



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,
vzduch a přírodu

METODIKA VYUŽITÍ KARTÁČOVÉ TECHNOLOGIE PRO ZAJIŠTĚNÍ A ZLEPŠENÍ MIGRAČNÍ PROSTUPNOSTI VODNÍCH TOKŮ

Pavel Horký, Ondřej Slavík,
Zdeněk Vančura, David Bůžek

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR

www.opzp.cz

zelená linka pro žadatele o dotace: 800 260 500 ■ dotazy@sfzp.cz

www.sfzp.cz ■ www.mzp.cz

Pavel Horký, Ondřej Slavík, Zdeněk Vančura, David Bůžek

**Metodika využití kartáčové technologie
pro zajištění a zlepšení migrační
prostupnosti vodních toků**

Ministerstvo životního prostředí

2013

Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků

Autorský kolektiv: Pavel Horký, Ondřej Slavík, Zdeněk Vančura, David Bůžek

Vydalo: Ministerstvo životního prostředí, se sídlem Vršovická 1441/65, Praha 10 ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, Praha 6, společností Envisystem, s.r.o., U Nikolajky 15, Praha 5 a Českou zemědělskou univerzitou v Praze (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra zoologie a rybářství), Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka

Vydání: první vydání

Rok vydání: 2013

© Ministerstvo životního prostředí

Fotografie © Envisystem, s.r.o., R. Hassinger, VÚV T.G.M., v.v.i.

ISBN: 978-80-7212-590-6



www.mzp.cz



www.sfzp.cz



www.opzp.cz

Tato metodika je určena projektantům, správcům vodních toků a investorům opatření k zajištění či zlepšení migrační prostupnosti vodních toků, a to zejména k posouzení vhodnosti využití kartáčové technologie. V textu jsou uvedené technické parametry, které musí být splněny, aby byla zajištěna odpovídající funkčnost navrhovaných opatření. Rovněž jsou doporučeny varianty využití kartáčové technologie a je uvedeno schéma jejich výběru včetně preferovaných řešení. Souhrn praktických údajů pro aplikaci kartáčové technologie a její údržbu obsahují přílohy této metodiky.

Metodika byla zpracována za finanční podpory Operačního programu životní prostředí.

Vymezení pojmů (dle TNV 75 2321)

Migrační bariéra je profil nebo úsek vodního toku, v němž spádové, hydraulické, hydrologické, fyzikální nebo chemické parametry neumožňují bezpečnou obousměrnou migraci ryb; z technického hlediska se jedná o překážku napříč tokem v podobě vodního díla (stupeň, jez, přehrada, hráz, malá vodní elektrárna), která zabraňuje rybám v migraci proti proudu v podélném profilu vodního toku; obnovit nebo zachovat možnost protiproudové migrace je možno buď odstraněním této stavby, použitím typu stavby, který je migračně průchodný, nebo vybudováním funkčního rybího přechodu.

Migrační prostupnost - migračně prostupný vodní tok nebo úsek toku je takový, v němž spádové, hydraulické, hydrologické fyzikální a chemické parametry umožňují bezpečnou obousměrnou migraci ryb; v tocích bez příčných staveb je migrační prostupnost obvykle dána charakteristikou podélného profilu koryta vodního toku; u toků s příčnými vodními stavbami se migrační prostupností rozumí možnost ryb překonat migrační bariéru, která brání jejich volnému pohybu v podélném profilu vodního toku; migrační prostupnost vodního toku je zajištěna buď vhodnou konstrukcí příčné stavby (balvanitý skluz) nebo speciálním zařízením nebo stavbou, označovanou jako „rybí přechod“; migrační prostupnost lze zajistit i odstraněním migrační bariéry.

Rybí přechod (RP) je stavba nebo konstrukce umožňující rybám bezpečně překonat migrační bariéru a proplout z části vodního toku (dolní vody) pod překážkou do části vodního toku (horní vody) nad překážkou (v případě poproudové migrace opačně).

Žlabový rybí přechod s kartáči (nebo též kartáčový RP) je typ RP, kde k modifikaci a strukturování proudění vody v podélném a příčném profilu tělesa RP je místo přepážek z betonu nebo z kamenů použito do dna zakotvených bloků „kartáčů“, tvořených elastickými pruty délky přibližně 0,5 m. Je nutné počítat s pravidelnou (roční) kontrolou a s výměnou těchto elementů vzhledem ke ztrátě pružnosti a časově omezené trvanlivosti (přibližně 5 až 10 let).

Podpůrné opatření ke zlepšení migrační prostupnosti

Ke zlepšení migrační prostupnosti je možné využít také některé typy vodních staveb, jejichž hlavní účel a funkce je zcela odlišná. Je však nutné si uvědomit, že tyto podpůrné alternativy, s výjimkou balvanitého skluzu, nezajišťují dostatečnou migrační prostupnost. Úprava sportovních propustí může významně přispět k dílčímu zprůchodnění migračních bariér na některých vodních tocích. Sportovní propusti při vhodném sklonu a po doplnění tzv. kartáči, popřípadě s několika dalšími úpravami, mohou rozšířit možnost migrace ryb z podjezí do nadejezí. Nejedná se však o plnohodnotný RP vzhledem k lokalizaci, konstrukci a dalším parametrům sportovní propusti, které jsou voleny s ohledem na prioritní účel, tj. zajistit bezpečný průjezd malých plavidel.

Obsah

1. Úvod do problematiky.....	4
2. Kartáčová technologie.....	5
3. Výhody a nevýhody aplikace kartáčové technologie.....	6
4. Volba řešení migračního zprůchodnění vodního toku a možnosti využití kartáčové technologie.....	7
5. Návrh kartáčového rybího přechodu.....	10
6. Údržba a obnova	13
7. Souhrn	15
8. Použitá literatura	16
Příloha 1 – Posouzení návrhu kartáčového rybího přechodu.....	18
Příloha 2 - Souhrn hlavních parametrů pro návrh kartáčového rybího přechodu.....	19
Příloha 3 – Souhrn pravidel údržby migračních opatření využívajících kartáčovou technologii	20
Příloha 4 – další příklady aplikace kartáčové technologie	21

1. Úvod do problematiky

Problematika zprůchodnění migračních bariér je řešena v rámci několika základních legislativních předpisů a koncepčních dokumentů. Požadavek na zajištění migrační prostupnosti vodních toků vyplývá zejména z § 15 odst. 6 **zákona č. 254/2001 Sb., o vodách**, v platném znění, který určuje, že při povolování vodních děl, jejich změn, změn jejich užívání a jejich odstranění musí být zohledněna ochrana vodních a na vodu vázaných ekosystémů; tato vodní díla nesmějí vytvářet bariéry pohybu ryb a vodních živočichů v obou směrech vodního toku.

Obnova kontinuity říční sítě odstraněním nevyužívaných a nefunkčních vodních staveb a zprůchodněním funkčních a potřebných příčných staveb pomocí rybích přechodů je také cílem **Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky** schválené usnesením vlády č. 620/2005.

Potřeba realizovat systémová opatření k zajištění migrační prostupnosti vodních toků pro ryby a další na vodu vázané organismy (zejména výstavba rybích přechodů, odstraňování nepotřebných migračních překážek, zajišťování poproudových migrací ryb, obnovovat propojení nivních biotopů s vodními toky apod.) je dále obsažena v projednávané **Státní politice životního prostředí České republiky 2012 - 2020**.

Podpora života ryb a dalších vodních živočichů zprůchodněním příčných migračních překážek na vodních tocích a obnovou úkrytových a rozmnožovacích biotopů je rovněž jedním z rámcových cílů v ochraně vod **Plánu hlavních povodí České republiky** schváleného usnesením vlády č. 562/2007. Konkrétní opatření k zajištění odpovídajících hydromorfologických podmínek vodních útvarů, umožňujících dosažení požadovaného ekologického stavu nebo dobrého ekologického potenciálu pro dosažení environmentálních cílů, definují programy opatření jednotlivých **plánů povodí**.

Strategickým nástrojem, který stanovuje národní priority postupného zprůchodňování příčných překážek na vodních tocích, je **Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR** [17].

Navrhování opatření k zajištění protiproudové prostupnosti migračních bariér pro ryby v podélném profilu vodních toků pomocí rybích přechodů řeší revidovaná norma **TNV 75 2321 - Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody** [18].

Při zprůchodňování migračních překážek jsou zohledňovány jejich technické parametry stejně jako fyziologie a ekologie dotčených druhů ryb a mihulovců. Ke zprůchodnění překážky dochází buď jejím úplným odstraněním (s ohledem na lokální specifika preferovaná varianta) nebo zprostupněním speciální vodní stavbou – rybím přechodem (dále též RP). Rybí přechody je možné dělit na přírodě blízké typy (bypassy, tůňové rybí přechody, skluzy, apod.) a technické typy (štěrbinové RP, dnové rampy ve žlabu, kartáčová zařízení, apod.). Přírodě blízké RP jsou z hlediska nároků migrujících ryb obecně považovány za nejvhodnější, a proto jsou před ostatními typy upřednostňovány. Technické RP bývají využity tehdy, pokud je jejich aplikace efektivnější (např. z důvodu prostorově stísněných poměrů v profilu vodního díla, nepřístupnosti pozemků nutných pro přírodě blízké řešení apod.).

2. Kartáčová technologie

Kartáčová technologie pro výstavbu rybích přechodů byla vyvinutá po roce 2000 v Německu [7]. Od té doby jsou rybí přechody využívající kartáčovou technologii testované a dle autorů vykazují vhodné hydraulické parametry spojené s adekvátní biologickou účinností a různými stavebně konstrukčními přednostmi [7]. Tato technologie využívá k tlumení a usměrňování proudu vody kartáče z umělohmotných elastických prutů a lze ji aplikovat nejen při výstavbě rybích přechodů využívajících výhradně tuto technologii, ale i jako doplněk pro zlepšování funkčnosti stávajících nebo plánovaných technických rybích přechodů. Za určitých okolností může vhodná aplikace kartáčové technologie kromě migrace ryb přes příčnou překážku umožňovat i její splouvání malými plavidly. Z hlediska kategorizace jsou kartáčové rybí přechody řazeny mezi přechody technické, žlabové s příčnými přepážkami tvořenými soustavou elastických kartáčů zakotvených do dna přechodu (obr. 1).



Obr. 1 Fotografie instalovaných kartáčů v profilu Budín na řece Sázavě

Metodika vychází ze studie migrací ryb přes opatření ke zlepšení migrační prostupnosti příčných překážek na řece Sázavě [9], která byla provedena za účelem testování možnosti aplikace kartáčové technologie do stávajících jezových propustí. Na jednotlivých sledovaných jezích byla v průběhu studie zaznamenána odlišná účinnost instalovaných opatření i odlišná reakce migrujících ryb na faktory prostředí. Jedním z nejpodstatnějších zjištění je fakt, že testovaná migrační opatření nevykazovala dostatečnou účinnost a byla částečně druhově a velikostně selektivní. Na základě provedeného hydraulického modelování lze konstatovat, že problém omezené účinnosti a funkčnosti spočíval zejména v nevhodné lokalizaci jejich vstupu (umístění ve vztahu k proudnici, nízká atraktivita vábící vody a vzdálenost od překážky), ačkoliv samotné tratě opatření byly z hlediska hydraulických podmínek, vyjádřených rychlostmi proudění, vyhovující.

3. Výhody a nevýhody aplikace kartáčové technologie

Při rozhodování, zda zvolit kartáčovou technologii, je nutné zvážit související výhody a nevýhody. Při užití dané technologie ve žlabu splňujícím obecné principy a parametry rybích přechodů lze předpokládat standardní účinnost jako u dosud běžně používaných technologií RP. Přesto je nutné zohlednit fakt, že se jedná o RP technický, který by neměl být upřednostňován před RP přírodě blízkým. Kartáčové rybí přechody jsou výhodné zejména z hlediska dobrých hydraulických parametrů a možnosti jejich kombinovaného využití i pro splouvání malých vodních plavidel. V rámci tohoto kombinovaného využití je však nutné se vyrovnat s protichůdnými požadavky na bezpečnost vodáků a migrační nároky ryb (např. RP jsou standardně vyústěny pod savky MVE, kde je dostatečný lákavý proud, vodácké propusti se umísťují zpravidla na opačný břeh apod.).

Jako hlavní nevýhodu kartáčové technologie lze uvést relativně krátkou životnost. Její autoři odhadují životnost kartáčů na dobu cca 5 – 10 let v závislosti na míře opotřebení. Při nízkém výskytu ledových jevů a povodní a malém objemu spláví na lokalitě lze dle autorů očekávat životnost až 20 let. Vzhledem k vizuálně zjiřitelnému opotřebení už po roce provozu na Sázavě [16] je však tuto hodnotu nutné brát spíše jako teoretickou a vycházet z reálných odhadů životnosti pěti let. Zároveň je nezbytné si uvědomit, že po dobu životnosti dochází k postupnému mechanickému poškození kartáčových prutů, ztrátě jejich pružnosti a následnému ohýbání. V důsledku výše popsaného opotřebení se postupně mění hydraulické podmínky v trati přechodu, které mohou negativně ovlivnit možnosti migrace ryb.

S omezenou životností kartáčových bloků je třeba kalkulovat již před výstavbou přechodu, protože prvotní investice se v průběhu několika let z důvodu nezbytné obnovy dále navýší. Na příkladu testovaných aplikací do stávajících jezových propustí lze konstatovat, že kartáče tvořily přibližně 25 – 60 % z celkové ceny. Při současných cenách bude jejich kompletní výměna představovat investici v rozsahu přibližně 250 – 360 tis. Kč na jednu jezovou propust (cena jednoho kartáčového bloku je cca 4 500 Kč, celá řada s třemi jednotkami tak stojí 13 500 Kč a to včetně montáže a dovozu z Německa; viz obr. 6).

Souhrn:

Výhody

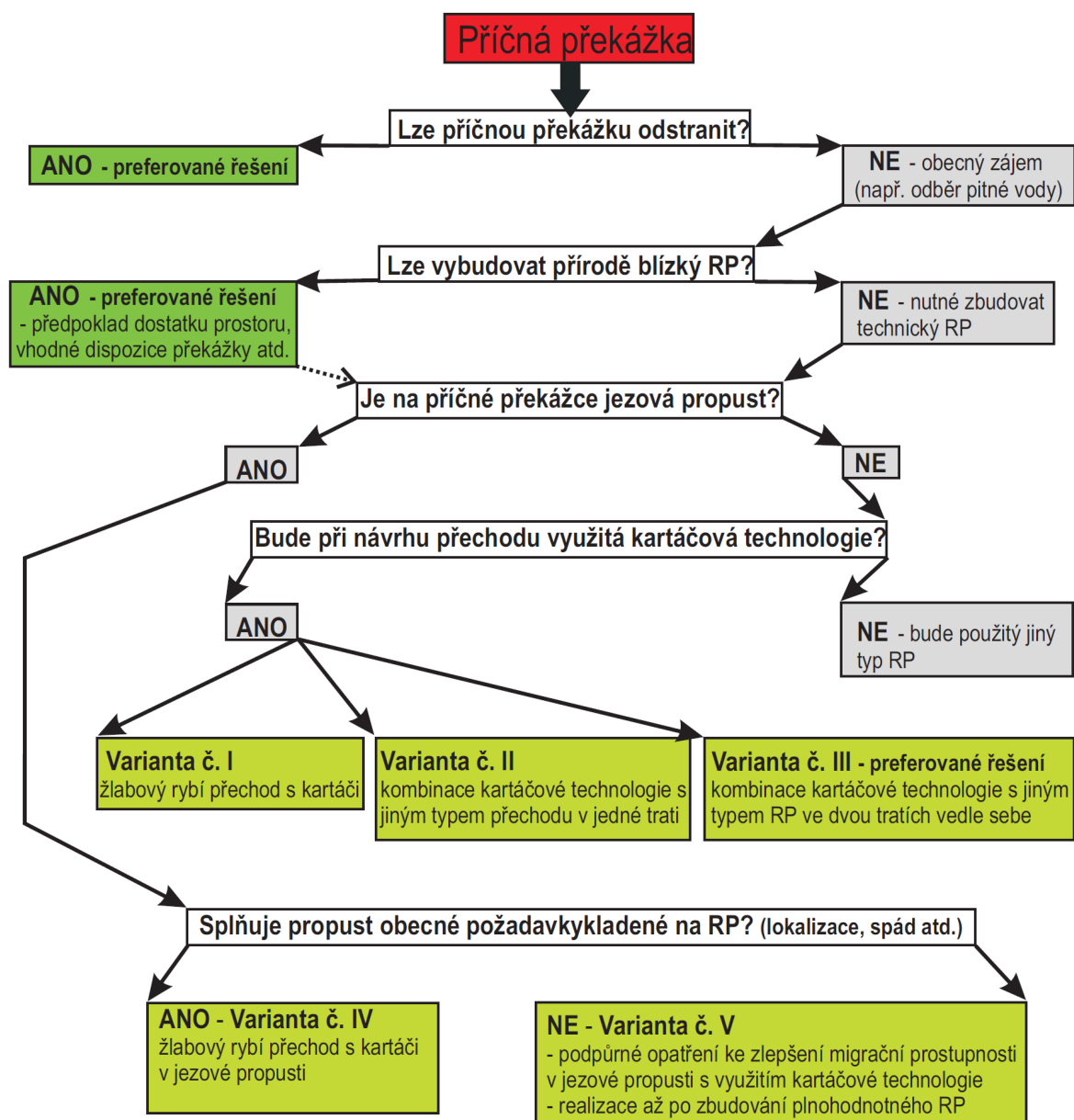
- + příznivé hydraulické parametry trati RP (výhoda pro migrující ryby – zvyšuje šanci pro překonání přechodu větším druhovým a délkovým spektrem ryb)
- + relativně snadná a rychlá výstavba (zejména při aplikaci do stávajících jezových propustí)
- + nižší počáteční investice (zejména pokud aplikace do stávajících jezových propustí splňuje požadavky kladené na rybí přechod)
- + možnost využití rybího přechodu i pro splouvání malých vodních plavidel
- + relativně nízká hmotnost kartáčových prvků

Nevýhody

- relativně krátká životnost kartáčových bloků (5 – 10 let)
- nutná opakovaná investice do obnovy
- obtížnější údržba ve srovnání s ostatními technickými typy přechodů
- aplikace do stávajících jezových propustí, která nesplňuje požadavky kladené na rybí přechody, znamená nutnost zajištění plné migrační prostupnosti vodního toku jiným způsobem

4. Volba řešení migračního zprůchodnění vodního toku a možnosti využití kartáčové technologie

Kartáčovou technologii lze díky její flexibilitě při řešení migrační prostupnosti příčných překážek použít různými způsoby. Níže v textu je uvedeno pět dosud nejrozšířenějších ověřených variant. Postup při výběru vhodného řešení zprůchodnění příčné překážky na toku shrnuje obr. 2. Z něj je patrná již zmiňovaná skutečnost, že **při řešení migračního zprůchodnění toku je nutné s přihlédnutím k okolnostem preferovat odstranění příčné překážky nebo vybudování přírodě blízkého RP** (případně s využitím kartáčové technologie - např. kombinace s Variantami č. II, III nebo V) **před vybudováním technického RP** (Varianty č. I a IV a technické Varianty č. II a III). **Varianta č. V je pouze podpůrné opatření ke zlepšení migrační prostupnosti, které je možné plánovat a realizovat až po vybudování RP, případně současně s ním.**



Obr. 2 Schéma rozhodovacího postupu při řešení migračního zprůchodnění vodního toku

Varianta č. I – žlabový rybí přechod s kartáči

Pomocí kartáčové technologie lze vybudovat samostatný technický rybí přechod. Do jeho žlabu jsou místo přepážek vyrobených z klasických materiálů (např. beton) umístěné kartáčové bloky. Výhodou kartáčové technologie při budování RP je její flexibilita a relativně nízká hmotnost. Díky těmto vlastnostem lze RP přizpůsobit dané lokalitě a jejím prostorovým možnostem (obr. 3 a Příloha 4).



Obr. 3 Kartáčový rybí přechod, řeka Rems, Německo (foto Dr. Ing. R. Hassinger)

Varianta č. II - kombinace kartáčové technologie s jiným typem RP v jedné trati

Kombinace kartáčové technologie s jinými typy RP v jedné trati je další způsob jejího využití pomocí osazování kartáčů v tůních nebo na přepážkách se šterbinami. Jako vhodný příklad lze jmenovat šterbinový přechod obohacený kartáčovými prvky (obr. 4). Tato kombinace byla



v zahraničí otestována a vyhodnocena jako velice efektivní (Hassinger, osobní sdělení). Plně totiž zhodnocuje výhody kartáčů zajišťující snížení rychlostí proudění a omezení výskytu turbulencí v trati přechodu. Díky kartáčům rovněž dochází k diverzifikaci prostředí tratě technického přechodu, což je pro migrující ryby obecně výhodné. Díky pevným přepážkám chránícím kartáče lze předpokládat i prodloužení jejich životnosti v důsledku omezeného působení např. ledových jevů. V neposlední řadě je důležité vyzdvihnout fakt, že nezanedbatelná část funkčnosti přechodu zůstane zachována i po skončení životnosti kartáčových bloků. Obdobným způsobem lze kartáčovou technologii kombinovat i s jinými typy RP a využívat ji například ke zlepšení nedostatečné funkčnosti stávajících tratí RP. Podmínkou takového využití je ovšem kvalitní projektová dokumentace obsahující výpočty předpokládaných změn hydraulických charakteristik RP.

Obr. 4 Experimentální šterbinový rybí přechod obohacený kartáčovými prvky (foto Dr. Ing. R. Hassinger)

Varianta č. III - kombinace kartáčové technologie s jiným typem RP ve dvou tratích vedle sebe

Kombinace kartáčové technologie s jiným typem RP ve dvou tratích vedle sebe je z hlediska migrací ryb obecně výhodná a preferovaná varianta. Jakákoliv diversifikace prostředí RP znamená zvýšení šance pro migraci širšího druhového a velikostního spektra ryb. Dva přechody vedle sebe rovněž poskytují prostor pro migraci většího množství ryb. Tyto výhody se projeví, zejména pokud se kartáčový RP kombinuje s přírodě blízkým (obr. 5). Kartáčové bloky zajišťují stálé hydraulické podmínky v celé délce trati, zatímco přírodní prvky zvyšují diverzitu a jako celek tak oba typy RP vytváří vhodné prostředí pro migraci různých druhů. Opomenout nelze ani výhody v podobě možnosti využití kartáčové části RP pro splouvání malých vodních plavidel a zvýšení rychlostí proudění na vstupu RP díky balvanité trati, která na rozdíl od kartáčových prvků proudění tak výrazně netlumí.



Obr. 5 Balvanitý a kartáčový RP umístěné ve dvou tratích vedle sebe, řeka Fulda, Německo (foto Dr. Ing. R. Hassinger)

Varianta č. IV – žlabový rybí přechod s kartáči v jezové propusti

Žlabový rybí přechod s kartáči v jezové propusti lze vybudovat pouze za předpokladu, že jezová propust a výsledné řešení splňuje všechny obecné požadavky na rybí přechody, které jsou pro uvedené v kapitole 5 této metodiky. Jezová propust musí být především vhodně umístěná, aby byla dodržena pravidla pro lokalizaci vstupu přechodu, ale musí mít i vhodný spád, šířku atd. Pokud jsou všechny tyto parametry splněny, tak se může jezová propust s pomocí kartáčové technologie přeměnit v rybí přechod.

Vzhledem k původnímu účelu využití jezových propustí a nárokům migrujících ryb lze očekávat, že příležitostí, kdy bude možné v jezové propusti vybudovat RP, nebude mnoho. Na druhou stranu lze předpokládat, že v případě vhodnosti jezové propusti se plně projeví výhody kartáčové technologie, jako je snadná a rychlá výstavba a nízká počáteční investice.

Varianta č. V – podpůrné opatření ke zlepšení migrační prostupnosti v jezové propusti s využitím kartáčové technologie

Lze předpokládat, že ve většině případů nebude jezová propust vyhovovat parametrům RP, a to zejména z hlediska lokalizace vstupu. V případech, kdy kartáčový RP v jezové propusti vybudovat nelze a migrační prostupnost překážky je dostatečně řešena jiným opatřením, je možné uvažovat o instalaci podpůrného migračního opatření v jezové propusti s využitím kartáčové technologie. Za poměrně nízkých nákladů se tak může prostupnost příčné překážky řádově zlepšit o desítky procent. Aby mělo podpůrné migrační opatření v takovém případě smysl budovat, je nezbytné splnit ostatní nároky kladené na RP jako je spád, rychlosti proudění atd. (viz kapitola 5).

U podpůrného migračního opatření je nutné brát v potaz jeho druhořadý migrační význam a výstavbu tak plánovat až po vybudování RP, případně současně s ním. Tato varianta neřeší požadavky na zajištění migrační prostupnosti vodních toků vyplývající ze zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (zejména § 15 Stavební povolení k vodním dílům a § 23a Cíle ochrany vod jako složky životního prostředí) a ze Státní politiky životního prostředí ČR. Nicméně význam podpůrného migračního opatření v jezové propusti není z hlediska počtu migrujících druhů a jedinců zanedbatelný a jeho vybudování za účelem vylepšení migrační prostupnosti lze doporučit.



Obr. 6 Aplikace kartáčové technologie v jezové propusti (profil Budín, Sázava)

5. Návrh kartáčového rybího přechodu

Při navrhování geometrických a hydraulických parametrů kartáčových rybích přechodů je nutné vycházet ze všeobecně přijímaných parametrů a zásad ověřených pro jiné typy rybích přechodů [1 - 6], [10 - 15] a [18 - 21], zejména respektovat TNV 75 2321 - Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody.

Mezi základní obecné zásady návrhu rybího přechodu náleží:

- stanovení cílového společenstva ryb, pro které bude RP konstruován
- stanovení návrhového intervalu průtoků pro provoz přechodu
- vhodná lokalizace vstupu přechodu v blízkosti překážky a proudnice
- dostatečný průtok přechodem (včetně vábícího proudu na vstupu)
- odpovídající rychlosti proudění (vstup přechodu a jeho trať, výstup do zdrže)
- prostory s nižšími rychlostmi proudění pro odpočinek ryb
- odpovídající parametry trati přechodu (spád, šířka přechodu, hloubka vody)

K těmto obecným zásadám je nutné navíc zařadit i respektování specifických pravidel kontroly, údržby a obnovy kartáčové technologie související s její omezenou životností. Zároveň je nutné při návrhu počítat s pravidelnou údržbou průchodnosti štěrbin mezi bloky kartáčů.

Níže jsou uvedené podrobnější informace k obecným zásadám návrhu RP, které jsou obohaceny o zkušenosti s využitím kartáčové technologie na řece Sázavě.

Návrhový interval průtoků pro provoz přechodu včetně určení průtoků RP

Při stanovení návrhového intervalu průtoků pro provoz rybích přechodů je nutné vycházet z hlavního migračního období cílových společenstev ryb [8] a z poměru velikosti průtoků RP a vlastním říčním korytem v tomto období. V našich podmínkách se jedná přibližně o duben až červen a září až říjen. Při návrhu je rovněž nezbytné zohlednit vliv případného odběru vody a provozu nádrží na velikost průtoků rybím přechodem a ověřit, zda návrhové průtoky odpovídají hodnotám pro vodní dílo zájmového profilu. Obecně lze uvažovat s intervalem návrhových průtoků odvozeným z hlavního migračního období v rozpětí Q_{330d} až Q_{30d} pro běžné druhy ryb (kaprovití z čeledi *Cyprinidae*, ale i jiné druhy jako je např. okoun atd.) a Q_{355d} až Q_{30d} u přechodů, kde se předpokládá výskyt a následná migrace lososa. Návrhové průtoky RP by měly dosahovat 5 – 10 % průměrného dlouhodobého ročního průtoku v řece na menších vodních tocích. U větších toků s $Q_{330d} > 10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ by průtoky RP měly dosahovat velikosti 1 – 5 % celkového aktuálního průtoku. Mimo návrhový interval průtoků zůstávají přechody v provozu, ale není vyžadováno splnění parametrů, jako jsou například rychlosti proudění, hloubky nebo velikost přídavného vábícího průtoku. V sušších obdobích roku (Q_{330d} až Q_{364d}) by měl být rybím přechodem převáděn nejvyšší možný podíl průtoku, aby zůstala zachována jeho funkčnost.

Lokalizace vstupu do rybího přechodu

Lokalizace vstupu do rybího přechodu z dolní vody musí respektovat fakt, že se ryby při migraci orientují proudnicí a současně i linií břehu. Proto by konstrukce vstupů měla být situována v prodloužení migračních cest ryb určených proudnicí a břehovými liniemi tak blízko příčné překážce, kam až ryby mohou doplout, nebo do prostoru, kde se zdržují před pokusem překážku překonat. Důležitá je rovněž vzdálenost vstupu přechodu od samotné překážky. Na základě literárních údajů lze doporučit maximální vzdálenost vstupu od překážky 6 m [13 - 15]. Vzhledem k tomu, že na vzdálenosti vstupu RP od překážky závisí i jeho celková účinnost, je vhodné s přihlédnutím k místním podmínkám zajistit, aby tato vzdálenost byla co nejmenší.

Vhodnost umístění vstupu přechodu zásadně ovlivňuje nároky na velikost průtoků ve vstupním profilu. Pokud je vstup vhodně umístěn v blízkosti hlavní proudnice a břehové linie a vzdálenost vstupu od překážky nepřesahuje 6 m, tak by měl na malých vodních tocích návrhový průtok na vstupu rybího přechodu dosahovat minimálně 5 % dlouhodobého ročního průměru průtoku [11, 13, 14]. Pokud nelze z prostorových nebo technických důvodů vstup vhodně lokalizovat, tak je nezbytné kompenzovat nevýhodnou pozici zvýšením podílu průtoku na alespoň 8 - 10 % z celkového aktuálního průtoku. Současně je nezbytné pro běžné druhy ryb (kaprovití z čeledi *Cyprinidae*, ale i jiné druhy jako je např. okoun atd.) zajistit na návrhovém intervalu průtoků rychlost proudění na vstupu ve výši alespoň $0,75 \text{ m s}^{-1}$ [11, 18]. U přechodů, kde se předpokládá výskyt a následná migrace lososa, by měla rychlost proudění na vstupu dosahovat alespoň $1,5 \text{ m s}^{-1}$ [11, 18]. Obecně platí vztah, čím větší rychlost proudění na vstupu a vyšší průtok přechodem, tím vzrůstá i jeho atraktivita (zejména pro reofilní druhy ryb). Tlumení energie vody v kartáčových přechodech, které vytváří příznivé hydraulické parametry trati RP vhodné pro překonání překážky, může

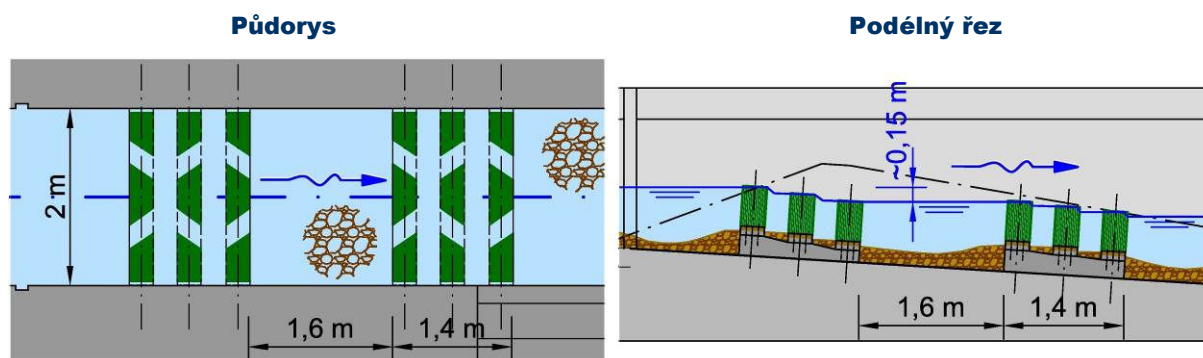
způsobit problémy s nízkými rychlostmi proudění na vstupu do RP. Proto je nutné této charakteristice u kartáčových přechodů věnovat zvýšenou pozornost. Vhodným řešením případného problému je použití přídavného vábícího proudu u vstupu RP.

Lokalizace vstupu rybího přechodu je proměnlivou charakteristikou vzhledem k dynamice průtoků a hydraulických podmínek toku. Jeho umístění je obtížně řešitelné, zejména pokud nejsou podrobně známy hydraulické poměry v místě migrační bariéry. V těchto případech se doporučuje vyhodnocení pomocí alespoň 2D modelu proudění. Zmíněné vyhodnocení by mělo být vždy provedeno u příčných překážek na prioritních a z hlediska migrace ryb důležitých tocích. Vzhledem k významu lokalizace vstupu přechodu pro jeho celkovou účinnost lze tento postup obecně doporučit i jinde.

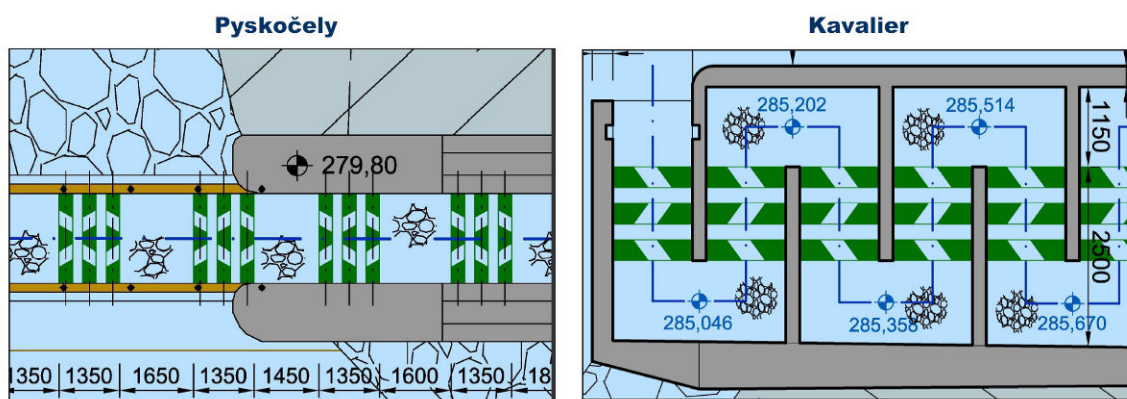
Parametry tratě kartáčového rybího přechodu

Celkový sklon kartáčové trati by neměl přesáhnout 5 % pro běžné druhy ryb (kaprovití z čeledi *Cyprinidae*, ale i jiné druhy jako je např. okoun atd.) a lokální spád mezi tůňemi (bazény) pak 0,15 m (rozložený do třech linií po 0,05 m) [16, 18]. U specifických RP pro lososa lze celkový podélný sklon navýšit až na 7 % s lokálním doporučeným spádem hladin mezi navazujícími tůňemi do 0,2 m. Velikost tůní je dána délkovým spektrem cílových ryb dané lokality – např. pro délky ryb do 0,6 m postačuje světlá délka bazénu 1,6 m a světlá šířka bazénu nejméně 1,5 m [2, 16]. Maximální šířka kartáčového přechodu není konstrukčně omezena a odvíjí se od podmínek na dané lokalitě. Podle obecně platného vztahu, že světlá délka bazénu by měla být 2,5 – 3 násobek délky ryby, lze dopočítat velikost tůní pro větší exempláře ryb. Nejmenší povolený průchozí otvor mezi kartáči 0,25 x 0,25 m (preferovaná hodnota 0,35 m) [11, 16] musí být dodržen i po deformaci kartáčů v proudu. Maximální rychlosti proudění ve šterbinách mezi kartáči u dna nemají překročit hodnotu 1,7 m s⁻¹ [2, 16]. V bazénech musí být minimálně na části prostoru o výšce vrstvy alespoň 0,25 m hodnoty bodových rychlostí do 0,7 m s⁻¹ [2, 16]. Pro další snížení rychlostí u dna je vhodné zdrsnit ve šterbinách dno osazením kamenů. Velikost, případně vrstva a přesné umístění kamenů jsou místně specifické a musí vycházet z konkrétního návrhu přechodu. Obecně platí, že ve dně nesmí kvůli těmto úpravám vzniknout zvýšený práh. V současné době nejpoužívanější typ kartáčových bloků má pruty 0,5 m dlouhé. Při použití této technologie na Sázavě tak vznikly tůně hluboké 0,5 – 0,8 m (v závislosti na průtoku), které jsou v souladu s doporučenou minimální hloubkou bazénů pro komůrkové nebo šterbinové rybí přechody. Důležitým parametrem je i šířka rybího přechodu ve vztahu k šíři toku. Tento parametr nabývá význam zejména u větších toků s $Q_{330d} > 10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Optimální šířka rybích přechodů na těchto tocích by se měla pohybovat v rozmezí 5 – 10 % celkové šířky toku [18]. Při návrhu je však nutné zohlednit i vztah mezi šířkou rybího přechodu a ostatními parametry jako je průtok, hloubka a rychlosti proudění v RP. Důležité jsou rovněž prostorové možnosti zájmového profilu. Pokud není možné postavit RP požadované šířky, mělo by být zajištěno, že šířka pásu koryta přiléhajícího ke vstupu RP, kde ryby mohou zachytit paprsek z rybího přechodu, bude dosahovat alespoň 5 – 10 % celkové šířky toku.

Parametry tratě kartáčového rybího přechodu lze nasimulovat výpočetní pomůckou (internetová adresa <http://www.uni-kassel.de/fb14/vpuw/Sites/Download/FKPdownload.htm>; soubor „Bemessungssheet Borstenfischpass“). Získané údaje je však nutné brát jako informační a doplnit dalšími výpočty s ohledem na místní specifika daného profilu a RP. Vzorový půdorys a podélný řez umístění kartáčů je uvedený na obr. 7. Trať kartáčového přechodu je nejčastěji realizována jako přímá. Kartáčovou technologii však lze využít i ke konstrukci zakřivených tratí rybích přechodů za účelem snížení sklonu nebo lepšího využití omezeného prostoru. Příklady přímé (profil Pyskočely) a lomené protisměrné (profil Kavalier) realizace tratí na řece Sázavě jsou zobrazené níže (obr. 8).



Obr. 7 Schéma uspořádání tratě kartáčové technologie v profilu Budín na řece Sázavě



Obr. 8 Půdorysné schéma uspořádání tratě kartáčové technologie v profilech Pyskočely a Kavalier (dle návrhu Dr. Ing. R. Hassingera)

6. Údržba a obnova

Jedním z předpokladů funkčnosti vodních děl zajišťujících migrační prostupnost bariéry pohybu ryb a vodních živočichů v obou směrech vodního toku je i odpovídající údržba. Povinnosti vlastníků vodních děl vyplývají z platných zákonných předpisů a norem, zejm. zákona 254/2001 Sb. (vodní zákon) a zákona 183/2006 Sb. (stavební zákon). Ve vztahu k problematice rybích přechodů a podpůrných migračních opatření považujeme za důležité na tomto místě zdůraznit zejména povinnosti vlastníka vodního díla vyplývající z § 59 odst. 1 vodního zákona v platném znění:

- písm. a) **dodržovat podmínky a povinnosti, za kterých bylo vodní dílo povoleno a uvedeno do provozu, zejména dodržovat provozní řád a schválený manipulační řád**, neprodleně oznamovat vodoprávnímu úřadu změny mající vliv na obsah manipulačního řádu a předkládat vodoprávnímu úřadu ke schválení návrh na úpravu manipulačního řádu tak, aby byl v souladu s komplexním manipulačním řádem podle § 47 odst. 4 písm. g).
- písm. b) **udržovat vodní dílo v řádném stavu tak, aby nedocházelo k ohrožování bezpečnosti osob, majetku a jiných chráněných zájmů**
- písm. f) **odstraňovat předměty a hmoty zachycené či ulpělé na vodních dílech a nakládat s nimi podle zvláštního zákona.**

Důležité jsou rovněž související povinnosti vlastníka stavby vyplývající z § 154 odst. 1 stavebního zákona v platném znění:

písm. a) udržovat stavbu podle § 3 odst. 4 po celou dobu její existence,

písm. b) neprodleně ohlásit stavebnímu úřadu závady na stavbě, které ohrožují životy či zdraví osob nebo zvířat

Pro zachování funkčnosti vodního díla využívajícího prvky kartáčové technologie, je nezbytné vzhledem ke specifickým vlastnostem kartáčových bloků (zejména omezené životnosti) respektovat níže popsaná pravidla kontroly, údržby a obnovy.

Základní údržba spočívá ve vizuální kontrole zanesení tratě, vstupu a výstupu splávím a jejich periodickým odstraňováním (bez nutného zahrazení RP) v týdenním intervalu. Rovněž je nezbytné odstraňování spláví a případně splavenin po průchodu výrazných průtokových vln nebo po neoprávněných zásazích podél toku způsobujících jeho znečištění.

Specifická údržba a obnova pro kartáčovou technologii souvisí s její omezenou životností, danou nevratnými deformacemi stébel kartáčů, a jejich **nadměrným zanášením** (trávou, listím, větvemi ...). Životnost kartáčových bloků nelze přesněji předpovědět, protože je závislá na vnějších jevech jako jsou povodně, ledové jevy, nebo množství spláví.

Kontrola - Rybí přechod je nutné v rámci údržby minimálně dvakrát ročně před začátkem hlavních migračních období (jaro, podzim) vypustit a vizuálně zkontrolovat stav jednotlivých kartáčových bloků. Kontrola se doporučuje také po průchodu povodně. Samotné prohlídky trati se zaměří na její zanesení a míru deformace kartáčů. Kromě vizuální kontroly je důležitá i kontrola pomocí hydrometrování rychlosti proudu a velikosti průtoku na výstupu i vstupu RP a také v charakteristických bodech trati přechodu (alespoň tři dolní štěrby mezi kartáči). Hydrometrování je nutné realizovat minimálně jednou za rok, nejlépe před zahájením reprodukčních migrací. Odhadovaná cena měření je dle specifik konkrétního vodního díla a požadovaného rozsahu hydrometrování orientačně asi 10-20 tis. Kč. Je důležité, aby hydrometrování probíhalo na intervalu průtoků, na které je konkrétní RP koncipovaný. Ve chvíli, kdy rychlosti měřené za návrhových průtoků začnou přesahovat stanovené limity (viz parametry tratě), je nezbytné kartáčové bloky upravit nebo vyměnit.

Údržba - Kartáčové prvky jsou obecně náchylnější k zanášení trávou, listím, větvemi a jiným splávím. Nadměrné zanášení kartáčových tratí bylo pozorováno zejména po jarních víkendech v souvislosti se zvýšenou aktivitou v přílehlých chatařských koloniích (vhazování pokosených travin, větví apod. do toku). Obdobnou situaci lze očekávat na podzim v souvislosti s hrabáním opadaného listí. S ohledem na tyto lidské aktivity doporučujeme zejména v těchto obdobích provádět periodické kontroly a čištění trati na začátku týdne.

Obnova - V případě nadměrné deformace je nutné pruty zkrátit, svázat, nebo jinak upravit tak, aby nezasahovaly do průtočného profilu štěrbin. V případě nadměrného poškození je nutné jednotlivé svazky prutů nebo celé kartáčové bloky vyměnit. Dle autora technologie je možné prodloužit životnost otočením jednotlivých kartáčových bloků. Otočení je však možné provést pouze jednou. Vývoj opotřebení elastických kartáčů je závislý na specifických podmínkách lokality.

7. Souhrn

Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že aplikací kartáčové technologie lze zajistit migrační prostupnost bariéry pro pohyb ryb a vodních živočichů, pouze pokud výsledné řešení splňuje veškeré požadavky kladené na rybí přechody a vykazuje dostatečnou účinnost.

V jezové propusti je možné pomocí kartáčové technologie vybudovat rybí přechod pouze za splnění těchto podmínek (vč. vhodného spádu, kapacity, umístění vstupu atd.). Kartáčovou technologii lze rovněž použít pro vylepšení hydraulických podmínek v technických typech RP, případně ji zkombinovat s jiným typem RP ve dvou tratích vedle sebe.

Aplikace kartáčové technologie, které nesplňují požadavky kladené na rybí přechod, lze řadit mezi podpůrná opatření ke zlepšení migrační prostupnosti, ovšem pouze v případě předchozího nebo současného zajištění migrační prostupnosti příčné překážky funkčním rybím přechodem.

Při návrhu geometrických a hydraulických parametrů kartáčových rybích přechodů je nutné vycházet z parametrů a zásad uvedených v kapitole 5 této metodiky.

Pro zachování funkčnosti vodního díla využívajícího prvky kartáčové technologie je nezbytné vzhledem ke specifickým vlastnostem kartáčových bloků (zejména omezené životnosti) respektovat pravidla kontroly, údržby a obnovy popsaná v kapitole 6 této metodiky.

8. Použitá literatura

- [1] Armstrong, G., Aprahamian, M., Fewings, A., Gough, P., Reader, N., Varallo, P. (2004): Fish Passes, Guidance Notes on the Legislation, Selection and Approval of Fish Passes in England and Wales, Environmental Agency.
- [2] Armstrong, G., Aprahamian, M., Fewings, A., Gough, P., Reader, N., Varallo, P. (2010): Fish Passes, Guidance Notes on the Legislation, Selection and Approval of Fish Passes in England and Wales, Environmental Agency.
- [3] Clay, C.H. (1995): Desing of Fishways and Other Fish Facilities, 2nd edition, Lewis Publishers.
- [4] Coutant, C.C. (2001): Behavioral Technologies for Fish Guidance, American Fisheries Society Symposium 26.
- [5] DWA (2010): Merkblatt M-509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung. - Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Gelbdruck, 285 p.
- [6] DVWK 232/1996, Fischaufstiegsanlagen-Bemessung, Gestaltung, Funktionkontrolle, 1996.
- [7] Hassinger R. (2002): Der Borstenfischpass – Fischaufstieg und Bootsabfahrt in einer Rinne. Wasserwirtschaft 4-5, 38pp.
- [8] Hanel, L., Lusk, S. (2005): Ryby a mihule České republiky. Rozšíření a ochrana, ČSOP Vlašim.
- [9] Horký P. a kol. (2010): Studie migrace ryb přes kartáčové rybí přechody na řece Sázavě.
- [10] Ingenieurburo Floecksmuhle, Handbuch Querbauwerke, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes, Klenkes-Druck Verlag GmbH, Aachen, 2005.
- [11] ISO/DIS 26906, Hydrometry-Fishpasses at flow measurement structures., Draft 2007.
- [12] Jungwirth, M., Schmutz, S., Weiss, S. (1998): Fish Migration and Fish Bypasses, *Fishing New Books*.
- [13] Larinier, M., Travade, F., Porcher, J.P. (2002): Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bull. Fr. Pêche Piscic., 364 suppl., 208 p.
- [14] Larinier, M. (2002): Location of fishways. Bulletin Francais de La Peche et de la Pisciculture 364, str. 39-53.
- [15] Larinier, M. (1998): Upstream and downstream fish passage experience in France. In Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S. (eds.). Fish Migration and Fish Bypasses. Blackwell Science, Oxford, str. 127-145.
- [16] Lauerma M. a kol. (2010). Matematický model proudění a měření rychlostí. Studie migrace ryb přes kartáčové rybí přechody na řece Sázavě. Část B.
- [17] Slavíková A., Pravec M., Horecký J., Dobrovský P. (2010): Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR, MŽP ČR, VÚV T.G.M a AOPK ČR.
- [18] TNV 75 2321 (2011): Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody, Hydroprojekt a.s.
- [19] TNV 75 2322 (2003): Zařízení pro migraci ryb a dalších vodních živočichů přes překážky v malých vodních tocích; Hydroprojekt a.s.

- [20] U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1987): Design of Small Dams, USBR, Denver, Co.
- [21] WDFW (2000): Fishway Design Guidelines, Draft 4/25/00.

Příloha 1 – Posouzení návrhu kartáčového rybího přechodu

Kromě podkladů pro zpracování příslušného stupně projektové dokumentace je vhodné zpracovat také ichtyologické vyhodnocení lokality a hydraulické řešení:

- a) Odborný posudek hodnotící cílové společenstvo ryb (druhové a velikostní spektrum)
- b) Návrhový interval průtoků pro provoz přechodu včetně určení průtoků RP
 - stanovení musí být provedeno na základě podkladů o dlouhodobých průtocích v daném profilu (zdroj dat CHMU – doložit)
- c) Vyhodnocení hydraulických poměrů v místě migrační bariéry na návrhovém intervalu průtoků
 - pokud nejsou hydraulické poměry podrobně známy, nebo se jedná o prioritní a z hlediska migrace ryb důležitý tok, tak se ověří alespoň na 2D modelu proudění
- d) Vyhodnocení hydraulických poměrů v trati RP, na jeho vstupu a výstupu

Příloha 2 - Souhrn hlavních parametrů pro návrh kartáčového rybího přechodu

- a) Návrhový interval průtoků v toku pro provoz RP v rozpětí Q_{330d} až Q_{30d} (pro lososa Q_{355d} až Q_{30d}), přičemž v těchto hodnotách je již promítnut vliv provozu nádrží
- b) Návrhové průtoky pro posouzení konstrukce objektu RP odpovídají hodnotám pro vodní dílo zájmového profilu
- c) Průtok na vstupu RP (tj. průtok včetně vábícího přídavného proudu) alespoň 5 – 10% z dlouhodobého průměrného ročního průtoku (u velkých toků s $Q_{330d} > 10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ alespoň 1 – 5 % celkového aktuálního průtoku)
- d) Vstup RP
 - blízkost proudnice a linie břehu
 - co nejblíže příčné překážce (do 6 m)
 - rychlost proudění na vstupu ve výši alespoň $0,75 \text{ m s}^{-1}$ (pro kaprovité z čeledi *Cyprinidae*, ale i jiné druhy jako je např. okoun atd.) a alespoň $1,5 \text{ m s}^{-1}$ u přechodů, kde se předpokládá výskyt a následná migrace lososa
- e) Trať RP
 - celkový podélný sklon kartáčové tratě by neměl přesáhnout 5 % (pro lososa až 7 %), s lokálním doporučeným spádem hladin mezi navazujícími tůněmi do 0,15 m (maximálně do 0,2 m)
 - nejmenší povolený průchozí (volný) otvor mezi kartáči (po předpokládané deformaci) adekvátní nejméně 2,5 výšky a šířky těla ryby, minimálně $0,25 \times 0,25 \text{ m}$ (preferovaná hodnota 0,35 m)
 - tůně (bazény) minimální hloubky 0,5 m a minimální délky 2,5 – 3 násobku délky těla ryby; šířka bazénu odpovídá 0,8 jeho délky
 - doporučená nejmenší šířka kartáčové trati činí 1,5 m
 - maximální rychlosti proudění ve šterbinách mezi kartáči u dna do $1,7 \text{ m s}^{-1}$
 - hodnoty bodových rychlostí do $0,7 \text{ m s}^{-1}$ na části prostoru bazénů (tůní) o výšce vrstvy alespoň trojnásobku výšky ryby, minimálně však 0,25 m

Příloha 3 – Souhrn pravidel údržby migračních opatření využívajících kartáčovou technologii

- a) Údržba a vizuální kontrola bez zahrazení RP
 - kontrola zanesení tratě, vstupu a výstupu RP splávím a jeho odstranění
 - periodicky v týdenním intervalu a po průchodu povodňové vlny
 - doporučení provádět kontrolu na začátku týdne
- b) Vizuální kontrola včetně zahrazení RP
 - kontrola stavu jednotlivých kartáčových bloků ve vypuštěném přechodu
 - stanovení míry deformace kartáčů a jejich případná úprava
 - minimálně dvakrát ročně před začátkem hlavních migračních období (jaro, podzim)
 - během kontroly je vhodné zaznamenat stručný souhrn provedených úprav včetně fotografické dokumentace stavu trati (celkový pohled, detail vstupu, výstupu a kartáčové sekce)
- c) Kontrola pomocí hydrometrování
 - rychlost proudu a velikost průtoku na výstupu i vstupu RP a v charakteristických bodech trati přechodu (alespoň tři dolní štěrby mezi kartáči)
 - měření provádět za průtoku v návrhovém intervalu
 - minimálně jednou ročně (před zahájením reprodukčních migrací)
- d) Obnova
 - v případě zjištěných nedostatků stavu kartáčových bloků v průběhu kontrol
 - deformované pruty lze zkrátit, svázat, nebo jinak upravit tak, aby nezasahovaly do průtočného profilu štěrbin
 - v případě nadměrného poškození je nutné jednotlivé svazky prutů nebo celé kartáčové bloky vyměnit
 - je možné prodloužit životnost otočením jednotlivých kartáčových bloků (otočení lze provést pouze jednou)

Příloha 4 – další příklady aplikace kartáčové technologie



Kartáčový rybí přechod, řeka Thur, Švýcarsko (foto Dr. Ing. R. Hassinger)



Kartáčový rybí přechod, řeka Würm, Německo (foto Dr. Ing. R. Hassinger)



Kartáčový rybí přechod s využitím různých typů prutů v jednom bloku, řeka Spréva, Německo (foto Dr. Ing. R. Hassinger)

Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků

Pavel Horký, Ondřej Slavík, Zdeněk Vančura, David Bůžek

www.mzp.cz | www.opzp.cz | www.sfzp.cz

ISBN: 978-80-7212-590-6



Evropská unie

Spolufinancováno z prostředků Fondu soudržnosti v rámci Technické pomoci Operačního programu Životní prostředí.

Ministerstvo životního prostředí
Státní fond životního prostředí ČR

www.opzp.cz ▪ Zelená linka: 800 260 500 ▪ dotazy@sfzp.cz