

I. Morfologie toku s ohledem na bilanci transportu plavenin a splavenin

I.1. Tvar koryta a jeho vývoj

Klima, tvar krajiny, vegetace a geologie povodí určují morfologii vodního toku (neovlivněného antropologickou činností). Obzvláště rozhodující pro vedení trasy koryta a jeho tvar v příčném řezu jsou povodně, které se vyznačují velkým zvětšením transportu splavenin a plavenin. Podle tvaru koryta mohou být rozlišovány různé typy vodních toků:

- Úzký zahloubený vodní tok vyznačující se dlouhou trasou bez rozdělování koryta
- Tento typ toku se přirozeně vyskytuje pouze ve velmi úzkých údolích se strmými svahy břehů (soutěsky, rokle nebo skalnatá údolí). U těchto typů trasy vyskytující se nejčastěji na horním toku potoků a řek dochází často k erozi dna. Mnohé tyto potoky se vyznačují při povodních vysokým transportem plavenin a splavenin.

- Širší tok s větvící se trasou
- Tento typ morfologie lze pozorovat hlavně u potoků a řek s větším sklonem dna a silným transportem splavenin a plavenin. Při povodních dochází pravidelně k přesunu štěrkových lavic.

- Široký tok s rozdělenou trasou
- Vedení trasy je podobné jako u předchozího typu, ale jednotlivá rozdělení jsou od sebe zřetelněji oddělena, štěrkové lavice jsou stabilnější a mohou být místy porostlé. Obecně zaujímá koryto toku celou šíři údolí.
- U malých potoků je tento typ vedení trasy zastoupen zřídka nebo je málo zřetelný, nebo □ za středních a nízkých vodních stavů teče voda pouze v jedné větvi rozděleného koryta.

- Spíše úzký zahloubený tok s velkým počtem meandrů
- U řek se tento typ morfologie vyskytuje spíše u malých sklonů dna s menším množstvím transportovaných plavenin a splavenin. Toto vedení trasy s mnoha zákrutami je typické pro většinu potoků vyjma těch které protékají skalnatou oblastí. Je možno předpokládat, že všechny toky zmíněného typu mají tendenci zaujímat celou plochu dna údolí. Díky erozi na obou stranách koryta se oblouky stále více zakřivují a současně putují proti sklonu údolí. (migrace). Při dalším rozšiřování meandru do stran může dojít k průlomům a vzniku mrtvého ramene (viz obr.).

U všech těchto druhů tras toků se vytvářejí typické 'Pool-Riffle-Sequenzen', tj. oblasti prohlubní (tůň) - 'pool' se spíše menšími rychlostmi proudění a většími hloubkami. V případě prahu - 'riffle' jsou hloubky vody malé a rychlosti proudění větší. Za nízkých vodních stavů dochází v 'riffle - oblastech' k místnímu střídání mezi říčním a bystřinným prouděním.

Podstatný vliv na morfologii toku mají větve a kmeny stromů tvořící bariéry v říčním korytě. Důsledkem je zvýšení hladiny vody.

I.2. Podélný profil a bilance transportu splavenin a plavenin

Obecně se vzrůstající vzdáleností od pramene dochází k postupnému zmenšování podélného sklonu koryta, který dosáhne svého minima krátce před ústím (do moře, jezera nebo jiného většího vodního toku). Přitom se zmenší transport splavenin a plavenin. Horní část toku se vyznačuje silnou erozí dna, což má za následek velký transport plavenin a splavenin. Ve střední části toku jsou splaveniny pouze transportovány, aniž dochází k erozi dna. Na těchto úsecích trasy koryta dochází k tzv. postranní erozi. Na spodním toku jsou pak transportované částice usazovány.

Tato klasická koncepce rozdělení morfologie toku je silně idealizovaná. V závislosti na morfologii krajiny varíují oblasti eroze a usazování. Tak v horských oblastech mnohé postranní přítoky nikdy nedosáhnou stadia usazování, ale transportují veškeré plaveniny a splaveniny do hlavního toku, kde se stanou součástí jeho dynamiky transportu.

V zásadě platí, že řeka se snaží dosáhnout takového sklonu, který je za daných odtokových podmínek schopen dále transportovat připravené pevné částice.

Sklon dna tedy závisí na dvou faktorech: 1. množství připravených částic
2. schopnost toku dále transportovat částice

Jestliže je přítok splavenin a plavenin menší než transportní schopnost úseku toku, dochází v této oblasti k erozi dna, tok se zahlubuje a tak je redukován jeho podélný sklon. Jestliže je oproti tomu transportní schopnost toku menší než příliv pevných částic, dochází k jejich usazování a zvýšení sklonu v následujícím úseku. Zde se uplatňují opatření vedoucí ke změnám přílivu splavenin a plavenin a jejich transportovatelnosti.

I.3 Stavební zásahy

I.3.1. Konvenční vodohospodářská opatření

První antropogenní změny na tocích byla opatření k za účelem odvodnění a zavlažování, jakož i protipovodňová ochrana osídlených oblastí. Od počátku 19. století byly se vzrůstající intenzifikací zemědělství uměle zahlubovány také menší toky za účelem ochrany zemědělské půdy.

Důsledky těchto opatření jsou na první pohled ve smyslu daného zásahu žádány:

Zahloubením se dosáhne většího sklonu dna, což má za následek zvýšenou erozivní činnost a tím i zahloubení dna. To vede ke zvětšení odtokového příčného profilu a tím i k zvýšení kapacity odtoku. Ěasto byl tento efekt ještě zesilován zvýšením břehů. Tím bylo dosaženo žádaného účinku: I větší povodňové vlny zřídka způsobily vybřežení potoka.

Teprve později se ukázaly další následky těchto zásahů:

jestliže se zvýší v horním úseku toku odtoková kapacita, zmenší se retenční schopnost koryta v jeho spodní části, kde dojde k větším záplavám. Zahloubení dna vedlo často k poklesu hladiny podzemní vody. Jako protiopatření musely být často vestavěny prahy do dna.

Protože každý tok má tendenci znovu vytvořit původní tvar koryta (rozvětvené nebo meandrující), musely být z tohoto důvodu zpevněny břehy. Dalším zahlubováním dna mohlo dojít k. podmývání zpevněných břehů a vodních staveb na toku, takže byla nutná také opatření ke zpevnění dna.

I.3.2. Vodohospodářská stavební opatření ke stabilizaci břehů a dna

Ke zpevnění břehů mohou být vedle klasických stavebních opatření, jako je použití betonu, přírodních kamenů nebo odumřelých částí rostlin, použita také výsadba rostlin živoucích.

Ke zajištění stability dna jsou vedle velkoplošných betonových zpevnění nebo kamenných dlažeb použity také stavební úpravy náhlé změny sklonu dna. Tyto mohou být rozděleny do následujících podskupin:

- ⇒ prahy - prahy ve dně
- základové prahy
- ⇒ stupně ve dně - vysoké stupně ve dně
- nízké stupně ve dně

Zatímco prahy dna pouze stabilizují, pomocí stupňů je překonáván velký sklon toku. Stupně tak mimo jiné ovlivňují střídavý režim mezi říčním a bystřinným prouděním. Prahy jsou spojeny se dnem a nepřispívají k žádným hydraulickým změnám. V případě základových prahů které jsou částečně vyvýšeny nad úroveň dna, dochází ke střídání hydraulického režimu jen za nízkých vodních stavů.

Vysoké stupně jsou dimenzovány na změny hydraulických režimů; nebo přispívají k přeměně pohybové energie. Právě tak dochází ke přeměně této energie na konci hladké rampy vodním skokem (sklon 1:4, 1:8). V případě drsné rampy (sklon ca 1:8) je energie z velké části přeměňována třením. U stupňů ve dně jsou nejčastěji používány typy o větší výšce snadnějšího a méně nákladného provedení.

Pouze vysoké stupně ve dně jsou hydraulicky účinné také za povodňových průtoků. (tj. dochází ke změně hydraulického režimu.). Zde je sklon potoka redukován o výšku stupně, posun dna a kapacita transportu splavenin pak odpovídají podmínkám nového sklonu dna. Mnohem komplikovanější je vliv nižších stupňů, které nejsou při povodňové vlně hydraulicky účinné.

Prošetření nutnosti úprav dna není jednoduché. Předpokladem proto by byla přesná znalost množství přitransportovaných pevných částic a podmínek jejich ukládání, popřípadě eroze v daném úseku potoka za různých povodňových stavů. U větších vodohospodářských stavebních opatření na řekách jsou za tímto účelem často prováděny nákladné průzkumy k objasnění hydraulického režimu. U menších řek a potoků jsou takováto prošetření příliš nákladná. Jako kritérium pro dimenzování dnových úprav slouží především znalost podélného sklonu koryta pozorované erozní a usazovací jevy z předchozích let. Návrh počtu a výšky stupňů je zvolen na základě zkušeností a subjektivního odhadu inženýra vodohospodáře.

I.3.3. Alternativy vodohospodářských stavebních opatření

U stavebních opatření blízkých přírodě je snaha dosáhnout přírodě blízkého uspořádání toku použitím živoucích a odumřelých rostlin a pokud možno stabilizovat dno a svahy pouze kamenivem vyskytujícím se v okolí. Všechna tato opatření jsou sice vítaná, ale z ekologického hlediska nepostačují. Tak má například náhrada betonového stupně dřevěnými pilíři pouze kosmetický efekt. V skutečně ekologicky orientovaném uspořádání musí být zohledněna morfologie koryta a odtoková a splaveninová dynamika v celém systému toku.

Mělo by být usilováno o stav, který je pokud možno podobný původní situaci na toku a jeho okolí. Co se týče odtokové dynamiky, je u většiny řek a potoků nutné, získat opět retenční prostory pro odtok povodní. Tak by se zploštila špička povodňové vlny a bylo by možno omezit rozsah opevnění břehů a dna. V žádném případě by nemělo dojít k 'totálnímu zastavení', tedy vytvoření toku, kdy se materiál dna nemůže pohybovat ani za povodní ('statická rovnováha'). Stavebně vodohospodářské zásahy by musely být koncipovány tak, že bude dosažena taková dynamika transportu, kdy nedojde k ani k přílišnému usazování ani k nadměrnému zahlubování. Přísun sedimentů by měl tedy více méně odpovídat jejich dalšímu transportu ('dynamická rovnováha'). Pro menší potoky jsou tyto nároky nesplnitelné. Zde by měl být zachován přirozený transport sedimentů.

V ideálním případě může být dosaženo rovnováhy změnou vedení koryta, v opačném případě je třeba upravit odpovídajícím způsobem příčný profil.

Nicméně je za účelem takovýchto opatření nutný průzkum bilance transportu sedimentů v celém systému povodí, který byl již u některých řek proveden (Emme - Švýcarsko).

Ze známých povodní a jejich působení na bystřiny byla například vyvinuta metoda, při které bude za pomoci srážko-odtokových modelů a vztahů pro transport sedimentů možno odhadnout transport pevných částic po délce toku a zároveň přibližně určit jejich transport v případě budoucích povodní.

II. Návod k posuzování morfologie vodních toků s ohledem na ekologický dopad

V rámci ochrany kvality povrchových vod byla vytvořena metodika k posuzování stavu vodních toků. Význam ohodnocení morfologických a hydrologických parametrů s ohledem na biologickou různorodost nabývá hlavně v posledních dvou desetiletích stále více na významu.

II.1. Cíl a účel

Metody by měly:

- zohlednit funkce vodního toku jako životního prostoru pro domácí faunu a floru, a důležitého krajinného prvku
- umožnit identifikaci současných deficitů jakož i požadavky na sanaci a ochranu
- být použitelné v praxi pro odborníky-vodohospodáře

Ekologické deficity na soustavách vodních toků jsou posuzovány na základě jejich morfologie a hydrologie. Tok je pozorován po celé jeho délce včetně přítoků.

II.2. Postup

Ekomorfologická šetření a hodnocení jsou základním předpokladem pro použití dalších vyšetřovacích metod. Jejich obsahem je vlastní morfologie toku, stavební opatření v okolí a na toku, jakož i vegetace břehů a nejbližšího okolí. V případě kontroly úspěšnosti větších regulačních a stavebních zásahů by měla být použita mimo jiné metoda posouzení vlivu na pobřežní a vodní organizmy včetně ryb.

Hodnocení je prováděno na základě srovnání myšleného referenčního stavu s ohledem na nejdůležitější parametry se stavem skutečným.

II.3. Vlastní morfologie toku

II.3.1. Struktura dna, břehů a okolí

II.3.1.1. Struktura dna

Pro všechny typy dna na přírodních tocích (s výjimkou skalního a jílovitého podkladu) je charakteristická strukturální mnohotvárnost s různými rychlostmi proudění a odlišným zrnitostním složením. Zde je poskytováno velké množství prostorů vhodných pro život různých druhů živočichů. U přírodního kamenitoštěrkového dna a podkladu tvořeného nakypřenou horninou se vytváří jako přechodná zóna mezi tekoucí a podzemní vodou vlastní různorodě oživený prostor - hyporheal.. Zde žijí larvy mnoha insektů a dochází tu k vývoji jiker ryb třoucích se v oblastech štěrkového dna. Proto musí být hyporheal neustále protékán vodou s vysokým obsahem kyslíku.

Díky regulačním zásahům na toku může být struktura dna masivně ovlivněna: zúžení a zahloubení koryta vede k monotónní struktuře dna. Opatření ke zpevnění dna jsou stupně, prahy, plošné vybetonování nebo dlažba. Umělými stupni je mezi nimi redukován sklon dna, což vede ke změně hydraulických podmínek. Vybetonováním nebo dlažbou je přerušen jakýkoliv kontakt mezi podzemní a povrchovou vodou.

V případě zarůstání vodním plevelem se plně změny podmínky na toku - zmenší se rychlosti proudění, jemné částice mohou sedimentovat a kolmatovat dno (dojde ke změně propustnosti dna a tím i ke zmenšení objemu pórů, a zpevnění dna). Posun dna za povodní tím může být ztížen.

Za účelem klasifikace dnových struktur a jejich změn v případě stavebních zásahů jsou stanovovány různé parametry. Jako indikátor různorodosti živých organismů v oblasti dna slouží stanovení variability šířky v hladině a hloubce, jakož i tvar trasy koryta, zatímco jsou odstraněna stavební opatření (betonové stupně, dlažba). Biologické osídlení dna je vyšetřováno zjištěním množství vodních rostlin a vláknitých zelených řas.

II.3.1.2. Struktura a vegetace břehů a blízkého okolí

Na procesy v menších a středně velkých vodních tocích mají pobřežní dřeviny velký vliv. Zastínění snižuje příliš velký ohřev vody, spadané listy ovlivňuje celkovou látkovou bilanci toku, odumřelé dřeviny zvyšují rozmanitost struktury proudění a jako 'zábrany' mohou vést na povrchu k postrannímu nadržení vody. Dřeviny vytvářejí strukturu břehu, chrání jej při povodních a konečně mají průběžné, dostatečně široké, přírodní pásy pobřežních dřevin jak pro povodí, tak i pro blízké okolí důležitou funkci propojení ekologických faktorů. Aby byl příčný profil zbaven protiodtokových překážek, jsou odumřelé dřeviny a nepravidelnosti v pobřežních svazích odstraněny při úpravách a údržbě. Pobřežní dřeviny jsou (pokud se vyskytují) přítomny často až od vrchního okraje pobřežního svahu. Díky dřevinám podél vodní hladiny je vytvořena ekologicky bohatá přechodová oblast voda - pevnina.

U všech vodních toků táhnoucích se v nížině nebo širších údolích dochází při povodňových vlnách k pravidelným záplavám menších či větších oblastí. V zaplavených oblastech se vytváří tzv. 'skvrnitý koberec' s mnoha různě osídlenými malými prostory. Tyto ekologicky významné oblasti byly protipovodňovými opatřeními téměř zcela odstraněny, takže oblast občasného zaplavování zůstává omezena na pobřežní svahy.

Tyto struktury a zásahy jsou shrnuty v přehledných záznamech (tabulkách) pomocí parametrů:

- variabilita vodní hladiny
- sklon pobřežních svahů
- střední hloubka dna pod horní hranou pevniny
- břehová a okolní vegetace
- dřeviny
- břehová zástavba

II.4. Dynamika odtoku a transportu splavenin a jejich účinky na ekologii

Díky různým skutečným podmínkám odběrů a zpětných přítoků jsou ovlivňovány mnohé výše uvedené parametry. Nejzávažnější ekologické důsledky je možno shrnout následovně:

- Při redukovaném povodňovém odtoku (tj. odběry s malým nebo žádným odvedeným množstvím vody) je zřetelná tendence k zesílenému růstu řas (v případě dostatečné zásoby živin) a kolmataci dna. U vodních toků s (původně) pravidelně zaplavovanými přilehlými oblastmi došlo díky chybějícím pravidelným záplavám k naprostému zničení těchto ploch bohatých na různé organismy. Tím se mění jejich druhová skladba.
- Obecně zredukovaný odtok vede ke zmenšení oživeného prostoru na toku, k zmonotonizování poměrů proudění a změně teplotního režimu. Důsledkem toho je celková změna skladby organismů s posunem k organismům žijícím v pomalu proudících až stojatých vodách.
- Odstranění písčiny a vymývání prostorů nadržení vede k výplachu mnoha vodních organismů. Obzvláště zasaženy jsou organismy hraniční oblasti voda - pevnina. Během proplachování prostoru nadržení se silně zvýší obsah vznášených a také rozpuštěných látek (např. amonium), koncentrace kyslíku může být silně zredukována. Tímto může být dosaženo kritických hodnot pro mnohé obyvatele tekoucích vod. Po ukončení výplachu může díky usazovaným sedimentům dojít ke kolmataci dna.
- Se vzrůstající vzdáleností od místa vzniku se snižují hydraulické (a ekologicky negativní) účinky výplachů a odběrů vody způsobené hrázemi s elektrárnami 'zplošňujícím' se přívalem vody
- I při krátkodobých zvyšováních odtoků pod elektrárnami je osídlení dna organismy drasticky redukováno.

Obsah kyslíku na tocích s nádržemi se může od volně tekoucích nehrazených řek značně odlišovat. Obzvláště v oblasti sedimentace může dojít k zmenšenému obsahu kyslíku ve vodě. Usazování jemných částic sedimentu může vést ke kolmataci dna. Složení druhů organismů se bude stále více podobat skladbě ve stojatých vodách.

II.5. Průchodnost

Pojem průchodnost se vztahuje na kontinuitu vodního toku, tedy více méně na kontinuální navazování různých biotických a abiotických faktorů od pramene k ústí. Dále se týká biologického provázání podél toku, tj. rozšíření a životních podmínek organismů.

V rámci tohoto konceptu hraje průchodnost centrální roli při celkovém ohodnocení vodního toku. Přitom je obzvláště brán zřetel na možnosti šíření vodní fauny. Ryby (hlavně chovné druhy a malé ryby) slouží jako indikátory. Různé umělé a přirozené překážky mohou přerušit šíření organismů na vodním toku. Mezi tyto přímé překážky průchodnosti patří:

- jezy, údolní hráze, vyschlé úseky na toku

Údolní přehradý , ale také větší zdrže u jezů vedou k posunu kontinua vodního toku.

Jestliže do postranního ramene není dodávána žádná voda, pak je podélná provázanost přerušena. Vyschlá vodní koryta (např. pod odběry vody nebo při vsakování u odběrů ze zásob podzemních vod) dochází k masivnímu porušení průchodnosti.

- stupně

Již stupně o výšce 10 - 20 cm mohou zamezit (v závislosti na průtoku) - putování malých ryb proti směru proudu. Pro větší ryby (např..pstruzi) jsou překonatelné výšky stupňů až do 70 cm.

- rampy, skluzy, kamenná koryta, umělá dlážděná nebo betonová koryta

U těchto porušení průchodnosti nejsou možné žádné obecně platné výpovědi. Překonatelnost těchto překážek závisí jak na jejich délce, tak i na místních rychlostech a struktuře proudění v podélném a příčném profilu.

- zatrubnění

S přibývajícím délkou zatrubnění, zvětšující se rychlostí proudění a zmenšující se hloubkou je možnost proplavání pro ryby stále menší. Velmi dlouhá zatrubnění by mohly představovat překážku i pro létající hmyz orientující se podle běhu vody.

- rybníky, tůňe

Volně protékané rybníky a tůňe mohou obzvláště v případě nízkého obsahu kyslíku představovat porušení průchodnosti pro ryby a bezobratlé drobné živočichy. Rybníky vzniklé jako prostor zdržení před jezem, představuje překážku samotný jez.

Na vodní tok je kromě toho pohlíženo jako na nepřetržitý oživený prostor, přičemž uměle vytvořené úseky mohou rovněž představovat narušení průchodnosti i v jinak relativně přirozeném vodním systému. Tímto způsobem bude také zohledňována již popsaná ekologická důležitá struktura dna, břehů a jejich okolí. Takováto 'nepřímá' narušení průchodnosti jsou:

- postranní koryta - odběry (odvedení zbytkového množství vody)
- delší plošná zastavení dna (vydláždění apod.)
- úseky toku bez dřevin
- úseky se zastavěnými břehy 'natvrdo'
- úseky s monotónní morfologií toku (bez proměnlivé šířky vodní hladiny)

II.6. Ohodnocení pomocí referenčního toku

Díky intenzivnímu zemědělskému využívání půdy a jiné antropogenní činnosti je velmi malé množství neporušených přírodních toků po celé délce. Proto je obtížné orientovat se při hodnocení a revitalizačních opatřeních podle nějakého skutečně přirozeného toku. Z tohoto důvodu je pragmaticky zvolena hypotetická náhrada a tento referenční stav je definován jako stav toku blízký přírodnímu v dané krajině. Tím jsou stanoveny jako předpis určité okrajové podmínky, jako je například velkoplošné vysoušení bažinatých oblastí nebo změna

odtokového

nebo transportního režimu díky velkoplošnému využívání okolní půdy. Oproti tomu jsou jako principiálně možné změny morfologie toku a blízkého okolí.

V referenčním stavu toku neexistují žádné regulační zásahy ani opevnění. Vedení koryta, a struktura dna i břehů jsou tedy převážně utvářeny (antropogenně ovlivněnou) morfologií krajiny, jakož i (antropogenně ovlivněnou) odtokovou a transportní dynamikou. Vegetace břehů a blízkého okolí je typická pro danou lokalitu a nepodléhá žádným pečovatelským zásahům.

Referenční stav je definovaným ideálním stavem, kterého se snažíme dosáhnout, ale zřídka kdy je možné jej uskutečnit v plné míře. Kromě toho může být díky okrajovým podmínkám dána přednost jinému utváření toku na základě prostorového uspořádání včetně aspektů ochrany druhu (výskyt druhů obsažených na červené listině) nebo místních ochranných aspektů (přírodní kamenné zdi, staré mlýny aj.). Vývoj opatření v rámci tohoto konceptu se ale ubírá vždy směrem k referenčnímu stavu.

II.7. Ekomorfologie toku - Praktický postup a znázornění výsledků

II.7.1. Způsob postupu

Ekomorfologické podmínky jsou zaznamenány do tabulek (viz dodatek). Zde je také popsán způsob postupu při záznamu.

Z příslušných map je nutno předem zaznamenat odběry a zpětné přítoky. Na tomto základě budou dále zjištěny ty, které v mapě uvedeny nejsou.

Pochůzka by měla být provedena mimo období sněhové pokrývky a dešťových srážek za nízkých vodních stavů. Vhodná je rekognoskace těsně před vegetačním obdobím, kdy je ještě dobře viditelný tvar celého koryta.

II.7.2. Znázornění výsledků

Pro posouzení ekomorfologických poměrů na vodním toku stačí nejprve tabelární a grafické zpracování ekomorfologicky důležitých parametrů. Tyto parametry jsou postupně zanášeny do tabulky. Zápisy typu *žádné, jednotlivě, průběžně* u břehové zástavby 'natvrdo' a *žádné, částečně, úplně* u přírodních dřevin musí být pragmaticky odhadnuty, přičemž jsou pozorovány obě strany břehů jako celek.