

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
Katedra fyzické geografie a geoekologie

studijní program Geografie
studijní obor Geografie a kartografie



Kateřina Marouřková

Hydromorfologický průzkum jako podklad pro návrh revitalizačních opatření.
Aplikace v modelovém povodí Rakovnického potoka.

Hydromorphological survey as a basis for restoration measures.
Case study of the Rakovník Brook catchment.

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: RNDr. Milada Matouřková, Ph.D.

Praha, 2014

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

V Praze, 10.5.2014

.....
Kateřina Maroušková

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí práce RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a cenné rady a připomínky poskytnuté při jejím zpracování. Dále bych chtěla poděkovat všem institucím za poskytnutí potřebných dat a informací. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a příteli za pomoc při terénním průzkumu a podporu při studiu.

Zadání bakalářské práce

Název práce: Hydromorfologický průzkum jako podklad pro návrh revitalizačních opatření. Aplikace v modelovém povodí Rakovnického potoka.

Cíle práce:

Hlavním cílem práce je využití metod hydromorfologického průzkumu pro optimalizaci návrhů revitalizačních opatření a zvýšení diverzity fyzického habitatu vodních toků.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje:

- rešerše zahraniční a domácí odborné literatury týkající se hydromorfologického průzkumu a současných trendů návrhů revitalizačních opatření vodních toků v kulturní krajině
- fyzickogeografická charakteristika a specifika odtokového režimu zájmového povodí
- shrnutí dosavadního ekohydrologického průzkumu v zájmovém povodí
- aplikace metodiky HEM (Langhammer, 2007, 2013) na středním a dolním toku Rakovnického potoka
- vytipování vhodných úseků pro návrh revitalizačních a biotechnických opatření s cílem zvýšení kvality a diverzity fyzického habitatu nížinných vodních toků

Datové zdroje: odborná literatura (WOS – např. časopisy Restoration Ecology, River Research and Application, Applied Ecology, SCOPUS, ScienceDirect, Geobase, domácí odborná periodika), mapové a distanční datové podklady, digitální databáze, informace od správců toků, terénní průzkum.

Datum zadání: 18. 11. 2013

Jméno studenta: Kateřina Maroušková

Podpis studenta:

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

Podpis vedoucího práce:

Abstrakt

Tato práce se zabývá využitím metod hydromorfologického průzkumu a aplikací metody hydroekologického monitoringu HEM (Langhammer, 2007, 2013) v modelovém povodí dolního toku Rakovnického potoka. Práce prezentuje výsledky terénního průzkumu a slouží jako podklad pro identifikaci poškozených úseků a navrhuje vhodná revitalizační opatření pro tyto úseky za účelem zlepšení jejich celkového ekohydromorfologického stavu a zvýšení fyzického habitatu toku. Rakovnický potok představuje kontrast mezi téměř přírodními úseky vodního toku, které nalezneme především v Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko a mezi úseky, které jsou velice výrazně ovlivněny antropogenní činností, zejména zemědělskou a průmyslovou. Na základě výsledků terénního průzkumu a provedené rešerše odborné literatury bylo povodí Rakovnického potoka klasifikován jako povodí s okamžitou potřebou aplikace komplexních revitalizačních opatření.

Klíčová slova: hydromorfologie, vodní tok, antropogenní modifikace, fluvialní morfologie, revitalizace

Abstract

This thesis deals with use of hydromorphological assessment methods and the application of the Hydroecological monitoring HEM (Langhammer, 2007, 2013) method in the model basin of lower part of Rakovnický potok stream. This thesis presents results of the terrain survey and based on this results, the parts with poor ecomorphological conditions should be identified and restoration measures should be suggested to improve the hydromorphological quality and physical habitat of Rakovnický potok stream. This stream represents both almost natural parts of the catchment in Křivoklátsko Landscape Protected Area as well as parts which are influenced by human activities, especially by the agriculture and the industry. Due to the results of applied terrain survey and literature research, it was suggested to apply complex restoration in the whole area of Rakovnický potok basin immediately.

Keywords: hydromorphology, water course, human modification, fluvial morphology, restoration

Obsah

1. Úvod a cíle práce	7
2. Rešeršní část.....	9
2.1 Diverzita zvýšení fyzického habitatu toku	9
2.2 Metody zvýšení diverzity fyzického habitatu toku	11
2.3 Potřeba obnovy dobrého ekologického stavu a revitalizace vodních toků	15
2.3.1 Metody revitalizace vodních toků	16
2.4 Metoda River Habitat Survey	18
2.4 Dosavadní výzkum v povodí Rakovnického potoka.....	20
3. Aplikované metody a zdroje dat	22
3.1 Metoda HEM	22
3.2 Terénní průzkum a datové zdroje	25
4. Charakteristika území povodí Rakovnického potoka.....	26
4.1 Poloha povodí.....	26
4.2 Morfologické poměry povodí.....	27
4.3 Geologické poměry	27
4.4 Pedologické poměry	29
4.5 Klimatické poměry	30
5. Odtokové poměry	31
6. Hydroekologický monitoring v povodí Rakovnického potoka.....	34
6.1 Rozvržení úseků a monitoring.....	34
6.2 Hodnocení hydromorfologického stavu jednotlivých zón dle metodiky HEM 2008... 36	
6.2.1 Koryto a trasa toku	36
6.2.2 Dno	38
6.2.3 Břeh a inundační území	40
6.2.4 Proudění a hydrologický režim	42
6.2.5 Výsledný hydromorfologický stav	43
6.3 Hodnocení hydromorfologického stavu dle typově specifické metodiky HEM 2014 .. 46	
7. Interpretace výsledků a vymezení úseků vhodných pro revitalizaci	49
7.1 Srovnávací analýza výsledků hodnocení HEM verze 2008 a 2014	49
7.2 Vytipování úseků vhodných pro aplikaci revitalizačních opatření	51
8. Diskuze	53
9. Závěr.....	55
10. Literatura.....	56
11. Seznam grafických prvků v textu	59
12. Přílohy	61

1. Úvod a cíle práce

Člověk v dnešní době velice intenzivně využívá krajinu a k uspokojování svých potřeb mění její charakter. Jednou z takových důležitých přeměn je přeměna vodních ekosystémů. Největšími zásahy do vodních toků jsou například ovlivnění jeho přirozeného hydrologického režimu a regulace průtoku výstavbou vodních staveb nebo umělé napřimování koryta. To má za následek zkrácení délky toku, tím pádem větší sklony a rychlejší odtok. Celková samočistící schopnost toku je narušena a snižuje se hladina podzemní vody, což vede k vysychání. Odstraněním břehových vegetací se snižuje celková stabilita břehů, jsou změněny světelné i tepelné podmínky a je tak narušena přirozená protipovodňová bariéra. Všemi těmito zásahy také ztrácí přirozené útočiště řada vodních i suchozemských živočichů. Už několik desetiletí ale probíhají snahy na zmírnění nebo úplné odstranění těchto negativních vlivů, a to nejen na území České republiky, ale ve všech vyspělých státech světa.

Cílem této práce je prostudování metod hydromorfologického průzkumu a zvýšení fyzického habitatu toku a také současných trendů revitalizačních opatření v kulturní krajině. Na základě znalosti metod hydromorfologického průzkumu a aplikaci metody HEM (Langhammer, 2013) na modelovém povodí dolního toku Rakovnického potoka, je snaha této práce o komplexní hydromorfologické zhodnocení tohoto toku, který by se dal ve své kategorii zařadit mezi středně antropogenně ovlivněné toky. Rakovnický potok je tokem dvou tváří. Na horním a středním toku v minulosti proběhla značná úprava říční sítě hlavně díky aplikaci rozsáhlých protipovodňových opatření a melioracím, což vedlo ke snížení celkové ekologické kvality toku. Oproti tomu dolní tok protékající CHKO Křivoklátsko disponuje řadou téměř přírodních úseků. Práce se zabývá pouze dolním tokem Rakovnického potoka, který z velké části náleží do chráněného území, je ale silně ovlivněn aktivitami odehrávajícími se na jeho středním a horním toku, když protéká převážně zemědělskou, ale i průmyslovou krajinou. Na základě výsledků terénního průzkumu je pak možné vybrat lokality s potřebou aplikace revitalizačních opatření.

Rakovnický potok byl také vybrán z důvodu výrazné změny odtokových poměrů v povodí v posledních letech. Pokles průtoků během posledních třech desetiletí a s tím spojené zvýšení četnosti výskytu hydrologického sucha mají velký vliv na vodní hospodářství, ale také zemědělství a lesnictví v povodí Rakovnického potoka.

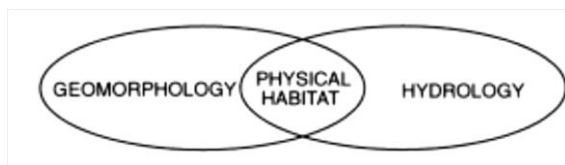
Mapování proběhlo v návaznosti na projekt zadaný MŽP a SFŽP „Aktualizace metodiky hydromorfologického monitoringu HEM“, jehož hlavním koordinátorem byl doc. RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D. Tento projekt měl na základě mapování, které probíhalo v létě 2013, získat podklady pro kalibraci typově specifického hodnocení hydromorfologického stavu toků.

2. Rešeršní část

2.1 Diverzita zvýšení fyzického habitatu toku

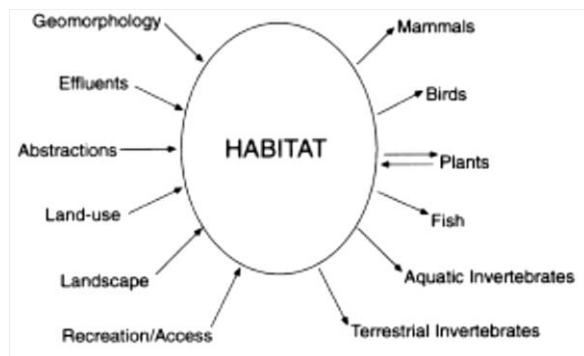
Obecně může být habitat definován jako soubor všech fyzických, chemických a biologických podmínek, které vytvářejí životní prostředí pro organismy ve vodním prostředí. Fyzický habitat může být chápán jako mozaika hydromorfologických vlastností vodního toku, vyplývající z interakce odtokového režimu a strukturami vyskytujícími se v korytě toku. Maddock (1999) definoval fyzický habitat vodního toku jako životní prostor veškeré bioty v toku žijící.

Stalnaker (1979 in Maddock, 1999) uvádí, že produktivita vodního toku je určena čtyřmi faktory – kvalitou vody, energetickým potenciálem, fyzickou strukturou koryta a režimem proudění. Jak znázorňuje Obr. 1, poslední dva faktory tvoří fyzický habitat, který je nedílnou součástí při posuzování stavu vodního toku. Jak ukazuje Obr. 2, fyzický habitat je také přirozenou spojnicí mezi životním prostředím a organismy, které ho obývají.



Obr. 1 (vlevo) Fyzický habitat vzniklý interakcí geomorfologie a hydrologie (Maddock, 1999)

Obr. 2 (vpravo) Habitat jako přirozená spojnice mezi životním prostředím a živými organismy (Harper et al., 1995 in Maddock, 2011)

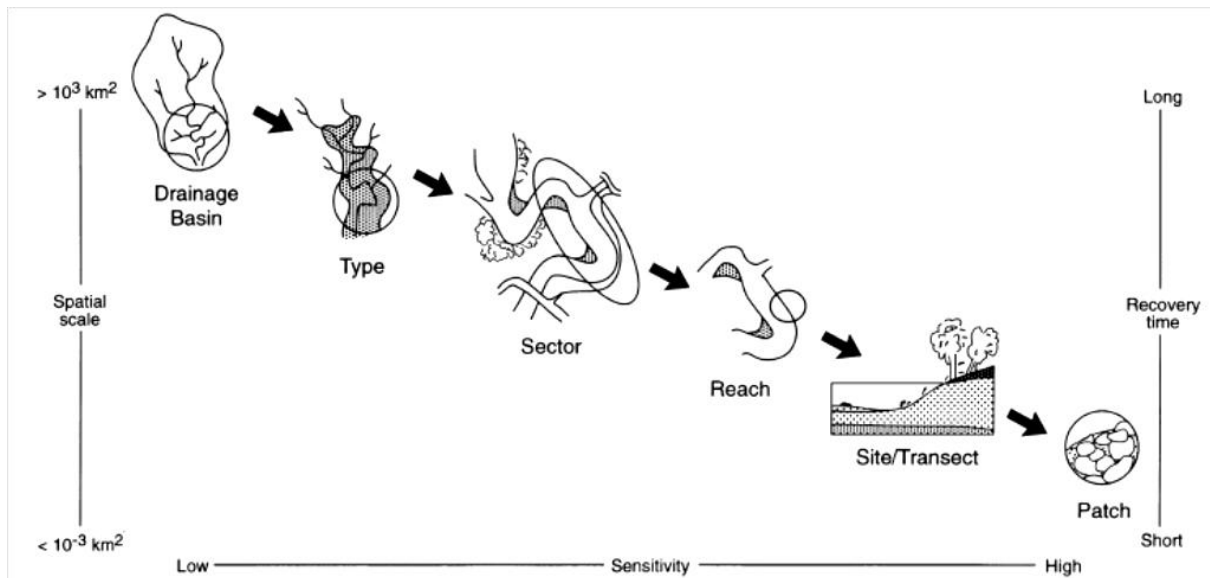


Důležitým faktorem pro posuzování fyzického habitatu je jeho velikost a měřítko, ve kterém daný habitat sledujeme. Vodní útvary můžeme zkoumat od úrovně mikrohabitatu až po měřítko zahrnující celé povodí. Říční ekosystémy mají hierarchické prostorové uspořádání na různých velikostních úrovních a s rozdílnou dobou zotavení (Obr. 3).

Makrohabitat

Prostředí na úrovni celého toku nebo jeho úseku se dá označit jako relativně stabilní, biota je určena především využíváním okolní krajiny, nadmořskou výškou a geomorfologickými podmínkami. Je to hlavně morfologický tvar údolí, který určuje a ovlivňuje řadu dalších charakteristik (Matoušková, 2003). Výsledkem sledování vodního toku a jeho okolí po celé jeho délce je obsáhlý vzorek hydrologických, teplotních a chemických poměrů. Na úrovni jednotlivých úseků se sledují hlavně charakteristiky podloží, sklonitost, schopnost toku

vytvářet zákruty a meandry nebo poměr hloubky a šířky koryta. Odolnost makrohabitatu vůči vnějším vlivům je vysoká, stejně tak je ale dlouhá doba zotavení celého systému (Frissell et al., 1986 in Maddock, 1999).



Obr. 3 Funkční klasifikace toku na různých velikostních úrovních (Frissell et al., 1986 in Maddock, 1999)

Mezohabitat

V tomto měřítku zkoumání vodního toku jsou důležité odlišné rysy jednotlivých částí toku, jako je například průměrná rychlost proudění, morfologické struktury a břehová vegetace. Typologie mezohabitatů není nikde přesně definována, jejich vymezení zpravidla probíhá až na základě konkrétních požadavků výzkumu. Mezohabitat lze vymežit na základě geomorfologických struktur vyskytujících se v korytě toku (mezostruktury), ale také na základě výskytu vodních rostlin v korytě nebo břehové vegetace. Mezi další faktory při vymezování mezohabitatu patří výskyt určitého druhu živočicha nebo velikost dnového substrátu. Nejčastěji se vyskytujícími mezostrukturami jsou tůně (pools), brody (riffles) a akumulární lavice (bars). Odolnost systému mezohabitatu, stejně tak jako doba potřebná k jeho zotavení po nějakém vnějším zásahu, je střední (Frissell et al., 1986 in Maddock, 1999).

Mikrohabitat

Stanoviště, které je velikostně malé nebo omezené, a které se liší svým charakterem od okolního, rozsáhlejšího prostředí, nazýváme mikrohabitem. Příkladem takového mikrohabitatu mohou být přesně vybraná stanoviště některými druhy lososovitých ryb k jejich tření. Při výběru takových stanovišť mají nezanedbatelnou roli zejména fyzické podmínky vodního prostředí, a to hloubka, rychlost proudění a typ a velikost dnového substrátu. Mrtvé

dřevo a spadané listí také napomáhají k tvorbě různých mikrohabitátů. Citlivost mikrohabitátů vůči vnějším vlivům je vysoká, ale doba potřebná k jejich zotavení je minimální (Frissell et al., 1986 in Maddock, 1999).

2.2 Metody zvýšení diverzity fyzického habitatu toku

Pro posouzení a hodnocení říčního habitatu bylo v minulosti vyvinuto mnoho metod napříč kontinenty. Tyto metody pokrývají široké spektrum jejich aplikovatelnosti, od použití na úrovni celého povodí až po úroveň mikrohabitatu. Pozorované a hodnocené parametry jednotlivých metod se liší, a to díky nedostatečné standardizaci v hodnocení říčního habitatu. Společným cílem všech metod je ale zvýšení diverzity fyzického habitatu toku. Důležité aspekty, na které je nutné se při hodnocení kvality fyzického habitatu soustředit, jsou například:

- odrážení sezónní variability fyzického habitatu ve vztahu k průtoku
- potřeba hodnocení fyzického habitatu napříč odlišnými velikostními měřítky
- stanovení referenčních podmínek fyzického habitatu pro různé říční typy
- potřeba propojení biologických společenstev a ekosystémových procesů s příslušnými atributy fyzického habitatu

Metod pro posuzování kvality habitatu existuje celá řada a zde je uveden pouze přehled těch nejdůležitějších, které jsou rozděleny tak, jak je ve své studii rozdělil Fernández et al. (2011).

Prostorová měřítka

Jak už bylo uvedeno, říční ekosystém má hierarchickou strukturu a procesy probíhající na každé velikostní úrovni jsou ovlivněny procesy probíhajícími na vyšší úrovni (Fernández et al., 2011). Poznatky z těchto vyšších prostorových úrovní jsou důležité a tvoří jakýsi rámec k charakteristikám a strukturám nacházejícím se na nižší úrovni. Díky nim můžeme definovat říční typ a určit fyzikální vlastnosti, které předpokládáme, že se budou v daném typu vyskytovat.

Například Orr et al. (2008 in Fernández et al., 2011) vyvinul prediktivní, hierarchicky organizovanou typologii pro britské řeky s využitím proměnných souvisejících s pozicí v říční síti (hydrologické pořadí) a topografií (sklon a přítomnost údolní nivy). Získané říční typy byly rozčleněny podle morfologie koryta a erozních a akumulačních procesů. Dalšími, nejčastěji používanými typologiemi jsou Rosgenova klasifikace (Rosgen, 1994 in Fernández

et al., 2011) a River Styles (Brieley a Fryirs, 2005 in Fernández et al., 2011), které jsou založeny na charakterizaci atributů řeky na úrovni kontinentu.

Převážná většina stávajících metod je navržena pro sběr informací na menším úseku toku. Údaje o proměnných velkého měřítka jsou získány z map nebo satelitních snímků, informace nutné pro charakteristiku jednotlivých úseků jsou pak sbírané terénním průzkumem. U některých metod je délka úseku homogenní, ale nikdy větší než jeden kilometr (např. metoda River Habitat Survey, která je detailně popsána níže nebo Habitat Condition Index a také německá metoda LAWA). Další metody mají délku úseku proměnlivou v závislosti na šířce koryta nebo na změně geomorfologických charakteristik (např. EcoRivHab, AusRivAs nebo francouzská metoda Qualphy). Některé z těchto metod jsou dále doplněny GIS analýzou pro získání délky úseku a doplnění informací velkého měřítka, jako jsou například vzdálenost od pramene nebo údaje o pramenné oblasti.

Zkoumané říční zóny

Téměř všechny známé metody se zabývají průzkumem říčního koryta a naprostá většina z nich také zahrnuje průzkum břehů a příbřežní zóny. Průzkumem celé údolní nivy a jejího využití už se zabývají pouze některé vybrané metody. Zpravidla jde o metody, které využívají informací z dálkového průzkumu Země. Ty metody, které uvažují pouze terénní průzkum, se pouze málokdy zabývají i charakteristikami údolní nivy. Některé z uváděných metod jsou navrženy pouze pro průzkum určitých zón vodního útvaru. Příkladem může být Riparian Quality Index (González del Tánago a García de Jalón, 2011 in Fernández et al., 2011), který se zabývá průzkumem příbřežní zóny nebo River Habitat Index (Pardo et al., 2002 in Fernández et al., 2011), který posuzuje různorodost struktur v korytě. V ostatních případech jednotlivé metody propojují různé indexy a metriky pro posouzení kvality fyzického habitatu toku.

Fyzikální vlastnosti

Metody zabývající se posouzením kvality habitatu toku se liší v parametrech, které zkoumají za účelem dosažení různých cílů. Zaznamenávané charakteristiky mohou být seskupeny dle důležitosti v dané metodě následovně:

- určují vzorové habitaty (referenční stavy)
- poskytují informace o procesech a funkci ekosystému
- stanovují faktory, které ovlivňují biologická společenstva
- posuzují zhoršení stavu díky hydromorfologickým vlivům

- vyhovují platným právním předpisům v oblasti životního prostředí

Mezi nejčastěji zkoumané přírodní charakteristiky patří stabilita břehů, dnový substrát, břehová vegetace nebo rozměry koryta, kterými se zabývají všechny metody hydromorfologického průzkumu. Oproti tomu vegetace v korytě nebo mrtvé dřevo v korytě patří mezi méně pozorované charakteristiky.

Umělé struktury a antropogenní využití udávají stupeň modifikace habitatu. Naprostá většina užívaných metod zahrnuje i pozorování těchto struktur. Umělé struktury detailně hodnotí IHG index (Ollero et al., 2011), který hodnotí hydrogeomorfologickou přeměnu použitím distančních dat, hydrologických měření a terénním průzkumem. Pozorování umělých struktur také poskytuje důležité informace správám povodí a prohlubuje naše znalosti o dopadech, které tyto struktury mají na fyzický habitat.

Současná legislativa životního prostředí v Evropě zahrnuje Rámcovou směrnici o vodě (2000/60/ES, 2000) a Směrnici o habitatech (Council directive 92/43/EEC, 1992). Rámcová směrnice o vodě posuzuje tři prvky hydromorfologické kvality, z nichž prvním z nich je hydrologický režim. Ačkoli mnoho z metod uvažuje ve svém hodnocení průtok, tak naprostá většina z nich zaznamenává pouze průtok v době průzkumu. Druhým prvkem, který řeší Rámcová směrnice je propojenost (kontinuita) řeky hodnotící výskyt umělých struktur a činností, které narušují přirozenou migraci vodních organismů a transport sedimentů. Třetím a poslední prvek se týká morfologických podmínek, které jsou popsány parametry koryta, rychlostí proudění, strukturou a velikostí dnového substrátu a stavem břehové vegetace. Většina metod pro posuzování kvality habitatu zahrnuje všechny tyto atributy kromě variability hloubky a šířky koryta, která je v metodách často opomíjena. Mezi metody, které uvažují i variabilitu šířky a hloubky koryta patří například španělská metoda HIDRI (ACA, 2006 in Fernández et al., 2011) nebo italská modifikace RHS. Dle směrnice o habitatech je stav ochrany definován jako souhrn relevantních vlivů, které působí na přírodní habitat a druhy v něm žijící. Proto by fyzikální charakteristiky vodního útvaru měly být uvažovány v posouzení stavu ochrany, ačkoli směrnice přesně nespecifikuje atributy, které by měly být zvažovány.

Zdroje a přesnost

Zdroje informací a postup, kterým jsou získávány, jsou základními faktory při výběru vhodné a spolehlivé metody. Metody založené pouze na distančních datech (například LAWA-OS, LAWA, 2002 in Fernández et al., 2011) jsou časově méně náročné a vhodné zejména pro získání přehledových informací na úrovni celého povodí. Použití metod dálkového průzkumu

Země, jako je například LiDAR, je přesnější pro posouzení určitých parametrů hlavně velkoprostorového měřítka, ale stále je velmi finančně náročné. Jak ve své práci uvádí Králová (2013), je vývoj distančních metod hydromorfologického průzkumu, oproti terénním metodám, zatím v počátcích. Králová v rámci své dizertační práce (2013) provedla detailní srovnávací analýzu terénní metody EcoRivHab (Matoušková, 2003) a distanční metody QuaWaDis na hlavním toku řeky Rolavy a její výzkum prokázal, že v uvedeném území vykazuje distanční průzkum srovnatelné výsledky jako výzkum terénní. Využitelnost distančních podkladů je však limitována jejich detailností, která je dána prostorovým rozlišením obrazových materiálů.

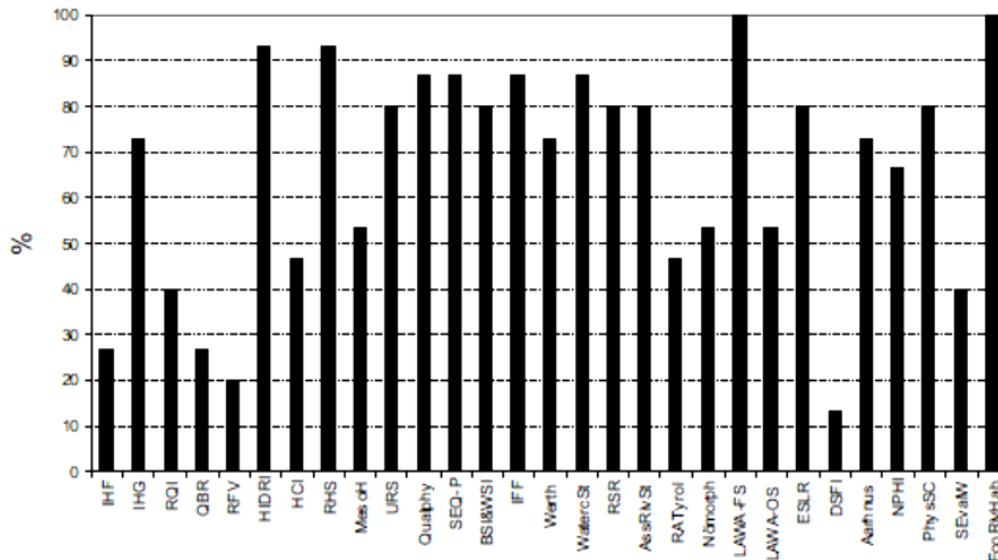
Většina metod je konstruována pro získávání informací přímo z terénu. Zde se ale setkáváme s problémem, že tyto metody jsou založeny na rychlém terénním hodnocení na úkor kvality dat a jejich úplnosti. Například severoamerické metody NAWQA (Fitzpatrick et al., 1998 in Fernández et al., 2011) a BURP (Beneficial Use Reconnnaissance Program, 2004 in Fernández et al., 2011) se snaží postihnout vznik jednotlivých struktur, zatímco jiné metody (britský HABSCORE nebo severoamerický HCI) přiřazují parametrům skóre podle počtu vyskytujících se struktur či jejich kvality. První přístup je časově náročnější, je však méně subjektivní a jeho výsledky jsou vhodné pro následné analýzy.

Využitelnost metod

Vytvoření jednotného protokolu pro monitoring říčních habitatů je velmi náročný úkol, protože hlavní fyzické charakteristiky a způsob jejich získávání záleží na říčním typu, který monitorujeme. Pokud neuvažujeme specifický říční typ, je metoda použitelná napříč geograficky odlišnými oblastmi, její přesnost se však výrazně snižuje. Metody jako HABSCORE nebo RVHS-EMAP uvažují typově specifické toky nebo jsou navrhovány přímo pro konkrétní zeměpisné oblasti a typy toků (RHS upravený na italské toky). Graf 1 znázorňuje přehled evropských metod pro hodnocení fyzického habitatu toku a ukazuje, kolik procent monitorovaných parametrů je v souladu s Evropskou normou pro hodnocení hydromorfologických vlastností řek (CEN, 2002). Nejvíce shodných parametrů s Evropskou normou mají metody EcoRivHab, LAWA- FS, RHS a HIDRI (Fernández et al., 2011).

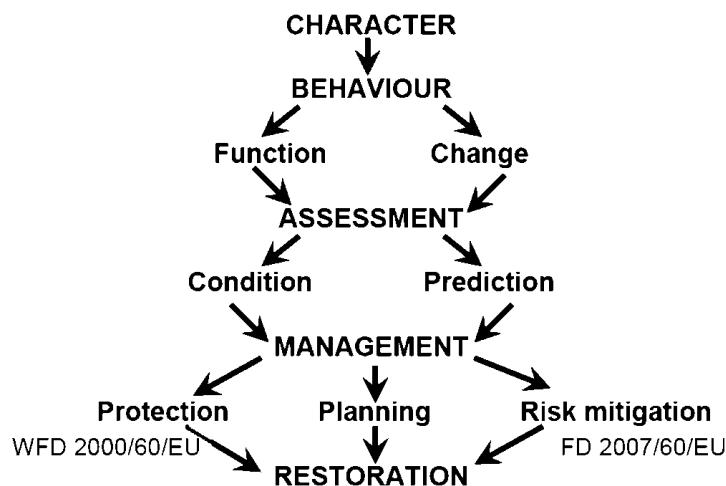
Aplikací všech uvedených metod získáme hodnotu hydromorfologického stavu vodního toku. Dle Rámcové směrnice o vodě (2000/60/ES) je předpokladem hydromorfologického průzkumu stanovení referenčních podmínek. Na základě výsledků aplikace metod hydromorfologického průzkumu (např. EcoRivHab, AusRivAs) můžeme určit referenční

úseky toků – přírodní či přírodě blízké úseky, které reprezentují velmi dobrý ekologický stav a naopak úseky dosahující špatného ekologického stavu. Takové části toku by měly být předmětem aplikace revitalizačních opatření, která mají za cíl právě zlepšení ekologického stavu toku. Postup hydromorfologického průzkumu až k potřebě aplikace ochranných nebo revitalizačních opatření, jak ukazuje Obr. 4, shrnul ve své práci Ollero et al. (2011).



Graf 1 Podíl parametrů vybraných evropských a severoamerických metod zvýšení fyzického habitatu toku, které jsou v souladu s evropskou normou CEN, 2002. (Fernández et al., 2011)

Stream and river hydromorphological research



Obr. 4 Postup hydromorfologického průzkumu až k revitalizačním opatřením. (Ollero et al., 2011)

2.3 Potřeba obnovy dobrého ekologického stavu a revitalizace vodních toků

Revitalizace je proces obnovy vodních toků, které byly v minulosti nevhodně antropogenně upraveny, směrem k jejich původnímu (přírodnímu) stavu (dle MŽP). V případě vodních toků na území ČR, včetně Rakovnického potoka, se technické úpravy ve 2. polovině 20. století

týkaly především napřimování a umělého zahlubování a zpevnování koryta. Výsledkem těchto úprav bylo zrychlení povrchového odtoku, což se negativně projevuje hlavně při povodních v dolních částech toku, a zmenšení zásob podzemní vody. Říční společenstva byla těmito změnami negativně ovlivněna nebo vyhubena a samočisticí schopnost vody se výrazně zhoršila. Revitalizace se provádí podle vzorových zachovalých přírodních či přírodě blízkých úseků s cílem obnovení nebo zlepšení ekologické funkce vodního toku, zlepšení kvality vody a kontinuity toku, především zvýšení migrační propustnosti. Přirozený vodní tok můžeme charakterizovat vysokou diverzitou v podélném i příčném profilu, migrační propustností, doprovodnou vegetací a poměrně malou kapacitou. Vhodně provedená revitalizační opatření mají i protipovodňovou funkci, pokud je niva dostatečně široká pro umožnění přirozeného rozlivu.

V České republice se v posledních letech neustále zvyšují snahy o zlepšení ekologického stavu vodních toků. Vzniklo již několik programů, v minulosti například Program revitalizace říčních systémů nebo současný Operační program životní prostředí, které mají za cíl především zvýšení retenční schopnosti krajiny a zlepšení vodního režimu obnovou přirozených vodních koryt a realizaci protierozních opatření.

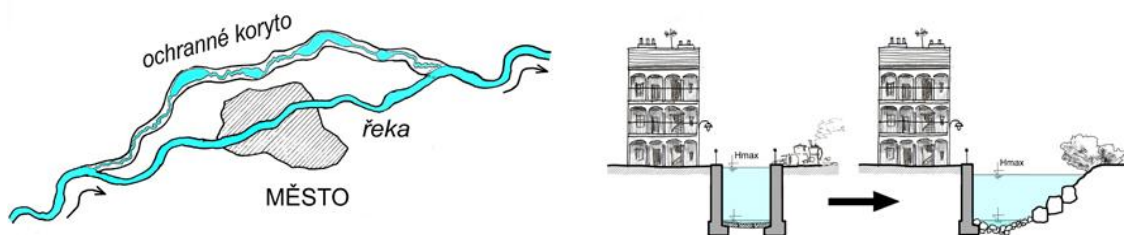
2.3.1 Metody revitalizace vodních toků

Dynamika rychlosti proudění a průtoku je klíčovým faktorem fluvialních systémů jako potenciálně vhodných stanovišť pro biotu (Pedroli, 2002). Jezy, hráze a vodní nádrže rozdělují vodní tok na samostatné části, které jsou na sobě téměř nezávislé a to má negativní dopad na přirozené šíření a migraci organismů. Rozložení habitatů v toku a jejich distribuce se liší od pramene k ústí (River Continuum Concept, Vannote et al., 1980), a proto je nutné, v případě aplikace jakýchkoliv opatření, brát v úvahu geografickou polohu projektu v rámci toku. Boon (1992 in Pedroli, 2002) popsal pět vhodných strategií pro ochranu vodního toku v souladu s jeho dosavadním stavem. V případě přírodních či přírodě blízkých toků nebo jejich úseků je hlavním cílem jejich ochrana a zachování tohoto stavu. Další možností u toků s vysokou ekologickou kvalitou je zastavení nebo omezení lidských zásahů do povodí. Pokud je ekologická kvalita toku nízká, je efektivní dosavadní ekonomické a rekreační činnosti v povodí doplnit o opatření, která umožní přežití a ochranu habitatů. Pokud je tok degradován na takovou úroveň, že přírodní dynamika toku je téměř nerozeznatelná a habitaty jsou roztráštěné s malým množstvím přeživších populací organismů, pak musí být kladen důraz na okamžitou revitalizaci.

Při plánování revitalizačních opatření je nezbytné stanovit si jasné cíle tak, aby byla zajištěna ochrana nebo zvýšení biodiverzity s ohledem na lidské nároky. Revitalizace se většinou provádí podle vzorových (referenčních) úseků toku, ke kterým je snaha se co nejvíce přiblížit. V Německu je tento koncept známý jako ‚Leitbild‘, který teoreticky popisuje vývoj potenciálně přírodního koryta toku za předpokladu, že by veškerá lidská činnost, přímo či nepřímo ovlivňující tok, ustala. Než se však začne provádět jakékoli revitalizační opatření, je nutné vyšetřit všechny možné příčiny nestability a narušení rovnovážného stavu vodního toku (Rosgen, 1996). Aby byla plánovaná opatření úspěšná, je nezbytné znát morfologické podmínky koryta, jeho kapacitu, splaveninový režim toku a jeho průtokový a odtokový režim. Hlavní otázkou, v dnes už tak silně hospodářsky využívané a diverzifikované evropské krajině, zůstává, nakolik by měl člověk dále zasahovat do přírodních ekosystémů ve vztahu k jejich ochraně a zachování (Pedroli, 2002).

Jak plyne z požadavků Rámcové směrnice o vodní politice, přírodní nebo přírodě blízké úseky vodních toků by měly být chráněny bez ohledu na to, zda jsou či nejsou součástí chráněných krajinných území (Just, 2009). Stav již upravených úseků by neměl být nadále zhoršován, například rekonstrukcí starých úprav. Pokud je technický zásah do koryta toku nezbytný, třeba v případě stabilizace břehu, který by svým vývojem ohrožoval silnici nebo zástavbu, pak je nutné takové úpravy provádět co nejšetrněji k přírodnímu prostředí. Přednost by měly mít tvárné materiály z kamenných záhozů před pevnými betonovými konstrukcemi. Další možností zvýšení ekologické stability toku je jeho ponechání přírodnímu vývoji, neboli renaturaci. Odstraňováním mrtvého dřeva, zasypáváním nátrží nebo čištěním koryta těžkou technikou, dochází k narušování přirozené stability a členitosti vodního toku. Všechny případy je ale nutné posuzovat individuálně s ohledem na lokální podmínky a žádná správa vodního toku se tak neobejde bez určitých korekčních zásahů, ale vždy je nutné uvažovat níže položené úseky toku.

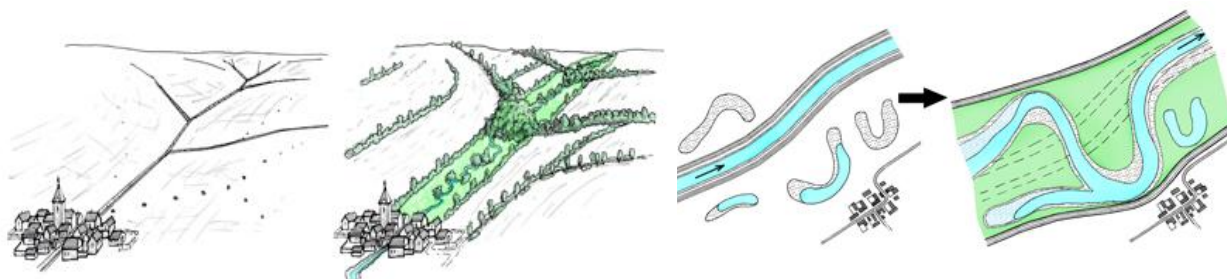
Ve volné krajině je většinou cílem revitalizace dosažení malého a členitého koryta, které podporuje přirozený průtokový režim a povodňové rozlivy do okolních ploch (Just, 2010). V intravilánech ale zpravidla tyto podmínky není možné dodržet z důvodu ochrany okolní zástavby. Revitalizační opatření v obcích většinou kombinují zvýšení ekologické hodnoty toku a protipovodňová opatření. Hlavním cílem by zde tedy mělo být vytváření dostatečně kapacitních koryt, a to především jejich rozšiřováním, nikoliv prohlubováním.



Obr. 5 (vlevo) Povodňový bypass jako součást protipovodňové ochrany obce. (Just, 2010)

Obr. 6 (vpravo) Částečné rozvolnění koryta v intravilánu. (Just, 2010)

Městská zástavba ani nedovoluje provádět výhradně přírodě blízké úpravy, je nutné tedy hledat kombinaci technických a přírodních opatření, jako je například výstavba povodňových bypassů (Obr. 5). Další vhodnou metodou využitelnou v intravilánech obcí by mohlo být částečné rozvolnění koryta do přírodě bližšího tvaru, jak ukazuje Obr. 6.



Obr. 7 (vlevo) Revitalizace toku nad obcí s účelem zmírnění povodňové vlny. (Just, 2010)

Obr. 8 (vpravo) Obnovení šířky přirozeného koridoru odsazením hrází dále od koryta. (Just, 2010)

Obr. 7 znázorňuje, jak by se dala revitalizovat část povodí nad obcí za účelem zmenšení povodňové vlny. Základním principem je přírodní úprava vodního toku a jeho okolí nad obcí podporou přirozené meandrovitosti koryta a výsadbou vhodných doprovodných vegetačních pásů, což přirozeně zmírňuje dopady povodně v obci.

Pokud jsou povodňové ochranné hráze postaveny bezprostředně u koryta toku, k obnovení šířky přirozeného koridoru se může docílit odsazením těchto hrází nebo postavení hrází nových v dostatečné vzdálenosti od koryta tak, jak ukazuje Obr. 8.

2.4 Metoda River Habitat Survey

Díky studijnímu pobytu ve Velké Británii se autorka měla možnost lépe seznámit a prostudovat zde používanou metodu River Habitat Survey. Níže je popsán její základní princip a metoda monitoringu vodních toků.

River Habitat Survey (dále jen RHS; Environment Agency, 2003) je metoda hydromorfologického monitoringu původem z Velké Británie, která je však ve své úplné nebo

mírně modifikované podobě používaná v mnoha evropských zemích. Základem RHS je posouzení a zhodnocení charakteru a kvality habitatu vodních toků na základě jejich fyzické struktury. Pomocí RHS se monitorují vybrané vodní toky například v Rakousku, Španělsku nebo Slovinsku. Je to tedy metoda, kterou je možné univerzálně využít napříč různými klimatickými i přírodními podmínkami.

Základním principem metody RHS je terénní průzkum. Mapuje se koryto a břehy toku, využití přibřežní zóny a údolní nivy mají pouze doplňkový charakter. Mapované úseky jsou homogenní a mají délku 500 metrů. V každém úseku je pak prováděno deset kontrolních pozorování, každé tedy zhruba po 50 metrech. Mapovací formuláře jsou rozděleny do čtyř částí. V první části se zaznamenávají obecné informace a podmínky mapování, dále se zde uvádí absolutní počet výskytů jednotlivých struktur a typů proudění. Druhá část se zaměřuje na pozorování v jednotlivých kontrolních bodech. V každém bodě se vymezí dva transekty o šířce 1 m a 10 m. Parametry týkající se bezprostředně koryta toku a břehů, jako jsou dnový substrát, typ proudění, struktury dna nebo opevnění břehů, jsou pozorovány v 1 m širokém pásu a parametry popisující břehovou vegetaci a doprovodné pásy jsou mapovány v desetimetrovém výseku do vzdálenosti 5 m od koryta toku. Do formuláře se zaškrťává buď dominantní typ, nebo všechny typy struktur vyskytující se v daném výseku. Třetí část mapovacího formuláře se věnuje doplňujícím informacím, jako je stabilita břehů, výskyt mrtvého dřeva v korytě nebo využití přibřežní zóny do 50 m od koryta toku. Poslední, čtvrtá část, se zabývá parametry koryta toku. Šířka koryta a variabilita hloubek v příčném i podélném profilu jsou měřeny na jednom místě reprezentujícím celý úsek. Na úplný závěr mapovatel vyplňuje výskyt invazních druhů, zdravotní stav okolní vegetace a dalších jevů, které nejsou zahrnuty v mapování, ale mohly by ho ovlivnit, a připojuje krátké slovní hodnocení popisující úsek.

Vyhodnocení a posouzení kvality vodního toku už neposuzuje mapovatel, ale digitalizovaná data se nahrají do databáze RHS. Tato databáze nyní obsahuje více než 24 000 pozorování ze zemí po celé Evropě. Vodní toky s podobnými parametry a výsledky jsou automaticky shlukovány k sobě pro možné porovnání těchto útvarů. Díky velice detailnímu terénnímu průzkumu umožňuje databáze najít vztah mezi fyzickými parametry toku (sklon, geologické podloží apod.), změnami koryta a funkcí jednotlivých habitatů. Tato pozorování je dále možné propojit i s dalšími hydrologickými a biologickými daty a získat tak opravdu přesný popis mapovaných útvarů a jejich okolí (Environment Agency, 2003).

Celková kvalita habitatu vodního toku poukazuje na jeho rozmanitost na základě počtu přírodních struktur vyskytujících se v korytě toku nebo jeho doprovodných zónách. Mezi tyto

struktury patří například akumulární lavice v korytě toku, více druhů proudění nebo vegetace v korytě. Čím více se těchto struktur podporujících přirozenou diverzitu toku vyskytuje, tím vyššího skóre je dosahováno. Znamená to tedy, že s rostoucím skóre roste i přirozenost a kvalita vodního útvaru.

Naopak míra přeměny přirozeného habitatu je ukazatelem míry umělého ovlivnění morfologie vodního toku. Hodnotí se výskyt umělých objektů, jako jsou jezy, propustky a také zásahy do průběhu trasy koryta, například jeho napřimování nebo umělé zahloubení. Výsledné skóre je přiřazeno do jedné z pěti tříd míry přeměny tak, že 1 je téměř přírodní, bez ovlivnění a 5 je silně antropogenně modifikované. Oproti hodnocení celkové kvality habitatu je vyšší skóre přiřazeno méně kvalitním tokům s větší mírou umělé přeměny.

2.4 Dosavadní výzkum v povodí Rakovnického potoka

V minulosti již proběhlo na území povodí Rakovnického potoka několik studií týkajících se zlepšení jeho ekohydrologických a odtokových poměrů. Matoušková (2003) se ve studii zabývala aplikací své ekohydrologické metody EcoRivHab v modelovém povodí Rakovnického potoka. Tato metoda je kombinací terénního průzkumu a zpracování distančních dat na základě rozdělení vodního útvaru do hlavních zón. Metoda zahrnuje analýzu fluvialně-morfologických charakteristik koryta, antropogenní transformace hydrografické sítě, jakosti povrchové vody, stavu břehové vegetace, využití ploch podél toku a vybraných ekohydrologických charakteristik povodí (Matoušková, 2003). Rakovnický potok byl zvolen z důvodu splnění požadavků týkající se antropogenní transformace a odpovídající velikosti. Závěrem komplexní analýzy bylo celkové ekohydrologické zhodnocení Rakovnického potoka. Dle provedeného monitoringu bylo zjištěno, že téměř polovina toku je silně antropogenně ovlivněna, hlavně napřimováním koryta a jeho zahloubením a zpevněním. Díky provedeným hydromelioračním úpravám byla prokázána změna v odtokovém režimu, především jeho zrychlením. Na středním a dolním toku bylo prokázáno značné znečištění povrchových vod, jehož příčinou jsou lokální bodové zdroje průmyslu v povodí. Z provedené analýzy vyplynuly návrhy na revitalizační úpravy, které by měly směřovat především do pramenné oblasti Rakovnického potoka, protože právě tam byly v minulosti provedeny rozsáhlé hydromeliorační úpravy. Jak uvádí Matoušková (2003), v pramenné oblasti by se mělo jednat o celkovou revitalizaci zahrnující obnovu břehových pásů a doprovodné vegetace. Částečná revitalizace vodního toku by dle Matouškové (2003) měla být provedena na území intravilánu města Rakovník, v první řadě byla však nezbytná intenzifikace ČOV Rakovník, která již proběhla v letech 2007 – 2009. Nejprve byla provedena rekonstrukce vodní linky tak, aby byla čistírna v budoucnu schopna plnit

legislativní požadavky na jakost čištěné vody a následně proběhla rekonstrukce kalového hospodářství.

V roce 2012 vznikla studie VÚV zabývající se možnostmi zmírnění dopadů současných důsledků klimatické změny v povodí Rakovnického potoka aplikací metody pro zlepšení jeho akumulární činnosti (Kašpárek, 2012). Právě Rakovnický potok byl pro tuto studii vybrán z důvodu klasifikace jeho hydrologické bilance průtoku jako pasivní. Mezi lety 2009 – 2011 proběhl na území povodí Rakovnického potoka intenzivní výzkum, který analyzoval klimatické a hydrologické poměry. Výsledkem studie byl modelový odhad budoucího vývoje těchto veličin pro následující desetiletí a návrhy opatření pro zlepšení vodní bilance. Studie se dále zabývá detailním zhodnocením využívání vod v povodí, zejména podzemních, což má také dopad na změnu odtokového režimu a hodnotí také historické povodně. Výzkum prokázal významný růst teplot v období po roce 1981 a zároveň mírný pokles, avšak rozdílné rozdělení srážkových úhrnů, což má za následek změny v odtokovém režimu v povodí. Důležitým faktorem pro celkový pokles odtoku je dle studie klesající dotace podzemních vod, která je spojena s nízkou nebo chybějící sněhovou pokrývkou. Pro zlepšení hydrologické bilance v povodí Rakovnického potoka navrhuje Kašpárek et al. (2012) jako nejlepší řešení využití akumulárních nádrží. V rámci průzkumu bylo vybráno osm potenciálních lokalit vhodných pro výstavbu malých vodních nádrží s akumulární funkcí. Nádrže by byly uvažovány na Rakovnickém potoce a jeho hlavních přítocích tak, aby bylo možné regulovat odtok z celého povodí. Další alternativou pro zvýšení vodní bilance je převod vody z povodí Ohře, jde však o finančně náročnější metodu. Studie dále doporučuje zavedení protierozních opatření při obhospodařování zemědělských pozemků, která by zvýšila infiltrační a retenční potenciál povodí a snížila degradaci obdělávaných půd.

3. Aplikované metody a zdroje dat

3.1 Metoda HEM

K monitoringu Rakovnického potoka byla využita metoda HEM (Langhammer, 2008, 2013), která je v souladu s požadavky Rámcové směrnice ES o vodní politice 2000/60/ES a současně s evropskou i českou normou EN 14614 – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik toků. V rámci aktualizace byl doplněn soulad s evropským standardem EN Water quality – Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology, který byl v roce 2010 přijat jako česká technická norma Jakost vod – Návod pro určení stupně modifikace hydromorfologie řek (aktualizace metodiky HEM, 2013).

Monitoring hydromorfologického stavu vodních toků je prováděn formou terénního mapování. Vybrané hydromorfologické charakteristiky vodních toků se zaznamenávají do mapovacích formulářů (původní a aktualizovaná verze viz Příloha 1 a 3). Mapují se úseky heterogenní délky stanovené mapovatelem a jejich hranice se zaznamenávají do mapy. Jako podkladová mapa je doporučena základní topografická mapa v měřítku 1 : 10 000. Pro přesné zaměření hranic úseků je doporučeno používat GPS a pro další morfometrické charakteristiky vodního útvaru se doporučuje využití dálkoměru a fotoaparátu. Mapování probíhá od ústí nebo soutoku k prameni toku, tzn. proti proudu. Současně s terénním mapováním probíhá distanční průzkum, který má doplňující charakter k charakteristikám naměřeným v terénu. Aktualizovaný mapovací formulář již obsahuje pole pro záznam distančních pozorování, původně existoval samostatný formulář (viz Příloha 2).

Základní jednotkou pro monitoring vodních útvarů je úsek a je důležité dbát na jeho správné vymezení. Hodnocené úseky jsou odlišné délky, ale homogenní v určitých kritériích. Těmito kritérii jsou především typologie vodního toku, půdorysný průběh koryta toku, využití příbřežní zóny a údolní nivy a charakter upravenosti koryta toku. Každému úseku je přiřazen jedinečný identifikátor složený z prvních třech písmen názvu vodního toku a pořadí úseku v rámci vodního toku vyjádřené trojčíslím (např. RAK001 označuje první mapovaný úsek Rakovnického potoka od soutoku s Beroučkou proti proudu).

Mapování proběhlo dle již aktualizované verze HEM (Langhammer, 2013), algoritmus hodnocení byl však upraven později v roce 2014. Vyhodnocení naměřených parametrů proběhlo dle typově univerzální metodiky hodnocení (Langhammer, 2008) a zároveň dle aktualizované a typově specifické metodiky hodnocení (Langhammer, Hartvich, 2014). Obě

metodiky jsou plně kompatibilní a i dříve naměřené hodnoty je tedy možné vyhodnotit bez nutnosti opakování monitoringu.

Co se týče hodnocených ukazatelů, právě zde došlo v aktualizované verzi metodiky k výrazným úpravám. Původně se hodnotilo 17 ukazatelů ve čtyřech hlavních zónách Koryto a trasa, Dno, Břeh a inundační území a Proudění a hydrologický režim. V aktualizované verzi metodiky hodnocení zanikl ukazatel zabývající se variabilitou průtoku a vznikl nový parametr popisující boční migraci a stabilitu břehů. Parametry jsou seskupeny do 3 hlavních zón – Koryto, Břehy/příbřežní zóna a Inundační území. Seskupení jednotlivých parametrů do hlavních zón dle původní a aktualizované metodiky ukazuje Tab. 1. Jednotlivé parametry byly dále rozšířeny o další pozorované kategorie nebo byly tyto kategorie upraveny. Parametry, které jsou hodnoceny typově specificky, jsou v tabulce zvýrazněny zelenou barvou.

HEM 2008		HEM 2013		
Zóna	Dílčí parametr	Zóna	Dílčí parametr	
I. Koryto a trasa toku	1. upravenost trasy toku (0,3)	I. Koryto (2,5)	1. trasa toku (1,0)	
	2. podélná průchodnost koryta (0,3)		2. variabilita šířky koryta (0,2)	
	3. variabilita šířky koryta (0,1)		3. zahloubení koryta v podélném profilu (0,1)	
	4. variabilita zahloubení v podélném profilu (0,15)		4. variabilita hloubek v příčném profilu (0,1)	
	5. variabilita hloubek v příčném profilu (0,15)		5. dnový substrát (0,1)	
II. Dno	6. struktury dna (0,3)		6. upravenost dna (0,15)	
	7. dnový substrát (0,2)		7. mrtvé dřevo v korytě (0,1)	
	8. upravenost dna (0,3)		8. struktury dna (0,15)	
	9. mrtvé dřevo v korytě (0,2)		9. charakter proudění	
III. Břeh a inundační území	10. upravenost břehu (0,3)		10. ovlivnění hydrologického režimu (0,1)	
	11. břehová vegetace (0,3)		11. podélná průchodnost koryta (0,4)	
	12. využití příbřežní zóny (0,25)	II. Břehy/příbřežní zóna (0,8)	13. upravenost břehu (0,2)	
	13. využití údolní nivy (0,25)		14. břehová vegetace (0,1)	
IV. Proudění a hydrologický režim	14. charakter proudění (0,3)		15. využití příbřežní zóny (0,5)	
	15. ovlivnění hydrologického režimu (0,3)		III. Inundační území (0,7)	16. využití údolní nivy (0,3)
	16. průchodnost inundačního území (0,2)			17. průchodnost inundačního území (0,2)
	17. variabilita průtoku (0,2)	18. boční migrace koryta (0,2)		

Tab. 1 Srovnání hodnocených dílčích parametrů a jejich hodnocení do hlavních zón v metodikách 2008 a 2014. Zeleně jsou znázorněny ty parametry, které jsou hodnoceny typově specificky. Váhy v závorkách u metodiky 2014 platí pouze pro pahorkatinný typ toků, kam patří i Rakovnický potok. (Langhammer, 2008, 2014)

Hodnocení hydromorfologického stavu vodního toku probíhá v několika krocích a je mírně odlišné pro obě metodiky. Nejpodstatnějším rozdílem je, že původní metodika je univerzální pro všechny typy toků, naopak aktualizovaná verze je typově specifická. To znamená, že nejprve je tok dle Typologie toků ČR (Langhammer et al., 2010) zařazen do jedné z osmi kategorií typů toků relevantních pro vyjádření variability hydromorfologických ukazatelů ve vazbě na fyzickogeografické podmínky (Langhammer, Hartvich, 2014). Pro každou skupinu toků je pak skórování dílčích parametrů odlišné.

Dle metodiky hodnocení 2008 je nejprve přiřazeno skóre 1 – 5 jednotlivým dílčím parametrům, přičemž hodnota 1 odpovídá nejlepšímu stavu, hodnota 5 nejhoršímu. Ukazatele, které uvažují hodnoty odděleně pro pravý a levý břeh, se hodnotí tak, že se uvažuje nejhorší dosažená hodnota. V dalším kroku se vypočítá dílčí hydromorfologická kvalita pro hlavní zóny úseku jako vážený průměr s důrazem na ty parametry, které jsou v dané zóně klíčové. Celková hydromorfologická kvalita úseku je pak určena jako aritmetický průměr dílčích hodnot spočtených pro jednotlivé zóny. Vypočtená hodnota je pak přiřazena do jednoho z pěti stupňů hydromorfologické kvality, jak ukazuje Tab. 2. Celková hydromorfologická kvalita vodního útvaru je stanovena jako aritmetický průměr vypočtených hodnot za jednotlivé úseky.

Verze metodiky hodnocení 2014 uvažuje skórování ukazatelů na stejném principu, avšak pro jednotlivé rozdílné typy toků. Chybí výpočet hydromorfologické kvality pro hlavní zóny a rovnou se určí hydromorfologický stupeň pro celý úsek, který se spočte jako vážený průměr s hodnotou vah nastavenou dle typu toku. Klasifikace celkového hydromorfologického stavu úseku probíhá přiřazením vypočtené hodnoty do jednoho z pěti intervalů, stejně jako tomu bylo u hodnocení 2008, hodnoty intervalů se ale mírně posunuly. Celková hydromorfologická kvalita vodního útvaru je vypočtena jako vážený průměr hodnot vypočtených za jednotlivé úseky, kde vahou je délka úseku.

hydromorfologický stav	hydromorfologická kvalita 2008 (<=;>)	Hydromorfologická kvalita 2014 (<=;>)
1 velmi dobrý	1,0 - 1,7	1,0 – 1,5
2 dobrý	1,7 - 2,5	1,5 – 2,5
3 průměrný	2,5 - 3,5	2,5 – 3,5
4 špatný	3,5 - 4,3	3,5 – 4,5
5 zničený	4,3 - 5,0	4,5 – 5

Tab. 2 Hydromorfologický stav a srovnání intervalů 2008 a 2014. (Langhammer, 2008, Langhammer, Hartvich, 2014)

3.2 Terénní průzkum a datové zdroje

Terénní průzkum dolního toku Rakovnického potoka proběhl v létě 2013. Postup vymezení úseků a jejich hranic, včetně jejich zakreslení do mapy, je uveden v kapitole 6. Jako podkladová mapa byla použita základní topografická mapa v měřítku 1 : 10 000 a 1 : 25 000. Pro stanovení historického průběhu trasy toku byly použity mapy II. vojenského mapování z 2. poloviny 19. století dostupné ze serveru www.mapy.cz. Doplnkovými zdroji při mapování byly letecké snímky z roku 2012 od firmy Geodis Brno. Při hodnocení parametru variabilita průtoku byla použita datová řada denních průtoků z let 1970 – 2010 z limnigrafické stanice Rakovník poskytnutá ČHMÚ.

Jednotlivé parametry byly přímo v terénu zaznamenány do mapovacích formulářů. Následně byly převedeny do elektronické databázové aplikace v prostředí MS Access. Zpracování výsledků a interpretace výsledků pomocí grafů byla provedena v softwaru MS Excel. K vizualizaci výsledků a zpracování tematických map byl použit program ArcGIS.

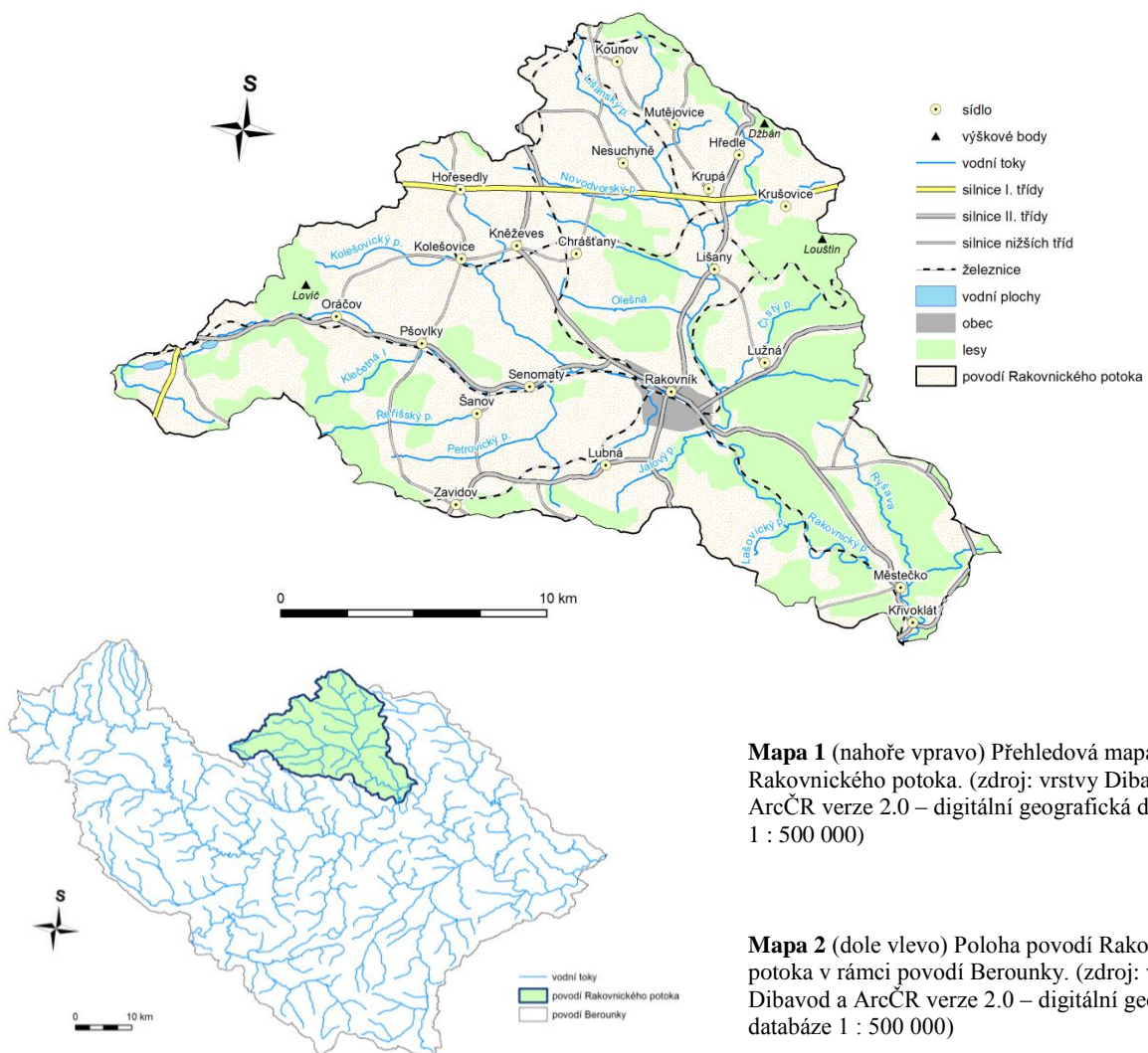
Dle Typologie toků ČR (Langhammer et al., 2010) byl dolní tok Rakovnického potoka (od ústí do Berounky po soutok s Kolečovickým potokem) klasifikován jako typ 1-2-1-2, tedy jako tok pahorkatinného typu a skórování parametrů a hodnocení hydromorfologické kvality probíhalo v souladu s touto klasifikací.

Na tomto místě je nutné zmínit, že v době vzniku práce nebyl ještě hodnotící klíč typově specifické metodiky (Langhammer, Hartvich, 2014) v definitivní podobě a je velice pravděpodobné, že u některých parametrů ještě dojde k drobným úpravám a kalibraci skórovacích matic. Vlastní přístup k typově specifickému hodnocení, struktura skupin toků, ukazatelů a princip hodnocení je však definitivní (Langhammer, Hartvich, 2014).

4. Charakteristika území povodí Rakovnického potoka

4.1 Poloha povodí

Rakovnický potok je levostranným přítokem řeky Berounky, do které se vlévá na jejím 63. říčním km v obci Roztoky u Křivoklátu. Poloha povodí Rakovnického potoka v rámci povodí Berounky je znázorněna na Mapě 1. Jeho pramen najdeme v Rakovnické pahorkatině v nadmořské výšce 578 m, asi 3 km jihovýchodně od obce Jesenice, kde se také nachází největší vodní plochy povodí – Velký rybník a Dolní a Horní Fikač, které jsou součástí Jesenické rybníční soustavy. Celková plocha povodí je 367,92 km² a délka toku činí 48,50 km (VÚV, 2011). Povodí má asymetrický tvar, plocha odvodňovaná pravostrannými přítoky je podstatně menší než plocha odvodňovaná přítoky levostrannými. Říční síť má stromovitý charakter. Největšími přítoky jsou Lišanský a Kolečovický potok, oba jsou přítoky levostrannými.

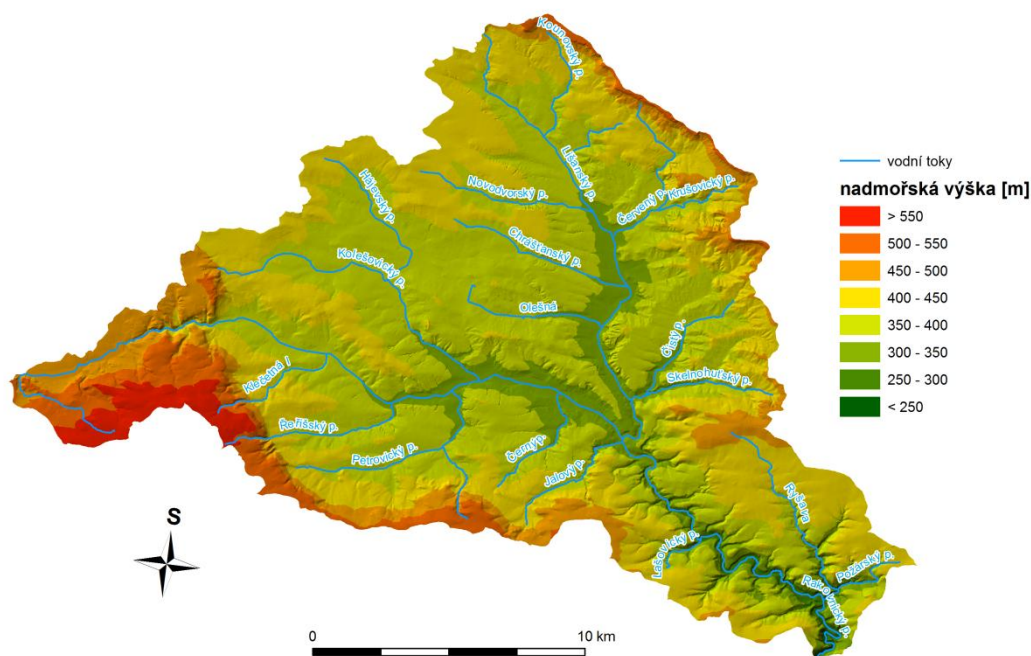


Mapa 1 (nahore vpravo) Přehledová mapa povodí Rakovnického potoka. (zdroj: vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000)

Mapa 2 (dole vlevo) Poloha povodí Rakovnického potoka v rámci povodí Berounky. (zdroj: vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000)

4.2 Morfologické poměry povodí

Dle geomorfologického členění Česka patří povodí Rakovnického potoka do provincie Česká Vysočina, kde náleží k subprovincii Poberounská soustava. V rámci této soustavy rozlišujeme dvě oblasti, a to Brdskou oblast a Plzeňskou pahorkatinu, obě se vyskytující na území povodí. Tyto oblasti jsou v oblasti povodí oba zastoupeny dvěma celky – Brdská oblast Džbánem a Křivoklátskou vrchovinou a Plzeňská pahorkatina Rakovnickou a Plaskou pahorkatinou. Jádrem celého území zaujímá Rakovnická kotlina, která tvoří strukturálně tektonickou sníženinu na horninách permokarbonského stáří s charakteristickým mírně zvlňeným denudačním povrchem sklánějícím se od severozápadu k jihovýchodu (Matoušková, 2003). Ze všech stran je pak tato sníženina lemována pahorkatinami.



Mapa 3 Výšková členitost povodí Rakovnického potoka. (zdroj: vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000)

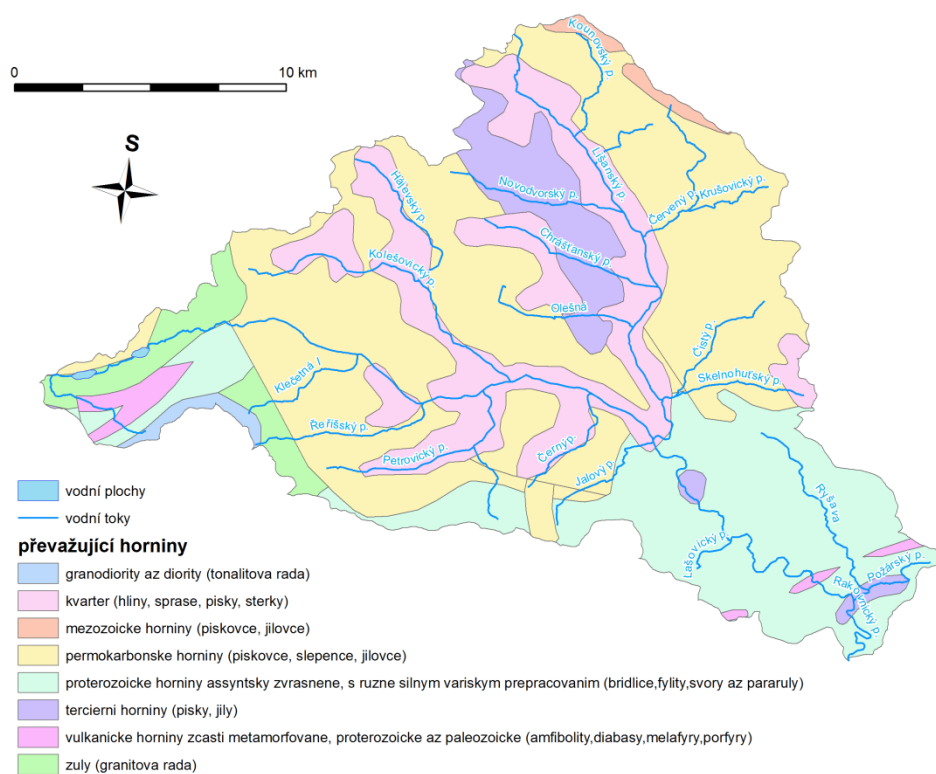
Průměrná nadmořská výška povodí je rovna 400 m n. m., nejvyšších hodnot dosahuje Petrohradská pahorkatina na jihozápadě povodí, kde se nachází i nejvyšší bod povodí Plavečský vrch (604 m n. m.). Nejnižší položeným místem je ústí Rakovnického potoka do Berounky ve výšce 235 m n. m. Na Mapě 3 je znázorněna výšková členitost regionu.

4.3 Geologické poměry

Na povodí Rakovnického potoka se rozkládají dva geologické celky - rakovnická permokarbonská pánev na severozápadě a břidličná proterozoická oblast na jihovýchodě. Hranice mezi těmito dvěma celky se táhne od JZ k SV přibližně od Zavidova, přes centrální část a dále směrem k Rudě. Jihovýchodní břidličná část je prostoupena žilami vyvěřelin

(hlavně živcové porfyry). Severoápadní oblast je tvořena hlavně prvohorními sedimentárními horninami. Jak uvádí Škoudlínová (1999), usazeniny dělíme na čtyři následující pásma: spodní pásmo šedé, spodní pásmo červené, svrchní pásmo šedé a svrchní pásmo červené. V těchto pásmech jsou nejčastěji zastoupeny arkóзовé pískovce, slepence a jílovce. Šedá pásma jsou typická uhelnými slojemi. Ve vyšších polohách spodního šedého pásma se nacházejí ložiska lupku, který se v této oblasti také těží.

Do jihozápadní části povodí zasahuje čistecko-jesenický žulový pluton, jehož vyvření se datuje do doby svrchního devonu (Matoušková, 2003). Z hornin zde převládají granity a granodiority.



Mapa 4 Geologické poměry povodí Rakovníckého potoka. (zdroj: vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000)

Z terciérních hornin najdeme na území povodí hlavně písky, štěrky a jíly miocénního stáří, které tvoří říční terasy na severu území. To dokládá výskyt několika pískoven v povodí.

Terén je kryt kvarténními horninami, především nezpevněnými písčítými a jílovitými hlínami a štěrky. Fluviální písčité až písčitojílovité hlíny jsou uloženy zejména v údolích vodních toků.

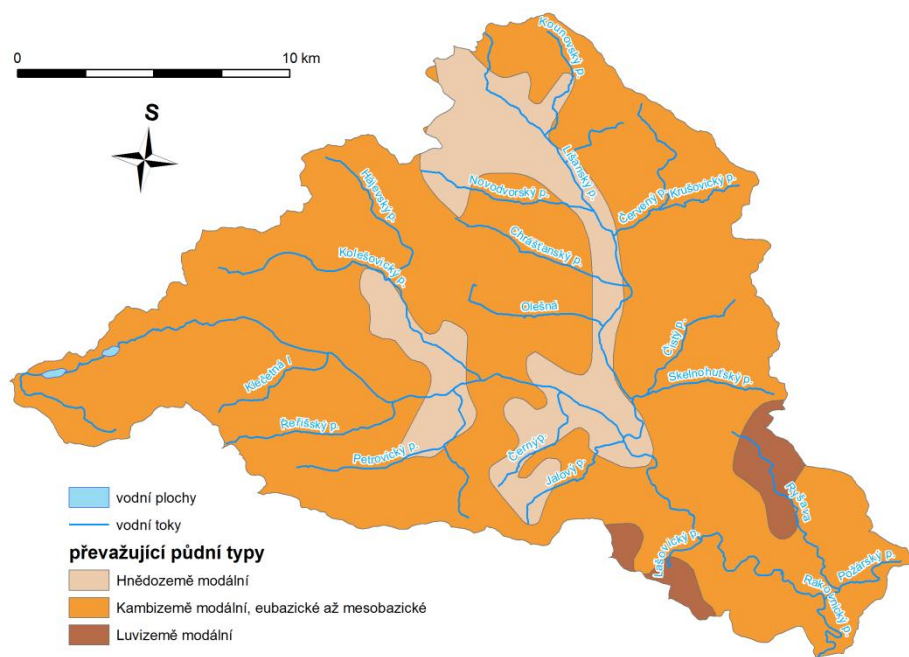
Místa se v terénu vyskytují antropogenní tvary vzniklé těžbou nerostných surovin, jako jsou haldy, navážky nebo odvaly. Jak ve své práci uvádí Matoušková (2003), geologická odlišnost severozápadní - permokarbonské a jihovýchodní - proterozoické části povodí podmiňuje i

odlišné hydrogeologické poměry těchto dvou oblastí. Příznivější podmínky mají z hlediska vytváření přirozených akumulací podzemních vod permokarbonské sedimenty.

4.4 Pedologické poměry

V povodí Rakovnického potoka mají hlavní zastoupení dvě referenční třídy půd – kambisoly a luvisolys.

Referenční třída kambisoly je zastoupena hlavně kambizeměmi, které dominují na celém území, v menší míře pak pelozeměmi. Z půdních subtypů je zastoupena hlavně kambizemě modální, která má na permokarbonských sedimentech červenou až červenošedou barvu. Tvořena je hlavně ze svahovin pevných a zpevněných hornin v pahorkatinném reliéfu. Ve vyšších polohách na jihozápadě území se vyskytuje kambizemě dystrická vázaná na kyselé horniny Ústecko-jesenického plutonu (Kašpárek et al., 2012).



Mapa 5 Pedologické poměry povodí Rakovnického potoka. (zdroj: vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000)

Luvisolys jsou zastoupeny převážně půdním typem hnědozem a pouze ostrůvkovitě půdním typem luvizem. Luvisolys se vyskytují v nižších polohách Rakovnické kotliny, protože pro jejich tvorbu jsou obecně vhodnější teplejší podmínky. Převažujícím subtypem je hnědozem modální, která má dobré vlastnosti sorpčního komplexu a je proto zemědělsky využívána.

Jak uvádí ve své práci Šefrna et al. (2002 in Matoušková, 2003), z hlediska retenční schopnosti vody jsou hnědozemě vyrovnanější, mají ale slabší strukturní rezistenci a tím občas sníženou schopnost infiltrace srážkové vody.

V údolních nivách a podél vodních toků na celém území najdeme fluvizemě patřící do referenční třídy fluvisoly. Svě zastoupení mají fluvizemě typické i glejové.

V okolí obce Kněževes se vyskytuje pararendzina arenická z referenční třídy leptosoly.

4.5 Klimatické poměry

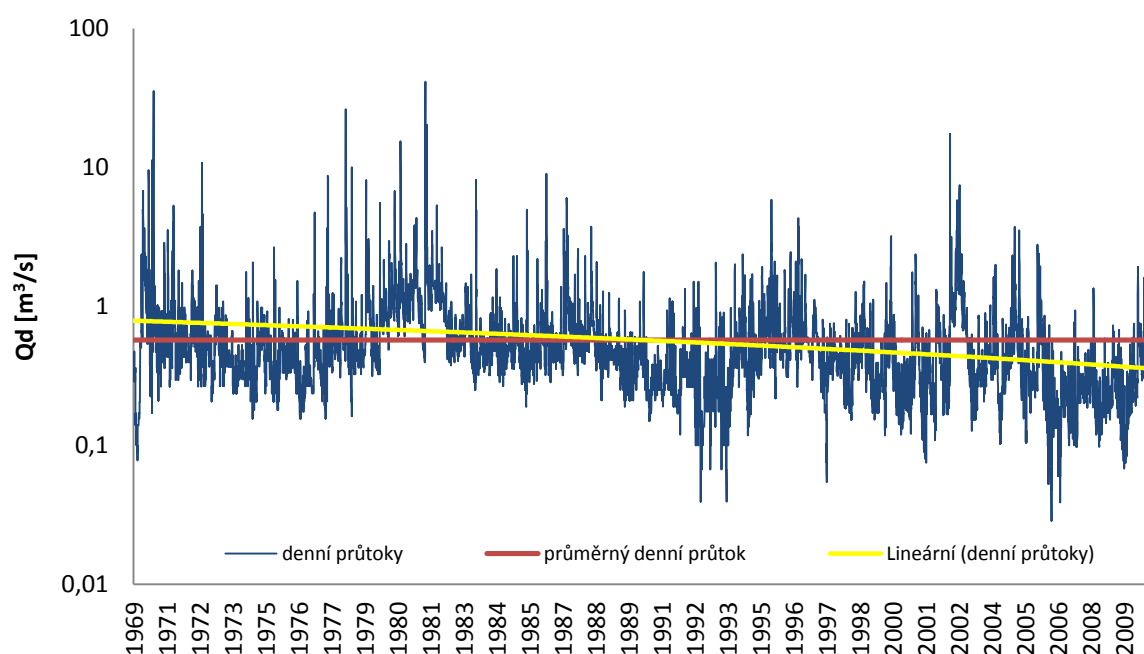
Rakovnická oblast leží ve srážkovém stínu západočeských pohoří, je tedy poměrně suchá a srážkově chudá.

Dle Quittovy klasifikace (Quitt, 1971) se povodí Rakovnického potoka nachází v mírně teplé oblasti (MT). Střední a východní část pokrývá MT11 charakteristická dlouhým létem a mírně teplou, suchou zimou. Do vyšších poloh na západě povodí zasahuje MT4, která se vyznačuje krátkým létem a normálně dlouhou, mírně teplou a suchou zimou.

Detailní analýza klimatických veličin je uvedena ve studii VÚV (Kašpárek et al., 2012). Největší vliv na odtokové poměry v povodí mají atmosférické srážky. Průměrná výška srážek v období mezi lety 1960 – 2008 se pohybovala v rozmezí 484 – 584 mm, přičemž nejnižší je v severozápadní části povodí (Kolešovický potok) a nejvyšší úhrny jsou ve východní a jihovýchodní části povodí v okolí obce Nový Dům (Ryšava) a Křivoklát. V dlouhodobém srážkovém vývoji klesají úhrny srážek jen velmi mírně, rozložení srážek během roku se ale podstatně změnilo (Kašpárek et al., 2012) a zvýšila se variabilita. V období po roce 1981 ubylo srážek s velkými výškami a významný pokles srážek byl zaznamenán v jarním období roku. Právě úbytek srážek na jaře a výrazné oteplení v tomto období přispělo ke změnám odtokových poměrů v povodí.

5. Odtokové poměry

K analýze odtokových poměrů byla využita data ČHMÚ naměřená na limnigrafické stanici Rakovník mezi lety 1970 – 2010. Naměřené denní průtoky za celou datovou řadu jsou zobrazeny v Grafu 2. Dlouhodobý průměrný denní průtok z poskytnuté datové řady (v grafu znázorněn červenou čarou) je roven $0,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Absolutně nejvyšší průtok $41,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl naměřen 20.7.1981 v důsledku extrémních srážek v období 17. – 20. července 1981. Naopak absolutní minimum $0,0287 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se váže k datu 9.9.2006. Zářím tohoto roku bylo extrémně suché a na území ČR spadla pouze třetina srážek oproti dlouhodobému srážkovému normálu. Celkový trend denních průtoků má spíše klesající charakter, jak dokazuje lineární trend znázorněný v Grafu 2 žlutou barvou.



Graf 2 Čára denních průtoků 1970 – 2010. (zdroj: data ČHMÚ)

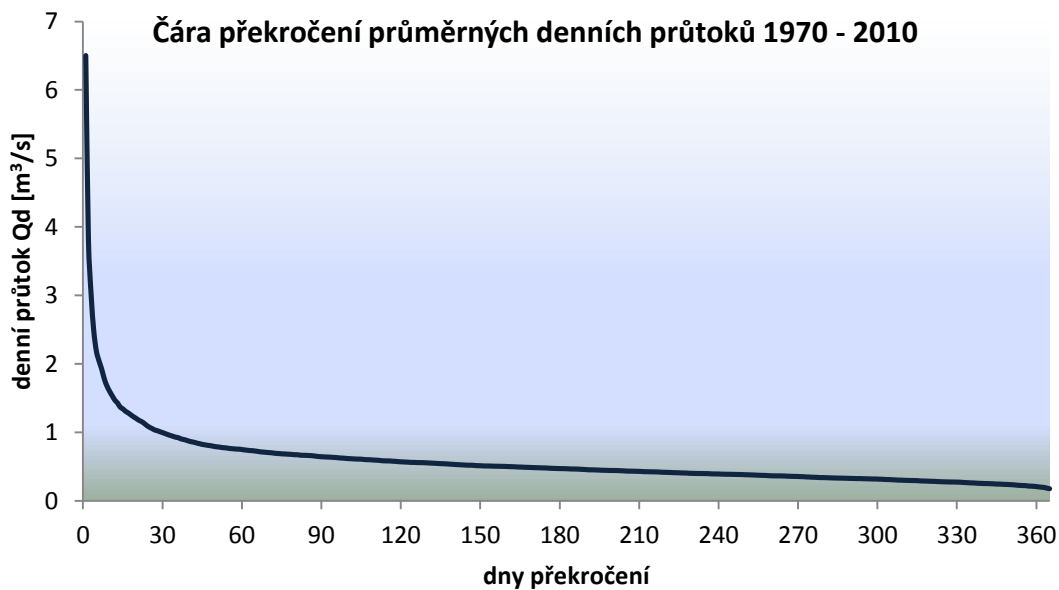
Prokazatelný je klesající trend denních průtoků a menší výskyt vysokých denních průtoků po roce 1981.

Pro povodí Rakovnického potoka je charakteristický náhlý vzestup a rychlý pokles povodňových průtoků (Matoušková, 2003). Tuto rozkolísanost denních průtoků dobře znázorňuje čára překročení průměrných denních průtoků sestavená pro roky 1970 – 2010. Její tvar poukazuje na mírnou nevyrovnanost odtokového režimu, který je typický dlouhodobě nižšími stavy, které jsou narušovány náhlými vzestupy průtoků. To se děje především v letních měsících jako důsledek přivalových dešťů.

Z čáry překročení (Graf 3) byly odečteny následující hodnoty M-denních průtoků:

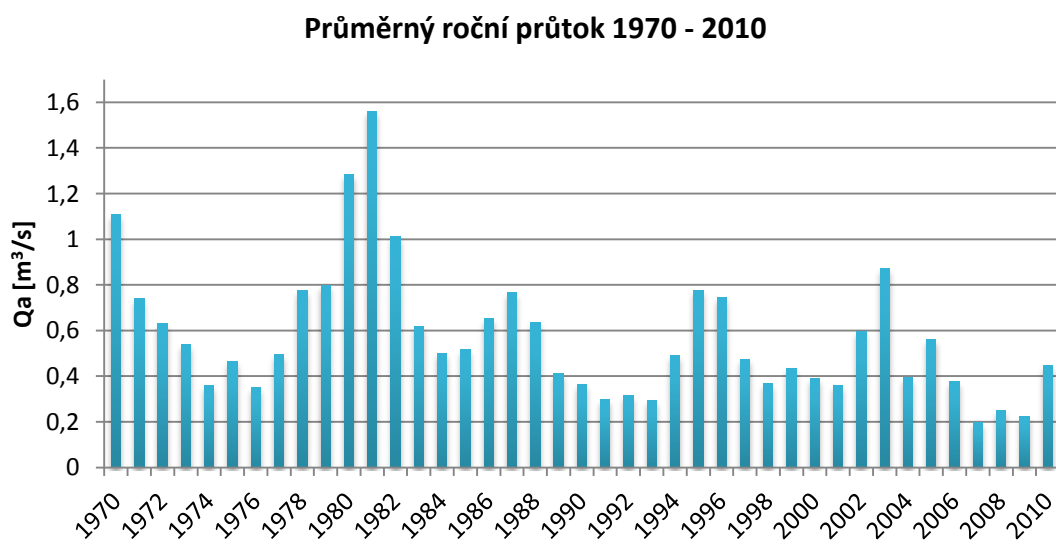
průtok	Q30	Q60	Q90	Q120	Q150	Q180	Q210	Q240	Q270	Q300	Q330	Q360
$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	0,99	0,75	0,64	0,57	0,51	0,47	0,43	0,39	0,35	0,31	0,27	0,20

Tab. 3 M-denní průtoky. (zdroj: data ČHMÚ)



Graf 3 Čára překročení průměrných denních průtoků. (zdroj: data ČHMÚ)

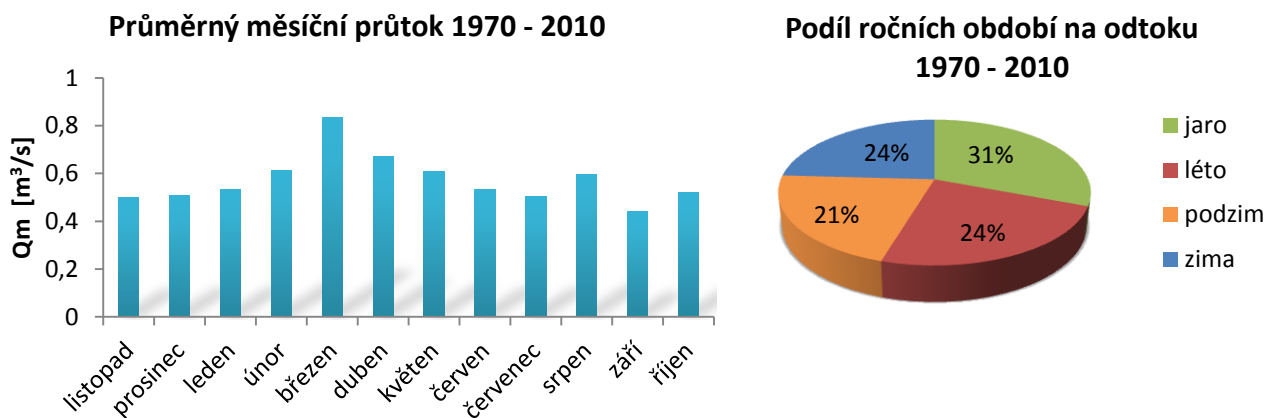
Z hlediska dlouhodobého vývoje průměrných ročních průtoků byly nejvíce vodné roky na počátku sedmdesátých (1970) a zejména osmdesátých let (1980, 1981 a 1982). Období po roce 1983 je možné z hlediska průtoků charakterizovat spíše jako podprůměrné, extrémně málo vodným rokem byl rok 2007, kdy průměrný průtok dosahoval pouze $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Graf 4 Průměrný roční průtok 1970 - 2010. (zdroj: data ČHMÚ)
Je patrný výrazný pokles průměrných ročních průtoků za poslední tři desetiletí.

Co se týče rozložení průměrných měsíčních průtoků, nejvyšší průtoky jsou dosahovány v březnu jako důsledek jarního tání sněhu. Celkově se březen podílí na odtoku 12,2 %. Podružného maxima je dosahováno v srpnu a jeho příčinou jsou dešťové srážky.

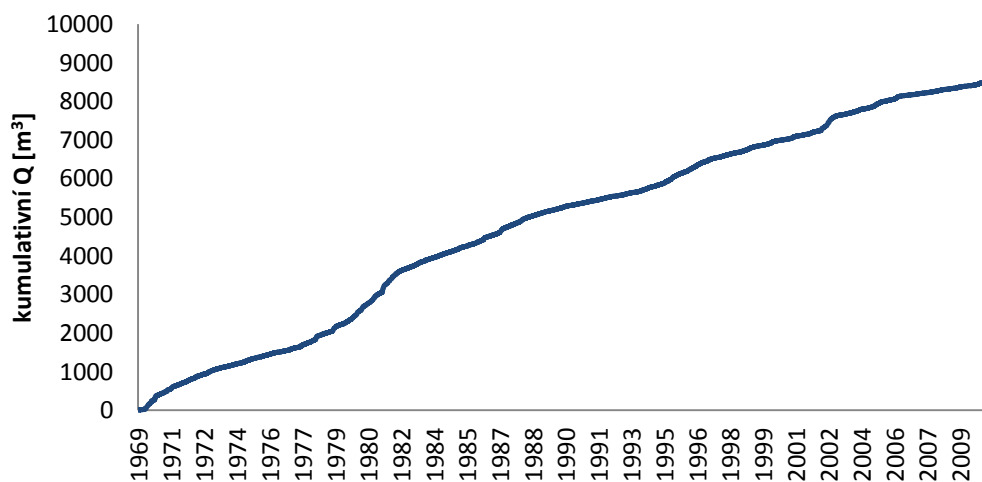
Z hlediska ročních období se na odtoku nejvíce podílí jaro (32 %). Rozložení odtoku z pohledu rozložení v jednotlivých ročních obdobích by se tedy dalo charakterizovat jako mírně nevyrovnané. Pro jarní a letní období je typická větší rozkolísanost díky tání sněhové pokrývky a vypadávání srážek. Podzim a zima jsou zpravidla vyrovnanější, i zde ale najdeme určité anomálie způsobené především oteplením v zimních měsících a následného tání sněhu a vypadávání dešťových srážek.



Graf 5 (vlevo) Průměrný měsíční průtok 1970 - 2010. (zdroj: data ČHMÚ)

Graf 6 (vpravo) Rozložení odtoku z hlediska ročních období. (zdroj: data ČHMÚ)

Kumulativní křivka průtoků, znázorněná v Grafu 7, také prokazuje značný pokles průtoků po roce 1981. Gradient poklesu průtoků je značný, jak ve své studii uvádí Kašpárek (2012), jedná se až o 1,85 % za jeden rok. Zvýšený průtok byl zaznamenán v období mezi lety 1977 a 1981, kdy bylo toto období zakončeno velkou povodní a od té doby je výskyt vyšších denních průtoků prakticky nepozorovatelný a ani povodeň v roce 2002 nepřesáhla extrémy z roku 1981.



Graf 7 Kumulativní křivka průtoků. (zdroj: data ČHMÚ)

6. Hydroekologický monitoring v povodí Rakovnického potoka

6.1 Rozvržení úseků a monitoring

Na základě výše uvedené aktualizované metodiky mapování HEM - Hydroekologický monitoring (Langhammer, 2013) byl během července a srpna 2013 autorkou proveden terénní průzkum na dolním toku v povodí Rakovnického potoka. Byl stanoven úsek toku od jeho ústí do Berounky po soutok s Kolečovickým potokem nad Rakovníkem v celkové délce 24,25 km. Tok byl rozdělen na 27 heterogenních úseků, které na sebe vzájemně navazují. Hlavním kritériem pro vymezení hranic úseků byl již dříve uskutečněný průzkum v zájmovém povodí metodou EcoRivHab (Matoušková, 2003) tak, aby se dal srovnat vývoj v jednotlivých úsecích s odstupem několika let a výsledky z obou metod vhodně použít při návrzích revitalizačních opatření v povodí.

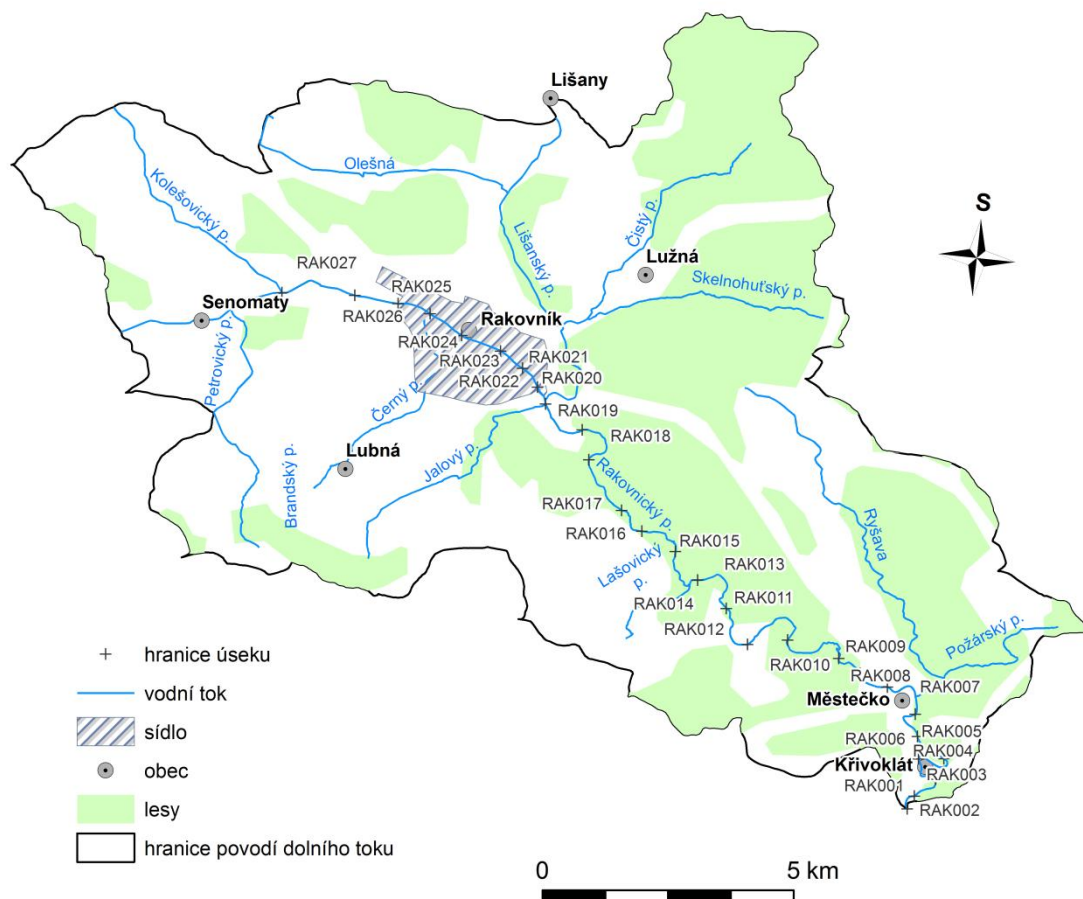
Jako podklad pro terénní mapování a zakreslování hranic úseků byla použita ZM ČR 1:10,000. Úseky jsou dle metodiky vymežovány proti směru proudění toku, tedy od ústí k prameni. Rozložení úseků je znázorněno na Mapě 6. Průměrná délka úseku je 898 m, nejdelší úsek měří 1682 m (RAK010 – Popelka) a nejkratší je roven 290 m (RAK020 – Fr. Diepolta). Detailní zaměření úseků včetně GPS souřadnic je uvedeno v Tabulce 4.

Monitoring proběhl za poměrně vysokých vodních stavů v létě 2013. Prudké přívalové deště v tomto období mohly ovlivnit hodnocené ukazatele, především v dílčí části Koryto a trasa toku z důvodu zkalené vody a tudíž špatné viditelnosti na strukturu a morfologii toku. V terénu byly hodnoceny všechny parametry uvedené metodiky, vyhodnocení výsledků se provádělo ve dvou krocích. Nejprve na základě starší metodiky hodnocení z roku 2008 (Langhammer, 2008), následně dle aktualizované metodiky z roku 2014 (Langhammer, Hartvich, 2014), která je typově specifická a došlo v ní k výraznému přeskupení parametrů v hlavních zónách toku, a byly vymezeny zóny nové. Odlišnosti v těchto metodikách jsou uvedeny v kapitole 3. Pro parametr Variabilita průtoku byla použita data z limnigrafické stanice Rakovník (ř. km 17,5). Protože se jedná o jedinou limnigrafickou stanici na celém toku, jsou data shodná pro všechny úseky. Je důležité mít na paměti, že data z tohoto profilu jsou ovlivněna vypouštěním vody z ČOV Rakovník.

Následně byla vypočítána hydromorfologická kvalita v hlavních zónách jednotlivých úseků, které jsou odlišné pro obě metodiky. Z těchto hlavních zón byla nakonec určena celková hydromorfologická kvalita jednotlivých úseků.

úsek	délka úseku (m)	horní hranice úseku (X,Y)		říční kilometr < ;)	
ústí do Berounky		13° 52.032'	50° 1.834'	0,00	
RAK001 pod Křivoklátem	377,0	13° 52.12'	50° 1.977'	0,00;	0,38
RAK002 Křivoklát - zahrádky	606,2	13° 52.437'	50° 2.165'	0,38;	0,98
RAK003 Křivoklát	665,0	13° 52.105'	50° 2.347'	0,98;	1,65
RAK004 Křivoklát - Kolečko	831,3	13° 52.557'	50° 2.434'	1,65;	2,48
RAK005 nad Křivoklátem	713,0	13° 52.053'	50° 2.589'	2,48;	3,19
RAK006 pod Městečkem	750,5	13° 51.982'	50° 2.803'	3,19;	3,94
RAK007 Městečko	1117,1	13° 51.432'	50° 3.078'	3,94;	5,06
RAK008 nad Městečkem	674,2	13° 50.942'	50° 3.174'	5,06;	5,73
RAK009 Hučavka	599,7	13° 50.532'	50° 3.297'	5,73;	6,33
RAK010 Popelka	1682,8	13° 49.671'	50° 3.419'	6,33;	8,02
RAK011 meandr Vrchová	1555,3	13° 49.021'	50° 3.307'	8,02;	9,57
RAK012 Pustověty	1046,0	13° 48.598'	50° 3.663'	9,57;	10,62
RAK013 žst. Lašovice	1289,4	13° 48.041'	50° 3.918'	10,62;	11,91
RAK014 Loučný mlýn	1096,5	13° 47.602'	50° 4.179'	11,91;	13,00
RAK015 Lučiny	957,5	13° 46.998'	50° 4.347'	13,00;	13,96
RAK016 Chlum	690,5	13° 46.629'	50° 4.563'	13,96;	14,65
RAK017 Mladina	1277,1	13° 45.98'	50° 5.021'	14,65;	15,93
RAK018 papírna - rozc.	1163,6	13° 45.774'	50° 5.334'	15,93;	17,09
RAK019 ČOV	1074,8	13° 45.072'	50° 5.538'	17,09;	18,17
RAK020 F. Diepolta	290,9	13° 44.931'	50° 5.706'	18,17;	18,46
RAK021 nábřeží TGM č. 1	492,9	13° 44.639'	50° 5.894'	18,46;	18,95
RAK022 nábřeží TGM č. 2	556,8	13° 44.235'	50° 6.043'	18,95;	19,51
RAK023 nábřeží TGM č. 3	839,2	13° 43.557'	50° 6.172'	19,51;	20,35
RAK024 Rakovník - hřiště	762,7	13° 42.973'	50° 6.317'	20,35;	21,11
RAK025 nad Rakovníkem	686,0	13° 42.424'	50° 6.38'	21,11;	21,80
RAK026 Studánka	882,6	13° 41.691'	50° 6.398'	21,80;	22,68
RAK027 soutok s Kolešovickým potokem	1569,6	13° 40.487'	50° 6.269'	22,68;	24,25

Tab. 4 Vymezení úseků pomocí GPS souřadnic a říčních kilometrů.



Mapa 8 Přehledová mapa vymezení úseků. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)

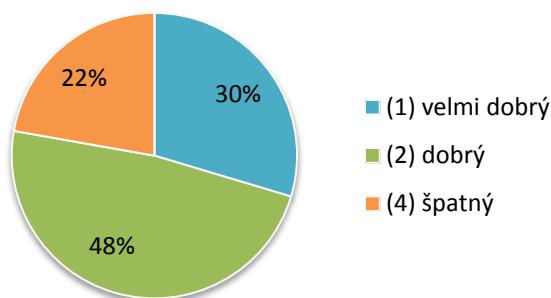
6.2 Hodnocení hydromorfologického stavu jednotlivých zón dle metodiky HEM 2008

Metodika hodnocení HEM 2008 (Langhammer, 2008) je univerzální, skórování parametrů je tedy shodné pro všechny typy toků bez ohledu na jejich velikost či míru antropogenní přeměny.

Hodnotily se tyto čtyři hlavní zóny - Koryto a trasa toku, Dno, Příbřežní zóna a inundační území a Proudění a hydrologický režim toku. Z těchto čtyř hlavních zón byla určena celková hydromorfologická kvalita úseku.

6.2.1 Koryto a trasa toku

V zóně koryto a trasa toku byly hodnoceny tyto dílčí parametry – upravenost trasy toku, podélná průchodnost koryta, variabilita šířky koryta, variabilita zahloubení v podélném profilu a variabilita hloubek v příčném profilu.



Graf 8 Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Koryto a trasa toku.



Foto 1 (vlevo) Přírodě blízké koryto v úseku RAK005. Koryto má přirozený půdorysný průběh a není uměle napříměno či zahloubeno.

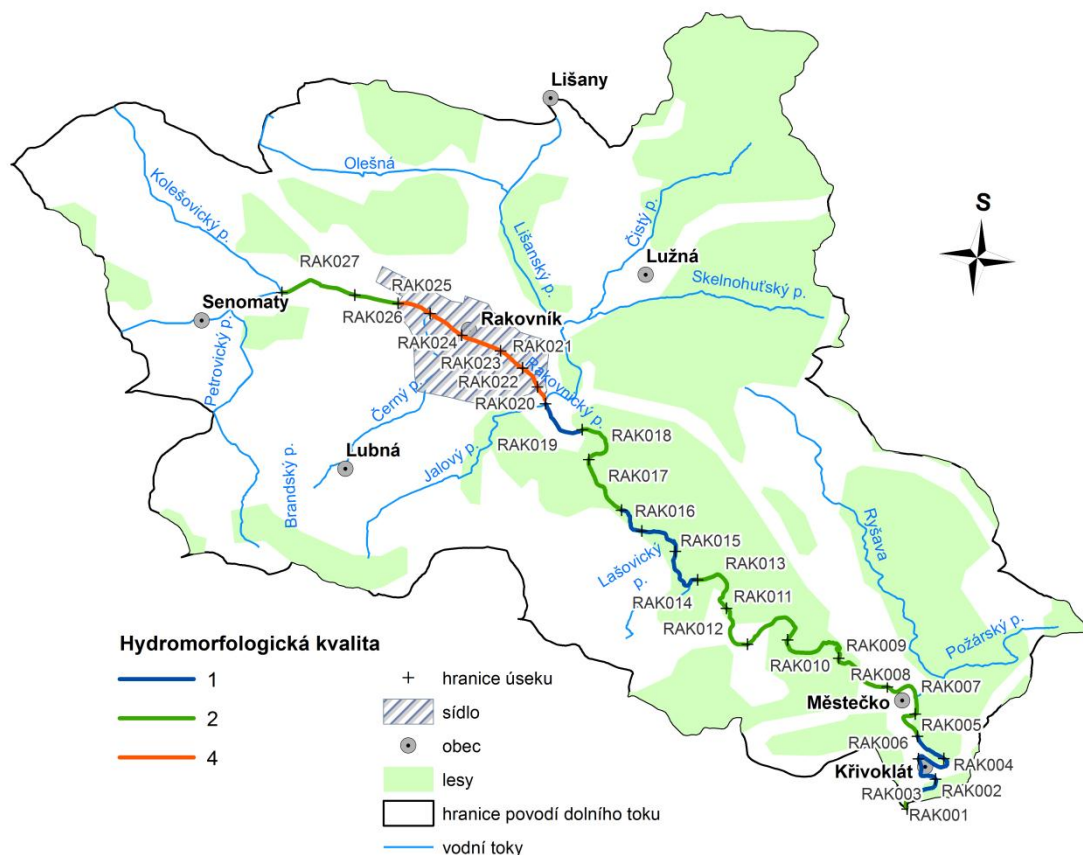
Foto 2 (vpravo) Silně antropogenně ovlivněné koryto v úseku RA021. Koryto je napříměné a uměle zahloubené.

Z celkové délky mapovaných úseků se téměř polovina nachází v dobrém stavu, téměř třetina byla hodnocena velmi dobrým stavem a pětina byla zařazena do kategorie se špatným hydromorfologickým stavem.

Úseky hodnoceny 1. a 2. stupněm hydromorfologického stavu se nachází na dolním toku Rakovnického potoka a protékají Chráněnou krajinnou oblastí Křivoklátsko. Charakteristiky koryta jsou převážně přírodní nebo přírodě blízké (RAK014, RAK015, RAK016). Průběh trasy toku je zákrutový, místy meandrující a nebyly zjištěny známky napřímění. Variabilita šířky koryta je vysoká až velmi vysoká, zahloubení koryta v příčném profilu střední až vysoké. Koryto je přírodní, bez umělého snížení či zvýšení. Ale i na dolním toku najdeme úseky, které jsou částečně antropogenně ovlivněné. Jsou to úseky protékající obcemi nebo nacházející se nad nebo pod danou obcí (RAK001, RAK003, RAK007, RAK016). Koryto je zde částečně upravené především z důvodu protipovodňové ochrany, projevují se zde i známky napřímění. V obcích Křivoklát a Dolní Chlum najdeme i umělé stupně (RAK001 a RAK016), které znemožňují přirozenou migrační propustnost toku.

Úseky RAK020 – RAK025 protékající městem Rakovník jsou hodnoceny hydrologickým stupněm 4, což značí špatný hydromorfologický stav. Koryto je napříměno a z důvodu protipovodňové ochrany značně zahloubeno. Variabilita šířky koryta je nízká, stejně jako

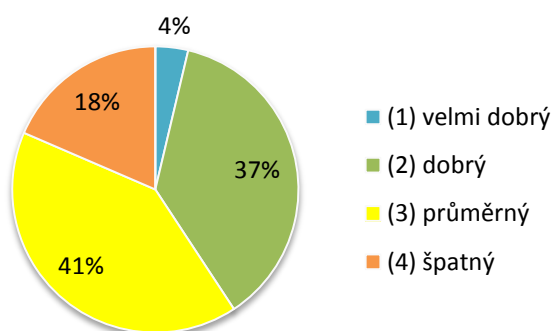
variabilita hloubek v příčném profilu. V podélném profilu toku se nachází řada nízkých stupňů a v horní části Rakovníka (RAK024) najdeme i vysoký a migračně neprůchodný jez.



Mapa 9 Hydromorfologický stav úseků v zóně Koryto a trasa toku. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)

6.2.2 Dno

V zóně dno byly hodnoceny tyto dílčí parametry – struktury dna, dnový substrát, upravenost dna a mrtvé dřevo v korytě.



Graf 9 Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Dno.

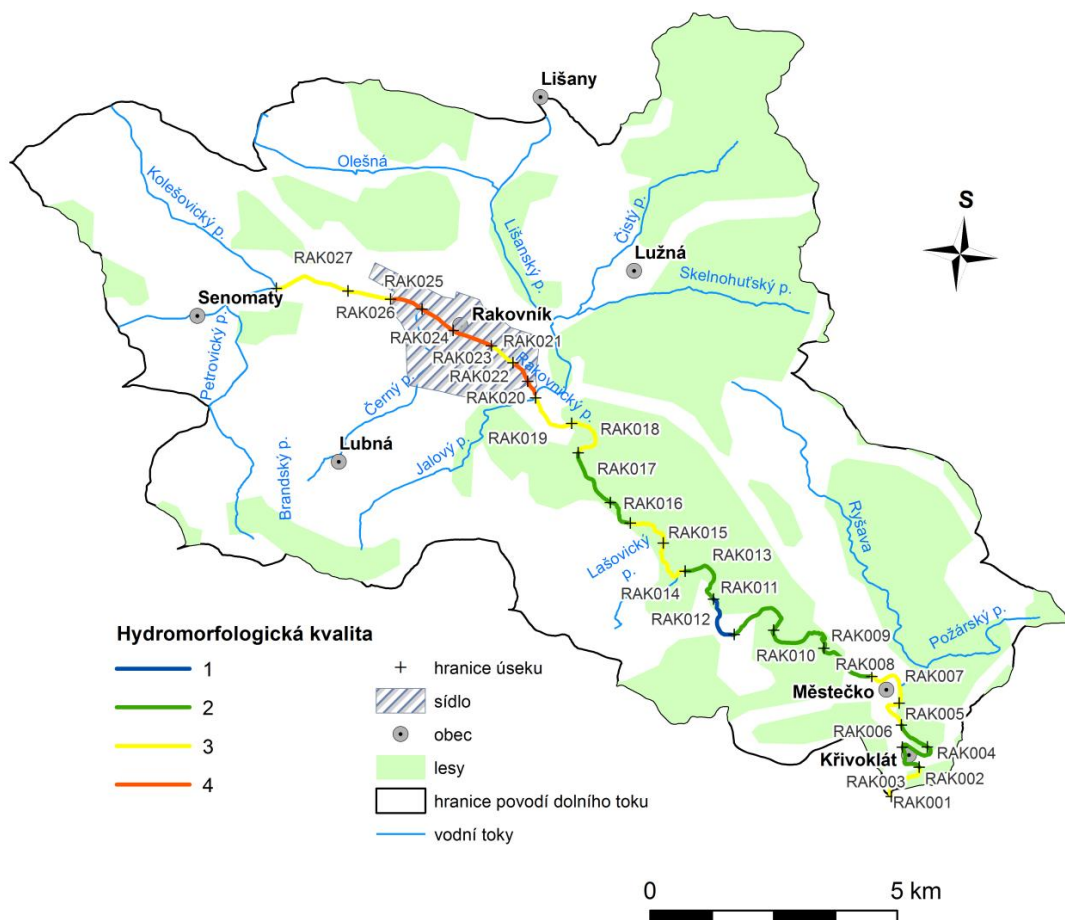


Foto 3 (vlevo) Přírodní struktury dna v úseku RAK004.

Foto 4 (vpravo) Rozsáhlé akumulace mrtvého dřeva v úseku RAK009.

V hodnocení zóny dna byla většina (41 %) úseků klasifikována jako průměrná. V dobrém hydromorfologickém stavu se nachází 37 % úseků, 18 % je ve špatném stavu a 4 % ve stavu velmi dobrém.

Dno v úsecích pod Rakovníkem (RAK002 – RAK019) je převážně přírodního charakteru, v obcích zpravidla zpevněné kamennou rovnaninou nebo pohoze. Jako dnový substrát převažuje písčito štěrkové dno s kameny. Struktury dna se většinou nevyskytují, v několika málo úsecích (RAK004, RAK016, RAK017) najdeme mělčiny, tůňe nebo lavice. V úsecích RAK009, RAK010 a RAK013 se vyskytují rozsáhlé akumulace mrtvého dřeva v korytě.



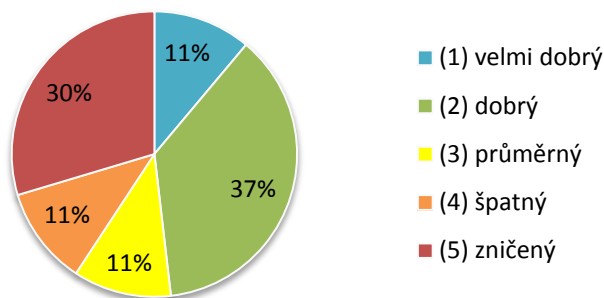
Mapa 10 Hydromorfologický stav úseků v zóně Dno. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)

V úsecích protékajících Rakovníkem (RAK020 – RAK024) se opět vyskytuje špatný hydromorfologický stav. Dno je písčito štěrkové, v minulosti zpevněné kamennou rovnaninou a přírodní struktury dna zcela chybí. Mrtvé dřevo se v korytě nevyskytuje nebo je pravidelně odstraňováno.

6.2.3 Břeh a inundační území

V zóně břeh a inundační území byly hodnoceny tyto parametry – upravenost břehu, břehová vegetace, využití příbřežní zóny a využití údolní nivy.

Tato kategorie dopadla ze všech hodnocených jednoznačně nejhůře. Jsou zde zastoupeny všechny hydromorfologické stupně, převažuje dobrý stav (37 %), který je ale následován stupněm číslo 5, tedy zničeným stavem (30 %). Ostatní stupně jsou zastoupeny shodně po 11 %.



Graf 10 Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Břeh a inundační území.



Foto 5 (vlevo) Břeh zpevněný betonem v úseku RAK004.

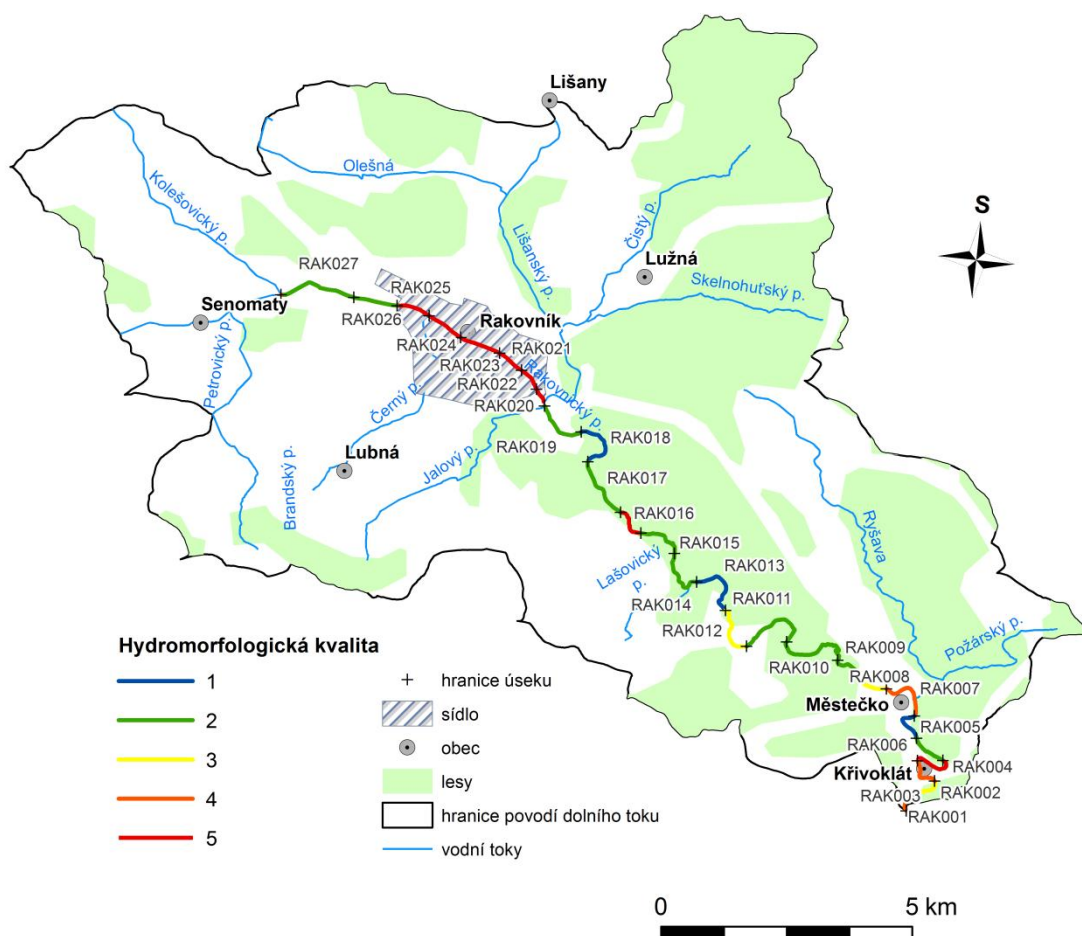
Foto 6 (vpravo) Rozsáhlé břehové nátrže v úseku RAK009.

V částech dolního toku mimo obce (zejména RAK009, RAK010 a RAK014) jsou břehy nezpevněné, značně nestabilní a s velkým množstvím břehových nátrží. V obcích jsou zpravidla zpevněné kamenným pohozem, rovnaninou nebo jsou zatravněné. Na dolním toku se nacházejí úseky přírodě blízké s dominujícími přirozenými lesními a lučními společenstvy v příbřežní zóně a údolní nivě (RAK006, RAK009, RAK013). Břehová vegetace je složena

z jednotlivých stromů, které odpovídají přirozené druhové skladbě. Výjimky tvoří opět úseky v intravilánech obcí (RAK007, RAK016), kde břehová vegetace zcela chybí nebo jsou břehy zatravněné nebo uměle osázené galeriovou vegetací. Úseky v Křivoklátu a pod ním dosáhly ale velmi negativního hodnocení (RAK001 - RAK004) a byly hodnoceny špatným až zničeným hydromorfologickým stavem. Břehová vegetace je zde vyvinuta jen částečně, na některých místech zcela chybí. Údolní niva je tvořena intravilánem obce, zahradami a dominují zde dopravní komunikace.

Na území města Rakovník tok protéká intravilánem a je silně antropogenně ovlivněný a všechny úseky jsou zde hodnoceny hydromorfologickým stupněm 5. Břehy jsou pokryty ruderalními společenstvy a osázeny pásem listnatých stromů. Ve 30. letech minulého století proběhla v celé délce toku v Rakovníku (RAK020 – RAK024) technická úprava opevnění břehů, viditelná je však už pouze v jeho horní části (RAK023, RAK024) a je ve velmi špatném stavu. Inundační území je tvořeno dopravními komunikacemi a zástavbou.

Úseky nad Rakovníkem protékají zemědělskou krajinou, čemuž odpovídá i využití příbřežní zóny a nivy. Břehová vegetace je tvořena hlavně jednotlivými stromy a bylinami.



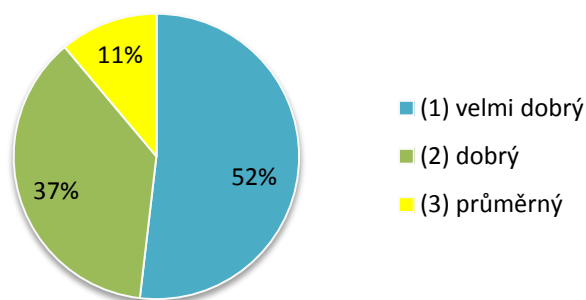
Mapa 11 Hydromorfologický stav úseků v zóně Břeh a inundační území. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)

6.2.4 Proudění a hydrologický režim

V zóně proudění a hydrologický režim byly hodnoceny tyto dílčí parametry – charakter proudění, ovlivnění hydrologického režimu, průchodnost inundačního území a variabilita průtoku.

V dílčím parametru variabilita průtoku byla uvažována data z limnigrafické stanice Rakovník a jsou tedy shodná pro všechny úseky. Je nutné zmínit, že data z této stanice jsou ovlivněna vypouštěním z ČOV Rakovník. Hodnota variačního koeficientu, který udává podíl mezi směrodatnou odchylkou souboru a průměrným ročním průtokem, byla rovna 1,4, variabilita průtoku je tedy hodnocena jako velmi vysoká.

Na horním toku Rakovnického potoka se rozprostírá Jesenická rybníční soustava, která ovlivňuje hydrologický režim všech níže položených úseků.



Graf 11 Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Proudění a hydrologický režim.

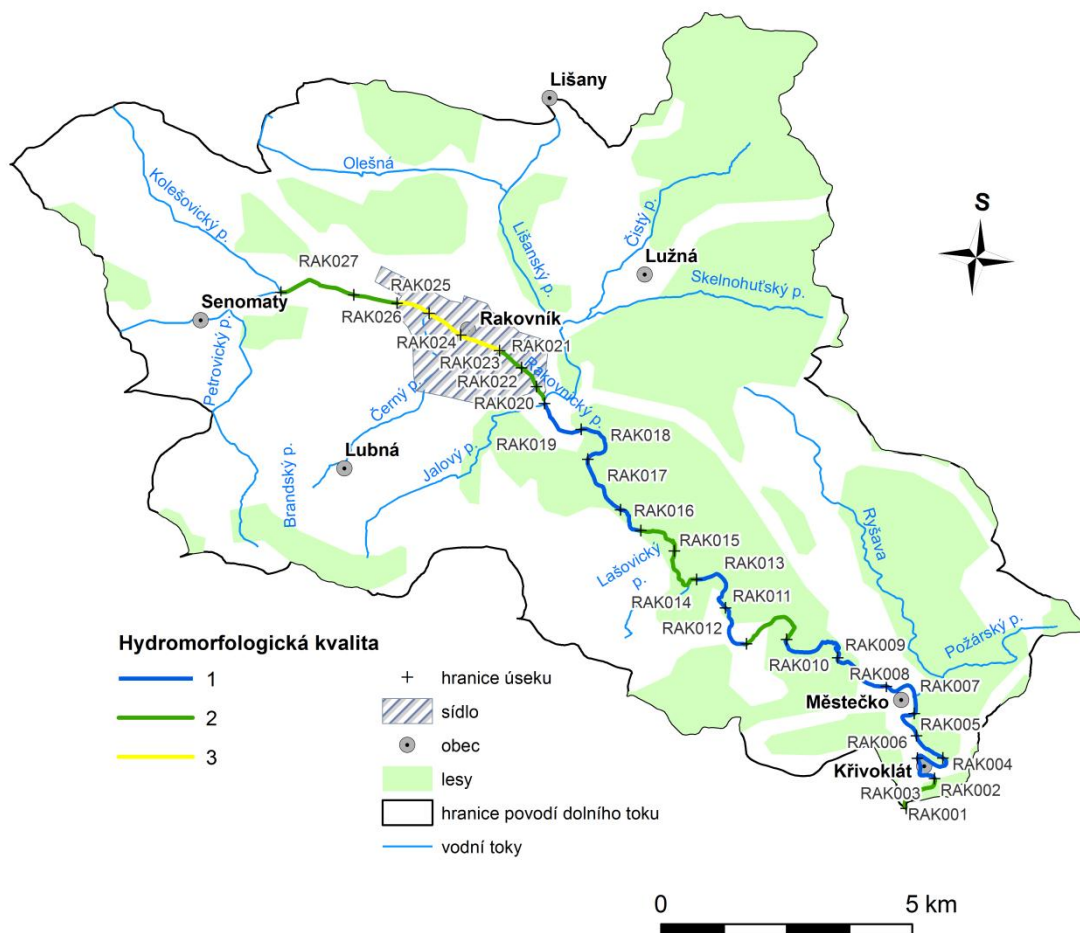


Foto 5 (vlevo) Omezená průchodnost nivy z důvodů dopravní komunikace vedoucí v těsné blízkosti koryta toku v obci Křivoklát (RAK002).

Foto 6 (vpravo) Vysoký stupeň omezující migrační průchodnost a regulující proudění v obci Rakovník (RAK024).

Téměř na všech úsecích na území CHKO Křivoklátsko (RAK002 – RAK019) je variabilita proudění velmi diverzifikovaná, běžně se zde vyskytuje několik typů proudění. Hydrologický režim zde není výrazněji regulován jezy a umělými stupni. Niva je průchodná, bez překážek, pouze v obcích se setkáme s protipovodňovými valy nebo náspy komunikací.

V Rakovníku je diverzita proudění nízká, průtok je zde trvale regulován. Celý tok je lemován protipovodňovými valy a průchodnost inundačního území je snižována dopravními komunikacemi a zástavbou.

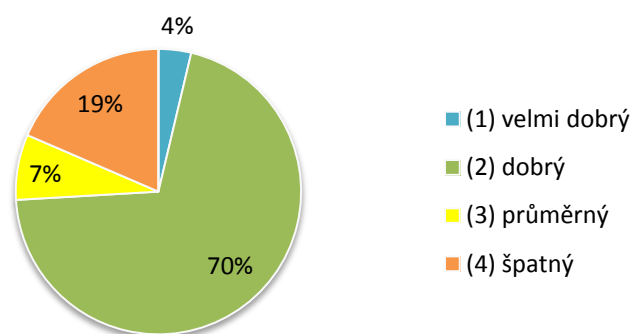


Mapa 12 Hydromorfologický stav úseků v zóně Proudění a hydrologický režim. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)

Více než polovina úseků (52 %) dosáhla v zóně Proudění a hydrologický režim velmi dobrého hydromorfologického stavu, 37 % bylo hodnoceno dobrým stavem a 11 % stavem průměrným.

6.2.5 Výsledný hydromorfologický stav

Výsledný hydromorfologický stav jednotlivých úseků byl spočítán jako aritmetický průměr hodnot vypočtených čtyřech hlavních zónách.



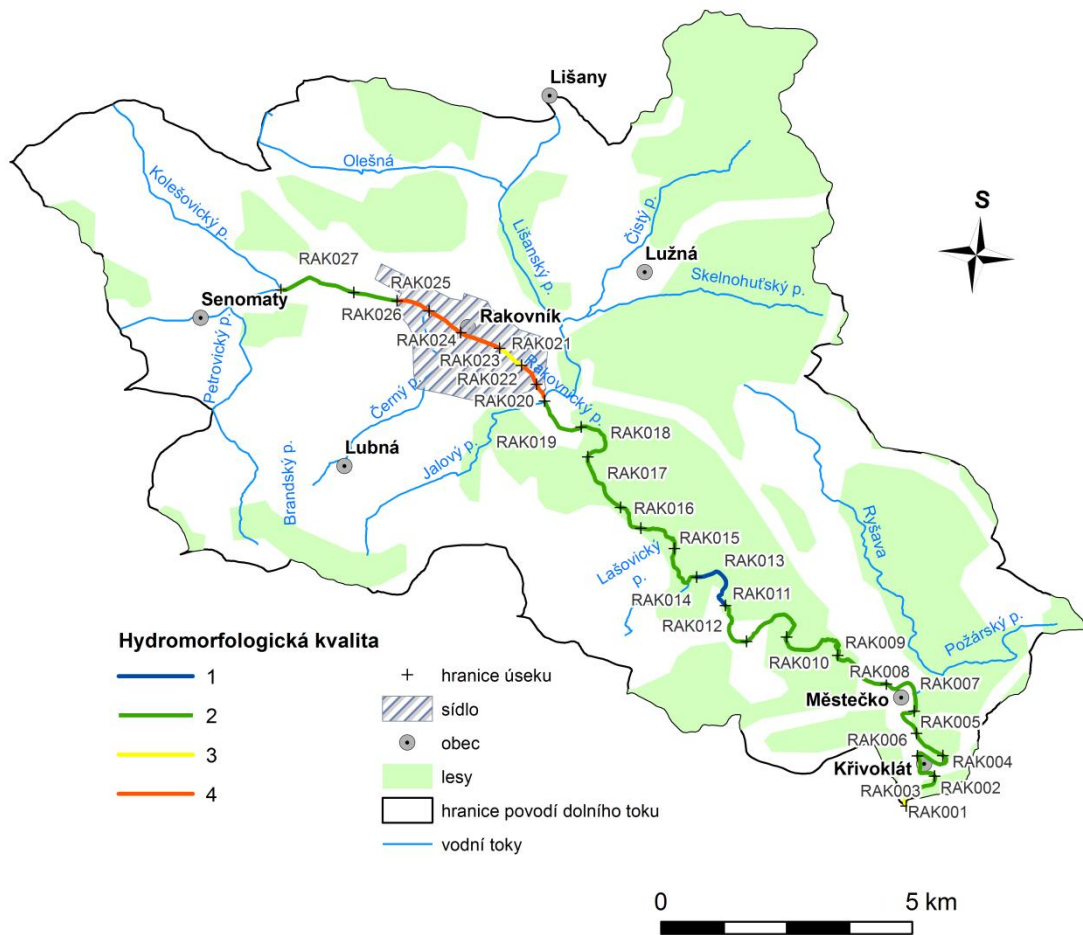
Graf 12 Podíl hydromorfologických stupňů na celkovém hydromorfologickém stavu.

Pouze jediný úsek (RAK013) dosáhl celkového hydromorfologického stupně 1, tedy velmi dobrého stavu. Tento úsek leží v srdci CHKO Křivoklátsko a měl by být předmětem zvláštní ochrany. Nejvíce se blíží přirozenému stavu vodního toku, koryto je přírodní, bez překážek s vysokou variabilitou hloubek i šířek. Břehová vegetace je bylinného a stromového patra, v příbřežní zóně a údolní nivě je dominantním společenstvem louka. Diverzita typů proudění je vysoká a hydrologický režim není nijak antropogenně ovlivněn.

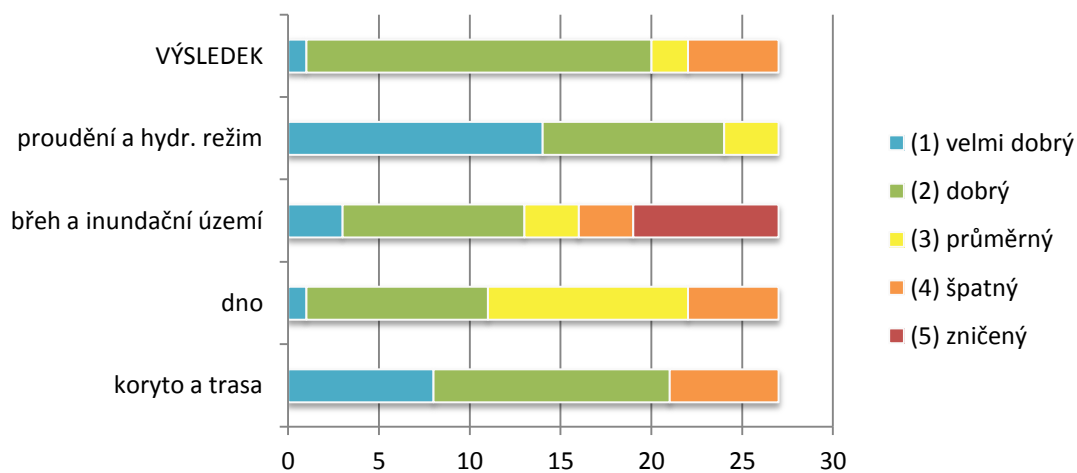
Naprostá většina (70 %) úseků byla hodnocena hydromorfologickým stupněm 2, nacházejí se tedy v dobrém stavu. Tyto úseky protékají chráněnou krajinnou oblastí a daly by se označit jako mírně antropogenně ovlivněné. Koryto je většinou přirozeně zákrutového až meandrujícího charakteru. Variabilita hloubek a šířek je střední až vysoká. Překážky v korytě a jeho úpravy jsou znatelné v urbanizovaných oblastech. Převažujícím typem využití příbřežní zóny a údolní nivy jsou přirozené lesy a louky.

Hydromorfologického stupně 3 dosáhly dva z hodnocených úseků (7 %). Jedná se o úseky RAK001 a RAK022. Oba úseky protékají urbanizovanou oblastí a jejich průběh je antropogenně ovlivněn. Koryto je uměle zpevněné a zahloubené. Variabilita hloubek v profilu je střední nebo nízká z důvodu úpravy koryta. Břehová vegetace je vyvinuta jen částečně nebo je tvořena ruderálním společenstvem.

Téměř pětina (19 %) úseků byla klasifikována ve špatném hydromorfologickém stavu. Tyto úseky se nacházejí na území města Rakovník a je nutné pro ně uvažovat aplikaci revitalizačních opatření. Koryto toku je napřímené a uměle zahloubené. Původně bylo zpevněno lomovým kamenem, dnes už je ale značně nestabilní s rozsáhlými břehovými nátržemi. Břehy jsou porostlé ruderálními společenstvy, příbřežní zóna a údolní niva jsou v plně urbanizované oblasti protkané množstvím dopravních komunikací. Diverzita proudění je nízká a hydrologický režim je trvale kontrolován a regulován.



Mapa 13 Celkový hydromorfologický stav úseků dle 2008. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)



Graf 13 Zastoupení hydromorfologických stupňů v jednotlivých zónách. Nejhorších výsledků je dosahováno v zóně Břeh a inundační území.

6.3 Hodnocení hydromorfologického stavu dle typově specifické metodiky HEM 2014

Podstatným rozdílem mezi metodikami 2008 a 2014 bylo seskupení hodnocených parametrů do jednotlivých zón. Oproti původní metodice, aktualizovaná metodika uvažuje pouze tři hlavní zóny – Koryto a trasa toku, Břeh a příbřežní zóna a Inundační území. Aktualizovaná metodika je typově specifická, pro každý typ toku jsou tedy rozdílně nastaveny váhy dílčích parametrů a jednotlivých zón v závislosti na ovlivnění toku těmito ukazateli. Rakovnický potok byl dle Typologie toků ČR (Langhammer et al., 2010) zařazen do kategorie pahorkatinných toků, skórování dílčích parametrů, jejich hodnocení a nastavení vah tedy probíhalo v souladu s touto klasifikací. Přesný popis hodnocení, včetně hodnot vah jednotlivých parametrů pro pahorkatinný typ toku, je uveden v kapitole 3.

V zóně Koryto a trasa toku bylo hodnoceno nejvíce parametrů a také má tato zóna nejvyšší váhu v hodnocení, protože nejvíce odráží přímé antropogenní zásahy do říčního prostředí. Mezi hodnocené parametry patří upravenost trasy toku, variabilita šířky koryta a hloubek v podélném i příčném profilu, charakter proudění, ovlivnění hydrologického režimu, upravenost, struktury dna a dnový substrát, mrtvé dřevo a podélná průchodnost koryta. V této zóně dosahují špatného hydromorfologického stavu úseky RAK020 – RAK024 protékající Rakovníkem. Trasa toku je uměle napřímena, variabilita šířek i hloubek je nízká, dno a břehy byly v minulosti zpevněny lomovým kamenem. Průchodnost koryta je omezená řadou neprůchodných stupňů. Mrtvé dřevo je z koryta systematicky odstraňováno. Velmi dobrého stavu dosahují úseky nad Křivoklátem (RAK005) a Křivoklát – Kolečko (RAK004), které jsou přirozeně zákrutové až meandrující, migračně průchodné a šířka a hloubka koryta je vysoce variabilní.

Zóna Břeh a příbřežní zóna dosahuje nejhorších výsledků ze všech hodnocených zón a je to tedy oblast, kam by se také měla v budoucnu soustředit možná revitalizační opatření. Hodnotily se následující parametry – upravenost břehu, břehová vegetace a využití příbřežní zóny. Zničený stav byl vyhodnocen v úsecích RAK020 – RAK023, tedy v úsecích v centru města Rakovník, kde je břehová vegetace tvořena ruderalními společenstvy a v příbřežní zóně se nacházejí zpravidla dopravní komunikace. Špatných stavů dosahují úseky mezi ř. km 0,00 – 2,48 na území obce Křivoklát (RAK001 – RAK004), dále RAK007 a RAK008 v obci Městečko a RAK016 v obci Chlum. Břehy v těchto obcích jsou uměle zpevněny rovnaninou, břehová vegetace zcela chybí nebo je tvořena trávobylinnou vegetací a příbřežní zóna je tvořena komunikacemi a zástavbou. Úseky RAK006, RAK012, RAK013, RAK015 a RAK018 vykazují velmi dobrý stav v břehové zóně. Břehy jsou bez známek úprav a břehová i příbřežní vegetace je přirozeného charakteru tvořena lučními a lesními společenstvy.

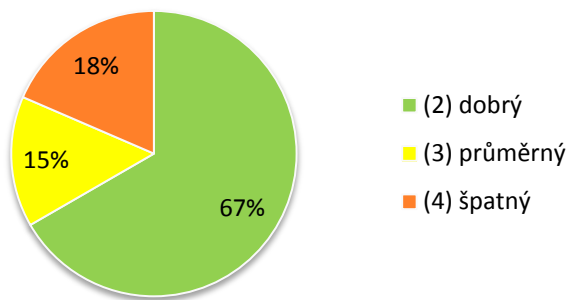
V zóně Inundační území se hodnotily parametry popisující využití údolní nivy, průchodnost inundačního území a boční migrace koryta. Úseky RAK020 a RAK021 mají v rámci této zóny špatný hydromorfologický stav. Celé náleží do intravilánu města Rakovník a průchodnost inundačního území je znemožněna podélnými i příčnými překážkami vyskytujícími se v údolní nivě. V úsecích RAK006, RAK009, RAK011, RAK013 a RAK014 se v údolní nivě vyskytují louky a lesy, inundační území je bez překážek omezujících jeho průchodnost a boční migrace koryta je přirozená bez omezení.

Výsledné typově specifické hodnocení (Langhammer, Hartvich, 2014) rozdělilo dolní tok Rakovnického potoka na tři charakteristické části.

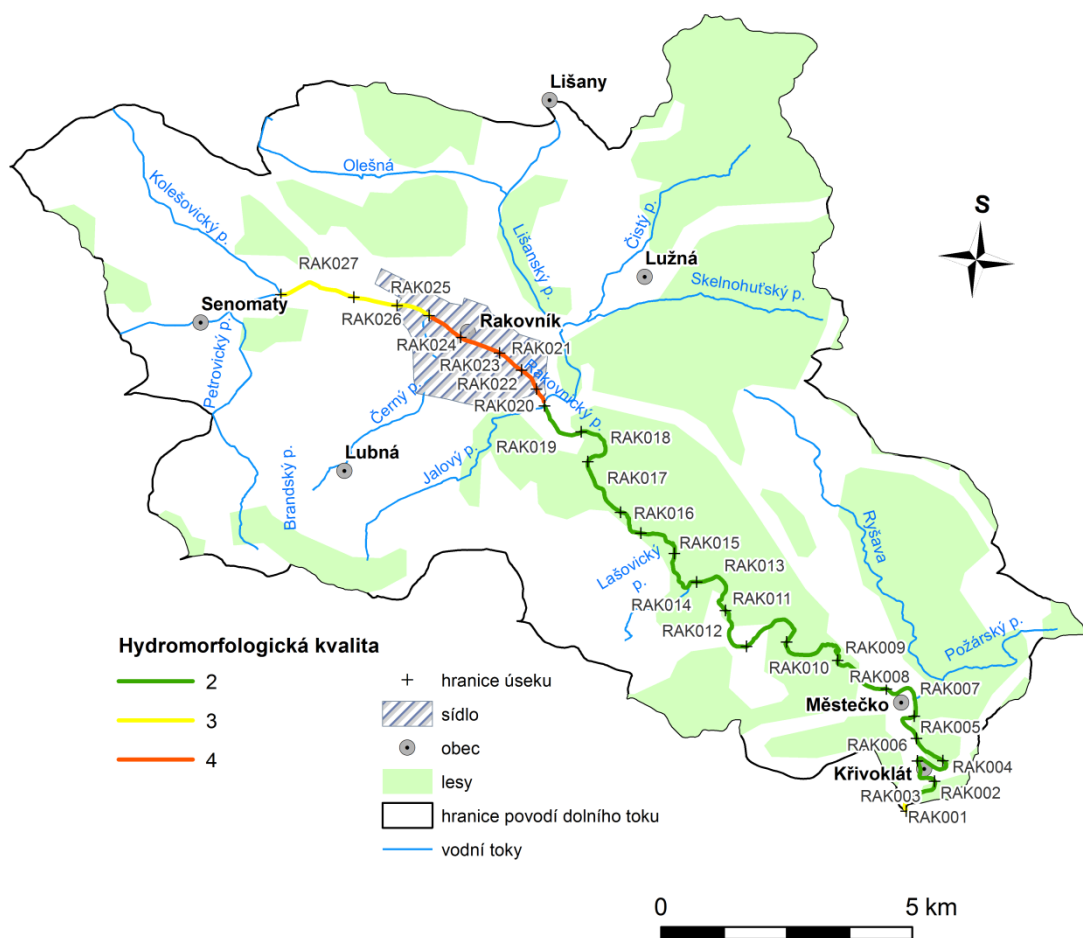
Žádný z hodnocených úseků nebyl celkově hodnocen ve velmi dobrém stavu, tedy dosahující hydromorfologického stupně 1. Všechny úseky protékající CHKO Křivoklátsko (RAK002 – RAK019) dosáhly hydromorfologického stupně 2. Průběh trasy je zde přirozeně zákrutový až meandrující, variabilita šířek i hloubek je střední až vysoká a dno a břehy nejsou, kromě samotných obcí, uměle upravovány a zpevňovány. V obcích jsou zpravidla nízké stupně a koryto je upraveno z důvodu protipovodňové ochrany. Zejména úseky RAK013 a RAK014 mezi obcemi Pustověty a Chlum (ř. km 10,62 – 13,00) dosáhly u většiny parametrů velmi dobrých výsledků a měly by tak být předmětem zvláštní ochrany. Břehová vegetace je přirozeného charakteru a v údolní nivě se nacházejí louky nebo lesy. Výjimkou je úsek RAK001, tedy úsek pod obcí Křivoklát u samotného ústí do řeky Berounky, který byl vyhodnocen v průměrném hydromorfologickém stavu. Nachází se zde nepřiměřeně vysoký stupeň, který brání přirozené migraci a jeden břeh je zpevněn betonovou zdí kvůli dopravní komunikaci vedené paralelně s korytem toku.

Průměrný hydromorfologický stav mají úseky nacházející se nad Rakovníkem až po soutok s Kolečovickým potokem (RAK025 – RAK027). Jsou to úseky protékající zemědělskou oblastí, variabilita hloubek je většinou nízká, koryto jeví známky napřímení a umělého zahloubení. Břehová vegetace je liniového charakteru a v údolní nivě nalezneme zemědělsky využívané plochy.

Všechny úseky v obci Rakovník (RAK020 – RAK024) nacházející se mezi ř. km 18,17 – 21,11 byly klasifikovány v kategorii se špatným hydromorfologickým stavem. Tyto úseky jsou silně antropogenně ovlivněné, koryto je uměle napřímené a zahloubené s množstvím migračně neprůchodných stupňů. Příbřežní zóna i údolní niva celá náleží do intravilánu města a zástavba společně s dopravními komunikacemi omezují její průchodnost. Vegetace na březích a v doprovodných pásech je ruderálního typu.



Graf 14 Podíl hydromorfologických stupňů na celkovém hydromorfologickém stavu dle metodiky 2014.



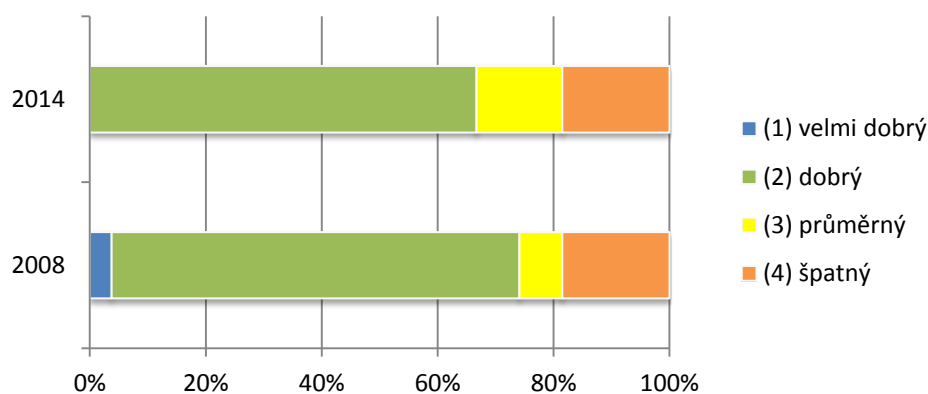
Mapa 14 Celkový hydromorfologický stav úseků dle 2014. (zdroj: terénní průzkum, vrstvy Dibavod a ArcČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1 : 500 000, ZM 1 : 10 000)

7. Interpretace výsledků a vymezení úseků vhodných pro revitalizaci

7.1 Srovnávací analýza výsledků hodnocení HEM verze 2008 a 2014

I přesto, že výsledné hodnocení dle obou metodik vykazuje velmi podobné výsledky, jsou mezi metodikami patrné výrazné odlišnosti. Aktualizovaná verze metodiky hodnocení HEM (Langhammer, Hartvich, 2014) je typově specifická, nikoli univerzální pro všechny typy toků. Skórování jednotlivých parametrů a jejich váha je nastavena tak, že postihuje velikost vlivu antropogenních zásahů u jednotlivých typů, dá se tedy říci, že je přesnější. Došlo k výrazným změnám v rámci hodnocených zón a k úpravě intervalů při klasifikaci hydromorfologického stavu, což mohou výsledné hodnoty také reflektovat.

Graf 15 ukazuje rozdílné zastoupení jednotlivých hydrologických stupňů dle hodnocení 2008 a 2014. Celkově dosahuje hodnocení dle metodiky 2014 nepatrně horších výsledků, díky specifickému hodnocení je ale objektivnější a lépe odráží reálný stav hodnocených parametrů.



Graf 15 Zastoupení hydromorfologických stupňů dle hodnocení 2008 a 2014.

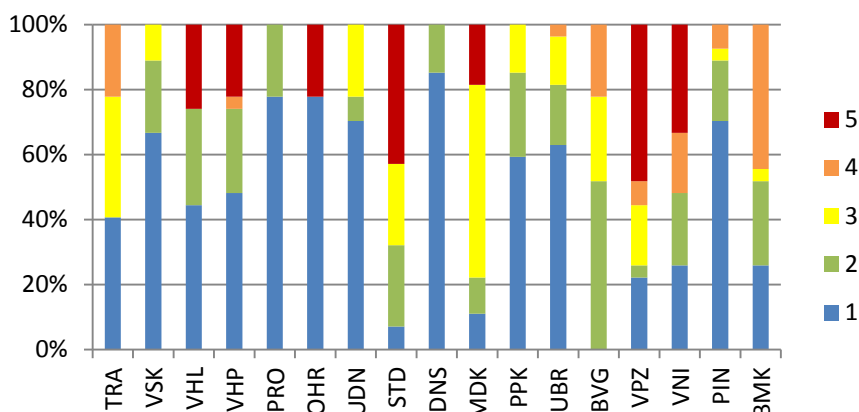
Rozdíly ve výsledném hydromorfologickém stavu se projevují celkem u pěti úseků. Lepšího hodnocení dosáhl pouze jeden úsek (v Tab. 5 zvýrazněn zelenou barvou), čtyři úseky jsou hodnoceny horším stavem (v Tab. 5 zvýrazněny červeně). Úsek RAK013, který byl dle původní metodiky hodnocen jako jediný klasifikován hydromorfologickým stupněm 1, je dle stávající metodiky klasifikován hydromorfologickým stupněm 2, stejně jako všechny ostatní úseky protékající chráněnou krajinnou oblastí (RAK002 – RAK019). Přesto ale tento úsek dosahuje lepších výsledků při hodnocení dílčích parametrů. Ke zhoršení dále došlo v úseku RAK022, který byl původně klasifikován jako průměrný, nově je hodnocen špatným stavem. Tento úsek se nachází v Rakovníku, a stejně jako všechny ostatní úseky zde, i tento je silně antropogenně ovlivněn. Úseky RAK026 a RAK027 jsou oproti dřívějšímu dobrému stavu hodnoceny jako průměrné. I zde toto hodnocení lépe postihuje hydromorfologický stav úseků,

kteřé se nacházejí v zemědělské oblasti a daly by se označit jako středně antropogenně ovlivněné. Jediný úsek (RAK025) dosáhl lepšího hydromorfologického stavu oproti metodice z roku 2008. Tento úsek už není přímou součástí intravilánu města Rakovník a není tedy bezprostředně ovlivněn umělými úpravami.

	KOR	DNO	NIV	HYD	VÝSLEDEK dle 2008	KOR	BPZ	NIV	VÝSLEDEK dle 2014
RAK001	2	3	4	2	3	2	4	3	3
RAK002	1	3	3	2	2	1	4	2	2
RAK003	1	2	4	1	2	1	4	4	2
RAK004	1	2	5	1	2	1	4	2	2
RAK005	1	2	2	1	2	1	3	2	2
RAK006	2	3	1	1	2	2	1	1	2
RAK007	2	3	4	1	2	2	4	4	2
RAK008	2	2	3	1	2	1	4	3	2
RAK009	2	2	2	1	2	2	2	1	2
RAK010	2	2	2	1	2	2	3	2	2
RAK011	2	2	2	2	2	2	3	1	2
RAK012	2	1	3	1	2	2	1	3	2
RAK013	2	2	1	1	1	2	1	1	2
RAK014	1	3	2	2	2	1	3	1	2
RAK015	1	3	2	2	2	1	1	3	2
RAK016	1	2	5	1	2	1	4	2	2
RAK017	2	2	2	1	2	2	3	2	2
RAK018	2	3	1	1	2	2	1	2	2
RAK019	1	3	2	1	2	1	2	2	2
RAK020	4	4	5	2	4	3	5	4	4
RAK021	4	4	5	2	4	4	5	4	4
RAK022	4	3	5	2	3	3	4	3	4
RAK023	4	4	5	3	4	3	5	4	4
RAK024	4	4	5	3	4	3	4	3	4
RAK025	4	4	5	3	4	3	4	3	3
RAK026	2	3	2	2	2	2	3	3	3
RAK027	2	3	2	2	2	2	3	3	3

Tab. 5 Přehled výsledků v hlavních zónách rozdílných metodik 2008 a 2014. Červeně jsou zvýrazněny ty úseky, které dosáhly horšího hodnocení dle aktualizované verze metodiky, zeleně jsou zvýrazněny ty úseky, jejichž výsledný hydromorfologický stav byl lepší dle verze 2014.

Jak znázorňuje Graf 16, nejhorších výsledků je dosahováno v parametrech týkajících se dnových struktur a využití příbřežní zóny. Zejména v úsecích (RAK020 – RAK025) je narušena přirozená fluvialní dynamika koryta tím, že zde chybí přirozené dnové struktury. Ve stejných úsecích je také využití příbřežní zóny v alarmujícím stavu. Jsou to převážně dopravní komunikace a zástavba, která tvoří příbřežní zónu těchto úseků.



Graf 16 Zastoupení hydromorfologických stupňů v rámci jednotlivých parametrů. Nejhorších výsledků dosahují parametry týkající se struktury dna a využití příbřežní zóny.

7.2 Vytipování úseků vhodných pro aplikaci revitalizačních opatření

Terénní průzkum proběhl na dolním toku Rakovnického potoka, pokud ale chceme navrhovat úseky vhodné pro aplikaci revitalizačních opatření, musíme se dívat na Rakovnický potok komplexně v rámci celého jeho povodí. Revitalizační opatření je primárně nutné směřovat do pramenné oblasti toku (Matoušková, 2008), kde v minulosti proběhly rozsáhlé hydromeliorační úpravy. Zde Matoušková (2008) navrhuje tzv. úplnou revitalizaci, vytvoření doprovodných vegetačních pásů a zrušení technického opevnění pro podporu samovolného formování koryta. Kromě samotných revitalizačních opatření pro zlepšení celkové kvality a hydromorfologického stavu toku je také nutné zvážit aplikaci adaptačních opatření na zvýšení akumulace vody v povodí, jak ve své zprávě uvádí Kašpárek et al. (2012), která by vyřešila problém hydrologického sucha v povodí.

Pokud se zaměříme na výsledky provedeného monitoringu a rozhodneme se primárně revitalizovat úseky se špatným výsledným hydromorfologickým stavem a tedy s cílem tento stav zlepšit, tak je patrné, že tyto úseky nalezneme v obci Rakovník (RAK020 – RAK024). Z důvodu protipovodňové ochrany je zde koryto dimenzováno na 50-ti letou vodu. Jak uvádí Just (2010), je vhodné, spíše než do hloubky, rozšiřovat koryto do šířky, například odsazením povodňových hrází dále od koryta a tím podpořit přirozenou fluvialní dynamiku koryta. Z důvodu husté zástavby není ale v uvedených úsecích rozšíření koryta proveditelné, řešením by bylo například vytvoření členitého koryta mezi již existujícími protipovodňovými valy. Co se týče úprav za účelem protipovodňové ochrany, bylo by vhodné zaměřit se na výše položené úseky (RAK025 – RAK027). Úseky nad Rakovníkem by bylo možné revitalizovat například rozvolněním za účelem zpomalení případné povodňové vlny. Odstranění nebo snížení vysokého stupně v horní části Rakovníka (RAK024), který také vzdouvá povodňové průtoky

a zabraňuje přirozené migraci živočichů, by bylo dalším vhodným řešením. Pro zlepšení ekologického stavu Rakovnického potoka na území města Rakovník je nutné uvažovat zvýšení variability hloubek pomocí přírodních struktur a náhradu břehových ruderálních společenstev osázením doprovodné vegetace. I v dalších obcích na dolním toku, zejména v Křivoklátu (RAK002 – RAK004), Městečku (RAK007) a Chlumu (RAK016), je žádoucí aplikovat podobná opatření, tedy pokusit se zprůchodnit vyšší stupně, zvýšit přirozenou fluvialní dynamiku přírodními strukturami a doplnit chybějící nebo nahradit stávající nevyhovující břehovou vegetaci a odstranit technické opevnění břehů. V části úseku RAK011 je provedena nevhodná technická úprava břehů zvlněným plechem (Foto 7), který brání jakémukoliv kontaktu koryta a příbřežní zóny. Účelná opatření by měla tyto zábrany odstranit a pokusit se o rozvolnění koryta.



Foto 7 Nevhodně provedená úprava břehů v úseku RAK011.

Revitalizace je snaha co nejvíce se přibližovat přírodním předlohám (Just, 2010). Takovou předlohou by v případě Rakovnického potoka byl úsek RAK013, který se nejvíce blíží velmi dobrému hydromorfologickému stavu. I v dalších úsecích na území CHKO Křivoklátsko by měla být prioritní snaha o zachování co

nejvíce diverzifikovaného a členitého koryta s potenciální přirozenou vegetací na březích a v inundačním území. Je zřejmé, že v intravilánech obcí je snaha o úplnou renaturalizaci koryta neproveditelná, je ale účelné provést aspoň částečnou revitalizaci.

8. Diskuze

Fyzický habitat je důležitým faktorem při posuzování kvality toku a snahy o jeho zlepšení je možné sledovat na rozdílných velikostních úrovních. Makrohabitat je, oproti menším strukturám, zpravidla jako celek stabilnější a odolnější vůči vnějším vlivům. Je to právě ale celé povodí, kam bychom měli zaměřit hlavní pozornost, pokud si chceme vysvětlit jevy odehrávající se na nižších hierarchických úrovních. Analýzou distančních podkladů, využití půdy, srážkových úhrnů, teplotních a odtokových poměrů získáme rámcový přehled a tyto charakteristiky jsou klíčem k interpretaci dalších jevů. Co se týče Rakovnického potoka, celý jeho horní a střední tok náleží do zemědělsky velmi využívané oblasti, kde byla v minulosti značně upravena hydrografická síť a odtok je zde regulován například Jesenickou rybníční soustavou, což má negativní dopady na všechny níže položené úseky. Analýza odtokových poměrů ukázala klesající trend výšky odtoku v posledních letech a výskyt hydrologického sucha v povodí a tento problém je nutné neprodleně řešit (Šachová, 2010).

Celky a struktury na nižších hierarchických úrovních je vhodné sledovat detailním terénním průzkumem. Výběr vhodné metody zpravidla záleží na požadavcích zadavatele, nicméně je dobré vybrat takovou metodu, která se snaží poskytnout co nejpřesnější a nejkompaktnější obraz zájmového území a kombinuje distanční a terénní měření. Pro zhodnocení povodí Rakovnického potoka byla využita metoda HEM (Langhammer, 2013).

Na základě terénního průzkumu provedeného v zájmovém povodí, lze dolní tok Rakovnického potoka rozdělit na tři charakteristické úseky s rozdílnými hydromorfologickými podmínkami a mírou antropogenního ovlivnění:

1. Úseky na území CHKO Křivoklátsko (RAK002 – RAK019) s dobrým hydromorfologickým stavem. Převažují přírodě blízké úseky s vysokou variabilitou průtoku, průběh trasy koryta má zpravidla zákrutový až meandrovitý charakter a hydrologický režim není uměle ovlivněn. Břehy jsou porostlé typově odpovídající vegetací a inundační území je průchodné s přirozenými lesními nebo lučními společenstvy. Výjimku tvoří úseky na území obcí (RAK003, RAK007, RAK016), které jsou z důvodu protipovodňové ochrany částečně uměle přetvořeny, migrační prostupnost je snížena stupni a břehová vegetace je nahrazena ruderálními společenstvy.
2. Úseky v předpolí města Rakovník (RAK025 – RAK027) protékající zemědělskou oblastí a dosahující průměrného hydromorfologického stavu. Antropogenní ovlivnění je zde vyšší, trasa koryta má změněný průběh a koryto je uměle zahloubeno. Břehovou

vegetaci tvoří převážně liniová vegetace a inundační území je intenzivně zemědělsky využíváno.

3. Úseky náležící do intravilánu Rakovníka (RAK020 – RAK024), které jsou silně antropogenně ovlivněné a byly hodnoceny špatným hydromorfologickým stavem. Průběh trasy koryta je zde přímý, variabilita hloubek i šířek je velmi nízká, stejně jako stabilita břehů. Struktury dna se téměř nevyskytují a břehová vegetace je tvořena ruderálním porostem. Průchodnost inundačního území je snížena dopravními komunikacemi a zástavbou.

Terénní průzkum sloužil jako podklad pro vybrání vhodných úseků s potřebou aplikace revitalizačních opatření. Ta by se měla aplikovat tam, kde se vyskytují úseky se špatným hydromorfologickým stavem. Hlavním cílem revitalizace by mělo být tento stav zlepšit, stejně jako celkovou ekologickou kvalitu toku. Vhodně provedená revitalizace by měla současně sloužit jako podpora protipovodňové ochrany. Tam, kde je to možné, by se měla provádět revitalizace dle vzoru přírodě blízkých úseků toku, v obcích a městech je však nutné zvážit hlavně ochranu obyvatelstva a snažit se o nalezení kompromisu s využitím vhodných biotechnických opatření.

9. Závěr

Hlavním cílem práce bylo využití metod hydromorfologického průzkumu jako podkladů pro návrh revitalizačních opatření a zvýšení diverzity fyzického habitatu v modelovém povodí Rakovnického potoka. Tok byl vybrán z důvodu míry jeho ovlivnění lidskou činností a také z důvodu vyskytujícího se hydrologického sucha. Hlavními metodami průzkumu byla rešerše odborné zahraniční i české literatury, analýza odtokových poměrů v povodí a aplikace hydromorfologického průzkumu HEM dle metodiky (Langhammer, 2013).

Na základě získaných výstupů, zejména díky výsledkům z terénního průzkumu, by se dal Rakovnický potok označit jako středně antropogenně ovlivněný. Bylo zjištěno, že téměř pětina délky dolního toku Rakovnického potoka se nachází ve špatném hydromorfologickém stavu. Tyto úseky by měly být předmětem aplikace potenciálních revitalizačních opatření. Hlavním problémem je zkrácení délky toku jeho napřímením, zahloubení koryta a technické opevnění břehů. Účelem revitalizace by měla být snaha o odstranění těchto v minulosti provedených opatření. Lepšího hydromorfologického stavu by bylo možné dosáhnout provedením biotechnické stabilizace břehů a jejich osázení vegetací křovinného a stromového patra a také podporou fluviální dynamiky koryta pomocí přírodních struktur. Při výběru vhodných lokalit je ale nutné uvažovat celé povodí Rakovnického potoka a zaměřit se i na jeho pramennou oblast, kam by měla být směřována prvotní revitalizační opatření, a také na jeho hlavní přítoky.

Analýzou odtokových poměrů byla prokázána změna v odtokovém režimu, a to zejména za poslední tři desetiletí. Došlo ke změně rozložení odtoku během roku a celkový odtok vykazuje výrazný klesající charakter. Tento trend negativně ovlivňuje vodní hospodářství a veškeré zemědělské a lesnické činnosti v povodí a je tedy nutné uvažovat použití adaptačních opatření na zvýšení akumulace vody.

Výsledky monitoringu je možné použít jako předlohu pro vymezení úseků, které by měly být nadále ochraňovány a také úseků, jejichž stav je alarmující a měly by být tedy předmětem revitalizačních úprav. Navrhované úpravy by měly pomoci k dosažení celkové lepší ekologické hodnoty a kvality vodního toku a propojením přírodních i technických úprav dosáhnout přirozenosti a kontinuity toku, v případě Rakovnického potoka je však nutné uvažovat o komplexní revitalizaci nejen samotného toku, ale celého povodí.

10. Literatura

Environment Agency (2003): River Habitat Survey in Britain and Ireland. Field Survey Guidance Manual. 136 s.

FOX, P. J. A., NAURA, M., SCARLETT, P. (1998): An account of the derivation and testing of the standard field method, River Habitat Survey. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, č. 8., s. 455-475.

FERNANDÉZ, D., BARQUÍN, J., RAVEN, P. J. (2011): A review of river characterization methods: indices vs. Characterisation protocols. Limnetica, 30, č. 2, s. 217-234.

JONGEPIEROVÁ, I., ET AL. (2012): Ecological restoration in the Czech republic. AOPK ČR, České Budějovice, 148 s.

JUST, T. (2009): Revitalizace, renaturace a ekologicky zaměřená správa vodních toků. Ochrana přírody, č. 3, s. 10-12.

JUST, T. (2010): Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. Ochrana přírody, č. 6, s. 15-17.

JUST, T., KRÁLOVCOVÁ, P. (2013): Potřeba aktualizace navrhování revitalizačních opatření ve vodohospodářském plánování. Ochrana přírody, č. 3, s. 11-14.

KAŠPÁREK, L., ET AL. (2012): Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulární schopnosti v povodí Rakovnického potoka (pilotní projekt). Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 204 s.

KRÁLOVÁ, M. (2013): Hydromorfologické hodnocení vodních toků na základě distančních podkladů. Dizertační práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 154 s.

LANGHAMMER, J., ET AL. (2010): Metodika vymezení útvarů povrchových vod. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 47 s.

LANGHAMMER, J. (2008): Metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 23 s.

LANGHAMMER, J. (2013): Metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků. Aktualizovaná verze s komentáři MŽP. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 23 s.

LANGHAMMER, J., HARTVICH, F. (2014): Typově specifické hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 38 s.

MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring jako podklad pro revitalizaci vodních toků. Dizertační práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 219 s.

MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 209 s.

MADDOCK, I. (1999): The importance of physical habitat assesment for evaluating river health. *Freshwater biology*, č. 41, s. 373-391.

Město Rakovník (2003): Povodňový plán města Rakovník. Odbor životního prostředí MěÚ Rakovník, oddělení vodního hospodářství, Rakovník, 56 s.

OLLERO, A., ET AL. (2011): The IHG index for hydromorphological quality assessment of rivers and streams: updated version. *Limnetica*, 30, č. 2, s. 255-262.

PALMER, M. A., ET AL. (2005): Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, č. 42, s. 208-217.

PEDROLI, B., DE BLUST, G., VAN LOOY, K., VAN ROOIJ, S. (2002): Setting targets in strategies for river restoration. *Landscape Ecology*, 17, č. 1, s. 5 -18.

ROSGEN, D. (1996): Applied river morphology. *Wildland Hydrology*, 350 s.

ŘEHOUNKOVÁ, K., ET AL. (2011): Near-natural restoration vs. technical reclamation of mining sites in the Czech Republic. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice, 59 s.

ŠACHOVÁ, B. (2010): Hydrologické sucho v kontextu klimatické změny ve světě a v českém povodí Labe. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 95 s.

ŠKOUDLÍNOVÁ, A. (1999): Příroda Rakovníka a jeho okolí. Okresní úřad Rakovník ve spolupráci s AOPK ČR, Rakovník, 28 s.

THOMPSON, J. R., ET AL. (2001): A geomorphological framework for river characterization and habitat assesment. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, č. 11, s. 373-389.

QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Československá akademie věd, Brno.

Internetové zdroje

Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/> [cit: 2013-19-12]

Habitat Restoration Techniques. NOAA Restoration Center. Dostupné z: <http://www.habitat.noaa.gov/restoration/techniques/> [cit: 2014-03-05]

Revitalizace vodních toků. AOPK ČR. Dostupné z <http://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/revitalizace-vodnich-toku.html> [cit: 2014-04-20]

Revitalizace vodních toků a přírodě blízká protipovodňová opatření. Koalice pro řeky. Dostupné z: <http://www.koaliceproreky.cz/uvodni-strana/> [cit: 2014-04-20]

River Habitat Assesment Methods. Universidad de Cantabria. Dostupné z: <http://www.riverhabitats.org/RHAM.aspx> [cit: 2014-04-20]

River Habitat Survey. Dostupné z: <http://www.riverhabitatsurvey.org/> [cit: 2014-03-23]

Směrnice o habitatech. Council directive 92/42/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. European Economic Community, 1992. Dostupné z: http://www.central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/Document_Centre/OP_Resources/HABITAT_DIRECTIVE_92-43-EEC.pdf [cit: 2014-05-05]

Vodní rámcová směrnice. Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/> [cit: 2014-04-20]

11. Seznam grafických prvků v textu

Seznam obrázků

Obr. 1 Fyzický habitat vzniklý interakcí geomorfologie a hydrologie

Obr. 2 Habitat jako přirozená spojnice mezi životním prostředím a živými organismy

Obr. 3 Funkční klasifikace toku na různých velikostních úrovních

Obr. 4 Postup hydromorfologického průzkumu až k revitalizačním opatřením.

Obr. 5 Povodňový bypass jako součást protipovodňové ochrany obce.

Obr. 6 Částečné rozvolnění koryta v intravilánu.

Obr. 7 Revitalizace toku nad obcí s účelem zmírnění povodňové vlny.

Obr. 8 Obnovení šířky přirozeného koridoru odsazením hrází dále od koryta.

Seznam tabulek

Tab. 1 Srovnání hodnocených dílčích parametrů a jejich hodnocení do hlavních zón v metodikách 2008 a 2014.

Tab. 2 Hydromorfologický stav a srovnání intervalů 2008 a 2014.

Tab. 3 M-denní průtoky.

Tab. 4 Vymezení úseků pomocí GPS souřadnic a říčních kilometrů.

Tab. 5 Přehled výsledků v hlavních zónách rozdílných metodik 2008 a 2014.

Seznam grafů

Graf 1 Podíl parametrů vybraných evropských a severoamerických metod zvýšení fyzického habitatu toku, které jsou v souladu s evropskou normou CEN, 2002.

Graf 2 Čára denních průtoků 1970 – 2010.

- Graf 3** Čára překročení průměrných denních průtoků.
- Graf 4** Průměrný roční průtok 1970 - 2010.
- Graf 5** Průměrný měsíční průtok 1970 - 2010.
- Graf 6** Rozložení odtoku z hlediska ročních období.
- Graf 7** Kumulativní křivka průtoků.
- Graf 8** Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Koryto a trasa toku.
- Graf 9** Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Dno.
- Graf 10** Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Břeh a inundační území.
- Graf 11** Podíl hydromorfologických stupňů v zóně Proudění a hydrologický režim.
- Graf 12** Podíl hydromorfologických stupňů na celkovém hydromorfologickém stavu.
- Graf 13** Zastoupení hydromorfologických stupňů v jednotlivých zónách.
- Graf 14** Podíl hydromorfologických stupňů na celkovém hydromorfologickém stavu dle metodiky 2014.
- Graf 15** Zastoupení hydromorfologických stupňů dle hodnocení 2008 a 2014.
- Graf 16** Zastoupení hydromorfologických stupňů v rámci jednotlivých parametrů.

Seznam map

- Mapa 1** Přehledová mapa povodí Rakovnického potoka.
- Mapa 2** Poloha povodí Rakovnického potoka v rámci povodí Berounky.
- Mapa 3** Výšková členitost povodí Rakovnického potoka.
- Mapa 4** Geologické poměry povodí Rakovnického potoka.
- Mapa 5** Pedologické poměry povodí Rakovnického potoka.
- Mapa 8** Přehledová mapa vymezení úseků.
- Mapa 9** Hydromorfologický stav úseků v zóně koryto a trasa toku.
- Mapa 10** Hydromorfologický stav úseků v zóně Dno.
- Mapa 11** Hydromorfologický stav úseků v zóně Břeh a inundační území.
- Mapa 12** Hydromorfologický stav úseků v zóně Proudění a hydrologický režim.
- Mapa 13** Celkový hydromorfologický stav úseků dle 2008.
- Mapa 14** Celkový hydromorfologický stav úseků dle 2014.

Seznam fotografií

- Foto 1** Přírodě blízké koryto v úseku RAK005.
- Foto 2** Silně antropogenně ovlivněné koryto v úseku RA021.
- Foto 3** Přírodní struktury dna v úseku RAK004.

Foto 4 Rozsáhlé akumulace mrtvého dřeva v úseku RAK009.

Foto 5 Břeh zpevněný betonem v úseku RAK004.

Foto 6 Rozsáhlé břehové nátrže v úseku RAK009.

Foto 5 Omezená průchodnost nivy z důvodů dopravní komunikace vedoucí v těsné blízkosti koryta toku v obci Křivoklát (RAK002).

Foto 6 Vysoký stupeň omezující migrační průchodnost a regulující proudění v obci Rakovník (RAK024).

Foto 7 Nevhodně provedená úprava břehů v úseku RAK011.

12. Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 Mapovací formulář HEM pro terénní průzkum (verze 2013)

Příloha 2 Mapovací formulář HEM pro distanční průzkum (verze 2013)

Příloha 3 Mapovací formulář HEM (verze 2014)