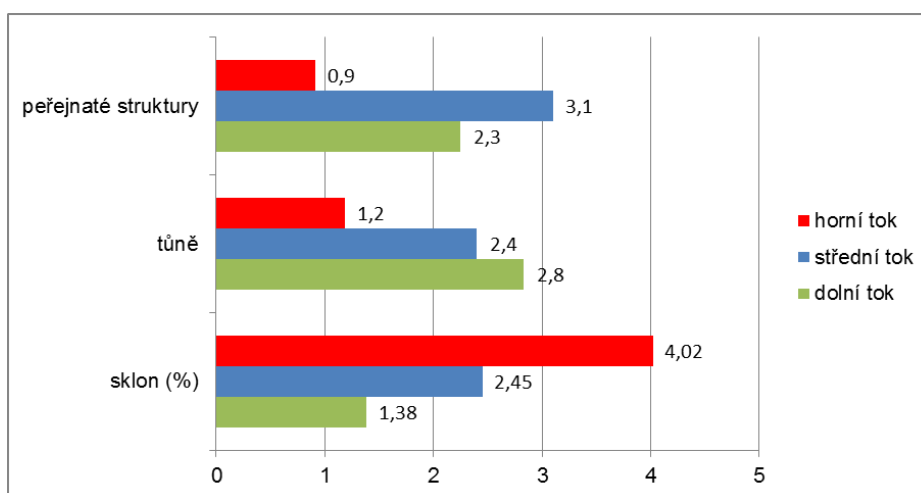
Břehová vegetace je v průběhu toku ovlivňována především vzdáleností antropogenně využívaných ploch, jelikož v některých úsecích se pastviny přibližují až téměř ke břehům vodního toku, a nevyskytuje se zde stromové ani keřové patro. Nejvyšších hodnot dosahují úseky na počátku revitalizace a úseky před soutokem se Zbytinským potokem, jelikož se zde vyskytuje výraznější stromový pás. Nedostatkem provedené revitalizace je neúplná obnova břehové vegetace. Při hodnocení stavu břehové vegetace překročilo hranici patnácti bodů pouze 60 % revitalizovaných úseků (viz obr. 23).



Obr. 23 Vývoj stavu břehové vegetace v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

6.6. Vliv sklonu na vývoj toku

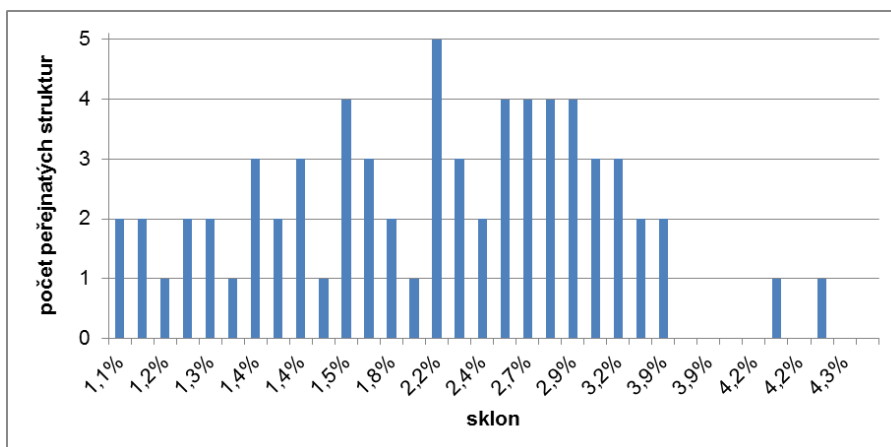
Obr. 24 udává průměrný počet peřejnatých struktur a tůní v každém úseku všech tří zkoumaných segmentů toku a zároveň podává informaci o průměrném sklonu jednotlivých segmentů. Nejmenší výskyt peřejnatých struktur a tůní je v horní antropogenně ovlivněné části koryta. Horní segment toku se vyznačuje téměř dvojnásobným sklonem než střední tok a jediným způsobem vytvoření tůně ve vybetonovaném korytě je přehrazení mrtvým dřevem nebo rozvolněním betonových desek. Na středním toku převažují peřejnaté struktury, které jsou v každém úseku průměrně tři. V dolním segmentu toku převažují tůně, které se téměř v každém úseku vyskytují tři. Důvodem je zpomalující proudění v podélném průběhu společně s formacemi mrtvého dřeva. V dolním segmentu dochází k pravidelnému ukládání akumulací.



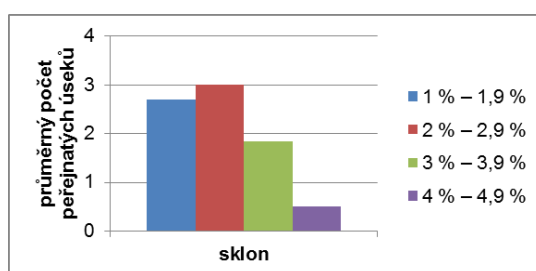
Obr. 24 Průměrný výskyt peřejnatých struktur a tůní a sklon jednotlivých segmentů toku.

Zdroj: terénní průzkum

Obr. 25 a 26 zobrazují průměrný výskyt peřejnatých struktur v závislosti na sklonu koryta. Nejvyšší průměrný počet peřejnatých struktur se nachází v úsecích toku se sklonem v rozmezí 2,2 % až 2,9 %. Naopak nejmenší výskyt je v úsecích se sklonem nad 3,9 %. V případě sklonu převyšujícího 3,9 % je mnoho úseků s nulovým výskytem peřejnatých struktur. Tento výsledek však může být negativně ovlivněn charakterem těchto úseků, které jsou silně antropogenně ovlivněné.

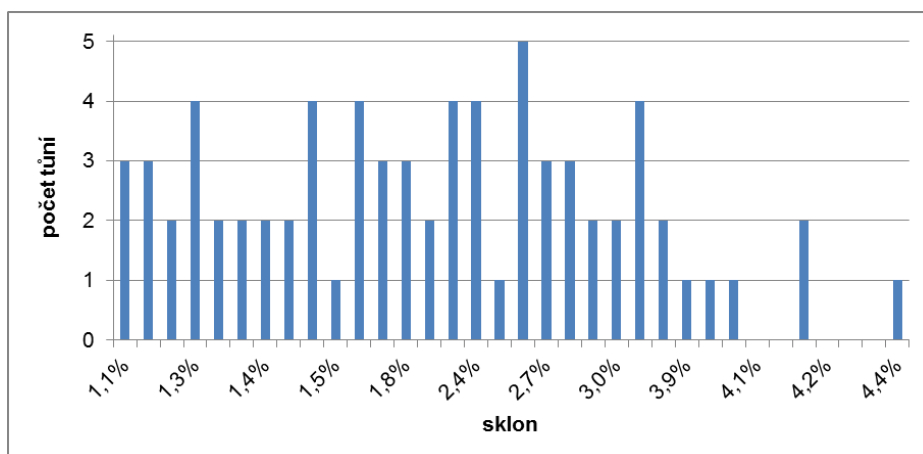


Obr. 25 Počet přejetných struktur v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

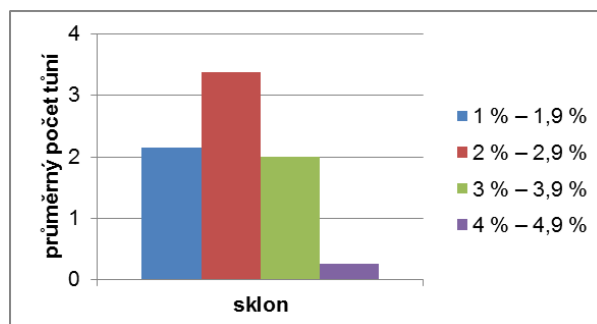


Obr. 26 Průměrný výskyt přejetných struktur v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 27 a 28 zobrazují závislost průměrného výskytu tůní na sklonu koryta. Nejvyšší výskyt tůní byl v rozmezí 2,2 % až 2,7 %, což je velice podobné rozmezí výskytu přejetných struktur. Další podobností je rozmezí nejmenšího výskytu, který i v případě tůní je u úseků se sklonem přesahujícím 4 %. Graf na obr. 27 je tvarem srovnatelný s grafem na obr. 25. Tyto podobnosti dokazují významnou spojitost mezi vytvářením přejetných struktur a tůní, které se ve zkoumaném korytě vyskytují společně.



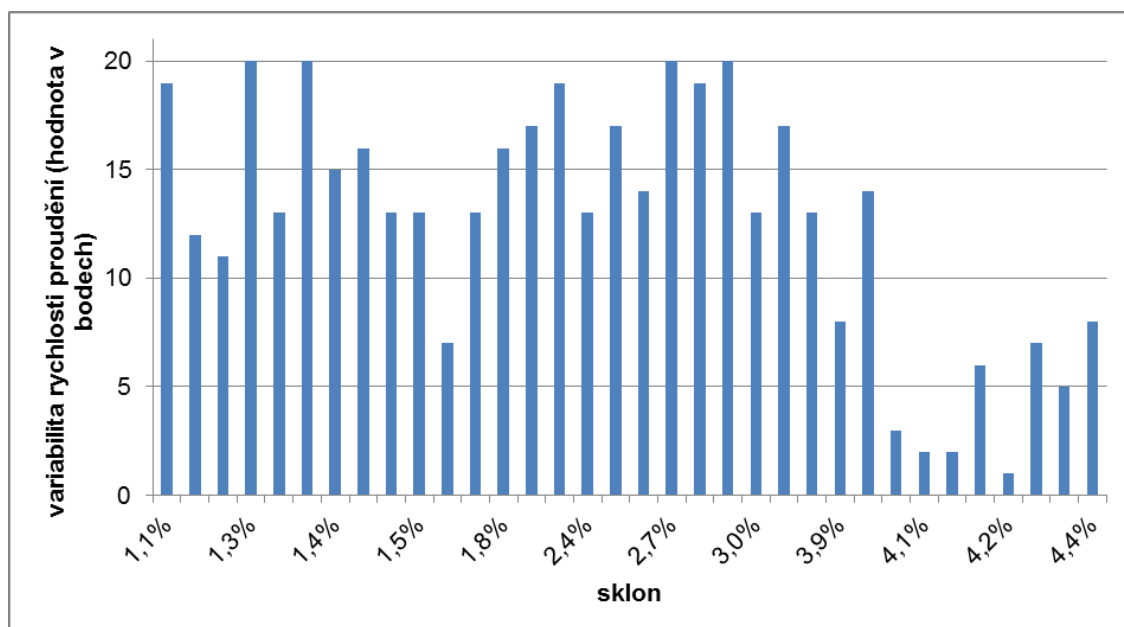
Obr. 27 Počet tůní v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum



Obr. 28 Průměrný výskyt tůní v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Závislost variability rychlosti proudění na sklonu

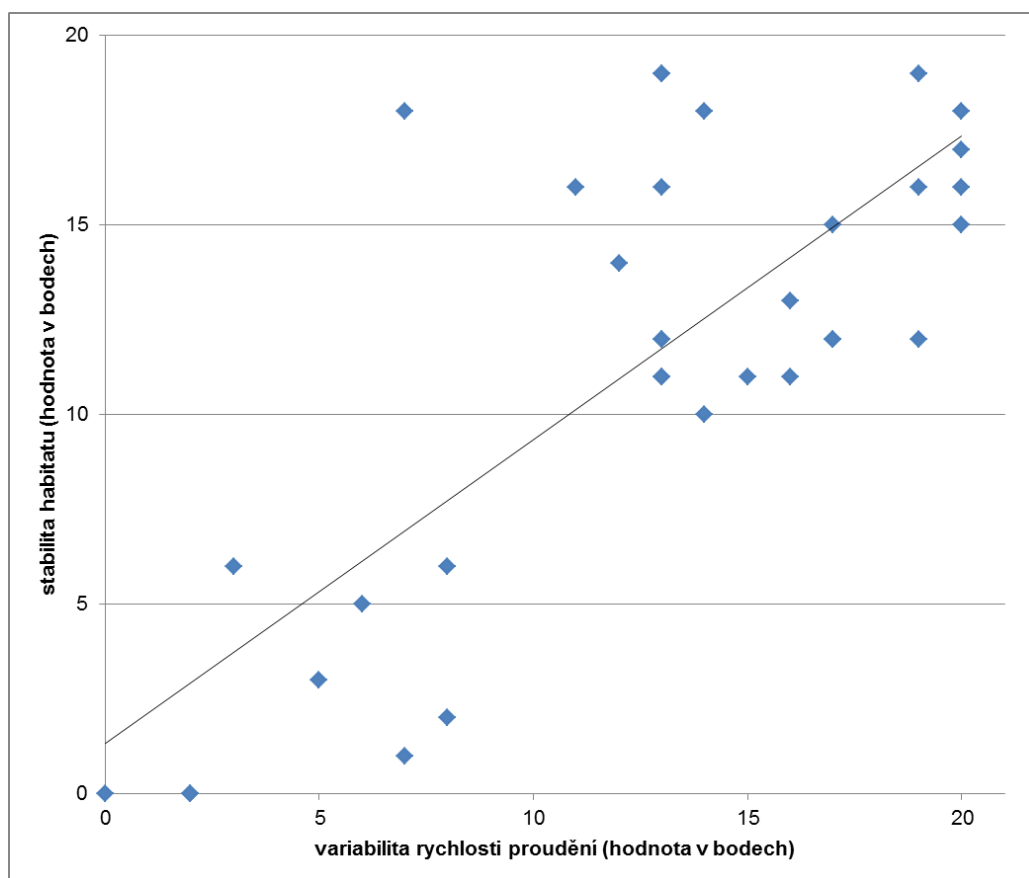
Obr. 29 zobrazuje vliv sklonu na různorodost proudění v úseku koryta. Variabilita rychlosti proudění je vyjádřena v bodech na stupnici 0 – 20, přičemž dvacet bodů dosahují úseky s přítomností všech čtyř typů proudění, které rozlišuje metodika RBP (viz kapitola 6.3.2.). Nejvyšší variabilita rychlostí je v rozmezí 1,8 % až 3,2 %, což koresponduje s výsledky četnosti peřejnatých struktur a tůní, které se s rozložením rychlosti proudění vzájemně ovlivňují. Nejmenší variability dosahují úseky se sklonem větším než 4 %. Vývoj variability rychlostí se stoupajícím sklonem na obr. 29 odpovídá vývoji četnosti peřejnatých struktur a tůní (viz obr. 25 a 27).



Obr. 29 Závislost variability rychlosti proudění na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Závislost stability habitatu na variabilitě rychlosti proudění

Proměnlivost rychlosti proudění má jednoznačný vliv na charakter dna. V rámci stability habitatu byl hodnocen potenciál oblasti pro osídlení, který stoupá se zvětšující se proměnlivostí prostředí. Mezi bodovými hodnotami obou charakteristik byl vypočten Spearmanův korelační koeficient. Výsledná hodnota koeficientu je 0,6767, závislost vytvoření vhodného habitatu pro osídlení na variabilitě rychlosti proudění byla prokázána. Obr. 30 zobrazuje vztah mezi oběma parametry v oblasti Sviňovického potoka. Graf potvrzuje obecný trend a z prokázané závislosti vyplývá, že s různorodějším prouděním je vytvářeno kvalitnější prostředí pro vodní ekosystémy.



Obr. 30 Závislost stability habitatu na variabilitě rychlosti proudění. Zdroj: terénní průzkum

7. Diskuze

Aplikované metody mají shodné některé charakteristiky. Všechny například detailně hodnotí koryto vodního toku, což by dle Rankina (1995) měla být součástí všech metodologických přístupů, které se zabývají říčním habitatem. Významný vliv měla také přítomnost mrtvého dřeva v korytě, kterou zmiňují Elosemi a kol. (2011). Především metoda CAP kladla na výskyt dřevní hmoty důraz, v případě metodik RBP a EcoRivHab byl pozitivní vliv mrtvého dřeva v korytě patrný z lepšího hodnocení úseků, v kterých došlo k výraznější akumulaci. Absence břehové vegetace byla jednou z příčin horšího hodnocení úseků dolního segmentu potoka, což je v souladu s poznatky Thomsona a kol. (2001) a Gregoryho a kol. (1991), kteří ve svých pracích popisují velký význam břehové vegetace pro říční ekosystémy.

Porovnání ukázalo, že každá metodologie obsahuje několik důležitých charakteristik, které mají velký vliv na celkovou kvalitu habitatu. Tyto charakteristiky odpovídají proměnným, které dle Rosgena (1994) zásadně ovlivňují morfologickou stabilitu koryta. Jde o šířku a hloubku koryta, rychlost proudění, průtok, sklon, drsnost materiálu, odnos sedimentů a velikost ukládaných částic. Diverzita habitatu v průběhu toku stoupá s rostoucími rozdíly v kvalitě zmíněných parametrů.

Metody RBP a EcoRivHab hodnotí diverzitu habitatu podobným přístupem. Rozdíl mezi metodikami spočívá v množství použitých parametrů. EcoRivHab hodnotí 31 charakteristik, zatímco RBP pouze deset. Metoda EcoRivHab je z tohoto důvodu více komplexní a poskytuje detailnější výsledné hodnocení, neboť je dělena na pět jakostních tříd. RBP má výsledné třídy čtyři. Výhodou aplikování více přístupů zároveň je lepší vyhodnocení dílčích parametrů, které jsou metodám společné. Například v důsledku podrobného měření hloubek pro vyhodnocení metodiky CAP došlo ke kvalitnímu vyhodnocení dvou parametrů metody EcoRivHab – střední hloubky profilu a variability hloubek spojené se střídáním tůní a peřejnatých struktur. Fernándéz a kol. (2011) kritizují přístup kvalitativních metod, jelikož poskytují subjektivní bodové ohodnocení skupiny charakteristik fyzického habitatu a nekvantifikují jejich výskyt nebo vzájemné vztahy. Dodávají však, že detailní kvantifikace charakteristik fyzického habitatu je potřebná primárně pro pochopení fyzických procesů, které formují strukturu a složení říčního habitatu, nebo pro vytvoření spolehlivých modelů, které stanovují vhodnost habitatu pro rozdílné biologické organismy. Pokud jde pouze o přibližné hodnocení kvality fyzického habitatu, čistě kvalitativní metody jsou k použití stejně vhodné jako metody, založené na

mnohonásobném kvantitativním měření. Výhodou aplikování kvalitativních metodik je výrazná úspora času (Hughes a kol., 2010).

Výsledky praktické části práce jednoznačně vyhodnotily kvalitnější říční habitat v úseku potoka s provedenými revitalizačními opatřeními. Pozitivní vliv revitalizace na kvalitu říčního habitatu potvrzují ve své práci také např. Panek a kol. (2008). Drobný rakouský tok Liesingbach se, podobně jako Sviňovický potok, vyznačoval vybetonovaným korytem a kritickou ekologickou úrovní v rámci hydromorfologických podmínek, říční bioty a břehové vegetace. Revitalizační úpravy výrazně zvýšily variabilitu hloubek a šířek koryta a vysázené pobřežní rostliny pozitivně ovlivnily kvalitu habitatu stíněním koryta. Výsledné zlepšení kvality habitatu bylo prokázáno zvýšením druhové rozmanitosti v korytě, jelikož nově vytvořené struktury byly rychle osídleny.

Při hodnocení Sviňovického potoka byla patrná uzpůsobenost metody EcoRivHab na hodnocení vodních toků oblasti střední Evropy. Metoda RBP vyvinutá ve Spojených státech amerických obsahuje parametry, které například vybetonování koryt hodnotí jako přírodně stabilní břeh. Důvodem je, že metoda není určena pro antropogenně modifikovaná koryta, jelikož v urbanizovaných oblastech USA jsou využívány speciální metodické přístupy. Obdobně metodika CAP vyhodnotila napřímené úseky vybetonovaného koryta jako morfologický typ cascade-pool se substrátem šterkopísek, jelikož není uzpůsobena na napřímená koryta bez výskytu dnového materiálu na nepřerušovaném betonovém podkladu. Důležitost spojitosti mezi hodnocenou oblastí a aplikovanou metodou zmiňuje ve své práci Rankin (1995). Případně porovnání kvality habitatu dvou vodních toků, nacházejících se ve zcela odlišných podmínkách, pomocí dvou různých metodologií, uzpůsobených na lokální podmínky, poskytuje relevantnější výsledky, než aplikování jedné metodologie (Rankin, 1995). Evropská unie se vydanou normou EN 14614 snaží sjednotit charakteristiky hodnocení kvality fyzického habitatu na území Evropské unie tak, aby na celém území byly výsledky vzájemně srovnatelné, avšak aby každá z oblastí měla vlastní metodiku, uzpůsobenou k hodnocení lokálních podmínek.

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo třemi hydromorfologickými metodami vyhodnotit kvalitu fyzického habitatu Sviňovického potoka, který byl v minulosti podroben antropogenním úpravám, a později byla na části toku provedena revitalizace. Výběr použitých metodik vhodně demonstroval rozdíly mezi středoevropským přístupem (metoda EcoRivHab) a severoamerickým přístupem (metody RBP a CAP). I přes patrné odlišnosti mezi metodologiemi byly výsledky vzájemně srovnatelné. Většina hodnocených úseků horního toku byla charakterizována jako kritická a silně antropogenně ovlivněná a úseky středního a dolního toku byly bez výjimky vyhodnoceny jako přírodní, nebo téměř přírodní úseky, podléhající malému antropogennímu vlivu. Rozdíl kvality říčního habitatu mezi horním segmentem potoka a revitalizovanou částí byl identifikován nejen všemi aplikovanými metodikami, ale diverzita habitatu byla zdokumentována také detailním vyhodnocením několika hydromorfologických parametrů. Porovnání vybraných parametrů s celkovými výsledky prokázalo, že každá metodologie má několik podstatných charakteristik, které jsou pro určení kvality habitatu zásadní. Závěrem je, že pro kvalitu habitatu je důležitá variabilita hloubek a rychlosti proudění, výskyt erozních a akumulčních tvarů, existence mikrohabitátů (např. akumulace detritu, listů a mrtvého dřeva v korytě) a přítomnost doprovodných vegetačních pásů s přirozenou druhovou skladbou. Diverzita habitatu v průběhu toku stoupá s rostoucími rozdíly v kvalitě zmíněných parametrů.

Práce potvrdila významný vliv sklonu koryta na vývoj vodního toku. Se stoupající hodnotou sklonu docházelo k menšímu vytváření peřejnatých struktur i tůní. Dále byla prokázána závislost variability rychlosti proudění na sklonu koryta. Jelikož variabilita rychlosti proudění ovlivňuje další charakteristiky říčního habitatu, lze sklon považovat za jeden ze základních faktorů fluvialně-morfologického vývoje.

Terénní průzkum potvrdil přispění revitalizačních opatření k výraznému zvýšení kvality fyzického habitatu vodních toků. Podobnost výsledků použitých metodik potvrzuje význam koryta vodního toku, protože metoda CAP hodnotila pouze úroveň stability koryta a její výsledky jsou velmi podobné komplexním metodám RBP a EcoRivHab, které hodnotí i další složky fyzického habitatu, jako jsou doprovodné vegetační pásy a inundační území. Pro budoucí vývoj Sviňovického potoka je důležité dokončení revitalizačních opatření i na horním toku. Revitalizace by zvýšila zadržovací schopnost horního segmentu toku, a tím předešla rychlému odtoku větších průtoků, který zvýšeným odnosem poškozuje úseky na začátku revitalizovaného úseku. Nedostatečnou retenci

horního toku potvrzuje větší počet erozních tvarů na počátku středního segmentu. V menší míře než na horním toku se antropogenní vliv na potok projevuje pod mosty komunikací, kde voda protéká betonovým propustkem nebo zatrubněním a blízkostí pastvin, které na mnoha úsecích zasahují až téměř ke břehům vodního toku. Nedostatkem provedené revitalizace je neúplná obnova břehové vegetace, kterou ve 40 % úseků středního a dolního toku tvoří pouze zatravnění s ruderální vegetací a invazními druhy.

Práce dále prokázala důležitost spojitosti mezi hodnocenou oblastí a aplikovanou metodou. Důvodem je nastavení klasifikovaných parametrů a rozdílnost referenčních podmínek pro každou z oblastí. Tento závěr nepodporuje tendence zavést jednotný hodnotící přístup pro příliš velká území (například na úrovni Evropské unie), protože nedostatečným uzpůsobením metodiky dochází ke zkreslenému hodnocení.

9. Seznam zdrojů

- ALBRECHT, J. a kol. (2003): Českobudějovicko. In: Mackovčín, P. a Sedláček, M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.
- ALLABY, M. (2010): A Dictionary of Ecology. 4. vydání. Oxford University Press, New York, 432 s.
- Amoros, C. (2001). The Concept of Habitat Diversity Between and Within Ecosystems Applied to River Side-Arm Restoration. *Environmental Management*, 28, č. 6, s. 805-817
- ARCDATA PRAHA (2003): ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, Praha
- BARAS, E. a kol. (1996): Importance of gravel bars as spawning grounds and nurseries for European running water cyprinids. In: Leclerc, M. a kol. (eds): *Ecohydraulics 2000: 2nd International Symposium on Habitat Hydraulics*. INRS-Eau, Quebec, s. 367–378
- BARBOUR, M. T. a STRIBLING, J. B. (1994): Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities. In *Proceedings of Biological Criteria: Research and Regulation*. U.S. EPA, Office of Science and Technology, Arlington, Virginia, s. 25–38
- BARQUÍN, J. a MARTÍNEZ-CAPEL, F. (2011): Assessment of physical habitat characteristics in rivers, implications for river ecology and management. *Limnetica*, 30, č. 2, s. 159–168
- BRITISH COLUMBIA. MINISTRY OF FORESTS (1996): Channel assessment procedure field guidebook. Victoria, B. C.: Ministry of forests, 95 s.
- ELOSEGI, A. a kol. (2010): Effects of hydromorphological integrity on biodiversity and functioning of river ecosystems. *Hydrobiologia*, 657, s. 199–215
- ELOSEGI, A. a kol. (2011): The importance of local processes on river habitat characteristics: A Basque stream case study. *Limnetica*, 30, č. 2, s. 183–196
- ENVIRONMENT AGENCY (2003): River Habitat Survey in Britain and Ireland – Field Survey Guidance Manual, 74 s.
- FERNÁNDEZ, D. a kol. (2011): A review of river habitat characterisation methods: indices vs. characterisation protocols. *Limnetica*, 30, č. 2, s. 217–234

- GREGORY, S. V. a kol. (1991): An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 40, s. 540–551
- HARPER, D. M. a kol. (1992): Habitats as the building block for river conservation assessment. In: BOON, P. J. a kol. (eds): *River conservation and Management*. Wiley, Chichester. s. 311–319
- HORNÍK, S. a kol. (1986): *Fyzická geografie II.*, 1. vydání, Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 320 s.
- HUGHES, R. M. a kol. (2010): An evaluation of qualitative indexes of physical habitat applied to agricultural streams in ten U.S. states. *Journal of the American Water Resources Association*, 46, č. 4, s. 792–806
- HUJSLOVÁ, J. (2010): *Dynamika revitalizovaného koryta Sviňovického potoka*. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 78 s.
- JENSEN, K. a kol. (2006): Restoration ecology of river valleys. *Basic and Applied Ecology*, 7, č. 5, s. 383–387
- JOWETT, I. (1997): Instream flow methods: a comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13, č. 2, s. 115–127
- JUST, T. a kol. (2005): *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*, Český svaz ochránců přírody, MŽP ČR, Praha, 359 str.
- KARR, J. R. a kol. (1986): *Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale*. Illinois Natural History Survey, Illinois, 28 s.
- KLIMENT, Z. a kol. (b. r.): *Sledování dynamiky fluviálně-morfologického vývoje zrevitalizovaného koryta Sviňovického potoka*.
- KNIGHTON, D. (1948): *Fluvial Forms and Processes*. Edward Arnold, Londýn, 218 s.
- LAMPERT, W., SOMMER, U. (2007): *Limnoecology*. 2. vydání. Oxford University Press, New York, 336 s.
- MADDOCK, I. (1999): The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 41, č. 2, s. 373–391
- MATOUŠKOVÁ, M. (2008): *Ekohydrologický monitoring vodních toků: v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES*. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, 210 s.

- MÁČKA, Z. (2011). Fluviální geomorfologie. Texty z cyklu přednášek [online]. Brno: Masarykova univerzita. Dostupné z www: <http://is.muni.cz/el/1431/podzim2013/Z0026/um/17567509/?lang=cs> [cit. 8. 4. 2014]
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Monitoring vod [online]. Dostupné z www: http://www.mzp.cz/cz/monitoring_vod [cit. 11. 4. 2014]
- PANEK K. a kol. (2008): Monitoring results of revitalisation measures on an urban lowland river (Liesingbach, Vienna, Austria). Fourth ECRR konference on River Restoration, s. 837 – 847 [online]. Dostupné z www: http://www.restoreivers.eu/Portals/27/Publications/Proceedings/Fourth%20ECRR%20conference%20on%20River%20Restoration_LoRes.pdf [cit. 10. 8. 2014]
- PETERS, R. H. (1991): A critique for ekology. Cambridge University Press, New York, 336 s.
- RANKIN, E. T. (1995): Habitat indices in water resource quality assessments. In: Davis, W. S. a Simon, T. P. (eds): *Biological assessment and criteria: Tools for water resource planning and decision making*. Lewis Publishers, Boca Raton, s. 181–208
- RICKLEFS, R. E. (2008): Disintegration of the ecological community. *The American Naturalist*, 172, s. 741–750
- ROSGEN, D. L. (1994): A classification of natural rivers. *Catena*, 22, č. 3, s. 169–199
- STALNAKER, C. (1979): The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat. In: Ward, J. V. a Stanford J. A. (Eds): *The Ecology of Regulated Streams*. Plenum Press, London. s. 398. Cit. In: MADDOCK, I. (1999): The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 41, č. 2, s. 373–391
- SURIAN, N. (2002): Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of control and processes. *Geomorfology*, 43, č. 1–2, s. 137–149
- THOMSON, J. R. a kol. (2001): Geomorphological framework for river characterization and habitat assessment. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11, s. 373–389
- TOLASZ, R. a kol. (2007): Atlas podnebí Česka. ČHMÚ a Univerzita Palackého, 1. vydání, Praha a Olomouc, 256 s.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2012): Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish - Second Edition, [online]. Dostupné z www: <http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rsi/bioassessment/> [cit. 6. 7. 2014]

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (2006a): A02 – vodní tok (jemné úseky) [online]. Dostupné z www: <http://www.dibavod.cz/> [cit. 10. 6. 2014]

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (2006b): A07 – hydrologické členění – povodí IV. řádu [online]. Dostupné z www: <http://www.dibavod.cz/> [cit. 10. 6. 2014]

WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2005): Overview of the WFD [online]. Dostupné z www: <http://www.waterframeworkdirective.wdd.moa.gov.cy/docs/pdf/wfd.pdf> [cit. 11. 4. 2014]

WALLACE, J. B. a kol. (2001): Large woody debris in a headwater stream: long-term legacies of forest disturbance. *International Review of Hydrobiology*, 86, s. 501–513

WRIGHT, J. F. a kol. (1994): Use of macroinvertebrate communities to detect environmental stress in running waters. In: Sutcliffe, D. W. (ed.): *Water quality and stress indicators in marine and freshwater systems: linking levels of organisation*. Freshwater Biological Association, Ambleside UK, s. 15-34.

10. Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Změna rychlosti proudění s hloubkou. Zdroj: Knighton, 1984

Obr. 2 Změna rychlosti proudění v průřezu přírodních koryt. Zdroj: Knighton, 1984

Obr. 3 Vertikální tlak na jednotlivé částice dna. Zdroj: Knighton, 1984

Obr. 4 Změny fyzického habitatu jako výsledek přidání mrtvého dřeva do koryta. Horní nákres znázorňuje tok před přidáním kmenů (červenec 2007), prostřední nákres těsně po přidání dřeva (únor 2008) a dolní ukazuje lokalitu o rok a půl později (červenec 2009). Šířka toku neodpovídá měřítku a je upravena pro větší zřetelnost změn habitatu. Zdroj: Elosegi a kol., 2011

Obr. 5 Jeden z diagnostických klíčů Channel Assessment Procedure. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook.

Obr. 6 Lokalizace povodí Sviňovického potoka v nadřazeném povodí potoka Zbytinského. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze a ZABAGED

Obr. 7 Rozložení průměrných vodních stavů v průběhu hydrologického roku. Černá linie zobrazuje průměrný vodní stav za celé sledované období (roky 2007 až 2013). Zdroj: Data KFGG PŘF UK

Obr. 8 Vývoj vodních stavů během hodnocených let v jednotlivých měsících hydrologického roku. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

Obr. 9 Detailní zobrazení měsíčních vodních stavů se spojnicí trendu. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

Obr. 10 Četnost výskytu jakostních tříd aplikovaných metod. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

Obr. 11 Vyhodnocení kvality fyzického habitatu metodou RBP. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, ZABAGED a terénní průzkum

Obr. 12 Vyhodnocení kvality fyzického habitatu metodou EcoRivHab. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, ZABAGED a terénní průzkum

Obr. 13 Vyhodnocení stability koryta metodou CAP. Zdroj: data ArcČR verze 2.0, digitální geografická databáze, ZABAGED a terénní průzkum

Obr. 14 Morfologie koryta malých toků tvaru cascade-pool. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Obr. 15 Morfologie koryta malých toků tvaru riffle-pool. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Obr. 16 Nejdůležitější parametry metody EcoRivHab. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 17 Porovnání průměru hodnot vybraných pěti parametrů s celkovou hodnocenou jednotlivých segmentů toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 18 Nejdůležitější parametry metody RBP. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 19 Porovnání průměrné hodnoty tří zvolených parametrů s celkovou hodnotou jednotlivých segmentů toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 20 Vývoj počtu tůní a peřejnatých struktur v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 21 Vývoj variability rychlosti proudění v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 22 Vývoj stability a pravděpodobnosti osídlení habitatu v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 23 Vývoj stavu břehové vegetace v průběhu toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 24 Průměrný výskyt peřejnatých struktur a tůní a sklon jednotlivých segmentů toku. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 25 Počet peřejnatých struktur v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 26 Průměrný výskyt peřejnatých struktur v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 27 Počet tůní v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 28 Průměrný výskyt tůní v závislosti na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 29 Závislost variability rychlosti proudění na sklonu koryta. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 30 Závislost stability habitatu na variabilitě rychlosti proudění. Zdroj: terénní průzkum

Obr. 31 Zařazení habitatu mezi hlavní faktory ovlivňující biologickou neporušenost říčního toku. Zdroj: Rankin, 1995

Obr. 32 Zařazení úseku č. 34 do morfologie koryta za použití diagnostického klíče. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Obr. 33 Hladinoměr se záznamovou jednotkou M4016. Zdroj: Hujšlová, 2010

Obr. 34 Určení vlivu mrtvého dřeva na morfologii koryta. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Obr. 35 a 36 Zatrubnění toku pod lesní komunikací, vlevo počátek zatrubnění odvodňující bažinu a vpravo výtok zatrubnění a počátek hodnoceného úseku. Zdroj: vlastní fotografie

Obr. 37 a 38 Vlevo dřevní akumulace vytvářející hlubinný úsek na antropogenně ovlivněném toku, vpravo souvislé betonové opevnění. Zdroj: vlastní fotografie

Obr. 39 a 40 Vlevo zatrubnění toku pod hospodářskou komunikací, v mapě značeno jako úsek č. 12. a vpravo minimální zahloubení toku ve střední části. Zdroj: vlastní fotografie

Obr. 41 a 42 Vlevo úprava břehu vložení kamenů a vpravo betonový propustek pod mostem se silnicí. Zdroj: vlastní fotografie

Obr. 43 Pracovní formulář metody Rapid Bioassessment Protocol, stránka č. 1

Obr. 44 Pracovní formulář metody Rapid Bioassessment Protocol, stránka č. 2

Obr. 45 Pracovní formulář metody EcoRivHab, stránka č. 1

Obr. 46 Pracovní formulář metody EcoRivHab, stránka č. 2

Obr. 47 Pracovní formulář metody EcoRivHab, stránka č. 3

Obr. 48 Pracovní formulář metody Channel Assessment Procedure, stránka č. 1

Obr. 49 Pracovní formulář metody Channel Assessment Procedure, stránka č. 2

Obr. 50 Vyhodnocení pracovních formulářů metody RBP

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vliv rychlosti proudění na typ materiálu dna. Zdroj: Lampert a Sommer, 2007

Tabulka 2 Klasifikační třídy metody RBP po porovnání s hodnotou referenčních podmínek

Tabulka 3: Morfologie koryta rozlišované metodou CAP. Zdroj: Channel Assessment Procedure Field Guidebook

Tabulka 4 Klasifikační třídy metody EcoRivHab. Zdroj: Matoušková, 2008

Tabulka 5: Výsledky terénního průzkumu na antropogenně upraveném horním toku. Zdroj: terénní průzkum

Tabulka 6: Výsledky terénního průzkumu na revitalizovaném středním segmentu toku. Zdroj: terénní průzkum

Tabulka 7: Výsledky terénního průzkumu na revitalizovaném dolním segmentu toku. Zdroj: terénní průzkum

Tabulka 8: Výsledky terénního průzkumu, použitých hydromorfologických metod. Zdroj: terénní průzkum